

การออกแบบและสร้างพลาเน็ตโมเดลสำหรับการควบคุมระดับของเหลวในถังเปิด  
โดยใช้ฟาวน์เดชันฟิลด์บัส

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF PLANT MODEL FOR OPEN-TANK  
LIQUID LEVEL CONTROL BY USING FOUNDATION FIELDBUS



นายกฤตติน เสรีนิราช

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิศวกรรมอัตโนมัติ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบและสร้างพลาเน็ตโมเดลสำหรับการควบคุมระดับของเหลวในถังเปิด  
โดยใช้ฟาวน์เดชันฟิลด์บัส

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF PLANT MODEL FOR OPEN-TANK  
LIQUID LEVEL CONTROL BY USING FOUNDATION FIELDBUS



นายกฤติน เสรีนิราช

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิศวกรรมอัตโนมัติ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF PLANT MODEL FOR OPEN-TANK  
LIQUID LEVEL CONTROL BY USING FOUNDATION FIELDBUS

The seal of King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang is a circular emblem. It features a central sunburst with rays emanating from a central point. Below the sunburst are three tiered, ornate structures resembling traditional Thai stupas or pagodas, each supported by a decorative base. The entire emblem is surrounded by a circular border containing Thai text. The name 'KRISTIN SEREENIRACH' is printed in a bold, black, sans-serif font across the center of the seal.

KRISTIN SEREENIRACH

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF  
BACHELOR OF ENGINEERING IN AUTOMATION ENGINEERING  
SCHOOL OF ENGINEERING  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG  
ACADEMIC YEAR 2022

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สาขาวิศวกรรมอัตโนมัติ  
ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

หัวข้อปริญญาานิพนธ์      การออกแบบและสร้างพลานต์โมเดลสำหรับการควบคุมระดับของเหลวใน  
ถังเปิดโดยใช้ฟาวนด์ชันฟิลด์บัส

Thesis title                  Design and Implementation of Plant Model for Open-Tank  
Liquid Level Control by Using Foundation Fieldbus

นักศึกษา                        นายกฤติน เสรีนิราช


ปริญญา                         วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขา                            วิศวกรรมอัตโนมัติ

อาจารย์ที่ปรึกษา              รศ.ดร. พิทยา ปานนิล

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม        รศ.ดร. ธีรวัฒน์ เทพมณี

ปีการศึกษา                    2565

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รศ.ดร. พิทยา ปานนิล	
รศ.ดร. ธีรวัฒน์ เทพมณี	<i>T.Thepmanee</i>

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การออกแบบและสร้างพลานต์โมเดลสำหรับการควบคุมระดับของเหลวในถังเปิดโดยใช้ฟาวน์เดชันฟิลด์บัส	
นักศึกษา	นายกฤติน เสรีนิราช	รหัสประจำตัว 62010030
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร. พิทยา ปานนิล	
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รศ.ดร. อีรววัฒน์ เทพมณี	

### บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้นำเสนอเทคนิคทางวิศวกรรมในการออกแบบและสร้างพลานต์โมเดลสำหรับการทดลองการควบคุมระดับของเหลวในถังเปิดแบบพีไอดีหรือแบบคาสเคด นอกจากนี้ พลานต์โมเดลที่ออกแบบยังสามารถนำมาใช้ในการทดลองการควบคุมอัตราการไหลแบบพีไอดีได้อีกด้วย พลานต์โมเดลที่สร้างขึ้นประกอบด้วยอุปกรณ์ระดับฟิลด์ที่ใช้ฟาวน์เดชันฟิลด์บัส H1 ในการสื่อสาร จำนวน 4 อุปกรณ์ ซึ่งได้แก่ ทรานสมิตเตอร์ความดันรุ่น Honeywell STG94L (PIT\_101) ทรานสมิตเตอร์อัตราการไหลแบบแม่เหล็กไฟฟ้ารุ่น Rosemount 8732EM (FIT\_101) ทรานสมิตเตอร์ความดันแตกต่างรุ่น Yokogawa EJX 110A (LIT\_101) และโพซิชั่นเนอร์ของวาล์วควบคุมรุ่น Yamatake (Azbil) AVP-303 (LCV\_101 หรือ FCV\_101) โดยมีการติดตั้ง PIT\_101 และ FIT\_101 เพื่อวัดความดันภายในท่อและวัดอัตราการไหลเข้าถังทรงกระบอก (ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 144 มิลลิเมตร และความสูง 450 มิลลิเมตร) ตามลำดับ และมีการใช้ LIT\_101 ในการวัดระดับของเหลวในถังเปิด และ LCV\_101 (หรือ FCV\_101) เป็นอุปกรณ์ควบคุมขั้นสุดท้ายสำหรับควบคุมระดับแบบพีไอดี (หรือแบบคาสเคด) ยิ่งไปกว่านั้นยังมีการอธิบายการกำหนดตั้งค่าอุปกรณ์และรูปแบบควบคุมด้วยแนวคิด "Control-in-the-Field" เมื่อเชื่อมต่อพลานต์โมเดลเข้ากับดีซีเอส DeltaV ผลการทดสอบยืนยันว่า สามารถใช้พลานต์โมเดลที่สร้างขึ้นในการทดลองการควบคุมระดับของเหลวแบบพีไอดี การควบคุมอัตราการไหลแบบพีไอดี และการควบคุมระดับของเหลวแบบคาสเคดได้

**คำสำคัญ** : การควบคุมแบบคาสเคด, ดีซีเอส, ทรานสมิตเตอร์ความดันแตกต่าง, ฟาวน์เดชันฟิลด์บัส, ทรานสมิตเตอร์อัตราการไหลแบบแม่เหล็กไฟฟ้า, การควบคุมแบบพีไอดี, พลานต์โมเดล, โพซิชั่นเนอร์, ทรานสมิตเตอร์ความดัน

**Thesis Title:** Design and Implementation of Plant Model for Open-Tank Liquid Level Control by Using Foundation Fieldbus

**Student:** Mr. Kristin Sereenirach **Student ID:** 62010030

**Thesis Advisor:** Assoc. Prof. Dr. Pittaya Pannil

**Thesis Co Advisor:** Assoc. Prof. Dr. Teerawat Thepmanee

## ABSTRACT

This thesis presents an engineering technique to design and implement a plant model for experiments of open-tank liquid level control based on proportional-integral-derivative (PID) or cascade algorithm. In addition, the designed plant model can also be employed for experiments of PID-based flow control. The implemented plant model consists of four Foundation Fieldbus H1 field devices, which are pressure transmitter modeled Honeywell STG94L (PT\_101), magnetic flow transmitter modeled Rosemount 8732EM (FIT\_101), differential pressure transmitter modeled Yokogawa EJX 110A (LIT\_101), and control valve positioner modeled Yamatake (Azbil) AVP-303 (LCV\_101 or FCV\_101). The PT\_101 and FIT\_101 are installed to measure an internal pressure of the fluid inside the pipe and to measure an inlet flow rate into a cylinder tank (with diameter of 144 mm. and height of 450 mm), respectively. The LIT\_101 is used for open tank level measurement, and the LCV\_101 (or FCV\_101) is used as the final control element for level control based on PID (or cascade) algorithm. Moreover, the control and device configurations based on “Control-in-the-Field” concept when connecting the implemented plant model to the DeltaV distributed control system (DCS) are described. Test results confirm that the experiments of PID-based level control, PID-based flow control, and level-to-flow cascade control can be performed by using the implemented plant model.

**Keywords:** Cascade Control, DCS, Differential Pressure Transmitter, Foundation Fieldbus, Magnetic Flow Transmitter, PID Control, Plant Model, Positioner, Pressure Transmitter

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้จะสำเร็จลุล่วงไปไม่ได้เลย หากไม่มีความช่วยเหลือและความอนุเคราะห์จาก รศ.ดร. พิทยา ปานนิล และ รศ.ดร. อีรววัฒน์ เทพมณี อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมอัตโนมัติ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่กรุณาได้รับเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา และให้แนวคิดหลักของปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้รวมถึงคอยให้ข้อแนะนำในการทำงานและแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น ตั้งแต่เริ่มต้นทำปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้จนกระทั่งปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ทางผู้จัดทำ ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมอัตโนมัติทุกท่านที่ได้ให้คำปรึกษาแนะนำและถ่ายทอดความรู้ในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติ จนสามารถนำความรู้ที่ได้มาใช้งานในการปฏิบัติจริง ตลอดจนคอยกำกับ และติดตาม ความคืบหน้าของปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ จนทางผู้จัดทำสามารถดำเนินงานได้ตามแผนดำเนินงานที่ได้วางแผนไว้

ขอขอบพระคุณ ผู้เป็นเจ้าของทฤษฎี งานวิจัย หลักการ บทความ หนังสือ ที่ทางผู้จัดทำได้นำมาอ้างอิงใน ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณผู้ผลิตผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่ได้นำมาประกอบในการที่สร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการสร้าง ชิ้นงานในปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้มีความสำเร็จลุล่วงตามความต้องการ

ขอขอบคุณ ครอบครัว เพื่อน รุ่นพี่ รุ่นน้อง ที่คอยให้กำลังใจ ช่วยเหลือ และการสนับสนุนมาโดยตลอด สุดท้ายนี้ คุณค่า และประโยชน์ใด ๆ ที่ได้จากการทำปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบแต่ สังคม ครอบครัว อาจารย์ และผู้มีพระคุณสืบไป

ผู้จัดทำ

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ.....	I
ABSTRACT.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VIII
สารบัญรูป.....	IX
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ.....	2
1.4 แผนการดำเนินการ.....	3
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 แนวคิดและหลักการที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 กล่าวนำ.....	4
2.2 แนวคิดในการออกแบบการควบคุมระดับของเหลวในถังเปิด.....	4
2.3 อุปกรณ์ระดับฟิลด์ที่เลือกใช้ในพลาตันโตโมเดล.....	5
2.3.1 ชุดทรานสมิตเตอร์อัตราการใช้แบบแม่เหล็กไฟฟ้า Rosemount 8705 และ Rosemount 8732EM.....	5
2.3.2 วาล์วควบคุม Yamatake (Azbil) AGBV.....	6
2.3.3 โฟซิชั่นเนอร์ Yamatake (Azbil) AVP 303.....	8
2.3.4 ทรานสมิตเตอร์ความดันแตกต่าง Yokogawa EJX 110A.....	9
2.3.5 ทรานสมิตเตอร์ความดัน Honeywell STG94L.....	11
2.4 ดีซีเอส.....	12

## สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.5 ฟาวนด์ชันฟิลด์บัส .....	14
บทที่ 3 การออกแบบและสร้างพลาเน็ตโมเดลที่นำเสนอ .....	19
3.1 กล่าวนำ .....	19
3.2 เงื่อนไขในการออกแบบ .....	19
3.3 โครงสร้างสถาปัตยกรรมของเครือข่าย.....	22
3.4 รายละเอียดของอุปกรณ์ฟาวนด์ชันฟิลด์บัส.....	23
3.5 พีแอนด์ไอดี.....	24
3.6 การออกแบบกระบวนการควบคุมในถังเปิด.....	26
3.6.1 การออกแบบส่วนโครงสร้าง.....	26
3.6.2 การออกแบบส่วนแนวท่อ.....	27
3.6.3 การออกแบบตำแหน่งติดตั้งทรานสมิตเตอร์และวาล์วควบคุม .....	28
3.6.4 การออกแบบตู้จ่ายไฟและควบคุมปั้มน้ำ .....	29
3.6.5 การออกแบบการเดินสายฟาวนด์ชันฟิลด์บัส H1 .....	32
3.7 การคำนวณหาระดับน้ำในถัง.....	33
3.8 การเขียนโปรแกรมสำหรับควบคุมปั้มน้ำด้วยพีแอลซี .....	34
3.8.1 รายละเอียดแท็กในโปรแกรมควบคุมปั้มน้ำด้วยพีแอลซี.....	35
3.8.2 โปรแกรมควบคุมปั้มน้ำด้วยพีแอลซี .....	36
3.9 ขั้นตอนการประกอบ .....	37
3.9.1 การประกอบส่วนโครงสร้าง .....	37
3.9.2 การประกอบส่วนแนวท่อ .....	38
3.9.3 การติดตั้งปั้มน้ำ .....	39
3.9.4 การติดตั้งชุดทรานสมิตเตอร์อัตราการไหลแบบแม่เหล็กไฟฟ้า Rosemount 8705 และ Rosemount 8732EM.....	40
3.9.5 การติดตั้งวาล์วควบคุม.....	42

## สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.9.6 การติดตั้งถังเปิดไฮโดรเจนระดับน้ำ.....	43
3.9.7 การติดตั้งทรานสมิตเตอร์ความดัน .....	44
3.9.8 การติดตั้งตู้ควบคุมระบบไฟฟ้า.....	46
3.9.9 การติดตั้งกล่องเชื่อมต่อสายสัญญาณฟาว์นเดชันฟิลด์บัส H1.....	47
3.10 การทดสอบพลาสมาโคมเพล็กซ์ที่สร้างขึ้น.....	48
บทที่ 4 การทดสอบฟังก์ชันการทำงานของพลาสมาโคมเพล็กซ์ด้วยดีซีเอส Delta V.....	49
4.1 กล่าวนำ .....	49
4.2 การกำหนดและตั้งค่าทรานสมิตเตอร์และวาล์วควบคุม Exploring Delta V (Device Template).....	49
4.3 การสร้างลูปควบคุมใน Control Studio .....	53
4.3.1 ขั้นตอนการสร้างลูปควบคุม .....	53
4.3.2 ลูปควบคุมที่ใช้ .....	56
4.3.3 การตั้งค่าพารามิเตอร์ของบล็อกต่าง ๆ ในแต่ละลูปควบคุม.....	58
4.4 การสร้างกราฟิก.....	63
4.4.1 กราฟิกในการควบคุมระดับแบบพีไอดี .....	63
4.4.2 กราฟิกในการควบคุมระดับแบบคาสเคด.....	64
4.4.3 กราฟิกในการควบคุมอัตราการไหลแบบพีไอดี .....	65
4.5 การคอมมิชชันนิ่งและการทดลองในการควบคุม.....	66
4.5.1 การคอมมิชชันนิ่ง.....	66
4.5.2 การทดลองในการควบคุม .....	69
บทที่ 5 สรุป ปัญหาและข้อเสนอแนะ .....	75
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน.....	75
5.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไขปัญหา .....	75
5.2.1 ปัญหา.....	75

## สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
5.2.2 แนวทางการแก้ไข .....	75
5.3 ข้อเสนอแนะ .....	76
เอกสารอ้างอิง .....	77



## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แผนการดำเนินการ.....	3
3.1 รายละเอียดของอุปกรณ์ฟาวน์เดชันฟิลด์บัส.....	23
3.2 รายละเอียดแท็กในโปรแกรมควบคุมปั้มน้ำด้วยพีแอลซี.....	35
4.1 การตั้งค่าพารามิเตอร์ของบล็อก AI1 ถึง AI3 ในลูปควบคุมระดับของเหลวแบบพีไอดี.....	55
4.2 การตั้งค่าพารามิเตอร์ของบล็อก PID ในลูปควบคุมระดับของเหลวแบบพีไอดี.....	56
4.3 การตั้งค่าพารามิเตอร์ของบล็อก AO ในลูปควบคุมระดับของเหลวแบบพีไอดี.....	55
4.4 การตั้งค่าพารามิเตอร์ของบล็อก AI1 ถึง AI3 ในลูปควบคุมระดับของเหลวแบบคาสเดด.....	57
4.5 การตั้งค่าพารามิเตอร์ของบล็อก PID1 และ PID2 ในลูปควบคุมระดับของเหลวแบบคาสเดด.....	57
4.6 การตั้งค่าพารามิเตอร์ของบล็อก AO ในลูปควบคุมระดับของเหลวแบบคาสเดด.....	58
4.7 การตั้งค่าพารามิเตอร์ของบล็อก AI1 ถึง AI3 ในลูปควบคุมอัตราการไหลแบบพีไอดี.....	58
4.8 การตั้งค่าพารามิเตอร์ของบล็อก PID ในลูปควบคุมอัตราการไหลแบบพีไอดี.....	59
4.9 การตั้งค่าพารามิเตอร์ของบล็อก AO ในลูปควบคุมอัตราการไหลแบบพีไอดี.....	59

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แนวคิดในการออกแบบการควบคุมระดับของเหลวในถังเปิด .....	4
2.2 Rosemount 8732EM และ Rosemount 8705 .....	5
2.3 ขดลวดภายใน Rosemount 8705 .....	5
2.4 กฎของฟาราเดย์ .....	6
2.5 วาล์วควบคุม Yamatake (Azbil) AGBV .....	6
2.6 ส่วนประกอบของวาล์วควบคุม .....	7
2.7 ส่วนประกอบของตัววาล์วควบคุม (Body) .....	7
2.8 ส่วนประกอบของตัวกระตุ้น (Actuator) .....	8
2.9 โฟชิชันเนอร์ Yamatake (Azbil) AVP 303 .....	8
2.10 ทรานสมิตเตอร์ความดันแตกต่าง Yokogawa EJX 110A .....	9
2.11 โครงสร้างภายในทรานสมิตเตอร์ความดันแตกต่างที่ใช้แผ่นไดอะแฟรมในการวัด .....	9
2.12 ความดันอุทกสถิต .....	10
2.13 การวัดระดับของเหลวแบบถังเปิด .....	11
2.14 ทรานสมิตเตอร์ความดัน Honeywell STG94L .....	11
2.15 โครงสร้างระบบดีซีเอส .....	12
2.16 เครือข่ายฟาวน์เดชันฟิลด์บัส .....	14
2.17 โมเดล OSI กับฟาวน์เดชันฟิลด์บัส .....	15
2.18 ตำแหน่งของฟังก์ชันกับบล็อกที่อยู่ในอุปกรณ์ระดับฟิลด์ .....	17
3.1 เงื่อนไขในการติดตั้งทรานสมิตเตอร์อัตราการไหลแบบแม่เหล็กไฟฟ้า .....	19
3.2 การไหลแบบปั่นป่วนเมื่อผ่าท่อมุมงอ 90 องศา .....	20
3.3 โครงสร้างสถาปัตยกรรมของเครือข่าย .....	22
3.4 พีแอนด์ไอดีในการควบคุมระดับของเหลวแบบพีไอดี .....	24
3.5 พีแอนด์ไอดีในการควบคุมระดับของเหลวแบบคาสเคด .....	25
3.6 พีแอนด์ไอดีในการควบคุมอัตราการไหลแบบพีไอดี .....	25

## สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.7 แบบ 3 มิติของโครงสร้างอลูมิเนียมโพรไฟล์.....	26
3.8 แบบ 3 มิติของแนวท่อขนาด 1 นิ้ว.....	27
3.9 แบบ 3 มิติของแนวท่อขนาด 0.5 นิ้ว.....	27
3.10 แผนผังการจัดวางอุปกรณ์ต่าง ๆ ในพลาตันโมเดล(มองจากด้านบน).....	28
3.11 แบบ 3 มิติของพลาตันโมเดล.....	28
3.12 แบบภายนอกตู้จ่ายไฟและควบคุมปั้มน้ำ.....	29
3.13 การวางตำแหน่งอุปกรณ์ภายในตู้จ่ายไฟและควบคุมปั้มน้ำ.....	29
3.14 แบบไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ภายในตู้จ่ายไฟและควบคุมปั้มน้ำ.....	30
3.15 แบบไฟฟ้ากระแสตรง 24 โวลต์ภายในตู้จ่ายไฟและควบคุมปั้มน้ำ.....	30
3.16 แบบการเชื่อมต่ออินพุตต่าง ๆ เข้ากับพีแอลซี.....	31
3.17 แบบการเชื่อมต่อพีแอลซีกับเอาต์พุตต่าง ๆ.....	31
3.18 แบบการเชื่อมต่อทรานสมิตเตอร์และวาล์วควบคุมกับกล่องเชื่อมต่อสายรุ่น FCS-MB10-SG(-T).....	32
3.19 การวางตำแหน่งทรานสมิตเตอร์ความดันแตกต่างกัน.....	33
3.20 ผังงานแสดงการทำงานของโปรแกรมควบคุมปั้มน้ำด้วยพีแอลซี.....	34
3.21 โปรแกรมควบคุมปั้มน้ำ.....	36
3.22 โปรแกรมควบคุมหลอดไฟแสดงผล.....	36
3.23 โครงสร้างอลูมิเนียมโพรไฟล์ของพลาตันโมเดล.....	37
3.24 แนวท่อน้ำในขนาด 1 นิ้ว.....	38
3.25 แนวท่อน้ำขนาด 0.5 นิ้ว.....	38
3.26 ปั้มน้ำ.....	39
3.27 เซนเซอร์วัดอัตราการไหลแบบแม่เหล็กไฟฟ้า Rosemount 8705.....	40
3.28 ทรานสมิตเตอร์อัตราการไหลแบบแม่เหล็กไฟฟ้า Rosemount 8732EM.....	40
3.29 การเชื่อมต่อสายไฟระหว่างเซนเซอร์วัดอัตราการไหลแบบแม่เหล็กไฟฟ้า Rosemount 8705 กับ ทรานสมิตเตอร์อัตราการไหลแบบแม่เหล็กไฟฟ้า Rosemount 8732EM.....	41

## สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.30 วาล์วควบคุม .....	42
3.31 ถังเปิดใสแสดงระดับน้ำ .....	43
3.32 ทรานสมิตเตอร์ความดัน Honeywell STG94L .....	44
3.33 ทรานสมิตเตอร์ความดันแตกต่าง Yokogawa EJX 110A .....	45
3.34 ตู้ควบคุมระบบไฟฟ้า .....	46
3.35 การเชื่อมต่อสายระหว่างกล่องเชื่อมต่อสายรุ่น FCS-MB10-SG(-T)กับทรานสมิตเตอร์และวาล์วควบคุม .....	47
3.36 กล่องเชื่อมต่อสายรุ่น FCS-MB10-SG(-T) .....	47
3.33 พลาเน็ตโมเดลที่ได้สร้างขึ้น .....	48
4.1 หน้าต่างแรกของ DeltaV Explorer .....	49
4.2 การเพิ่มทรานสมิตเตอร์และโพซิชั่นเนอร์ของวาล์วควบคุมเข้าไปใน PO1 (พอร์ตที่1) .....	50
4.3 Fieldbus Device Properties .....	50
4.4 การตั้งค่า Fieldbus Device Properties ของทรานสมิตเตอร์ความดัน Honeywell STG94L .....	51
4.5 การตั้งค่า Fieldbus Device Properties ของทรานสมิตเตอร์ความดันแตกต่าง Yokogawa EJX110A .....	51
4.6 การตั้งค่า Fieldbus Device Properties ของโพซิชั่นเนอร์ของวาล์วควบคุมYamatake (Azbil) AGBV .....	52
4.7 การตั้งค่า Fieldbus Device Properties ของทรานสมิตเตอร์อัตราการไหลด้วยแม่เหล็กไฟฟ้า Rosemount 8732EM .....	52
4.8 Pop-upข้างใน AREA_A .....	53
4.9 การตั้งค่า Object ใน Area_A .....	54
4.10 การเข้าไปเปิด Object ที่ได้เลือกเอาไว้ .....	54
4.11 โปรแกรม Control Studio .....	55
4.12 รูปควบคุมระดับของเหลวแบบพีไอดี .....	56
4.13 รูปควบคุมระดับของเหลวแบบคาสเคด .....	57
4.14 รูปควบคุมอัตราการไหลแบบพีไอดี .....	57
4.15 กราฟิกในการควบคุมระดับแบบพีไอดี .....	63

## สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.16 กราฟิกในการควบคุมระดับแบบคาสเคด .....	64
4.17 กราฟิกในการควบคุมอัตราการไหลแบบพีไอดี.....	65
4.18 หน้าจอเมื่อคลิกขวาที่อุปกรณ์ .....	66
4.19 Pop-up Device Commissioning Wizard -Start.....	67
4.20 Pop-up Device Commissioning Wizard-Reconcile Device .....	67
4.21 Pop-up Device Commissioning Wizard-Finish .....	68
4.22 รูปควบคุมระดับแบบพีไอดีในขณะทำการควบคุม .....	69
4.23 กราฟิกในขณะควบคุมระดับแบบพีไอดีในขณะทำการควบคุม .....	70
4.24 รูปควบคุมระดับแบบคาสเคดในขณะทำการควบคุม .....	71
4.25 กราฟิกในขณะควบคุมแบบคาสเคดเมื่อปรับค่าพารามิเตอร์ของ PID2.....	71
4.26 กราฟิกในขณะควบคุมระดับแบบคาสเคด .....	72
4.27 รูปควบคุมอัตราการไหลแบบพีไอดีในขณะทำการควบคุม.....	73
4.28 กราฟิกในขณะควบคุมอัตราการไหลแบบพีไอดีในขณะทำการควบคุม.....	73

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ที่มาและความสำคัญ

กระบวนการในอุตสาหกรรมมีความจำเป็นต้องมีการควบคุมปริมาณของสารที่อยู่ในกระบวนการให้ตรงกับความต้องการของกระบวนการ จึงทำให้มีการควบคุมกระบวนการ (Process Control) เกิดขึ้นโดยการควบคุมกระบวนการประกอบด้วยอุปกรณ์ได้แก่ ตัวควบคุม ทรานสมิตเตอร์ (Transmitter) และอุปกรณ์ควบคุมขั้นสุดท้าย (Final Control Element) โดยอุปกรณ์ทั้งหมดนี้จำเป็นต้องมีการส่งสัญญาณวัดและควบคุมในการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ โดยในปัจจุบันมีเทคโนโลยีการส่งสัญญาณวัดและควบคุมในอุตสาหกรรมได้มีการพัฒนาไปมาก ตั้งแต่การใช้สัญญาณนิวเมติก (Pneumatic) ที่เป็นสัญญาณความดันจนต่อมาได้มีการพัฒนาสัญญาณแอนะล็อก (Analog) โดยจะเป็นรูปแบบการส่งสัญญาณไฟฟ้าในรูปแบบกระแสไฟฟ้าหรือความต่างศักย์ไฟฟ้า และได้มีการผสมผสานการส่งข้อมูลแบบดิจิทัล (Digital) กับแอนะล็อกในโปรโตคอลฮาร์ท (HART) ที่ผสมการส่งข้อมูลแบบแอนะล็อก (4-20 มิลลิแอมป์) กับการส่งข้อมูลแบบดิจิทัลที่ส่งสัญญาณ 0 และ 1 ผ่านการเปลี่ยนแปลงความถี่ของสัญญาณไฟฟ้า และได้มีการพัฒนาการส่งสัญญาณแบบดิจิทัลได้แก่ ฟาวนด์ชันฟิลด์บัส (Foundation Fieldbus) ให้มีความสามารถในการส่งข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ขึ้น มีความสะดวกในการเดินสายสัญญาณ มีความสามารถรองรับอุปกรณ์ในเครือข่ายมากขึ้นและสามารถรองรับการใช้งานของเครือข่ายอุปกรณ์อัจฉริยะในการส่งข้อมูลต่าง ๆ ได้

ในการออกแบบและสร้างพลานต์โมเดล (Plant Model) สำหรับการควบคุมระดับของเหลวในถังเปิดโดยใช้ฟาวนด์ชันฟิลด์บัสเพื่อใช้ในการทดลองในห้องปฏิบัติการดีซีเอส (Distributed Control System: DCS) เพื่อใช้ในการสาธิตการควบคุมกระบวนการโดยใช้ พลานต์โมเดลควบคุมระดับของเหลวในถังเปิด โดยเลือกการศึกษา ระบบควบคุมระดับของเหลว เนื่องจากการควบคุมระดับนั้นง่ายต่อการสังเกตและมีการตอบสนองได้อย่างรวดเร็ว ทำให้ผู้ใช้สามารถเรียนรู้หลักการควบคุมกระบวนการเพื่อให้เกิดสร้างความเข้าใจรวมถึงขั้นตอนการสร้าง ลูปควบคุมและกราฟิก (Operator Graphic)

### 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. ออกแบบและสร้างพลานต์โมเดลสำหรับการควบคุมระดับของเหลวในถังเปิดโดยใช้ฟาวนด์ชันฟิลด์บัส
2. จัดทำกราฟิกที่ใช้ในการควบคุมและแสดงผลการทำงานกระบวนการควบคุมระดับของเหลวในถังเปิดด้วยดีซีเอสได้โดยใช้แนวคิด “Control-in-the-Field” ซึ่งเป็นการใช้ฟังก์ชันบล็อกพีไอดี (Proportional-Integral-Derivative: PID) ของวาล์วควบคุม

### 1.3 ขอบเขตของโครงการงาน

1. ออกแบบพลาเน็ตโมเดลสำหรับการควบคุมระดับของเหลวในถังเปิดที่ประกอบไปด้วย วาล์วควบคุม Yamatake (Azbil) AGBV ขนาด 1 นิ้ว โพลีซินเนอร์ (Positioner) Yamatake (Azbil) AVP ทรานสมิตเตอร์อัตราการไหลด้วยแม่เหล็กไฟฟ้า Rosemount 8705 ขนาด 1 นิ้ว และ Rosemount 8732EM ทรานสมิตเตอร์ความดันแตกต่าง Yokogawa EJX 110A ทรานสมิตเตอร์ความดัน Honeywell STG94L โดยเชื่อมต่อทรานสมิตเตอร์และวาล์วควบคุมเข้ากับกล่องเชื่อมต่อสายรุ่น FCS-MB10-SG(-T) โดยมีปั้มน้ำขนาด 1 แรงม้า 0.75 กิโลวัตต์ อัตราการไหลที่ 5-73 ลิตรต่อนาที ถังเปิดขนาด 7.3 ลิตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 144 มิลลิเมตร สูง 450 มิลลิเมตร และถังบรรจุของเหลวขนาด 24 ลิตร

2. สร้างพลาเน็ตโมเดลสำหรับการควบคุมระดับของเหลวในถังเปิดที่ประกอบไปด้วย วาล์วควบคุม Yamatake (Azbil) AGBV ขนาด 1 นิ้ว โพลีซินเนอร์ Yamatake (Azbil) AVP ทรานสมิตเตอร์อัตราการไหลด้วยแม่เหล็กไฟฟ้า Rosemount 8705 ขนาด 1 นิ้ว และ Rosemount 8732EM ทรานสมิตเตอร์ความดันแตกต่าง Yokogawa EJX 110A ทรานสมิตเตอร์ความดัน Honeywell STG94L โดยเชื่อมต่อทรานสมิตเตอร์และวาล์วควบคุมเข้ากับกล่องเชื่อมต่อสายรุ่น FCS-MB10-SG(-T) โดยมีปั้มน้ำขนาด 1 แรงม้า 0.75 กิโลวัตต์ อัตราการไหลที่ 5-73 ลิตรต่อนาที ถังเปิดขนาด 7.3 ลิตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 144 มิลลิเมตร สูง 450 มิลลิเมตร และถังบรรจุของเหลวขนาด 24 ลิตร

3. พลาเน็ตโมเดลมีความสามารถในการทำการทดลองควบคุมระดับของเหลวในแบบพีไอดีและแบบคาสเคด (Cascade) และการทดลองควบคุมอัตราการไหลแบบพีไอดี

4. ในการทดสอบฟังก์ชันการใช้งานของพลาเน็ตโมเดลได้ทำการทดสอบโดยการเชื่อมต่อพลาเน็ตโมเดลเข้ากับดีซีเอส Delta V เพื่อการสร้างรูปควบคุมด้วยฟังก์ชันบล็อกไดอะแกรม

5. ทำการกำหนดตั้งค่าพารามิเตอร์ (Parameter Configuration) ของฟังก์ชันบล็อกที่ใช้ในการควบคุม และแสดงผลในพลาเน็ตโมเดล

6. สร้างกราฟิกที่ใช้ในการควบคุมกระบวนการควบคุมต่าง ๆ ในพลาเน็ตโมเดล

7. สามารถคอมมิชชันนิ่ง (Commissioning) ดีซีเอส DeltaV ได้

8. ทำการควบคุมกระบวนการควบคุมต่าง ๆ ในพลาเน็ตโมเดลผ่านกราฟิก

9. ทำการออกแบบและติดตั้งระบบควบคุมปั้มน้ำที่ใช้พีแอลซี (Programmable Logic Controller: PLC) Siemens S7-1200 (เพื่อรองรับการควบคุมจากดีซีเอสเมื่อมีการติดตั้งการ์ดควบคุม DI/DO ในอนาคต)

10. ทำการเขียนโปรแกรมควบคุมปั้มน้ำเพื่อใช้กับระบบควบคุมปั้มน้ำที่ใช้พีแอลซี

## 1.4 แผนการดำเนินการ

โดยมีการดำเนินการในช่วงเดือน สิงหาคม พ.ศ. 2565 จนถึง เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2566

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินการ

รายละเอียด	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
ศึกษาข้อมูลของอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่นำมาติดตั้งในพลาเน็ตโมเดล										
ทำการเขียนแบบพีเอชไอทีและสร้างแบบจำลองของพลาเน็ตโมเดลในโปรแกรม SolidWorks										
ทำการประกอบส่วนโครงสร้างของพลาเน็ตโมเดล										
ทำการติดตั้งแนวท่อและอุปกรณ์ในพลาเน็ตโมเดล										
การคอมมิชชันนิงระหว่างพลาเน็ตโมเดลกับดีซีเอส										
เขียนโปรแกรมส่วนควบคุมและแสดงผลในการเชื่อมต่อกับดีซีเอส										
ทดสอบฟังก์ชันการใช้งานของพลาเน็ตโมเดล										
จัดทำปริญญานิพนธ์										

## 1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

ได้พลาเน็ตโมเดลสำหรับการควบคุมระดับของเหลวในถังเปิดที่มีอุปกรณ์ระดับฟิลต์ที่ใช้เทคโนโลยีฟาว์นเดชันฟิลต์บัสในการสื่อสาร โดยพลาเน็ตโมเดลมีความสามารถในการควบคุมระดับของเหลวแบบคาสเคดและแบบพีเอชไอที และสามารถควบคุมอัตราการไหลในแบบพีเอชไอทีได้

## บทที่ 2

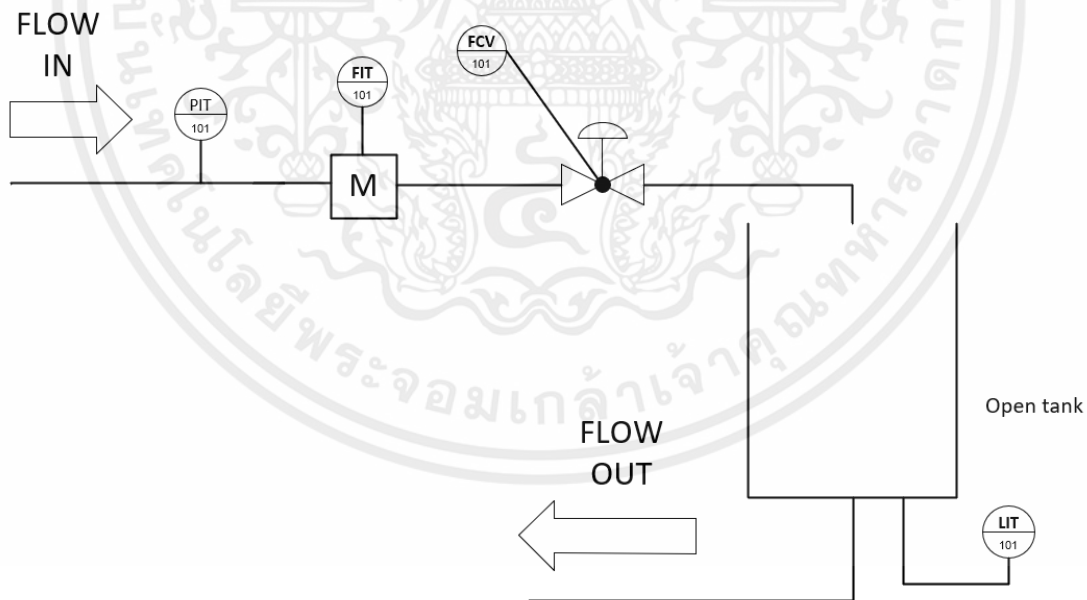
### แนวคิดและหลักการที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 กล่าวนำ

โดยในบทที่ 2 นี้จะกล่าวถึง แนวคิดในการออกแบบการควบคุมระดับของเหลวในถังเปิดที่ได้นำมา ออกแบบและสร้างเป็นพลาเน็ตโมเดล รายละเอียดของทรานสมิตเตอร์และวาล์วควบคุมที่ได้มีการติดตั้งอยู่ใน พลาเน็ตโมเดล ดีซีเอส และฟาวน์เดชันฟิลด์บัส

#### 2.2 แนวคิดในการออกแบบการควบคุมระดับของเหลวในถังเปิด

โดยในการออกแบบการควบคุมระดับของเหลวในถังเปิดจะเป็นการควบคุมของเหลวที่ไหลเข้าถังเปิดโดย ใช้วาล์วควบคุม (FCV\_101) ทำการควบคุมอัตราการไหลเข้าในการควบคุมระดับของเหลวในถังเปิดแบบพีเออี จำเป็นต้องมีทรานสมิตเตอร์ที่มีความสามารถในการวัดระดับของเหลว (LIT\_101) โดยได้เลือกใช้ทรานสมิตเตอร์ ความดันแตกต่างในการวัดระดับของของเหลวและในควบคุมระดับของเหลวในถังเปิดแบบคาสเคดจะใช้ ทรานสมิตเตอร์ที่มีความสามารถในการวัดอัตราการไหล (FIT\_101) โดยได้เลือกใช้ทรานสมิตเตอร์อัตราการไหล ด้วยหลักการแม่เหล็กไฟฟ้า และจะทำการแสดงผลค่าความดันในท่อโดยจะใช้ทรานสมิตเตอร์ที่มีความสามารถในการ วัดความดันดัน (PIT\_101) โดยจะมีการติดตั้งอุปกรณ์ ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แนวคิดในการออกแบบการควบคุมระดับของเหลวในถังเปิด

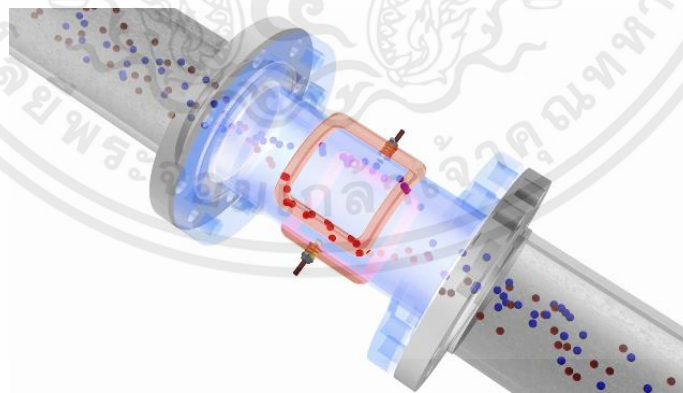
## 2.3 อุปกรณ์ระดับฟิลด์ที่เลือกใช้ในพลานต์โมเดล

### 2.3.1 ชุดทรานสมิตเตอร์อัตราการไหลแบบแม่เหล็กไฟฟ้า Rosemount 8705 และ Rosemount 8732EM [1-5]



รูปที่ 2.2 Rosemount 8732EM และ Rosemount 8705 [3,4]

โดยชุดทรานสมิตเตอร์อัตราการไหลแบบแม่เหล็กไฟฟ้า Rosemount 8705 และ Rosemount 8732EM ประกอบด้วย 2 ส่วน ดังแสดงในรูปที่ 2.2 โดยส่วนที่เป็นเซนเซอร์ Rosemount 8705 โดยมีหน้าที่ตรวจจับอัตราการไหลของของเหลวที่ไหลผ่านเซนเซอร์ โดยภายในเซนเซอร์นี้จะประกอบไปด้วย ขดลวดสร้างสนามแม่เหล็ก เซนเซอร์วัดแรงดันไฟฟ้า และฉนวนภายในท่อ ดังแสดงในรูปที่ 2.3 โดยเมื่อของเหลวนำไฟฟ้าไหลผ่านสนามแม่เหล็กจะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ โดยเราจะนำค่าแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำไปคำนวณตามกฎของฟาราเดย์ (Faraday's Law) ดังแสดงในรูปที่ 2.4 โดยเซนเซอร์สำหรับท่อขนาด 1 นิ้ว สามารถวัดของไหลที่มีความเร็วในช่วง 0-12 เมตรต่ออนาที หรือที่อัตราการไหล 0-273 ลิตรต่ออนาที โดยมีความคลาดเคลื่อนที่ 0.25 % ในแบบมาตรฐาน 0.15 % ในแบบความละเอียดสูง



รูปที่ 2.3 ขดลวดภายใน Rosemount 8705 [5]

## Faraday's Law

$$E = k \cdot B \cdot D \cdot V$$

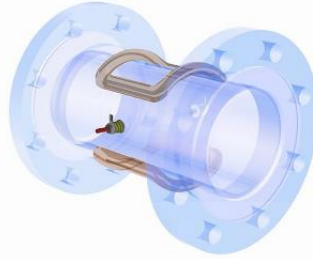
E= Induced Voltage (Linear with Velocity)

k= Proportionality Constant

B= Magnetic Field Strength (Coil Inductance)

D=Distance Between Electrodes

V=Velocity of Process Fluid



### รูปที่ 2.4 กฎของฟาราเดย์ [5]

Rosemount 8732EM เป็นทรานสมิตเตอร์มีหน้าที่ในการรับค่าแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ และมีหน้าที่ส่งสัญญาณฟาวน์เดชันฟิลด์บัส H1 และจ่ายไฟเลี้ยงให้กับตัวเซนเซอร์ Rosemount 8705 โดยอุปกรณ์นี้ต้องทำการจ่ายไฟฟ้าจากภายนอก นอกเหนือจากที่มีการจ่ายผ่านสัญญาณ ฟาวน์เดชันฟิลด์บัส H1 โดยเป็นไฟฟ้ากระแสตรง 12-42 โวลต์ 1.2 แอมป์ 15 วัตต์

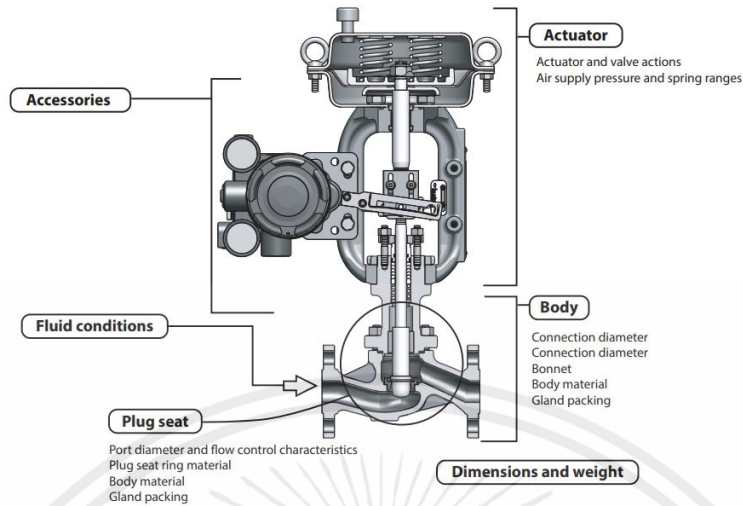
### 2.3.2 วาล์วควบคุม Yamatake (Azbil) AGBV [1,2,6]

วาล์วควบคุม Yamatake (Azbil) AGBV (air to open) ในรูปที่ 2.5 เป็นอุปกรณ์ควบคุมขั้นสุดท้ายที่ใช้ในพลาสมาเตอโมเตลเป็นวาล์วควบคุมสำหรับท่อขนาด 1 นิ้ว มีค่า CV ที่ 14 ซึ่งอุปกรณ์นี้ใช้หลักการของการปรับพื้นที่การไหลโดยจะลดพื้นที่การไหลให้ลดลงจากขนาดท่อเดิม โดยรับสัญญาณคำสั่งจากตัวควบคุมเพื่อให้กระบวนการนี้ดำเนินไปอย่างอัตโนมัติ



### รูปที่ 2.5 วาล์วควบคุม Yamatake (Azbil) AGBV [6]

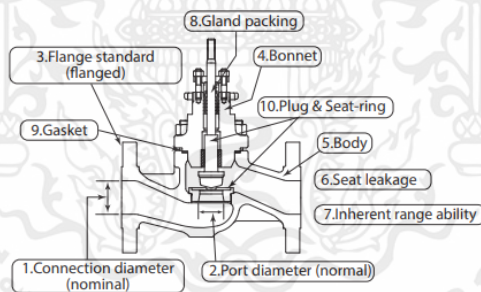
โดยวาล์วควบคุมสามารถแยกส่วนประกอบพื้นฐานได้เป็น 2 ส่วน ดังแสดงในรูปที่ 2.6 ได้แก่ ส่วนที่เป็นตัววาล์ว (Body) และส่วนที่เป็นตัวกระตุ้น (Actuator)



รูปที่ 2.6 ส่วนประกอบของวาล์วควบคุม [6]

**ตัววาล์ว**

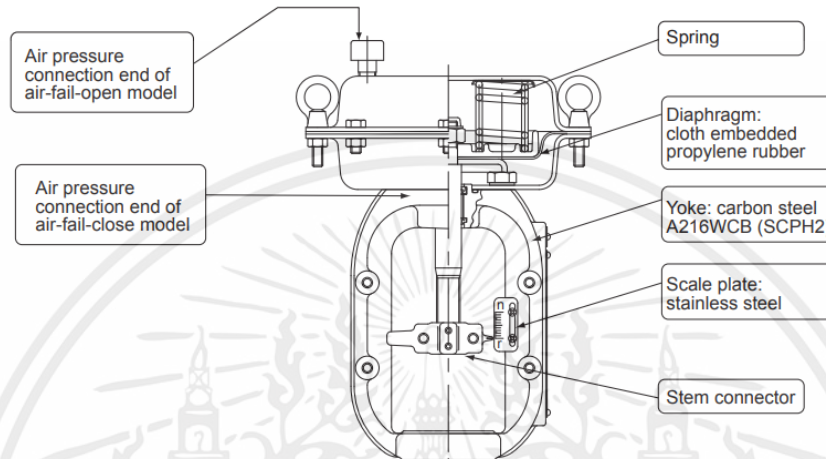
โดยส่วนตัววาล์วนี้มีส่วนประกอบดังแสดงในรูปที่ 2.7 โดยตัววาล์วเป็นบริเวณที่จะทำการปรับพื้นที่การไหลให้มีขนาดเล็กลงโดยการเคลื่อนส่วนปลั๊ก (Plug) ขึ้นหรือลง ให้โดยการเปลี่ยนตำแหน่งส่วนปลั๊กนี้จะทำให้ระยะระหว่างปลั๊กกับ Seat-ring เปลี่ยนแปลงไป



รูปที่ 2.7 ส่วนประกอบของตัววาล์วควบคุม (Body) [6]

## ตัวกระตุ้น

โดยตัวกระตุ้น (Actuator) ในวาล์วเป็นแบบ Pneumatic Actuator ในรูปที่ 2.8 โดยใช้ความดันอากาศสร้างแรงกระทำกับอุปกรณ์รับลมที่มีคุณสมบัติยืดหยุ่นได้เรียกว่าแผ่นไดอะแฟรม (Diaphragm) แล้วนำการเคลื่อนไหวของแผ่นไดอะแฟรมมาขับ Stem connector ที่ทำการเชื่อมกับปลั๊กของวาล์ว



รูปที่ 2.8 ส่วนประกอบของตัวกระตุ้น (Actuator) [6]

### 2.3.3 โฟซิชั่นเนอร์ Yamatake (Azbil) AVP 303 [7]



รูปที่ 2.9 โฟซิชั่นเนอร์ Yamatake (Azbil) AVP 303 [7]

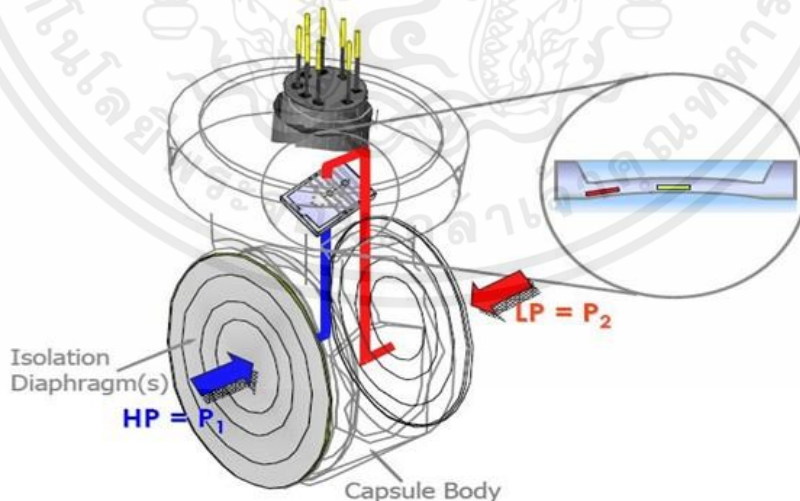
โฟซิชั่นเนอร์ (Positioner) ดังแสดงในรูปที่ 2.9 เป็นอุปกรณ์ที่มีหน้าที่ในการควบคุมตำแหน่งการเปิดและปิดของวาล์ว โดยมีหน้าที่จ่ายลมเข้าไปในส่วนตัวกระตุ้น ซึ่งโฟซิชั่นเนอร์นี้มีคุณสมบัติเป็นโฟซิชั่นเนอร์อัจฉริยะ (Smart Positioner) สามารถรับและส่งสัญญาณฟาวน์เดชั่นฟิลด์บัส H1 โดยต้องการสัญญาณลม (Air Supply) ในช่วง 0.8-2.4 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

### 2.3.4 ทรานสมิตเตอร์ความดันแตกต่าง Yokogawa EJX 110A [1,2,8-11]

ทรานสมิตเตอร์ความดันแตกต่างในรูปที่ 2.10 เป็นทรานสมิตเตอร์ที่มีหน้าที่ในการวัดระดับของเหลวโดยค่าความดันแตกต่างที่วัดได้จาก 2 บริเวณ โดยในทรานสมิตเตอร์รุ่นนี้มีกลไกในการวัดโดยใช้แผ่นไดอะแฟรมซึ่งมีโครงสร้างในส่วนของเซนเซอร์ดังแสดงในรูปที่ 2.11 ที่มีคุณสมบัติยืดหยุ่นโดยจะเปลี่ยนแปลงการยืดหยุ่นของวัสดุเป็นสัญญาณไฟฟ้ามาประมวลผลเป็นสัญญาณฟาว์นเดชันฟิลด์บัส H1 โดยทรานสมิตเตอร์ความดันแตกต่างสามารถใช้งานในการวัดได้หลากหลาย ทั้งการวัดอัตราการไหลด้วยแผ่นออริฟิส (Orifice Plate) แต่ในพลาเน็ตโมเดลนี้จะใช้งานทรานสมิตเตอร์ความดันแตกต่างด้วยหลักการของความดันอุทกสถิต (Hydrostatic Pressure) โดยจะทำการวัดระดับแบบถั่งเปิดโดยจะวัดค่าความดันกันถึงเทียบกับความดันบรรยากาศ



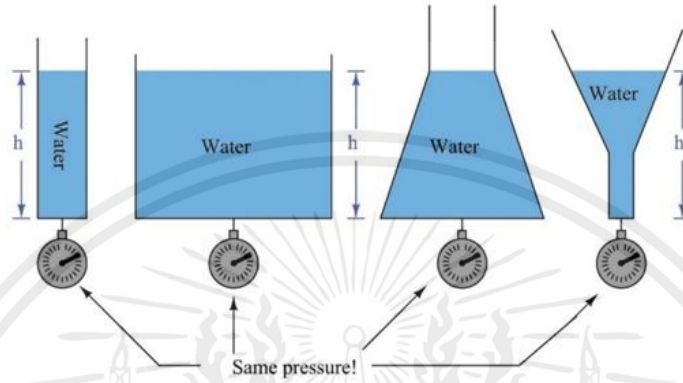
รูปที่ 2.10 ทรานสมิตเตอร์ความดันแตกต่าง Yokogawa EJX 110A [8]



รูปที่ 2.11 โครงสร้างภายในทรานสมิตเตอร์ความดันแตกต่างที่ใช้แผ่นไดอะแฟรมในการวัด [9]

โดยนำค่าความดันที่ได้มาคำนวณด้วยหลักการความดันอุทกสถิต ความดันที่เกิดจากความสูงของของเหลว ซึ่งจะแปรผันตรงกับ ความสูงของของเหลวที่อยู่ในภาชนะที่ใช้บรรจุ ดังนั้นเราสามารถหาระดับความสูงของของเหลวได้จากการวัดความดันที่ก้นถัง

**หลักการความดันอุทกสถิต [10]**



**รูปที่ 2.12 ความดันอุทกสถิต [10]**

โดยระดับความสูงของของเหลวสามารถหาได้จากความดันที่เกิดจากของเหลวด้านบนที่มากที่สุด ค่าความหนาแน่นของของเหลว และค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก โดยที่ความสูงเท่ากันในของเหลวเดียวกัน แรงดันที่วัดได้มีค่าเท่ากันโดยไม่คำนึงถึงรูปร่างของภาชนะบรรจุ ดังรูปที่ 2.12 จะมีความสัมพันธ์กันตามสมการนี้

$$h = P/\rho g \dots\dots\dots (1.1)$$

โดยที่ **h** คือ ระดับความสูงของของเหลว ในหน่วย เมตร

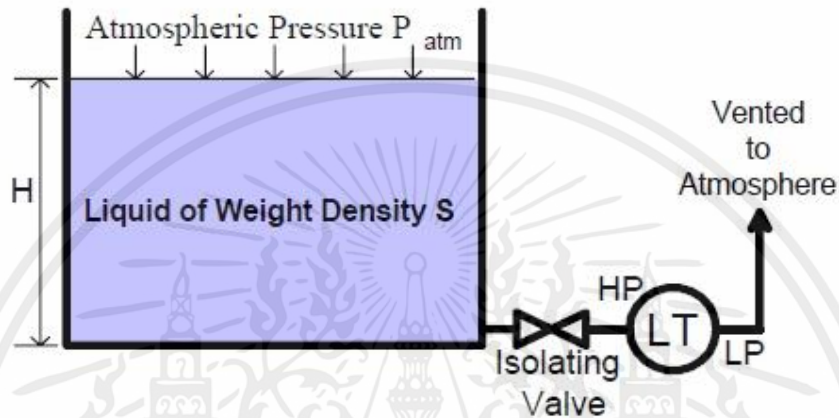
**P** คือ ความดันที่เกิดจากของเหลวด้านบนที่มากที่สุด นิวตันต่อตารางเมตร

**g** คือ ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก หน่วย เมตร/วินาที<sup>2</sup>

**ρ** คือ ค่าความหนาแน่นของของเหลว หน่วย กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

## การวัดระดับของเหลวในถังเปิด [1,11]

การวัดระดับของเหลวแบบโดยวัดจากความดันที่แปรผันตรงกับระดับความสูงของของเหลวโดยเหมาะสมกับการวัดระดับของเหลวที่มีคุณสมบัติระเหยได้ยากที่อุณหภูมิปกติ โดยมีการติดตั้งทรานสมิตเตอร์ความดันแตกต่างกัน โดยขาที่วัดด้านความดันสูงของทรานสมิตเตอร์ความดันบริเวณกันถังมาเปรียบเทียบกับขาที่วัดด้านความดันต่ำที่วัดความดันบรรยากาศแล้วนำความดันที่ได้มาคำนวณตามหลักความดันอุทกสถิต ดังแสดงในรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 การวัดระดับของเหลวแบบถังเปิด [11]

### 2.3.5 ทรานสมิตเตอร์ความดัน Honeywell STG94L [1,2,12]

ทรานสมิตเตอร์ความดันในรูปที่ 2.14 นี้มีหน้าที่วัดความดันภายในแนวท่อโดยทรานสมิตเตอร์ความดันตัวนี้สามารถวัดความดันในช่วง 20-500 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว โดยใช้หลักการของแผ่นไดอะแฟรมในการวัดโดยจะส่งสัญญาณ ฟาวนด์เซ็นฟิวด์บัส H1

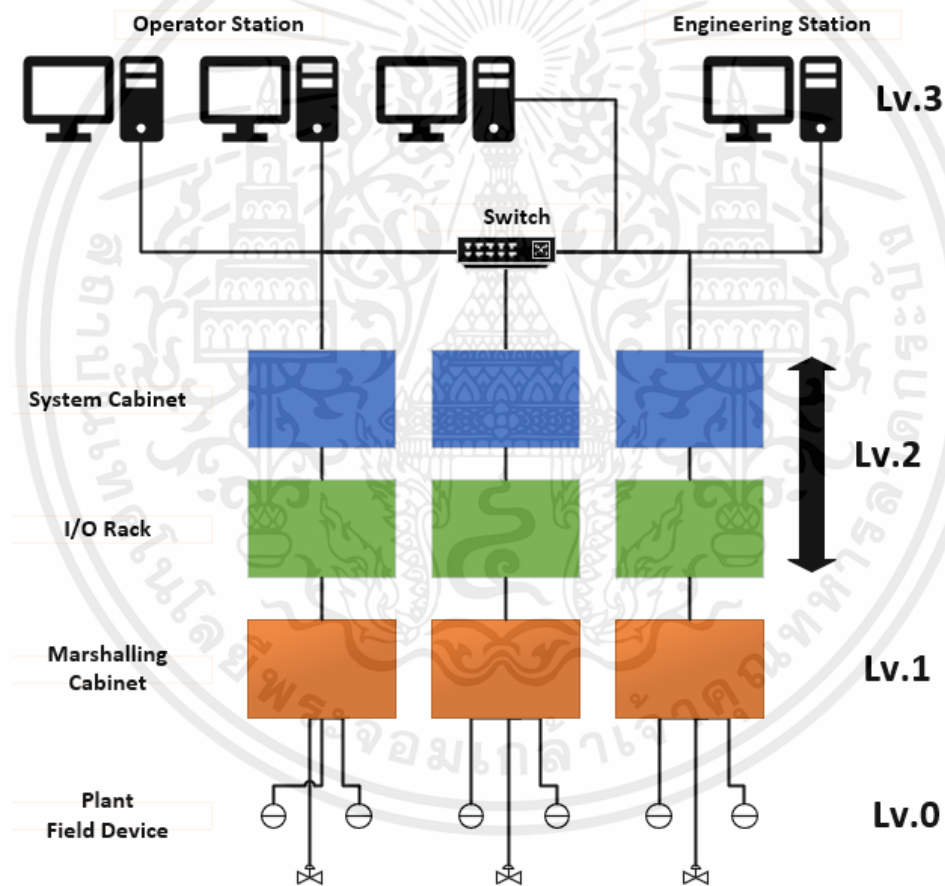


รูปที่ 2.14 ทรานสมิตเตอร์ความดัน Honeywell STG94L [12]

## 2.4 ดีซีเอส [2,13,14]

DCS ย่อมาจาก Distributed Control System เป็นระบบควบคุม (Control) และตรวจสอบ (Monitor) อัตโนมัติด้วยคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการควบคุมกระบวนการ (Process control) ที่นิยมใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมที่มี อุปกรณ์ควบคุมจำนวนมาก

โดย ดีซีเอส ถูกพัฒนาเพื่อทดแทนตัวควบคุมแบบต่าง ๆ เปลี่ยนมาใช้โปรแกรมจากคอมพิวเตอร์ทำให้มีความสามารถในการรองรับอุปกรณ์ควบคุมจำนวนมากและควบคุมได้อย่างแม่นยำโดยดีซีเอส สามารถแบ่งโครงสร้างได้เป็น 4 ชั้น ดังแสดงในรูปที่ 2.15 โดยใน ชั้นที่ 0 เป็นส่วนของอุปกรณ์ระดับฟิลด์ ชั้นที่ 1 เป็นส่วนของ Marshalling Cabinet ชั้นที่ 2 เป็นส่วนของ I/O Rack และส่วน System Cabinet และชั้นที่ 3 เป็นส่วนของ Operator Workstation และ Engineering Station



รูปที่ 2.15 โครงสร้างระบบดีซีเอส [14]

โดยในชั้นที่ 0 เป็นส่วนของอุปกรณ์ระดับฟิลด์ เช่น ทรานสมิตเตอร์ และอุปกรณ์ควบคุมขั้นสุดท้าย

โดยในชั้นที่ 1 เป็นส่วนของ Marshalling Cabinet มีหน้าที่เป็นส่วนเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ระดับฟิลด์มีหน้าที่ทำให้ระบบต่าง ๆ ปลอดภัยโดยมีส่วน Intrinsic Safety Barriers เพื่อให้อุปกรณ์ต่าง ๆ สามารถทำงานได้ในพื้นที่อันตราย

โดยในชั้นที่ 2 ประกอบด้วยส่วนของ I/O Rack และส่วน System Cabinet

ส่วนของ I/O Rack โดยในส่วนนี้จะเป็นส่วนที่มีการติดต่อกับอุปกรณ์วัดและควบคุม รวมทั้งทำการรับค่าจากทรานสมิตเตอร์ และส่งค่าไปยังอุปกรณ์ควบคุมขั้นสุดท้าย โดยการติดต่อกับอุปกรณ์จะใช้สัญญาณไฟฟ้า 1-5 โวลต์ หรือ 4-20 มิลลิแอมป์ หรือใช้โปรโตคอลควบคุมแบบต่าง ๆ เช่น ฮาร์ท ฟาว์นเดชันฟิลด์บัส โปรฟิบัส พีเอ (Profibus PA)

ส่วน System Cabinet โดยจะเป็นส่วนของ Power Supply การ์ดอินพุต เอาต์พุต ที่เชื่อมต่อกับส่วน Controller โดยส่วน Controller เป็นส่วนที่มีการควบคุมกระบวนการตัดสินใจตามโปรแกรมที่ได้มีการกำหนดไว้ โดยในส่วนนี้จะเป็นส่วนที่มีการเชื่อมต่อกับเครือข่ายโดยในส่วน Controller จะมีแนวคิด Redundant โดยจะมี Controller อีกตัวหนึ่งโดยมีหน้าที่ทำงานทดแทนเมื่ออีกตัวหนึ่งไม่สามารถทำงานได้จะเข้ามาทำงานทดแทนโดยทันที

ชั้นที่ 3 เป็นส่วนของ Operator Workstation และ Engineering Station

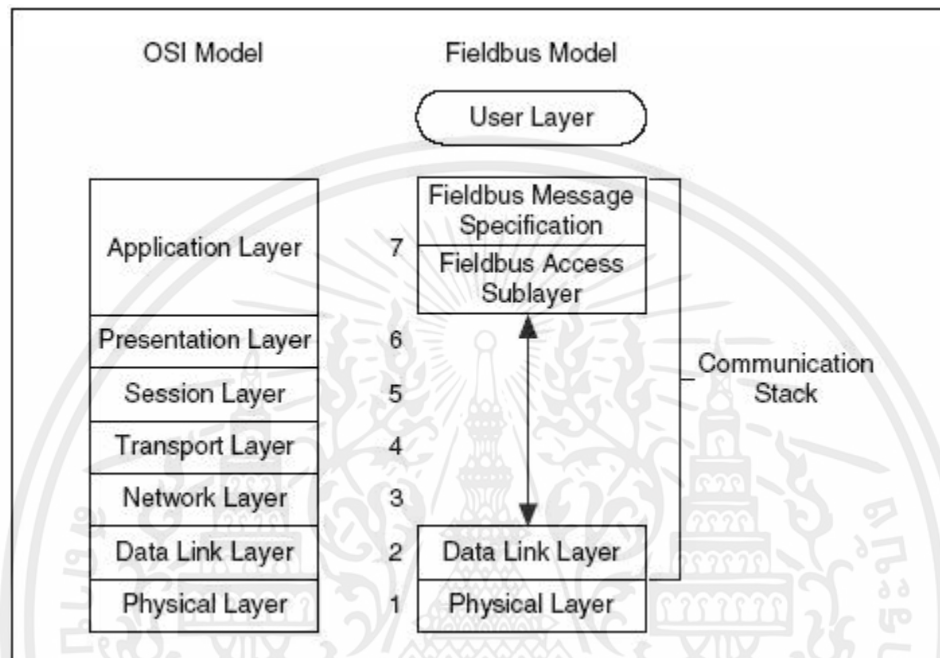
ส่วน Operator Workstation เป็นส่วนที่ใช้ในการแสดงผลและปรับแต่งค่าต่าง ๆ ในกระบวนการโดยเป็นส่วนที่ผู้ปฏิบัติการสามารถเข้าถึงกระบวนการได้ โดยคอมพิวเตอร์ที่เป็น Operator Workstation เชื่อมต่อกับเครือข่ายผ่านสวิตช์

ส่วน Engineering Station โดยส่วนนี้เป็นที่มีการสร้างรูปควบคุมต่าง ๆ ทำการเขียนโปรแกรมเข้าไปที่ส่วน Controller สร้างกราฟิกสำหรับควบคุมและแสดงผลเพื่อที่ผู้ปฏิบัติงานใช้งานได้ และทำการเพิ่มหรือลดอุปกรณ์วัดและควบคุมในระบบ โดยคอมพิวเตอร์ที่เป็น Engineering Station เชื่อมต่อกับเครือข่ายผ่านสวิตช์



## โมเดล OSI กับฟาว์นเดชันฟิลด์บัส

โดยฟาว์นเดชันฟิลด์บัสสามารถเปรียบเทียบกับโมเดล OSI ดังแสดงในรูป 2.17 โดยจะประกอบไปด้วยชั้น Physical Layer, Communication Stack, Data Link Layer, Fieldbus Access Sublayer, Fieldbus-Massage Specification และชั้น User Layer ที่มีหน้าที่ติดต่อกับผู้ใช้งาน



รูปที่ 2.17 โมเดล OSI กับฟาว์นเดชันฟิลด์บัส [16]

### Physical Layer

ในชั้น Physical Layer นี้เป็นส่วนเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ทุกตัวในระบบเข้าด้วยกันโดยอุปกรณ์ฟาว์นเดชันฟิลด์บัสสามารถใช้การเชื่อมต่อหลากหลายแบบทั้ง แบบลูกโซ่ แบบบัส และ แบบ Tree Topology

### Communication Stack

โดย Communication stack เป็นส่วนที่ใช้ในการสื่อสารระหว่าง Physical Layer กับ User Layer

### Data Link Layer

โดยในชั้น Data Link Layer จะแบ่งอุปกรณ์เป็น 2 ประเภท ได้แก่ Basic Device และ Link Master โดยอุปกรณ์ Link Master สามารถกำหนดช่วงเวลาในการรับส่งข้อมูลของอุปกรณ์ตัวอื่นได้

LAS (Link Active Scheduler)

โดยมีหน้าที่แบ่งการรับและการส่งข้อมูลเป็น 2 แบบ ได้แก่ Scheduled Communication กับ  
Unscheduled Communication

Scheduled Communication เป็นการรับส่งข้อมูลที่มีเวลาการรับส่งข้อมูลที่แน่นอนจะควบคุมการส่ง  
ข้อมูลโดยอุปกรณ์ LAS โดยค่าที่มีสารส่งกันจะเป็นค่า PV ที่วัดได้จากทรานสมิตเตอร์ และค่าต่างๆของ  
ฟังก์ชันบล็อก PID

Unscheduled Communication เป็นการรับส่งข้อมูลที่มีเวลาการรับส่งข้อมูลที่ไม่แน่นอนที่เกิดจาก  
Client/Server หรือ Report Distribution เช่น สัญญาณ Alarm/Events โดยจะควบคุมการส่งในเวลาที่มีการส่ง  
ข้อมูลว่าง โดย LAS จะเป็นส่วนควบคุมในส่วนนี้

### Fieldbus Access Sublayer

Fieldbus Access Sublayer (FAS) โดยเป็นการกำหนดรายละเอียดของข้อความที่ส่งว่าเป็น Scheduled  
Communication หรือ Unscheduled Communication

### Fieldbus Message Specification

Fieldbus Message Specification (FMS) เป็นตัวที่ใช้ในการกำหนดรายละเอียดของการให้บริการ  
แลกเปลี่ยนข้อมูลในรูปแบบของข้อมูลและคุณสมบัติของของโปรโตคอล

### User Layer

โดยในชั้น User Layer เป็นชั้นที่มีการสัมผัสกับผู้ใช้งานโดยจะประกอบด้วย Device description,  
Resource Block ,Transducer Block และ Function Block

### Device Description

Device Description (DD File) โดยจะอยู่ในรูปแบบของไฟล์เพื่อระบุข้อมูลต่าง ๆ ของอุปกรณ์ระดับ  
ฟิลด์แต่ละตัวโดยจำเป็นต้องมีการเพิ่ม DD File ทุกครั้ง

### Resource Block

Resource Block โดยจะใช้แทนคุณสมบัติของอุปกรณ์ระดับฟิลด์แต่ละตัว

## Transducer Block

Transducer Block มีคุณสมบัติคล้ายกับ Resource Block โดยจะใช้ในกรณีที่ต้องการตั้งค่าอุปกรณ์ระดับฟิลด์

## Function Block

Function block ของฟาว์นเดชันฟิลด์บัสประกอบด้วย Function Block พื้นฐานที่ใช้ในการควบคุมพื้นฐานซึ่งประกอบด้วย Function Block พื้นฐานดังนี้

AI – Analog Input

AO – Analog Output

B – Bias

CS – Control Selector

DI – Discrete Input

DO – Discrete Output

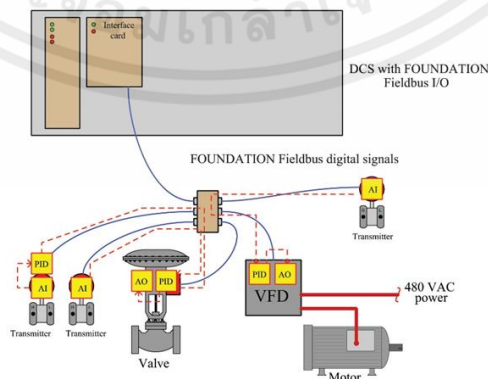
ML – Manual Loader

PD – Proportional/Derivative Control

PID – Proportional/Integral/Derivative Control

RA – Ratio

โดยฟังก์ชันบล็อกแต่ละตัวจะอยู่ที่อุปกรณ์ระดับฟิลด์ ดังแสดงในรูปที่ 2.18 ซึ่งคุณสมบัตินี้ทำให้ฟาว์นเดชันฟิลด์บัสมีความสามารถในการทำแนวคิด “Control-in-the-Field”



รูปที่ 2.18 ตำแหน่งของฟังก์ชันบล็อกที่อยู่ในอุปกรณ์ระดับฟิลด์ [15]

โดยจะมีสถานะต่าง ๆ ของฟังก์ชันบล็อกที่มีหน้าที่บอกสถานะการทำงานของฟังก์ชันบล็อกแต่ละอันดังนี้

สถานะ OOS (Out Of Service) โดยฟังก์ชันบล็อกทั้งหมดจะรองรับสถานะนี้ โดยที่บล็อกจะหยุดการทำงานและทำการคงเอาต์พุตไว้ที่ค่าที่คำนวณล่าสุดและแสดงค่าสถานะ "ไม่ดี"

สถานะ Man (Manual) โดยเอาต์พุตของฟังก์ชันบล็อกได้รับการปรับค่าตามที่ถูกกำหนดโดยผู้ควบคุมโดยมีค่าสถานะ "ดี" ติดอยู่

สถานะ Auto (Automatic) โดยฟังก์ชันบล็อกประมวลผลข้อมูลตามปกติ

สถานะ Cas (Cascade) โดยฟังก์ชันบล็อกประมวลผลข้อมูลตามปกติ

สถานะ Iman (Initialization Manual) โดยเอาต์พุตของบล็อกได้รับการแก้ไขที่ค่าที่คำนวณล่าสุดเนื่องจากสัญญาณเอาต์พุตไม่สมบูรณ์

สถานะ LO (Local Override) โดยเอาต์พุตของบล็อกได้รับการแก้ไขที่ค่าที่คำนวณล่าสุด เนื่องจากสภาพความผิดปกติที่ตรวจพบภายในอุปกรณ์

สถานะ RCas (Remote Cascade) โดยฟังก์ชันบล็อกจะประมวลผลข้อมูลตามปกติตามค่าที่ตั้งไว้ซึ่งส่งจากแหล่งข้อมูลระยะไกลไปยังอินพุต RCas\_In ของบล็อก

สถานะ ROut (Remote Output) โดยฟังก์ชันบล็อกส่งข้อมูลไปยังเอาต์พุตที่ส่งจากแหล่งระยะไกลไปยังอินพุต ROut\_In ของบล็อก

## บทที่ 3

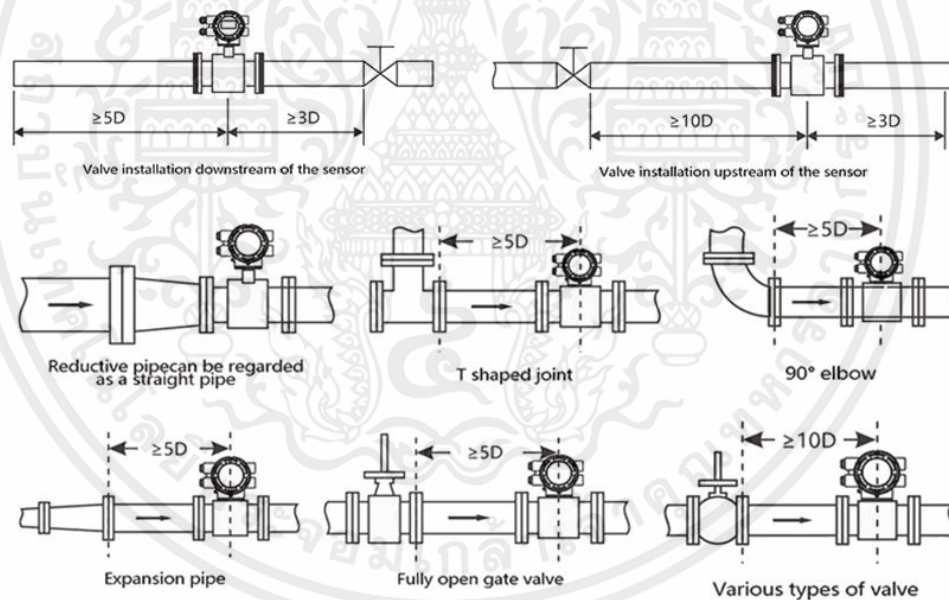
### การออกแบบและสร้างพลาเน็ตโมเดลที่นำเสนอ

#### 3.1 กล่าวนำ

โดยในบทที่ 3 จะกล่าวถึงการออกแบบและสร้างพลาเน็ตโมเดล โดยแบบที่ได้ต้องทำการออกแบบตามเงื่อนไขในการออกแบบ เพื่อให้พลาเน็ตโมเดลจะได้มีฟังก์ชันการทำงานได้อย่างสมบูรณ์ไม่มีปัญหาที่เกิดจากการออกแบบที่ผิดหลักการ และนำแบบที่ได้มาใช้ในการประกอบพลาเน็ตโมเดล

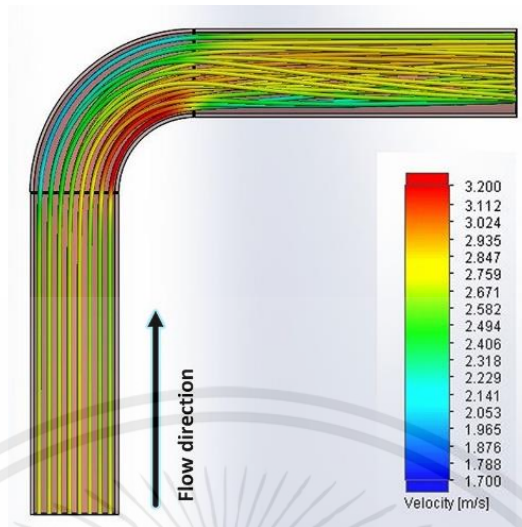
#### 3.2 เงื่อนไขในการออกแบบ [17,18]

เนื่องจากอุปกรณ์บางตัวในพลาเน็ตโมเดลมีเงื่อนไขในการติดตั้งได้แก่ ปริมาณของเหลวขั้นต่ำที่ทำให้ระบบทำงานได้อย่างปกติเนื่องจากปั๊มน้ำต้องการล่อน้ำในการเปิดใช้งาน และเงื่อนไขในการติดตั้งชุดทรานสมิตเตอร์ อัตราการไหลแบบแม่เหล็กไฟฟ้าเนื่องจากชุดทรานสมิตเตอร์อัตราการไหลแบบแม่เหล็กไฟฟ้ามีความต้องการที่ต้องทำการเผื่อระยะท่อของเหลวไหลเข้าและไหลออกเพื่อให้ทรานสมิตเตอร์สามารถวัดค่าได้อย่างเที่ยงตรงและแม่นยำตามค่าที่แท้จริง



รูปที่ 3.1 เงื่อนไขในการติดตั้งทรานสมิตเตอร์อัตราการไหลแบบแม่เหล็กไฟฟ้า [17]

โดยในส่วนที่ของเหลวทำการไหลเข้าทรานสมิตเตอร์จะทำเนื่องจากขาเข้าเซนเซอร์ไหลผ่านข้อต่ออมุม 90 องศา ที่ต้องทำการเผื่อระยะเนื่องจากของเหลวเมื่อไหลผ่านข้อต่ออมุม 90 องศาจะทำให้เกิดการไหลแบบปั่นป่วนดังแสดงในรูปที่ 3.2 ซึ่งจะทำให้การวัดอัตราการไหลคลาดเคลื่อนจากค่าที่แท้จริง



รูปที่ 3.2 การไหลแบบปั่นป่วนเมื่อผ่าท่อมุมงอ 90 องศา [18]

ดังนั้นจึงต้องทำการเผื่อระยะขั้นต่ำไว้ที่ความยาว 5 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางท่อตามเงื่อนไขที่กำหนดในรูปที่ 3.1 โดยท่อที่ใช้เป็นท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 28 มิลลิเมตร

ท่อขนาด 1 นิ้ว ระยะเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (D) = 28 มิลลิเมตร

ความยาวท่อขาเข้าขั้นต่ำ = L

$$L \geq 5D \text{ มิลลิเมตร}$$

$$L \geq 5 \times 28 \text{ มิลลิเมตร}$$

$$L \geq 140 \text{ มิลลิเมตร}$$

โดยในส่วนที่ของเหลวไหลออกเนื่องจากขาออกมีการติดตั้งบอลล์วาล์วไว้ โดยมีเมื่อทำการปรับองศาของบอลล์วาล์วจะทำให้รูปแบบการไหลมีการเปลี่ยนแปลงไปโดยจะต้องมีการเผื่อระยะขั้นต่ำไว้ที่ความยาว 3 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางท่อตามเงื่อนไขที่กำหนดในรูปที่ 3.1 โดยท่อที่ใช้เป็นท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 28 มิลลิเมตร

ความยาวท่อขาออกขั้นต่ำ = l

$$l \geq 3D \text{ มิลลิเมตร}$$

$$l \geq 3 \times 28 \text{ มิลลิเมตร}$$

$$l \geq 84 \text{ มิลลิเมตร}$$

ความต้องการของเหลวที่จำเป็นสำหรับการใช้งานกระบวนการสำหรับการควบคุมระดับของเหลวในถังเปิด โดยในเมื่อกระบวนการควบคุมระดับของเหลวในถังเปิดทำงานจำเป็นต้องมีปริมาณน้ำขั้นต่ำที่จำเป็นในการทำงานโดยในระบบจะประกอบด้วย ระบบท่อ ถังใสแสดงระดับน้ำ และ ปั้มน้ำโดยปั้มน้ำมีข้อจำกัดที่ต้องทำการล่อน้ำคือระดับน้ำต้องมีระดับสูงท่วมตัวใบพัดเพื่อที่สามารถทำการดูดน้ำมาใช้ในพลาเน็ตโมเดลได้

โดยระบบมีความต้องการของเหลวขั้นต่ำที่ต้องใช้ในของเหลวจะต้องอยู่ในแนวท่อทั้งหมดและถังใสแสดงระดับของเหลวและท่วมรูรับของเหลวของปั้ม

ของเหลวในท่อขนาด 1 นิ้ว โดยท่อขนาด 1 นิ้ว ยาวทั้งหมด 1000 มิลลิเมตร

$$v = \pi r^2 L \dots\dots\dots(3.1)$$

$$v = \pi(14^2)x1000$$

$$v = 615752.16 \text{ ลูกบาศก์มิลลิเมตร}$$

$$v = 0.615752 \text{ ลิตร}$$

ของเหลวในท่อขนาด 0.5 นิ้ว โดยท่อขนาด 0.5 นิ้ว ยาวทั้งหมด 750 มิลลิเมตรโดยทำการแทนค่าตัวแปรในสมการที่ (3.1)

$$v = \pi(9^2)x750$$

$$v = 190851.75 \text{ ลูกบาศก์มิลลิเมตร}$$

$$v = 0.19085 \text{ ลิตร}$$

ของเหลวในถังใสแสดงระดับของเหลวเมื่อบรรจุของเหลวเต็มถัง โดยจะเป็นถังทรงกระบอก เส้นผ่านศูนย์กลาง 144 มิลลิเมตร โดยมีท่อน้ำล้นสูง 450 มิลลิเมตร ในถังบรรจุของเหลวโดยทำการแทนค่าตัวแปรในสมการที่ (3.1)

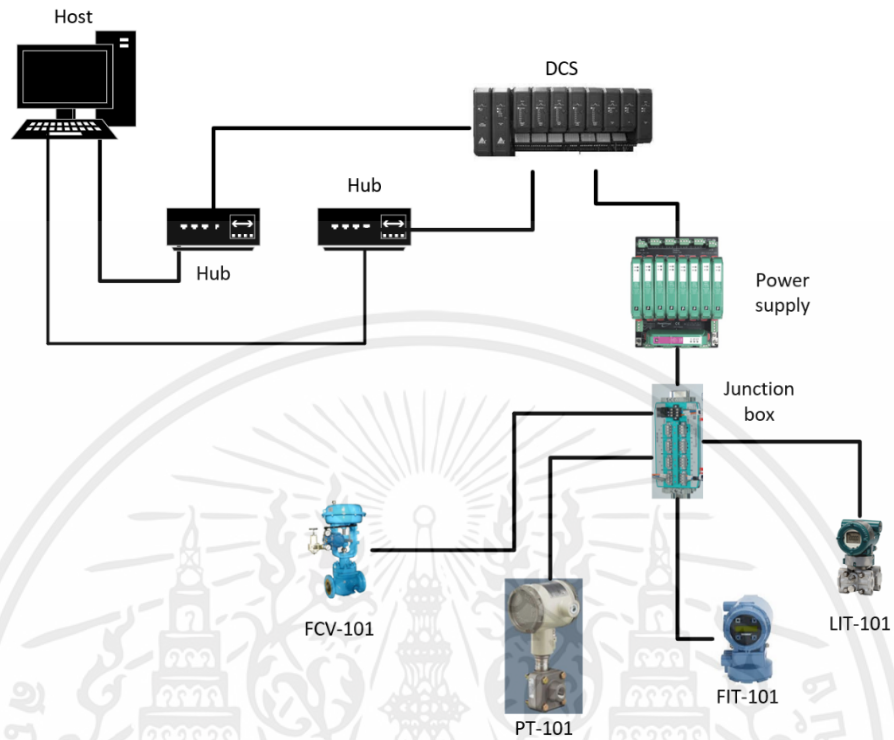
$$v = \pi(72^2)x450$$

$$v = 7328707.342 \text{ ลูกบาศก์มิลลิเมตร}$$

$$v = 7.328707342 \text{ ลิตร}$$

ดังนั้นความต้องการของเหลวขั้นต่ำทั้งหมดจากในแนวท่อและถังใสแสดงระดับประมาณ 8.125 ลิตร และปริมาณน้ำในถังบรรจุขั้นต่ำอีก 6 ลิตร ดังนั้นระบบต้องการปริมาณน้ำอย่างน้อย 14.125 ลิตร

### 3.3 โครงสร้างสถาปัตยกรรมของเครือข่าย



รูปที่ 3.3 โครงสร้างสถาปัตยกรรมของเครือข่าย

ในกระบวนการนี้ใช้การเชื่อมต่อแบบ Tree Topology ในการเชื่อมต่ออุปกรณ์ระดับฟิลด์กับกล่องเชื่อมต่อสายรุ่น FCS-MB10-SG(-T) โดยกล่องเชื่อมต่อสายรุ่น FCS-MB10-SG(-T) ต่อเข้ากับ Power Conditioner ที่มีหน้าที่จ่ายพลังงานมาให้ทรานสมิตเตอร์และวาล์วควบคุมโดยต่อเข้ากับการดพาวเวอร์เนชั่นฟิลด์บัส H1 ในดีซีเอส และดีซีเอสจะเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่าน Hub (หรือ Ethernet Switch) โดย Hub จะทำการเชื่อมต่อในแนวคิด Redundant โดยจะมี Hub 2 ตัว

### 3.4 รายละเอียดของอุปกรณ์ฟาวน์เคชันฟิลด์บัส

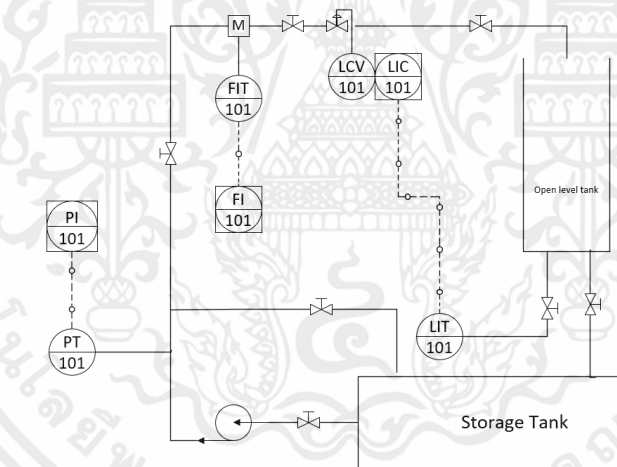
ตารางที่ 3.1 รายละเอียดของอุปกรณ์ฟาวน์เคชันฟิลด์บัส

No	Tag No	Service Description	Type of Instrument	Location	I/O Signal Type	Range of the Instrument	
						L	H
1	FCV_101	Flow Control valve	Valve Positioner	Pipeline	FF H1	0%	100%
	LCV_101	Level Control valve					
2	FIT_101	Flow Measurement	Magnetic Flow meter	Pipeline	FF H1	0 l/min	20.5 l/min
3	PT_101	Pressure Measurement	D/P Transmitter	Near Pipeline	FF H1	0 inH <sub>2</sub> O	200 inH <sub>2</sub> O
4	LIT_101	Level Measurement	P Transmitter	Under Clear Tank	FF H1	0%	100%

โดยทำการระบุ Tag No. หน้าที่ของอุปกรณ์ ประเภทของทรานสมิตเตอร์และอุปกรณ์ควบคุมขั้นสุดท้าย ตำแหน่งที่ติดตั้ง รูปแบบโปรโตคอลที่ใช้ และช่วงการวัดของอุปกรณ์ ดังแสดงในตารางที่ 3.1 โดย FCV\_101/LCV\_101 มีหน้าที่ในการเป็นควบคุมตำแหน่งการเปิดปิดวาล์วควบคุม FIT\_101 มีหน้าที่ในการวัดค่าอัตราการไหลของในพลานต์โมเดลโดยจะติดตั้งไว้ในแนวท่อ โดยจะวัดค่าอยู่ในช่วง 0 – 20.5 ลิตรต่อนาที เนื่องจากช่วงการวัดนี้ครอบคลุมอัตราการไหลที่จะสามารถเติมน้ำใส่ถังเปิดได้โดยที่ไม่ล้น และ PT\_101 มีหน้าที่วัดความดันที่เกิดขึ้นภายในท่อให้อยู่ในช่วงความดันไม่เกิน 200 นิ้วน้ำ

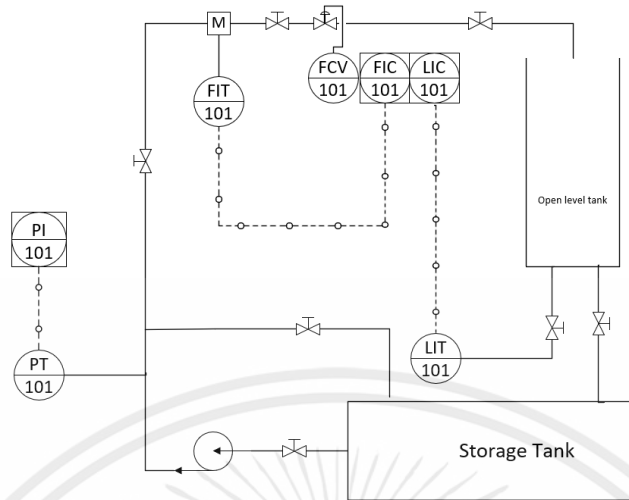
### 3.5 พีแอนด์ไอดี

โดยได้ทำการออกแบบพีแอนด์ไอดี (Piping and Instrumentation Diagram: P&ID) โดยของเหลวจะทำการเก็บไว้ในถังบรรจุของเหลว (Storage Tank) โดยเมื่อเปิดปั๊มแล้วจะทำให้น้ำไหลออกจากถังเก็บไหลตามแนวท่อโดยจะผ่านจุดแรกเป็นจุดที่มีการวัดแรงดันที่ออกมาจากปั๊มโดยทรานสมิตเตอร์ความดัน PT\_101 (Honeywell STG94L) ถัดมาที่มีการวัดอัตราการไหลของของเหลวโดยชุดทรานสมิตเตอร์อัตราการไหลแบบแม่เหล็กไฟฟ้า FIT\_101 (Rosemount 8705 และ Rosemount 8732EM) โดยมีการควบคุมอัตราการไหลด้วยวาล์วควบคุม FCV\_101/LCV\_101 (Yamatake (Azbil) AGBV) หลังจากนี้ของเหลวผ่านการควบคุมอัตราการไหลแล้วจะไหลเข้าไปในถังเปิด (Open Level Tank) ที่มีการควบคุมระดับโดยมีการวัดระดับของเหลวโดยทรานสมิตเตอร์ความดันแตกต่าง LIT\_101 (Yokogawa EJX 110A) หลังจากนั้นจะไหลออกจากถังเปิดจะไหลกลับเข้ากับถังเก็บน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 3.4 โดยสามารถแบ่งพีแอนด์ไอดี ได้ในตามรูปแบบการควบคุมได้แก่ พีแอนด์ไอดีในการควบคุมระดับของเหลวแบบพีไอดี พีแอนด์ไอดีในการควบคุมระดับของเหลวแบบคาสเคด และพีแอนด์ไอดีในการควบคุมอัตราการไหลแบบพีไอดี



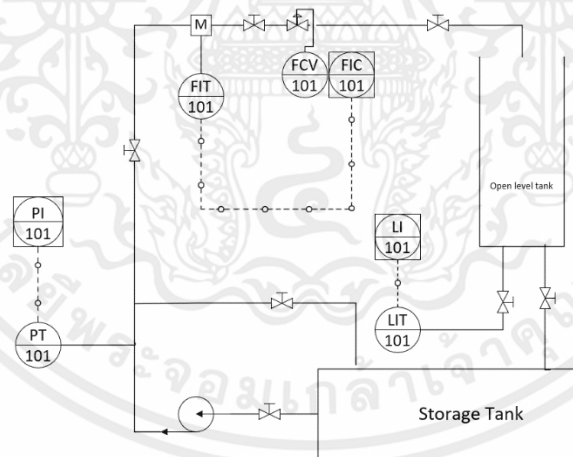
รูปที่ 3.4 พีแอนด์ไอดีในการควบคุมระดับของเหลวแบบพีไอดี

โดยในดังแสดงในรูปที่ 3.4 โดยในพีแอนด์ไอดีในการควบคุมระดับของเหลวแบบพีไอดี โดย LIT\_101 จะทำการวัดระดับของของเหลวใน Open Level Tank แล้วนำข้อมูลไปให้บล็อก PID1 ที่อยู่ใน LCV\_101 โดยที่ LCV\_101 เป็นส่วนที่ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ควบคุมขั้นสุดท้ายของพลาเน็ตโมเดล ส่วน PI-101 และ FIT\_101 จะทำการแสดงค่าที่วัดได้จากพลาเน็ตโมเดล



รูปที่ 3.5 พีแอนดีไอทีในการควบคุมระดับของเหลวแบบคาสเคด

ดังแสดงในรูปที่ 3.5 โดยในพีแอนดีไอทีในการควบคุมระดับของเหลวแบบคาสเคดโดย FIT\_101 จะทำการวัดอัตราการไหลแล้วทำการแสดงผลที่ FIC-101แล้วนำข้อมูลไปให้บล็อก PID 2 ที่อยู่ใน FCV\_101 และ LIT\_101 จะทำการวัดระดับของของเหลวใน Open Level Tank แล้วนำข้อมูลไปให้บล็อก PID1 ที่เป็น Master PID ที่อยู่ใน FCV\_101 โดยที่ FCV\_101 เป็นส่วนที่มีหน้าที่เป็นอุปกรณ์ควบคุมขั้นสุดท้ายของพลานต์โมเดล



รูปที่ 3.6 พีแอนดีไอทีในการควบคุมอัตราการไหลแบบพีไอที

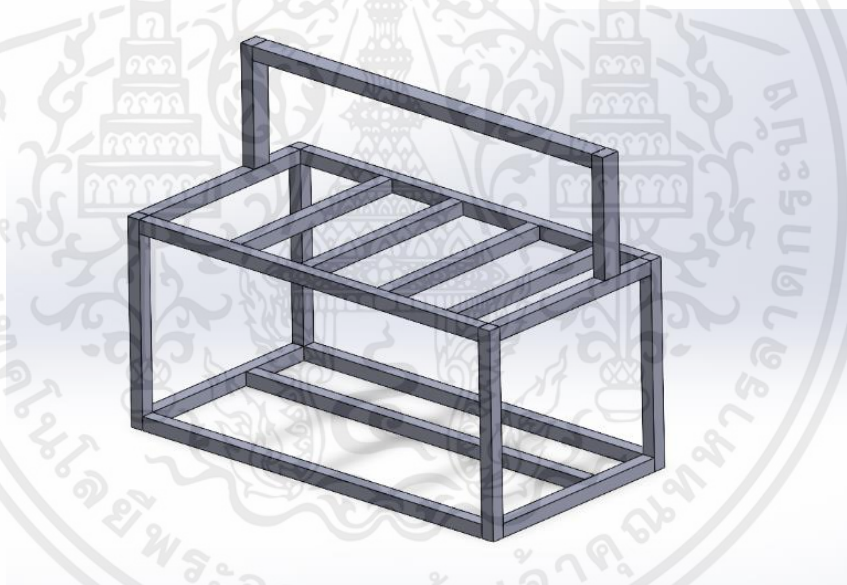
โดยในดังแสดงในรูปที่ 3.6 โดยในพีแอนดีไอทีในการควบคุมอัตราการไหลแบบพีไอทีโดย FIT\_101 จะทำการวัดอัตราการไหลแล้วนำข้อมูลไปให้บล็อก PID1 ที่อยู่ใน FCV\_101 โดยที่ FCV\_101 เป็นส่วนที่มีหน้าที่เป็นอุปกรณ์ควบคุมขั้นสุดท้ายที่อยู่ในพลานต์โมเดล ส่วน PI-101 และ LIT\_101 จะทำการแสดงค่าที่วัดได้จากพลานต์โมเดล

### 3.6 การออกแบบกระบวนการควบคุมในถังเปิด

โดยกล่าวถึงการออกแบบส่วนต่าง ๆ ของพลานต์โมเดลได้แก่ การออกแบบส่วนโครงสร้าง การออกแบบส่วนแนวท่อ การออกแบบตำแหน่งติดตั้งทรานสมิตเตอร์ การออกแบบตู้ควบคุมและจ่ายไฟ และการออกแบบการเชื่อมต่อทรานสมิตเตอร์และวาล์วควบคุมกับกล่องเชื่อมต่อสายรุ่น FCS-MB10-SG(-T)

#### 3.6.1 การออกแบบส่วนโครงสร้าง

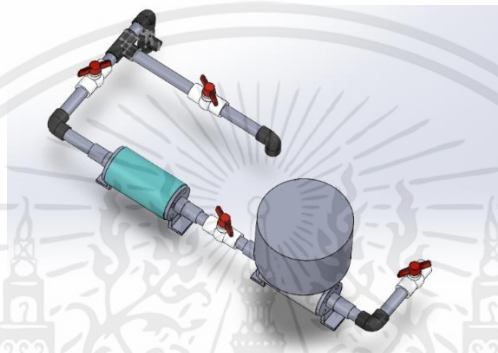
โดยในส่วนโครงสร้างที่แสดงในรูปที่ 3.7 จะประกอบขึ้นจากโครงอลูมิเนียมโปรไฟล์ (Aluminum Profile) ขนาดหน้าตัด 40 x 40 มิลลิเมตร มายึดติดกันให้เป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมขนาด (กว้างxยาวxสูง) 128 x 68 x 100 เซนติเมตร มีล้อและขาฉิ่งเพื่อให้สามารถเคลื่อนที่ได้ ในชั้นล่างจะเป็นส่วนที่ออกแบบมาเพื่อรองรับการติดตั้งปั๊มของเหลว และส่วนถังบรรจุของเหลว ชั้นบนเป็นส่วนที่รองรับการติดตั้งแนวท่อโดยให้ทรานสมิตเตอร์และวาล์วควบคุมจะติดตั้งอยู่ในท่อนอลูมิเนียมโปรไฟล์ที่มีการติดตั้งขวางเอาไว้ โดยในส่วนคานบนเป็นส่วนของที่มีการติดตั้ง ตู้ควบคุมสำหรับปั๊มน้ำและจ่ายไฟให้กับทรานสมิตเตอร์อัตราการไหลด้วยแม่เหล็กไฟฟ้า และกล่องเชื่อมต่อสายรุ่น FCS-MB10-SG(-T)



รูปที่ 3.7 แบบ 3 มิติของโครงสร้างอลูมิเนียมโปรไฟล์

### 3.6.2 การออกแบบส่วนแนวท่อ

ระบบท่อทั้งหมดจะแบ่งที่ออกเป็น 2 ขนาดได้แก่ท่อขนาด 1 นิ้วและท่อขนาด 0.5 นิ้ว โดยจะมีความยาวรวมกัน 1750 มิลลิเมตร โดย แบ่งเป็นท่อขนาด 1 นิ้ว ความยาว 1000 มิลลิเมตรและท่อขนาด 0.5 นิ้วความยาว 750 มิลลิเมตร โดยท่อขนาด 1 นิ้ว ในรูปที่ 3.8 ที่จะเข้าและออกในเซนเซอร์อัตราการไหลแบบแม่เหล็กไฟฟ้าต้องทำการเผื่อระยะขาเข้าเซนเซอร์วัดอัตราการไหลแบบแม่เหล็กไฟฟ้าจากช่องอย่างน้อย 5 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ โดยทำการเผื่อระยะ 140 มิลลิเมตร และระยะขาออกจากเซนเซอร์วัดอัตราการไหลด้วยแม่เหล็กไฟฟ้าอย่างน้อย 3 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ โดยทำการเผื่อระยะ 84 มิลลิเมตร



รูปที่ 3.8 แบบ 3 มิติของแนวท่อขนาด 1 นิ้ว

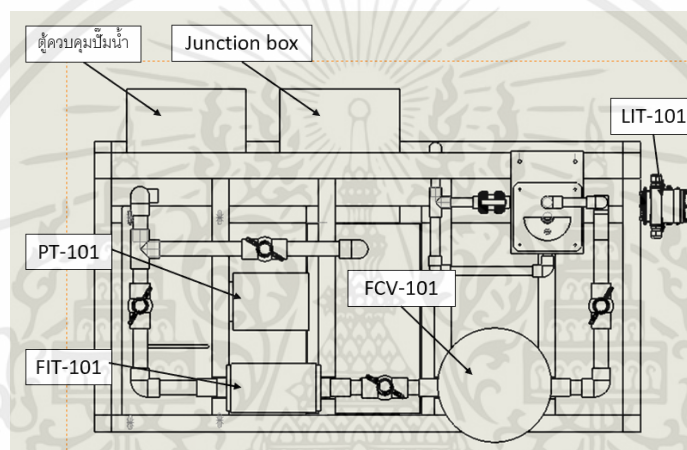
โดยหลังจากออกจากวาล์วควบคุมท่อจะทำการลดขนาดของท่อที่ข้อต่อเป็นท่อขนาด 0.5 นิ้ว โดยท่อขนาด 0.5 นิ้ว ในรูปที่ 3.9 นี้จะเชื่อมต่อกับถังเปิดใสแสดงระดับน้ำโดยถังใสนี้เป็นถังที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 144 มิลลิเมตร และมีท่อใส่ที่ไว้ในการระบายน้ำในเวลาฉุกเฉิน มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกที่ 30 มิลลิเมตร โดยถังใสนี้จะมี ความสูง 450 มิลลิเมตร โดยถังใสสามารถเก็บน้ำไว้ในถังใสขนาด 7.3 ลิตร



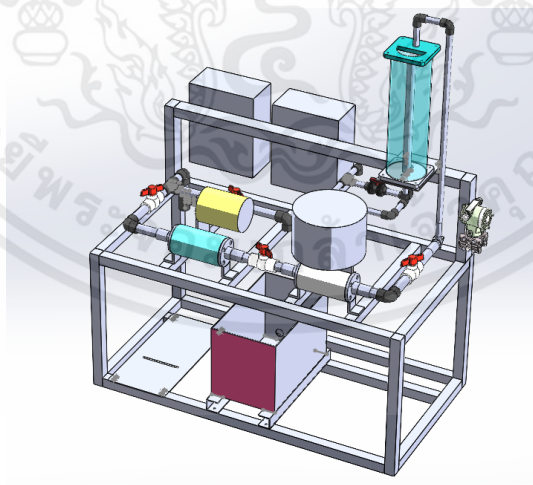
รูปที่ 3.9 แบบ 3 มิติของแนวท่อขนาด 0.5 นิ้ว

### 3.6.3 การออกแบบตำแหน่งติดตั้งทรานสมิตเตอร์และวาล์วควบคุม

โดยการวางตำแหน่งติดตั้งทรานสมิตเตอร์และวาล์วควบคุม ตามแผนผังในรูปที่ 3.10 สามารถแบ่งได้ออกเป็น 2 เงื่อนไขคือ วาล์วควบคุม (FCV\_101) และ ชุดทรานสมิตเตอร์อัตราการไหลแบบแม่เหล็กไฟฟ้า (FIT\_101) ที่ติดตั้งตามในแนวท่อขนาด 1 นิ้ว ส่วนทรานสมิตเตอร์ความดันภายในท่อ (PT\_101) จะติดตั้งไว้บนโครงเหล็กแถวเดียวกับที่มีการติดตั้งชุดทรานสมิตเตอร์อัตราการไหลแบบแม่เหล็กไฟฟ้า (FIT\_101) โดยจะวางตำแหน่งติดตั้งไว้ใกล้กับท่อน้ำที่ไหลออกจากปั๊มเพื่อที่จะวัดแรงดันได้ใกล้เคียงค่าที่ออกจากปั๊มมากที่สุด และในส่วนของทรานสมิตเตอร์ความดันแตกต่าง (LIT\_101) โดยอุปกรณ์ชิ้นนี้ติดตั้งอยู่บริเวณใต้ถังใสที่มีการควบคุมระดับน้ำโดยยึดกับเสาอลูมิเนียมโปรไฟล์ โดยเมื่อทำการติดตั้งทรานสมิตเตอร์และวาล์วควบคุมเรียบร้อยแล้วติดตั้งทรานสมิตเตอร์และวาล์วควบคุมทุกตัวอยู่ในตำแหน่งตามรูปที่ 3.11



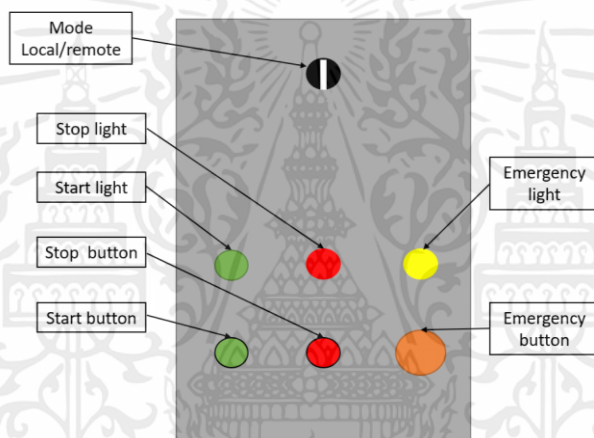
รูปที่ 3.10 แผนผังการจัดวางอุปกรณ์ต่าง ๆ ในพลานต์โมเดล(มองจากด้านบน)



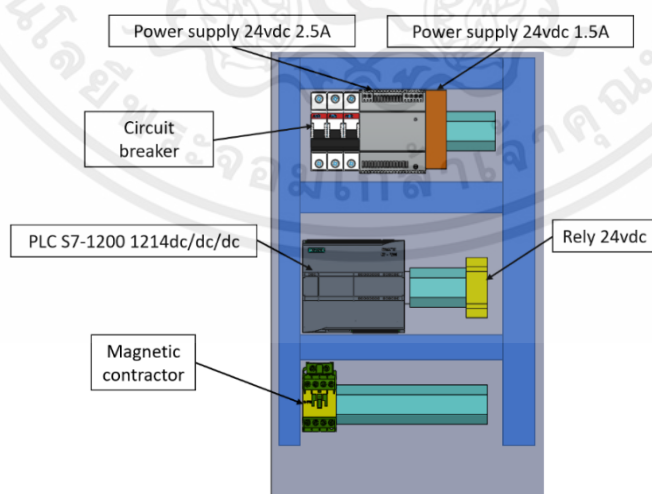
รูปที่ 3.11 แบบ 3 มิติของพลานต์โมเดล

### 3.6.4 การออกแบบตู้จ่ายไฟและควบคุมปั้มน้ำ

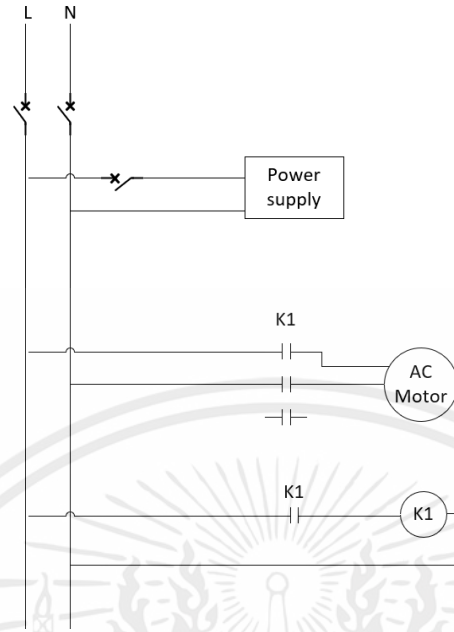
โดยอุปกรณ์ที่มีความจำเป็นต้องการใช้ไฟฟ้าเพิ่มเติมได้แก่ ปั้มน้ำของเหลว และชุดทรานสมิตเตอร์อัตราการไหลแบบแม่เหล็กไฟฟ้าโดยชุดทรานสมิตเตอร์อัตราการไหลแบบแม่เหล็กไฟฟ้า Rosemount 8705 และ Rosemount 8732EM จะเชื่อมต่อกับ Power Supply ไฟฟ้ากระแสตรง 24 โวลต์ 1.5 แอมป์โดยตรงเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการไฟฟ้าขั้นต่ำของทรานสมิตเตอร์และในส่วนที่เหลือและในส่วนที่ใช้ควบคุมปั้มน้ำจะควบคุมผ่านพีแอลซี Siemens S7-1200 โดยพีแอลซีจะมีการรับอินพุต จาก Push Button หรือการ์ด DO ของ ดีซีเอสเมื่อมีการติดตั้งเพิ่มเติมในอนาคต และมีเอาต์พุตที่ Pilot Lamp ที่อยู่ที่ภายนอกตู้บริเวณฝาหน้าของตู้ควบคุมในรูปที่ 3.12 Relay โดยที่ Relay จะควบคุม Magnetic Contractor และส่งสัญญาณสถานะการทำงานของปั้มน้ำกลับไปการ์ด DI ของดีซีเอสเมื่อมีการติดตั้งเพิ่มเติมในอนาคต โดยภายในตู้จะจัดวางอุปกรณ์ภายในตู้จ่ายไฟและควบคุมปั้มน้ำดังรูปที่ 3.13 โดยจะเดินสายไฟฟ้าตามแบบในรูปที่ 3.14 และรูปที่ 3.15



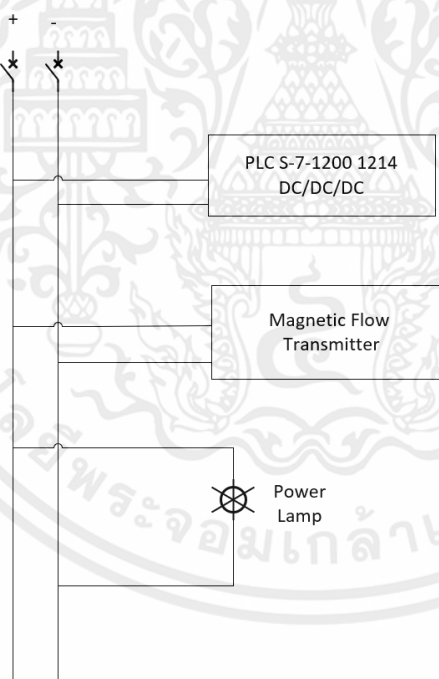
รูปที่ 3.12 แบบภายนอกตู้จ่ายไฟและควบคุมปั้มน้ำ



รูปที่ 3.13 การวางตำแหน่งอุปกรณ์ภายในตู้จ่ายไฟและควบคุมปั้มน้ำ

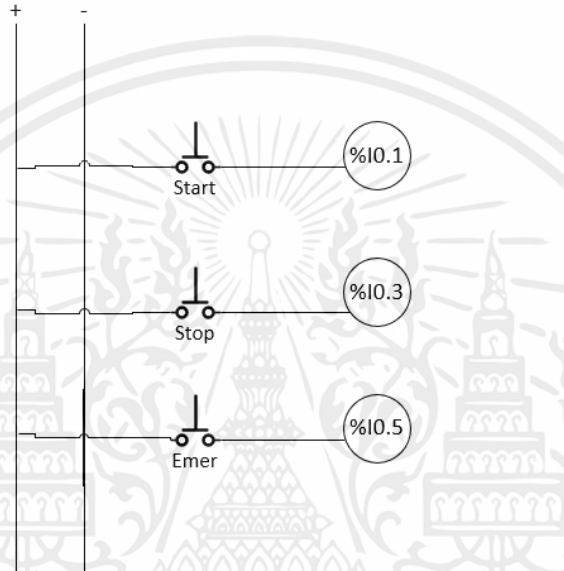


รูปที่ 3.14 แบบไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ภายในตู้จ่ายไฟและควบคุมปั้มน้ำ

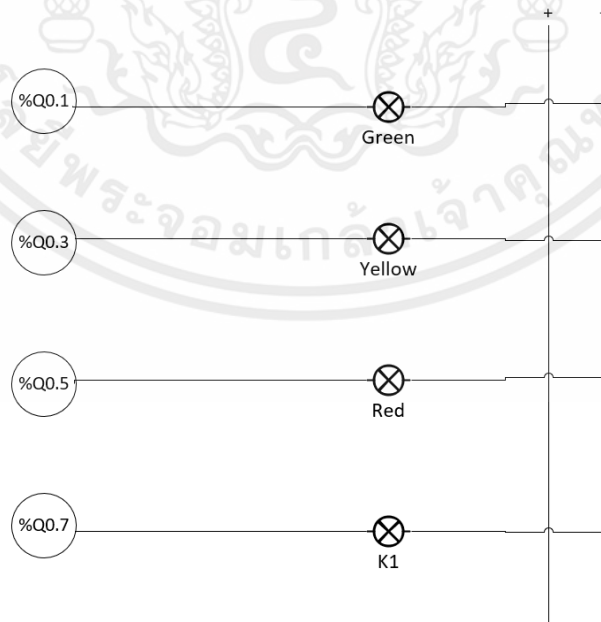


รูปที่ 3.15 แบบไฟฟ้ากระแสตรง 24 โวลต์ภายในตู้จ่ายไฟและควบคุมปั้มน้ำ

โดยการเชื่อมต่ออินพุตจะเชื่อมต่อในตัวรับอินพุตโดยใช้ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นสัญญาณคำสั่งต่าง ๆ โดยในพีแอลซี Siemens S-7 1200 จะแทนอินพุตแต่ละช่องด้วย %I0.X โดย X เป็นหมายเลขของช่องรับอินพุตแต่ละช่องโดยจะมีอินพุตทั้งหมด 3 ตัว โดยมาจากปุ่มกดควบคุมทั้ง 3 ปุ่มที่อยู่บนหน้าตู้ควบคุมในรูปที่ 3.12 โดยจะเป็นไปตามแบบในรูปที่ 3.16 และเอาต์พุตแต่ละช่องจะแทนด้วย %Q0.X โดย X เป็นหมายเลขของช่องรับเอาต์พุตแต่ละช่องโดยจะมีเอาต์พุตทั้งหมด 5 ตัวโดยเป็นการควบคุมไฟแสดงผลและ Relay ใช้ในการควบคุม Magnetic Contractor ที่ควบคุมปั้มน้ำอีกทีหนึ่งโดยจะเป็นไปตามแบบในรูปที่ 3.17



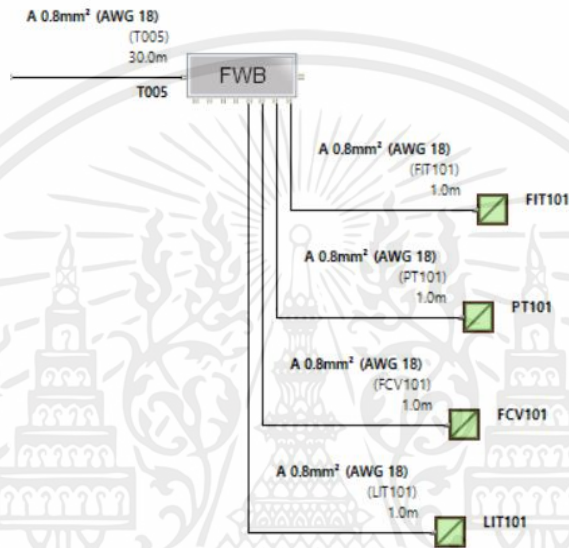
รูปที่ 3.16 แบบการเชื่อมต่ออินพุตต่าง ๆ เข้ากับพีแอลซี



รูปที่ 3.17 แบบการเชื่อมต่อพีแอลซีกับเอาต์พุตต่าง ๆ

### 3.6.5 การออกแบบการเดินสายฟาว์นเดชันฟิลด์บัส H1

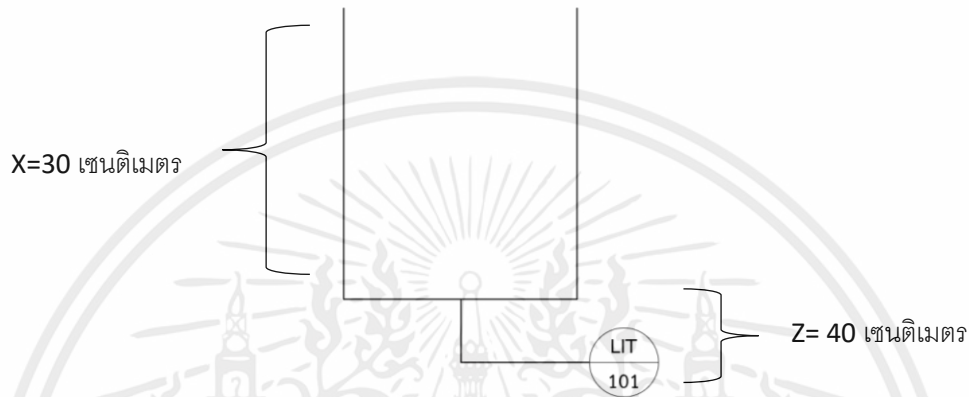
โดยในการการเดินสายไฟให้กับทรานสมิตเตอร์และวาล์วควบคุมในพลาเน็ตโมเดลโดยสายไฟนี้จะใช้ทั้งการรับส่งสัญญาณและจ่ายไฟฟ้าให้กับทรานสมิตเตอร์และวาล์วควบคุมในพลาเน็ตโมเดล โดยจะเชื่อมต่อกับกล่องเชื่อมต่อสายรุ่น FCS-MB10-SG(-T) ตามรูปที่ 3.18 โดยคู่สายของสายแต่ละเส้นที่เชื่อมต่อกับทรานสมิตเตอร์และวาล์วควบคุมกับกล่องเชื่อมต่อสายรุ่น FCS-MB10-SG(-T)



รูปที่ 3.18 แบบการเชื่อมต่อทรานสมิตเตอร์และวาล์วควบคุมกับกล่องเชื่อมต่อสายรุ่น FCS-MB10-SG(-T)

### 3.7 การคำนวณหาระดับน้ำในถัง

เนื่องจากทรานสมิตเตอร์ความดันแตกต่างกัน Yokogawa EJX 110A ใช้หลักการอุทกสถิตโดยนำแรงดันที่แตกต่างกันใน 2 บริเวณโดยในที่นี้บริเวณหนึ่งจะเป็นความดันบรรยากาศปกติและอีกบริเวณหนึ่งความดันจะเกิดจากมวลของน้ำนำมาคำนวณเพื่อหาค่าระดับโดยนำค่าระดับน้ำนี้จะถูกควบคุมระดับให้อยู่ในช่วง 30 เซนติเมตร โดยจะมีการคำนวณ span-zero ดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.19 การวางตำแหน่งทรานสมิตเตอร์ความดันแตกต่าง

โดยจะทำการควบคุมระดับของเหลว 0-100 % ในช่วง 30 เซนติเมตร โดยให้เป็นตัวแปร X และเนื่องจากทรานสมิตเตอร์ความดันแตกต่างกันติดตั้งอยู่ได้ระดับ 0 % อยู่ 40 เซนติเมตรโดยให้เป็นค่าตัวแปร Z ระดับน้ำต่ำสุดที่ 0% (Suppressed Zero)

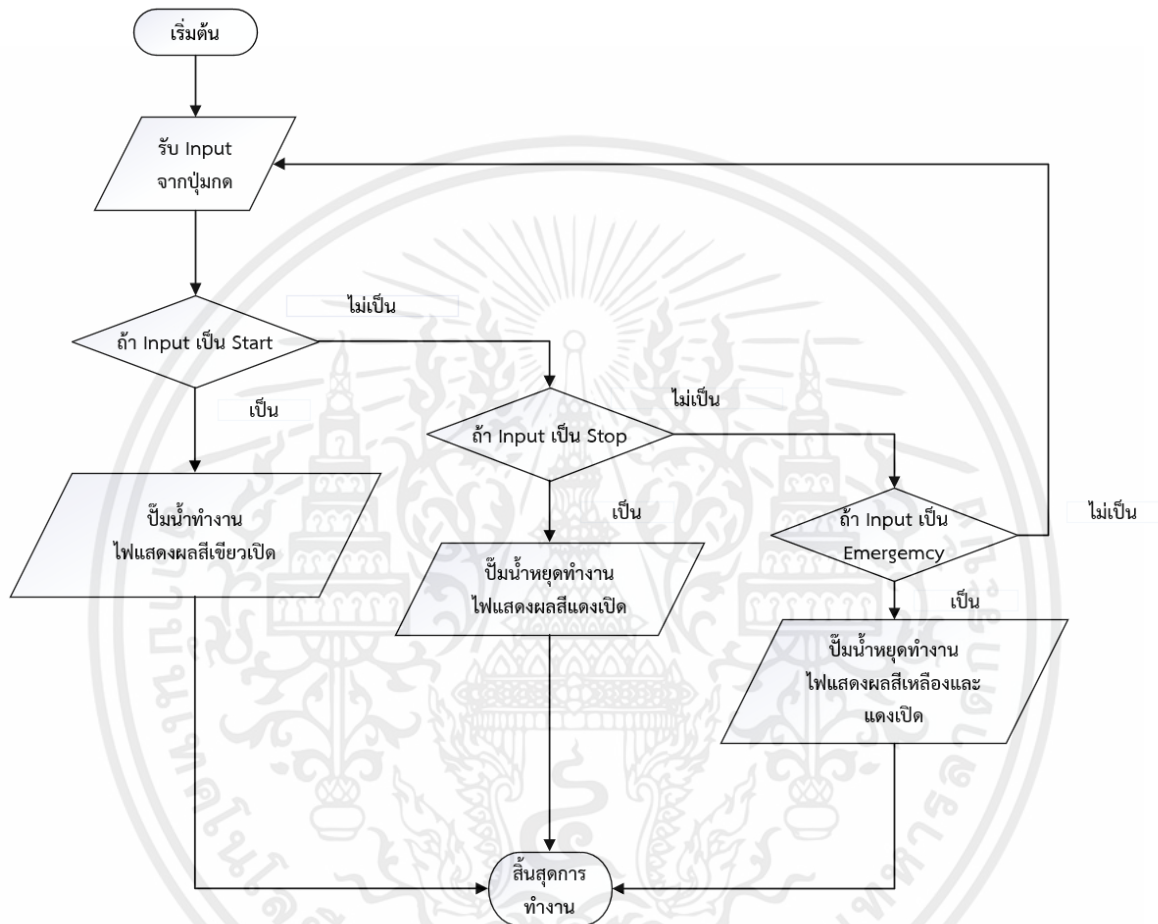
$$\begin{aligned} \text{Suppressed Zero} &= z * G_l \\ &= 400 \text{ มิลลิเมตรน้ำ} \end{aligned}$$

ระดับน้ำสูงสุดที่ 100% (Span)

$$\begin{aligned} \text{Span} &= (x + z) * G_l \\ &= (400 + 300) \text{ มิลลิเมตรน้ำ} \\ &= 700 \text{ มิลลิเมตรน้ำ} \end{aligned}$$

### 3.8 การเขียนโปรแกรมสำหรับควบคุมปั้มน้ำด้วยพีแอลซี

โดยการเขียนโปรแกรมในการควบคุมปั้มน้ำจะทำให้สามารถควบคุมปั้มน้ำผ่านการกดปุ่มที่หน้าตู้ควบคุมและสามารถทำการแสดงสถานะการทำงานของปั้มน้ำผ่านไฟแสดงสถานะที่ติดอยู่หน้าตู้ควบคุม โดยโปรแกรมควบคุมปั้มน้ำนี้ใช้หลักการ “Interlock”



รูปที่ 3.20 ผังงานแสดงการทำงานของโปรแกรมควบคุมปั้มน้ำด้วยพีแอลซี

ผังงานในรูปที่ 3.20 เป็นการแสดงเงื่อนไขการทำงานของโปรแกรมเมื่อทำการรับค่าอินพุตแล้วนำมาเปรียบเทียบกับเงื่อนไขที่ได้มีการกำหนดไว้ในโปรแกรม ถ้าอินพุตเป็น Start ปั้มน้ำจะทำการเปิดทำงานและไฟแสดงสถานะการทำงานสีเขียวจะเปิด ถ้าอินพุตเป็น Stop ปั้มน้ำจะหยุดเปิดทำงานและไฟแสดงสถานะการทำงานสีแดงจะเปิด หรือถ้าอินพุตเป็น Emergency ปั้มน้ำจะหยุดเปิดทำงานและไฟแสดงสถานะการทำงานสีแดงและเหลืองจะเปิด

### 3.8.1 รายละเอียดแท็กในโปรแกรมควบคุมปั้มน้ำด้วยพีแอลซี

โดยจะมีแท็กที่แสดงในตารางที่ 3.2 มีทั้งหมด 7 แท็กโดยจะประกอบด้วยอินพุตทั้งหมด 3 แท็ก และเอาต์พุตทั้งหมด 4 แท็ก โดยแท็กอินพุตเป็นคำสั่งที่มาจากกรกดปุ่มที่ติดตั้งอยู่บริเวณหน้าตู้ในรูปที่ 3.12 โดยเชื่อมต่อเข้าช่องอินพุตของพีแอลซี Siemens S-7 1200 โดยในพีแอลซีจะแทนอินพุตแต่ละช่องด้วย %I0.X โดย X เป็นหมายเลขของแต่ละช่องอินพุต โดยในช่องอินพุตที่ 1 (%I0.1) เป็นการรับค่าจากปุ่ม start ในช่องอินพุตที่ 3 (%I0.3) เป็นการรับค่าจากปุ่ม stop ในช่องอินพุตที่ 5 (%I0.5) เป็นการรับค่าจากปุ่ม emer โดยย่อมาจาก Emergency และแทนเอาต์พุตแต่ละช่องด้วย %Q0.X โดย X เป็นหมายเลขของแต่ละช่องเอาต์พุต โดยในช่องเอาต์พุตที่ 1 (%Q0.1) เป็นการแสดงผลที่หลอดไฟสีเขียว (แท็ก green) เพื่อแสดงสถานะเปิดของปั้มน้ำ ในช่องเอาต์พุตที่ 3 (%Q0.3) เป็นการแสดงผลที่หลอดไฟสีแดง (แท็ก red) เพื่อแสดงสถานะปิดของปั้มน้ำ ในช่องเอาต์พุตที่ 5 (%Q0.5) เป็นการแสดงผลที่หลอดไฟสีเหลือง (แท็ก yellow) เพื่อแสดงสถานะฉุกเฉินของปั้มน้ำ ในช่องเอาต์พุตที่ 7 (%Q0.7) เป็นการทำงานของ Relay ที่ควบคุมปั้มน้ำอีกที

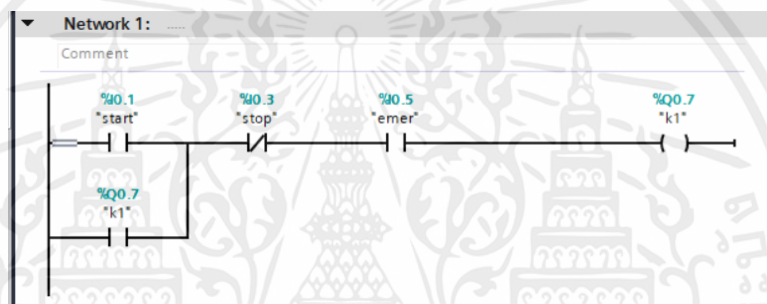
ตารางที่ 3.2 รายละเอียดแท็กในโปรแกรมควบคุมปั้มน้ำด้วยพีแอลซี

NO.	PLC Tag Name	Action	Data Type	Type	Address
1	start	Start	Boolean	Input	%I0.1
2	stop	Stop	Boolean	Input	%I0.3
3	emer	Emergency	Boolean	Input	%I0.5
4	green	Green Lamp	Boolean	Output	%Q0.1
5	red	Red Lamp	Boolean	Output	%Q0.3
6	yellow	Yellow Lamp	Boolean	Output	%Q0.5
7	K1	Relay	Boolean	Output	%Q0.7

### 3.8.2 โปรแกรมควบคุมปั้มน้ำด้วยพีแอลซี

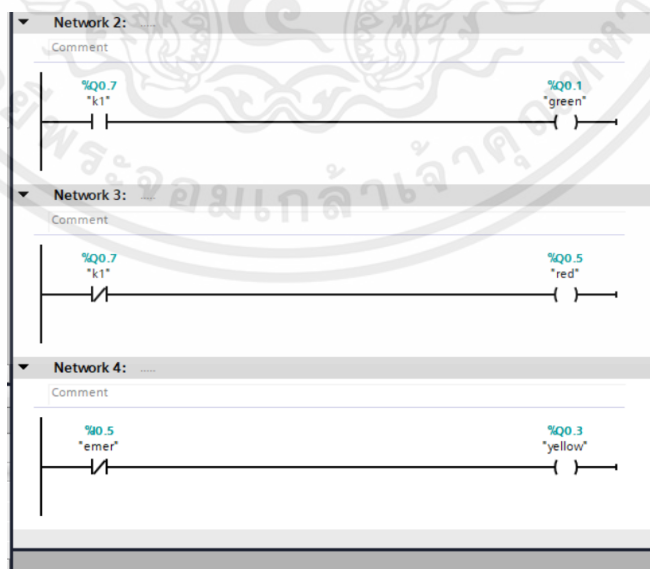
โดยโปรแกรมควบคุมปั้มน้ำด้วยพีแอลซี ทำการเขียนแบบ Ladder Diagram ในซอฟต์แวร์ (Software) TIA Portal โดยสามารถแบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่โปรแกรมในรูปที่ 3.21 จะเป็นโปรแกรมควบคุม Relay ที่ใช้ในการควบคุม Magnetic Contractor ที่ควบคุมปั้มน้ำอีกที และโปรแกรมในรูปที่ 3.22 เป็นโปรแกรมที่ควบคุมการแสดงผลผ่าน Pilot Lamp

ในรูปที่ 3.21 โดยเมื่อทำการกดปุ่ม Start ที่ตรงกับแท็ก start ทำให้แท็ก start ที่เป็นแบบปกติเปิด เปลี่ยนเป็นปิด โดยคำสั่งจะผ่านแท็ก stop ที่เชื่อมต่อกับอินพุต Stop ที่เป็นแบบปกติปิด และผ่านแท็ก emer ที่เชื่อมต่อกับอินพุต Emergency ที่เป็นแบบปกติเปิดแต่เนื่องจากกลไกของปุ่ม Emergency ทำให้เป็นแบบปกติปิดจะทำให้แท็ก k1 ที่เชื่อมต่อกับเอาต์พุตเปิดทำงานและเอาต์พุตตัวนี้ยังเป็นอินพุตที่ทำการต่อขนานกับแท็ก start ทำให้โปรแกรมนี้อันเป็นโปรแกรม “Inter Lock”



รูปที่ 3.21 โปรแกรมควบคุมปั้มน้ำ

ในรูปที่ 3.22 โดยแท็ก green จะทำงานตามแท็ก k1 และแท็ก red จะทำงานกลับกันกับแท็ก k1 และแท็ก emer จะทำงานกลับกันกับแท็ก yellow



รูปที่ 3.22 โปรแกรมควบคุมหลอดไฟแสดงผล

### 3.9 ขั้นตอนการประกอบ

#### 3.9.1 การประกอบส่วนโครงสร้าง



รูปที่ 3.23 โครงสร้างอลูมิเนียมโปรไฟล์ของพลาเน็ตโมเดล

โดยในขั้นตอนนี้มีการประกอบส่วนโครงสร้างของพลาเน็ตโมเดลในรูปที่ 3.23 ด้วยอลูมิเนียมโปรไฟล์ขนาดหน้าตัด 40 x 40 มิลลิเมตร ที่ได้ทำการสั่งตัดตามความยาวที่กำหนดจากร้านมาประกอบกันตามแบบที่ได้ออกแบบไว้แล้วทำการติดล้อให้สามารถเคลื่อนย้ายได้

### 3.9.2 การประกอบส่วนแนวท่อ

ในส่วนแนวท่อในรูปที่ 3.24 และรูปที่ 3.25 จะมีการใช้ท่อ 2 ขนาดในได้แก่ขนาด 1 นิ้ว และ 0.5 นิ้ว โดยส่วนทรานสมิตเตอร์และอุปกรณ์ควบคุมชั้นสุดท้ายได้แก่ เซนเซอร์วัดอัตราการไหลแบบแม่เหล็กไฟฟ้า Rosemount 8705 ป้อนน้ำ และวาล์วควบคุม ติดตั้งอยู่บนท่อขนาด 1 นิ้ว โดยท่อขนาด 0.5 นิ้วเป็นส่วนของถังเปิดใสแสดงระดับของเหลวที่จะมีการควบคุมระดับน้ำในพลาตโมเดลนี้



รูปที่ 3.24 แนวท่อน้ำในขนาด 1 นิ้ว



รูปที่ 3.25 แนวท่อน้ำขนาด 0.5 นิ้ว

### 3.9.3 การติดตั้งปั้มน้ำ

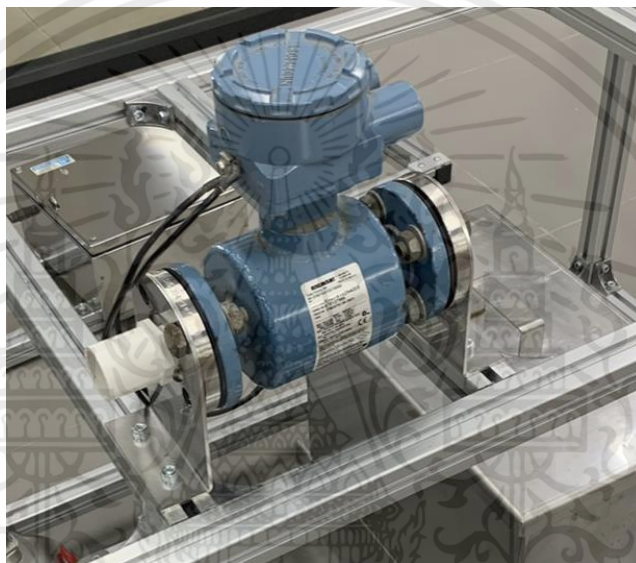
โดยปั้มน้ำขนาด 1 แรงม้า 0.75 กิโลวัตต์ อัตราการไหลที่ 5-73 ลิตรต่อนาที จะถูกติดตั้งอยู่บริเวณติดกับถังเก็บน้ำโดยทำการยึดด้วยน๊อตขนาด M8 บนแผ่นเหล็กและทำการเชื่อมต่อกับแหล่งจ่ายไฟขนาด 220 โวลต์ 50 เฮิร์ตซ์ โดยจะต่อท่อสายยางขนาด 1 นิ้ว ทั้งเข้าและออกจากปั้ม ดังแสดงในรูปที่ 3.26



รูปที่ 3.26 ปั้มน้ำ

### 3.9.4 การติดตั้งชุดทรานสมิตเตอร์อัตราการไหลแบบแม่เหล็กไฟฟ้า Rosemount 8705 และ Rosemount 8732EM

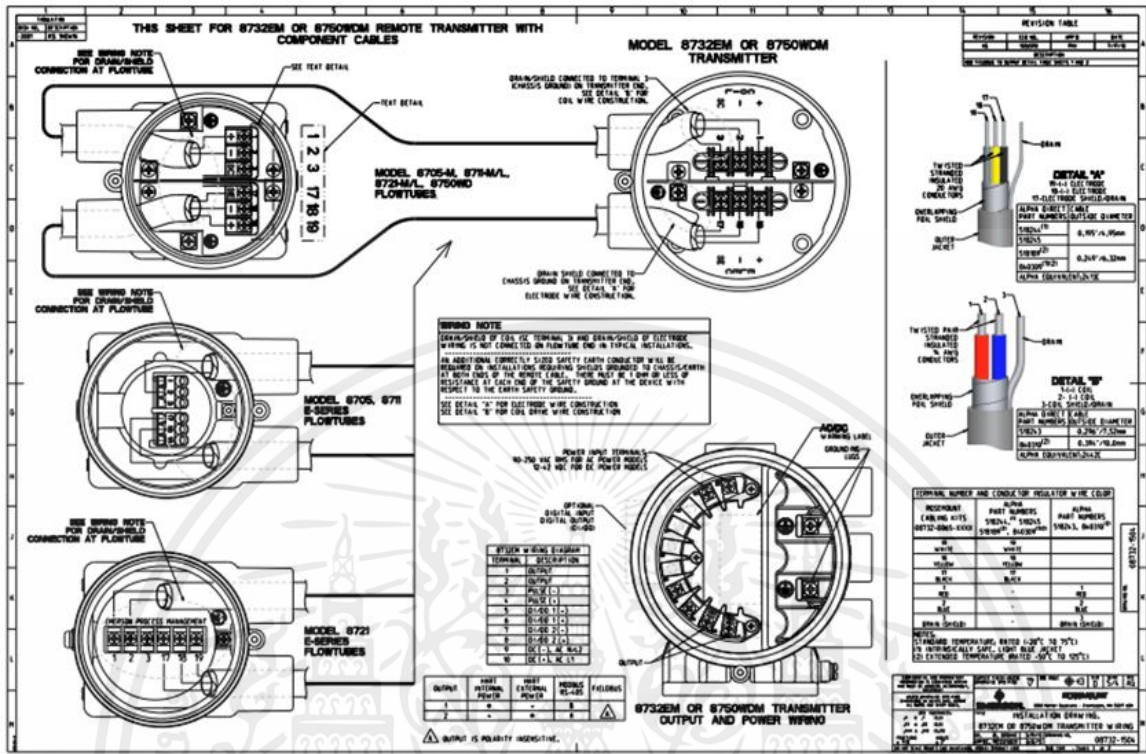
โดยชุดทรานสมิตเตอร์อัตราการไหลแบบแม่เหล็กไฟฟ้า Rosemount 8705 และ Rosemount 8732EM จะประกอบด้วยอุปกรณ์ 2 ชิ้น โดยเซนเซอร์ Rosemount 8705 นี้จะยึดกับหน้าแปลนขนาด 1 นิ้ว มาตรฐาน IEC Class 150 โดยยึดส่วนเซนเซอร์กับหน้าแปลนและขาตั้งหน้าแปลนด้วยน็อตและสกรูโดยได้ยึดส่วนขาตั้งเข้ากับโครงสร้างอลูมิเนียมโปรไฟล์ดังแสดงในรูปที่ 3.27 และได้ทำการติดตั้งทรานสมิตเตอร์อัตราการไหลแบบแม่เหล็กไฟฟ้า Rosemount 8732EM ไว้ที่คานด้านบนของโครงสร้างโครงสร้างอลูมิเนียมโปรไฟล์ ดังแสดงในรูปที่ 3.28



รูปที่ 3.27 เซนเซอร์วัดอัตราการไหลแบบแม่เหล็กไฟฟ้า Rosemount 8705



รูปที่ 3.28 ทรานสมิตเตอร์อัตราการไหลแบบแม่เหล็กไฟฟ้า Rosemount 8732EM

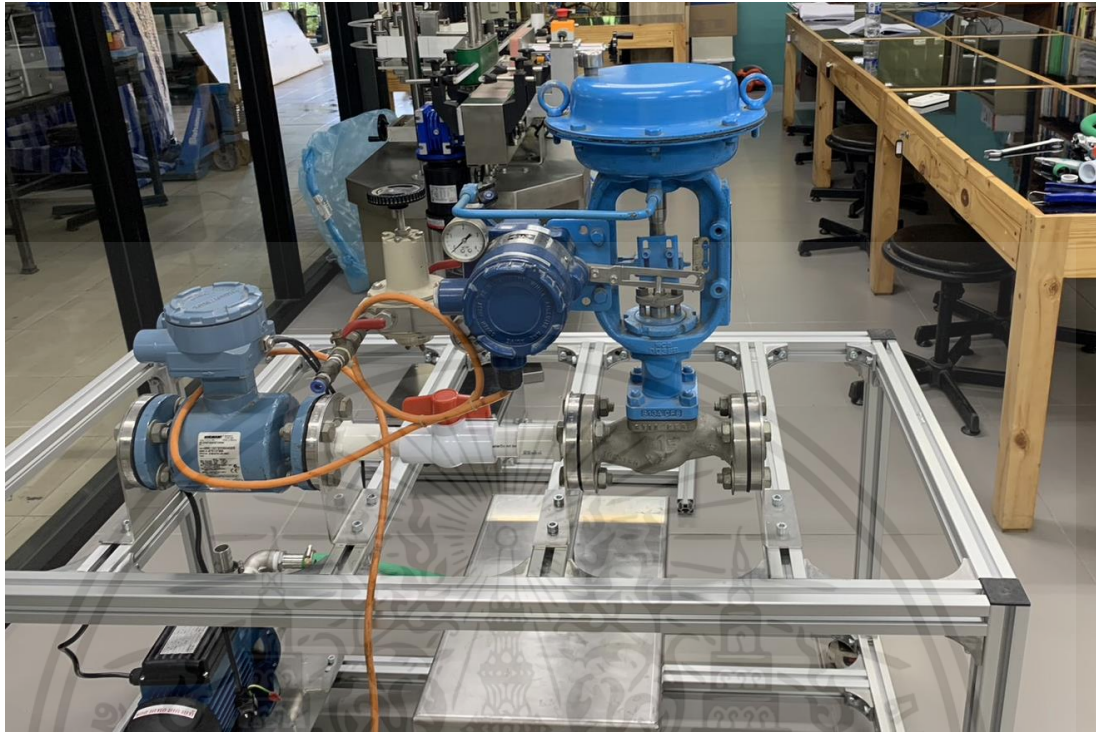


รูปที่ 3.29 การเชื่อมต่อสายไฟระหว่างเซนเซอร์วัดอัตราการไหลแบบแม่เหล็กไฟฟ้า Rosemount 8705 กับทรานสมิตเตอร์อัตราการไหลแบบแม่เหล็กไฟฟ้า Rosemount 8732EM

เนื่องจากชุดทรานสมิตเตอร์นี้ประกอบด้วยเซนเซอร์ Rosemount 8705 มีหน้าที่ในการตรวจจับค่าอัตราการไหลและทรานสมิตเตอร์ Rosemount 8732EM โดยการเชื่อมต่อระหว่างเซนเซอร์กับทรานสมิตเตอร์ จะเชื่อมต่อกันดังรูปที่ 3.29

ส่วนทรานสมิตเตอร์ Rosemount 8732EM มีความจำเป็นที่ต้องใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 24 โวลต์ เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ด้วยและจะเชื่อมต่อสายฟาว์นเดชันฟิลด์บัส H1 เข้ากับกล่องเชื่อมต่อสายรุ่น FCS-MB10-SG(-T)

### 3.9.5 การติดตั้งวาล์วควบคุม



รูปที่ 3.30 วาล์วควบคุม

โดยการติดตั้งวาล์วควบคุม Yamatake (Azbil) AGBV โดยยึดส่วนตัววาล์วเข้ากับหน้าแปลนขนาด 1 นิ้ว มาตรฐาน IEC Class 150 โดยจะยึดส่วนตัววาล์วเข้ากับหน้าแปลนและขาตั้งหน้าแปลนด้วยน็อตและสกรูและได้ทำการยึดส่วนขาตั้งเข้ากับโครงสร้างอลูมิเนียมโปรไฟล์ดังแสดงในรูปที่ 3.30 และเนื่องจากวาล์วมีความต้องการใช้ลมในการทำงานโดยมีการเชื่อมต่อสายลมเข้ากับ Smart Positioner จึงต้องมีการเชื่อมต่อสายลมและเชื่อมต่อสาย H1 เข้ากับกล่องเชื่อมต่อสายรุ่น FCS-MB10-SG(-T)

### 3.9.6 การติดตั้งถังเปิดใสแสดงระดับน้ำ

โดยในส่วนถังเปิดใสแสดงระดับน้ำในรูปที่ 3.31 จะเป็นถังอะคริลิก (Acrylic) ใส เส้นผ่านศูนย์กลาง 144 มิลลิเมตร สูง 485 มิลลิเมตร หน้า 2.77 มิลลิเมตร โดยจะมีการเจาะรูสำหรับน้ำออกทั้งหมด 2 รู เพื่อให้ น้ำไหลออก ขนาด 0.5 นิ้ว โดยรูแรกจะอยู่ที่ก้นถัง ส่วนอีกรูหนึ่งจะมีไว้ใช้ในการระบายของเหลวไม่ใสของเหลวล้นถัง ใส และยังมีการเจาะรูขนาด 6.35 มิลลิเมตรโดยรูนี้มีไว้เพื่อใช้วัดความดันจากก้นถัง และในส่วนฝาบนจะมีการเจาะรูเพื่อน้ำไหลเข้าขนาด 0.5 นิ้ว และอีกรูขนาด 6.35 มิลลิเมตร โดยรูนี้จะเปิดอยู่ตลอดเวลาเนื่องจากกระบวนการนี้เป็นกรณีศึกษาแบบถังเปิดโดยจะยึดกับโครงสร้างอลูมิเนียมโปรไฟล์ ด้วยแผ่นเหล็กฉากขนาด 240x170 มิลลิเมตร หน้า 5 มิลลิเมตร

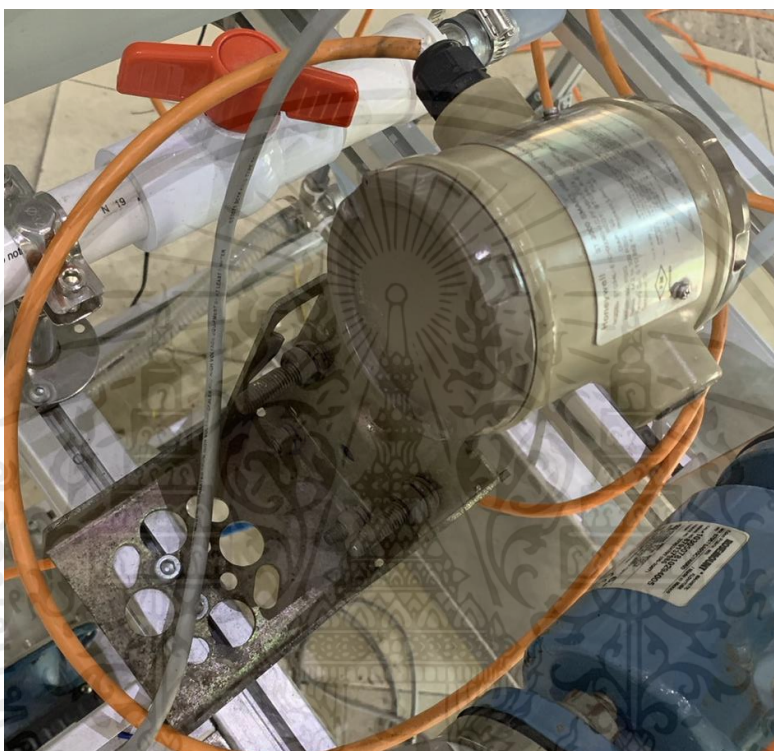


รูปที่ 3.31 ถังเปิดใสแสดงระดับน้ำ

### 3.9.7 การติดตั้งทรานสมิตเตอร์ความดัน

ในการติดตั้งทรานสมิตเตอร์ความดันโดยเป็นการติดตั้งที่โครงสร้างอลูมิเนียมโปรไฟล์โดยทรานสมิตเตอร์ที่จะติดตั้งในชั้นตอนนี้ได้แก่ ทรานสมิตเตอร์ความดัน Honeywell STG94L และ ทรานสมิตเตอร์ความดันแตกต่าง Yokogawa EJX 110A

#### การติดตั้งทรานสมิตเตอร์ความดัน Honeywell STG94L



รูปที่ 3.32 ทรานสมิตเตอร์ความดัน Honeywell STG94L

โดยการติดตั้งทรานสมิตเตอร์ความดันความดันขั้นนี้จะวัดความดันที่ได้จากการทำงานของปั๊มที่เกิดขึ้นกับของเหลวในท่อโดยยึดติดตั้งไว้กับอลูมิเนียมโปรไฟล์ขนาดหน้าตัด 40x40 มิลลิเมตร และเชื่อมต่อสายสัญญาณฟาว์นเดชันฟิลด์บัส H1เข้ากับกล่องเชื่อมต่อสายรุ่น FCS-MB10-SG(-T) ดังในรูปที่ 3.32

## การติดตั้งทรานสมิตเตอร์ความดันแตกต่าง Yokogawa EJX 110A

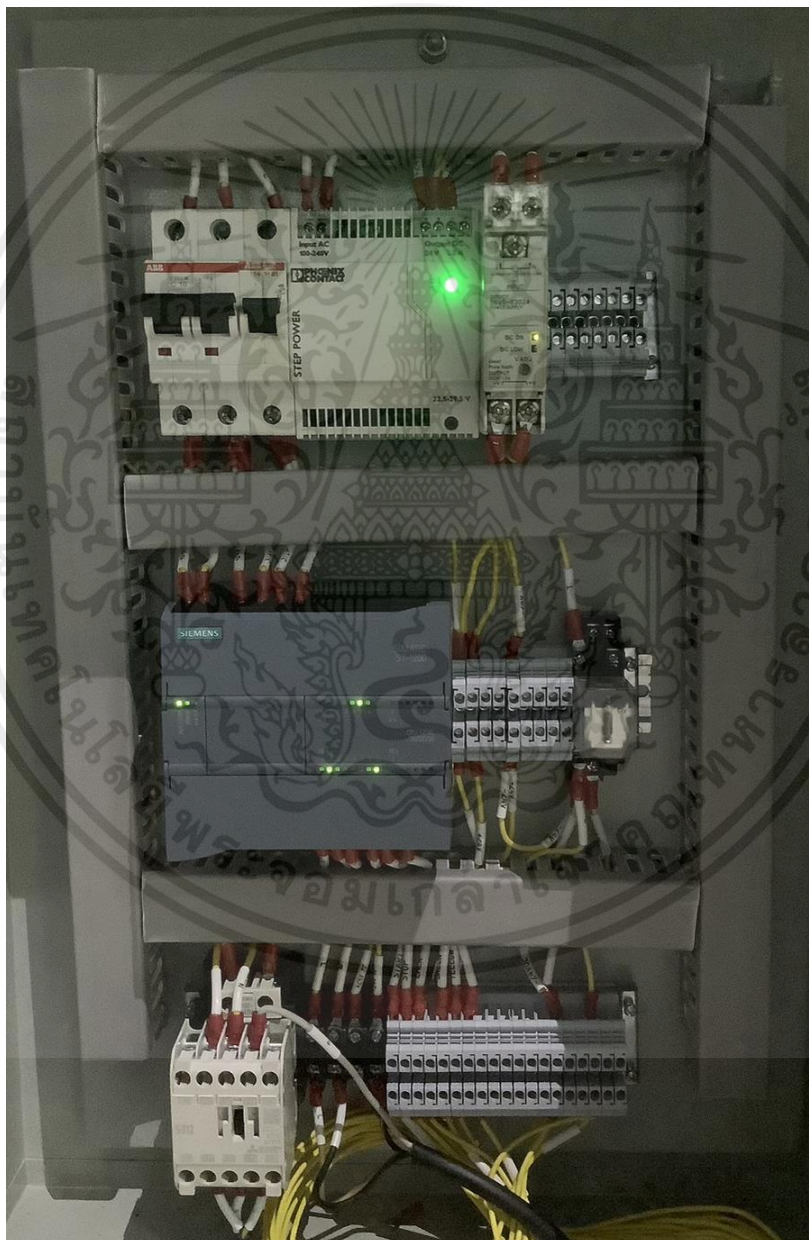


รูปที่ 3.33 ทรานสมิตเตอร์ความดันแตกต่าง Yokogawa EJX 110A

ในการติดตั้งทรานสมิตเตอร์ความดันแตกต่าง Yokogawa EJX 110A โดยทรานสมิตเตอร์นี้มีหน้าที่ในการวัดความดันที่แตกต่างกันใน 2 บริเวณโดยจะวัดจากจุดที่มีความดันมากและความดันน้อยโดยนำค่าความดันที่ได้มาทำการคำนวณหาระดับน้ำด้วยหลักการอุทกสถิต โดยในการควบคุมระดับของเหลวแบบถึงเปิดจะวัดความดันจากบริเวณกันถึงเปิดใ้เทียบกับความดันบรรยากาศที่วัดว่ามีความแตกต่างกันเท่าไรแล้วนำข้อมูลความดันที่ได้มาแปลผลเป็นระดับน้ำต่อไปโดยติดตั้งทรานสมิตเตอร์ตัวนี้ไว้กับบอลูมิเนียมโปรไฟล์ขนาดหน้าตัด 40x40 มิลลิเมตร และเชื่อมต่อสายสัญญาณฟาว์นเดชันฟิลด์บัส H1 เข้ากับกล่องเชื่อมต่อสายรุ่น FCS-MB10-SG(-T) ดังแสดงในรูปที่ 3.33

### 3.9.8 การติดตั้งตู้ควบคุมระบบไฟฟ้า

เนื่องจากอุปกรณ์บางตัวในระบบจำเป็นต้องการแหล่งจ่ายไฟจากภายนอกเนื่องโดยจะทำการเชื่อมต่อกับตู้ไฟฟ้าโดยตู้ควบคุมระบบไฟฟ้านี้จะรองรับการจ่ายไฟฟ้า 2 แบบได้แก่ ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ 50 เฮิร์ตซ์ และไฟฟ้ากระแสตรง 24 โวลต์ โดยจะเชื่อมต่อป้อนน้ำกับ Terminal ที่เชื่อมต่อกับไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ที่มีการควบคุมด้วยพีแอลซี Siemens S7-1200 และ ชุดทรานสมิตเตอร์อัตราการไหลแบบแม่เหล็กไฟฟ้า Rosemount 8705 และ Rosemount 8732EM กับไฟฟ้ากระแสตรง 24 โวลต์ โดยจะทำการเดินสายและติดตั้งอุปกรณ์ตามรูปที่ 3.34



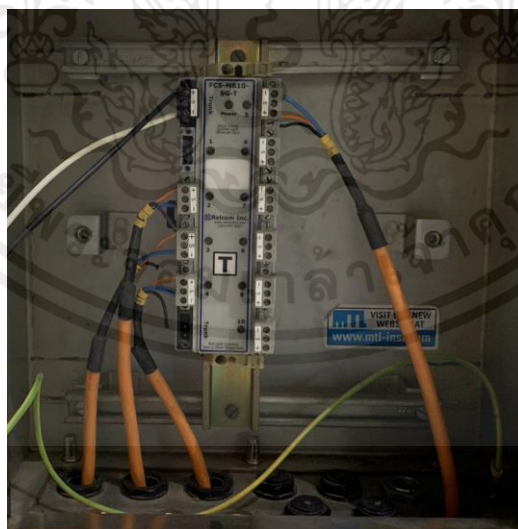
รูปที่ 3.34 ตู้ควบคุมระบบไฟฟ้า

### 3.9.9 การติดตั้งกล่องเชื่อมต่อสายสัญญาณฟาว์นเดชันฟิลด์บัส H1

โดยจะติดตั้งกล่องเชื่อมต่อสายรุ่น FCS-MB10-SG(-T) และทำการเชื่อมต่อโดยใช้สายจากทรานสมิตเตอร์และวาล์วควบคุม ตามในรูปที่ 3.35 ได้แก่ วาล์วควบคุม (FCV101) ชุดทรานสมิตเตอร์อัตราการไหลแบบแม่เหล็กไฟฟ้า (FIT101) ทรานสมิตเตอร์ความดัน (PT101) ทรานสมิตเตอร์ความดันแตกต่าง (LIT101) โดยจะใช้สาย 2 สายที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์นำมาเชื่อมต่อกับกล่องเชื่อมต่อสายรุ่น FCS-MB10-SG(-T) ตามรูปที่ 3.36



รูปที่ 3.35 การเชื่อมต่อสายระหว่างกล่องเชื่อมต่อสายรุ่น FCS-MB10-SG(-T)กับทรานสมิตเตอร์และวาล์วควบคุม



รูปที่ 3.36 กล่องเชื่อมต่อสายรุ่น FCS-MB10-SG(-T)

### 3.10 การทดสอบพลาเน็ตโมเดลที่สร้างขึ้น

โดยทดสอบโดยทำการเปิดใช้งานพลาเน็ตโมเดลที่ทำการดั่งรูปที่ 3.33 โดยควบคุมวาล์วควบคุมในโหมดควบคุมด้วยมือโดยใช้ความดันอากาศเป็นตัวควบคุมวาล์วโดยกระบวนสำหรับการควบคุมระดับของเหลวในถังเปิดนั้นสามารถแสดงระดับของเหลวในถังเปิดใสและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่มีหน้าจอสื่อสามารถแสดงค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในพลาเน็ตโมเดลได้ จากการทดสอบนี้แสดงให้เห็นผลการออกแบบพลาเน็ตโมเดลสำหรับการควบคุมระดับของเหลวในถังเปิดโดยพลาเน็ตโมเดลนี้สามารถแสดงการควบคุมระดับของเหลวในถังเปิดได้อย่างดีมีความสามารถตามที่กำหนดอย่างครบถ้วน



รูปที่ 3.33 พลาเน็ตโมเดลที่ได้สร้างขึ้น

## บทที่ 4

### การทดสอบฟังก์ชันการทำงานของพลาเน็ตโมเดลด้วยดีซีเอส Delta V

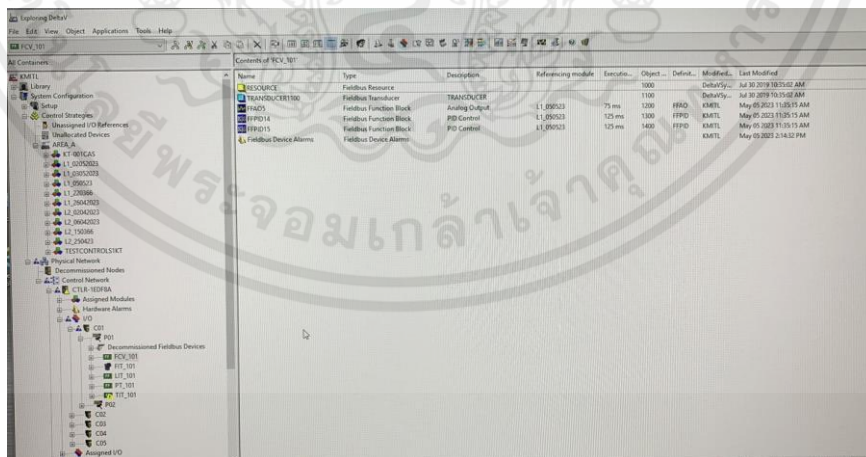
#### 4.1 กล่าวนำ

โดยในบทที่ 4 เป็นขั้นตอนการทดสอบฟังก์ชันการทำงานของพลาเน็ตโมเดลด้วยดีซีเอส Delta V โดยเริ่มจากการกำหนดและตั้งค่าอุปกรณ์ใน Exploring Delta V แล้วนำการตั้งค่าอุปกรณ์ที่ทำแล้วไปทำ การสร้างลูปควบคุมใน Control Studio โดยนำค่า อินพุต เอาต์พุต ไปสร้างส่วนกราฟิก เมื่อทำกระบวนการที่ได้กล่าวมาแล้วทำการคอมมิชชันนิ่งแล้วทำการทดสอบฟังก์ชันการทำงานของพลาเน็ตโมเดลตามที่ได้มีการสร้างลูปควบคุม

#### 4.2 การกำหนดและตั้งค่าทรานสมิตเตอร์และวาล์วควบคุม Exploring Delta V (Device Template)

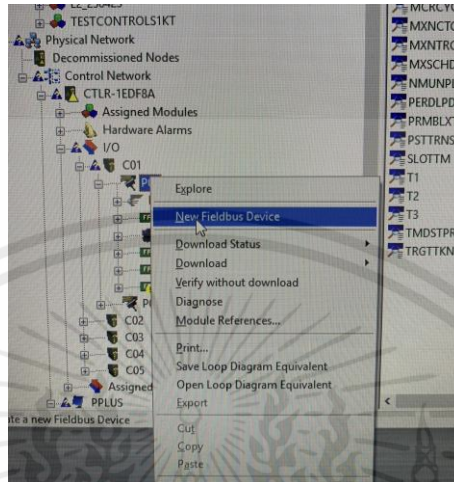
โดยพลาเน็ตโมเดลนี้ประกอบด้วยทรานสมิตเตอร์และวาล์วควบคุม ทั้งหมด 4 ตัวได้แก่ วาล์วควบคุม Yamatake (Azbil) AGBV ขนาด 1 นิ้ว ชุดทรานสมิตเตอร์อัตราการไหลด้วยแม่เหล็กไฟฟ้า Rosemount 8705 ขนาด 1 นิ้ว และ Rosemount 8732EM ทรานสมิตเตอร์ความดันแตกต่าง Yokogawa EJX 110A ทรานสมิตเตอร์ความดัน Honeywell STG94L โดยทรานสมิตเตอร์และอุปกรณ์ควบคุมขั้นสุดท้ายทุกชิ้นจำเป็นต้องมีการกำหนดและตั้งค่า เพื่อที่ดีซีเอสติดต่อกับอุปกรณ์ได้ขั้นตอนการกำหนดและตั้งค่าทรานสมิตเตอร์และอุปกรณ์ควบคุมขั้นสุดท้าย

1. ในการกำหนดและตั้งค่าทรานสมิตเตอร์และอุปกรณ์ควบคุมขั้นสุดท้าย โดยทำการเข้าไปที่โปรแกรม DeltaV Explorer ตามรูปที่ 4.1 โดยเมื่อเข้าไปที่ Controller คลิกที่ CO1 (การ์ดที่ 1 ของ DCS) ต่อด้วย PO1 (พอร์ตที่ 1) โดยอุปกรณ์ที่ยังไม่ได้คอมมิชชันนิ่งจะอยู่ที่ Decommissioned Fieldbus Device

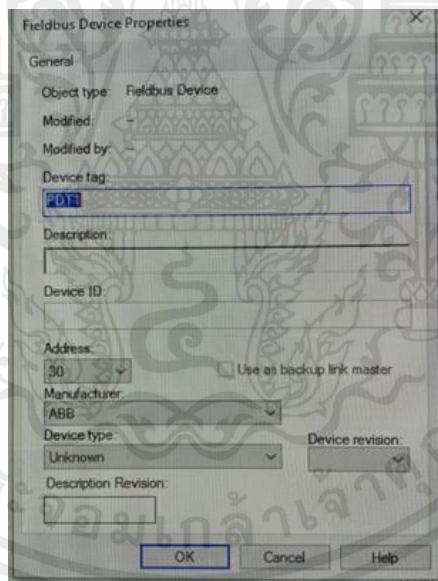


รูปที่ 4.1 หน้าต่างแรกของ DeltaV Explorer

2. ในการกำหนดและตั้งค่าทรานสมิตเตอร์และอุปกรณ์ควบคุมขั้นสุดท้ายจะทำการคลิกเข้าไปที่ PO1 (พอร์ตที่ 1) -> New Fieldbus Device ตามรูปที่ 4.2 แล้วทำการกำหนดและตั้งค่าทรานสมิตเตอร์และอุปกรณ์ควบคุมขั้นสุดท้ายลงใน Fieldbus Device Properties ในรูปที่ 4.3

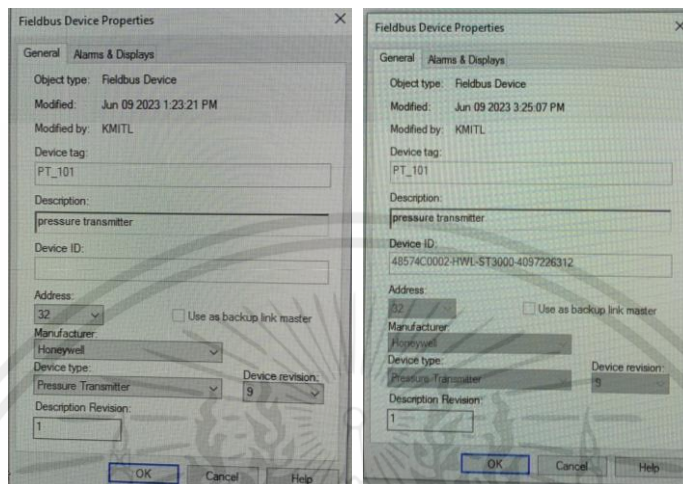


รูปที่ 4.2 การเพิ่มทรานสมิตเตอร์และโพซิชั่นเนอร์ของวาล์วควบคุมเข้าไปใน PO1 (พอร์ตที่1)



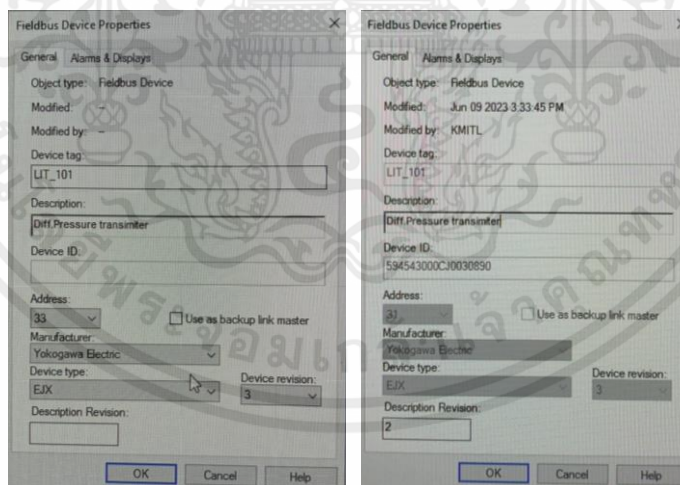
รูปที่ 4.3 Fieldbus Device Properties

โดยในรูปที่ 4.4 เป็นการตั้งค่า Fieldbus Device Properties ของทรานสมิตเตอร์ความดัน Honeywell STG94L โดยเป็นทรานสมิตเตอร์จากผู้ผลิต Honeywell ซึ่งเป็นอุปกรณ์ประเภท Pressure Transmitter และ Device revision หมายเลข 9 โดยเมื่อกด OK แล้วดีวีซีเอสจะรู้ถึง Device ID ของอุปกรณ์



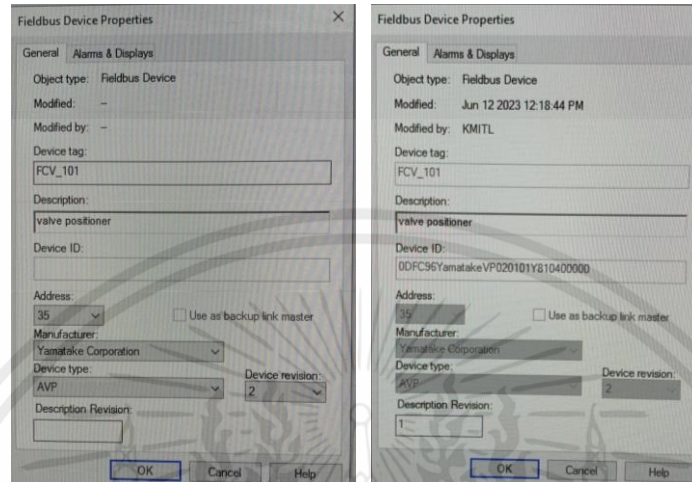
รูปที่ 4.4 การตั้งค่า Fieldbus Device Properties ของทรานสมิตเตอร์ความดัน Honeywell STG94L

โดยในรูปที่ 4.5 เป็นการตั้งค่า Fieldbus Device Properties ของ ทรานสมิตเตอร์ความดันแตกต่าง Yokogawa EJX110A โดยเป็นทรานสมิตเตอร์จากผู้ผลิต Yokogawa Electric โดยเป็นอุปกรณ์ประเภท EJX และ Device revision หมายเลข 3 โดยเมื่อกด OK แล้วดีวีซีเอสจะรู้ถึง Device ID ของอุปกรณ์



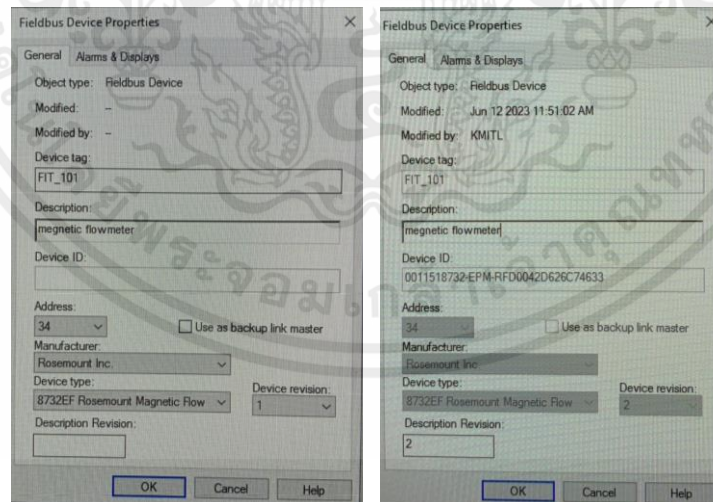
รูปที่ 4.5 การตั้งค่า Fieldbus Device Properties ของทรานสมิตเตอร์ความดันแตกต่าง Yokogawa EJX110A

โดยในรูปที่ 4.6 เป็นการตั้งค่า Fieldbus Device Properties ของโพซิชั่นเนอร์ในวาล์วควบคุม Yamatake (Azbil) AGBV โดยเป็นโพซิชั่นเนอร์ของวาล์วควบคุมจากผู้ผลิต Yamatake Corporation เป็นอุปกรณ์ประเภท AVP และ Device revision หมายเลข 2 โดยเมื่อกด OK แล้วดีซีเอสจะรู้ถึง Device ID ของอุปกรณ์



รูปที่ 4.6 การตั้งค่า Fieldbus Device Properties ของโพซิชั่นเนอร์ของวาล์วควบคุม Yamatake (Azbil) AGBV

โดยในรูปที่ 4.7 เป็นการตั้งค่า Fieldbus Device Properties ของทรานสมิตเตอร์อัตราการไหลด้วยแม่เหล็กไฟฟ้า Rosemount 8732EM โดยเป็นทรานสมิตเตอร์จากผู้ผลิต Rosemount Inc โดยเป็นอุปกรณ์ประเภท 8732EF Rosemount Magnetic Flow และ Device revision หมายเลข 1 โดยเมื่อกด OK แล้วดีซีเอสจะรู้ถึง Device ID ของอุปกรณ์



รูปที่ 4.7 การตั้งค่า Fieldbus Device Properties ของทรานสมิตเตอร์อัตราการไหลด้วยแม่เหล็กไฟฟ้า Rosemount 8732EM

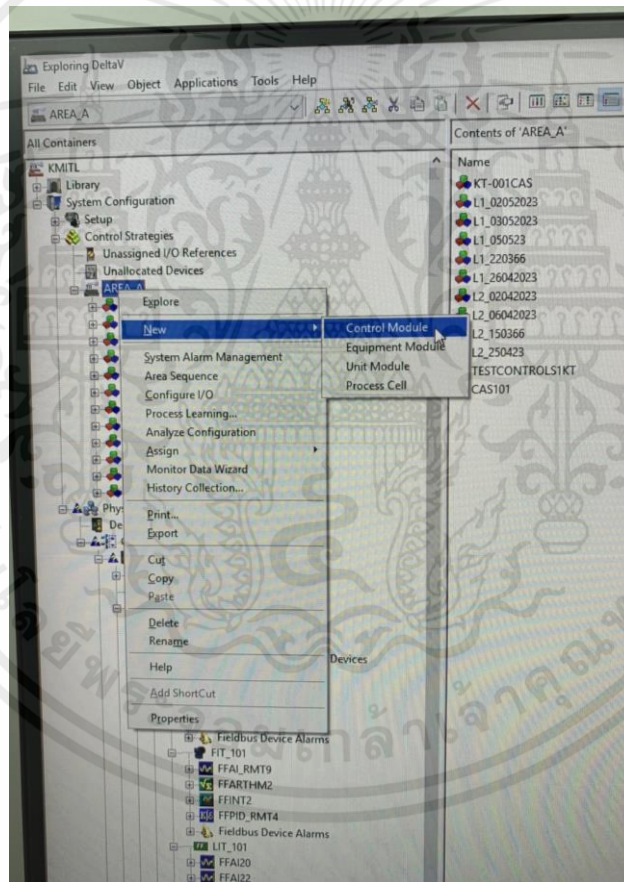
### 4.3 การสร้างลูบควบคุมใน Control Studio

โดยลูบควบคุมจำเป็นต้องมีการสร้างในโปรแกรม Control Studio โดยสร้างจากการเชื่อมต่อฟังก์ชันบล็อกต่าง ๆ มาทำการเชื่อมต่อกันเพื่อให้ได้การควบคุมในรูปแบบต่าง ๆ โดยในพลาเน็ตโมเดลนี้รองรับลูบควบคุมได้ 3 รูปแบบได้แก่ ลูบควบคุมระดับของเหลวแบบพีไอดี ลูบควบคุมระดับของเหลวแบบคาสเคด และลูบควบคุมอัตราการไหลแบบพีไอดี

#### 4.3.1 ขั้นตอนการสร้างลูบควบคุม

##### ขั้นตอนที่ 1

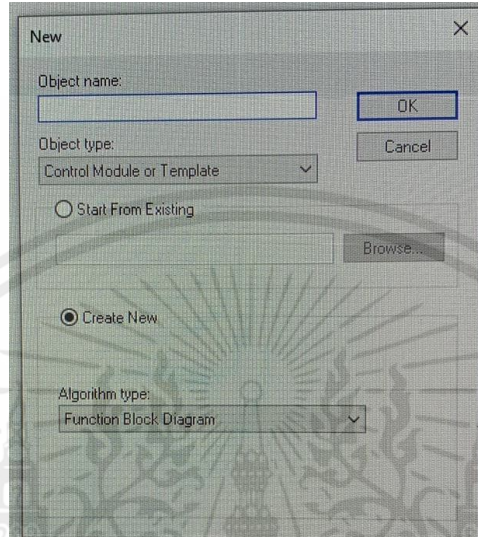
ตอนในการสร้างลูบควบคุมต้องคลิกขวาเข้าไปที่ AREA\_A แล้วคลิกเลือก New -> Control Module ตามรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 Pop-upข้างใน AREA\_A

## ขั้นตอนที่ 2

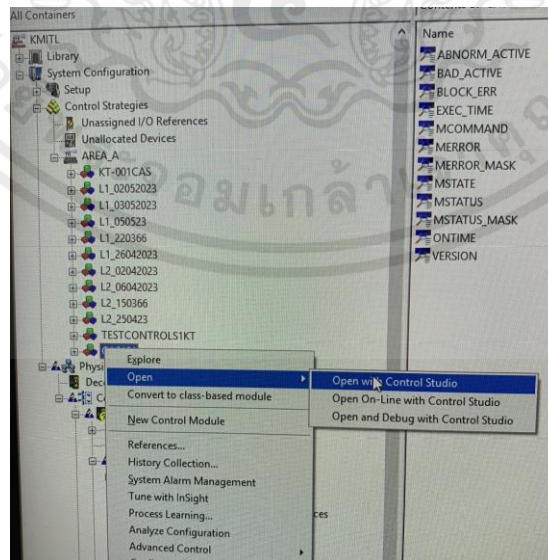
โดยหลังจากคลิกเข้าไป New จะขึ้นหน้าต่างตามรูปที่ 4.9 แล้วทำการตั้งชื่อ Object name แล้วทำการคลิกที่ OK



รูปที่ 4.9 การตั้งค่า Object ใน Area\_A

## ขั้นตอนที่ 3

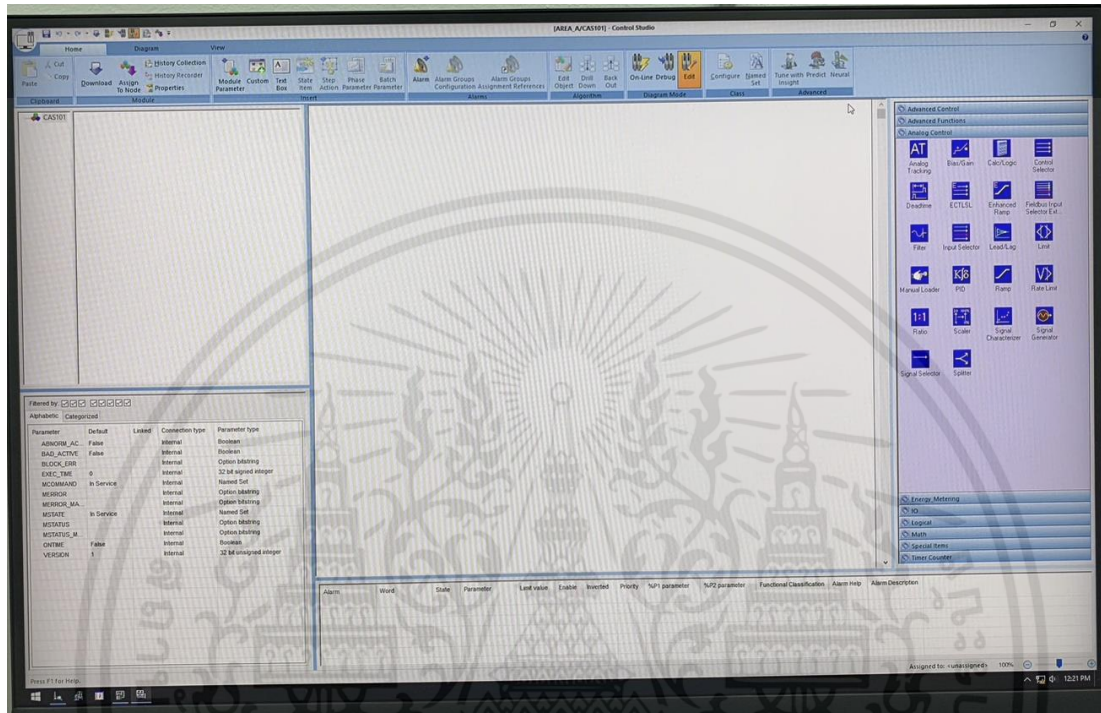
โดยหลังจากได้ตั้งชื่อจะมีการขึ้นลูปควบคุมโดยจะเข้าไปสร้างลูปควบคุมจำเป็นต้องใช้โปรแกรม Control Studio ในการเข้าโปรแกรม Control Studio โดยคลิกขวาที่ลูปควบคุมที่เลือกแล้ว คลิกที่ Open -> Open with Control Studio ตามรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 การเข้าไปเปิด Object ที่ได้เลือกเอาไว้

## ขั้นตอนที่ 4

โดยหลังจากที่ทำการเปิดโปรแกรม Control Studio ดังรูปที่ 4.11 แล้วทำการหยิบบล็อกจากด้านข้างมาทำการเชื่อมต่อกันเป็นลูปควบคุมตามต้องการ



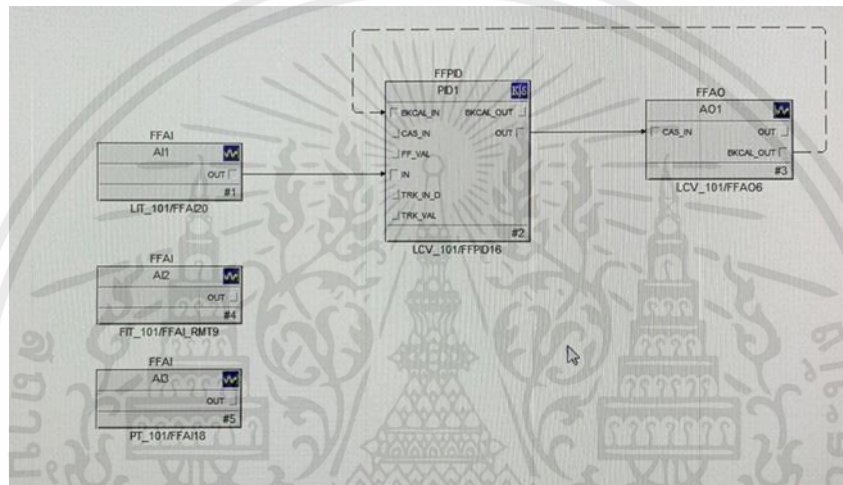
รูปที่ 4.11 โปรแกรม Control Studio

### 4.3.2 รูปควบคุมที่ใช้

โดยรูปควบคุมที่ใช้ในการทดรูปฟังก์ชันของพลาเน็ตโมเดลประกอบด้วย 3 รูปควบคุม ได้แก่ รูปควบคุมระดับของเหลวแบบพีไอดี รูปควบคุมระดับของเหลวแบบคาสเคด และ รูปควบคุมอัตราการใช้ของเหลวแบบพีไอดี

#### รูปควบคุมระดับของเหลวแบบพีไอดี

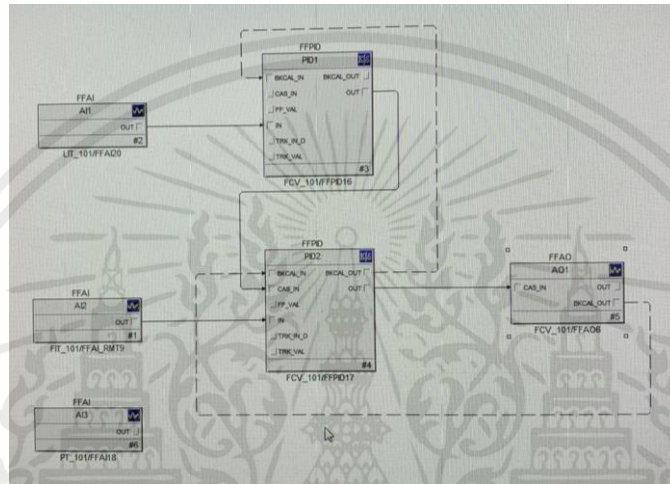
โดยรูปควบคุมระดับของเหลวแบบพีไอดีในรูปที่ 4.12 โดยรูปควบคุมนี้จะใช้ บล็อก PID เพียงบล็อกเดียว โดยจะรับค่าอินพุตจาก LIT\_101 โดยเอาต์พุตที่ออกจากบล็อก PID 1 เป็นคำสั่งให้ LCV\_101 ทำงานโดยที่ LCV\_101 จะส่ง BKCAL\_OUT เข้าที่ BKCAL\_IN ของบล็อก PID 1



รูปที่ 4.12 รูปควบคุมระดับของเหลวแบบพีไอดี

### รูปควบคุมระดับของเหลวแบบคาสเคด

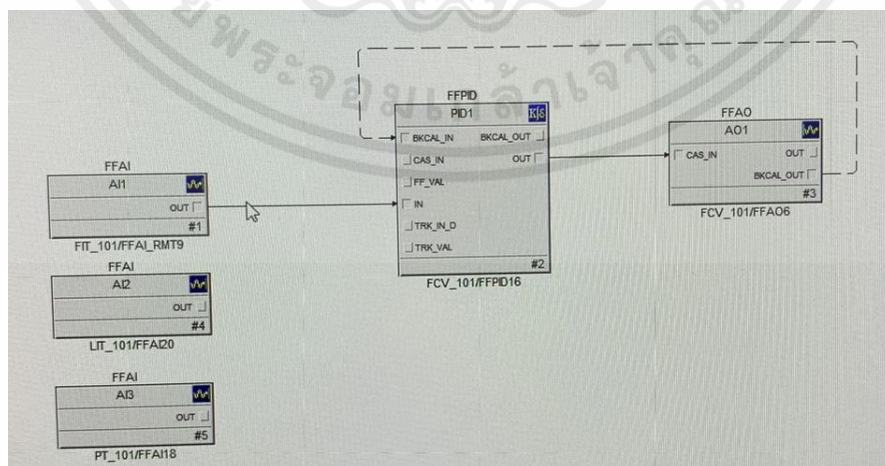
โดยในรูปควบคุมระดับของเหลว แบบคาสเคดในรูปที่ 4.13 จะมีการใช้ บล็อก PID 2 บล็อก โดยจะให้ บล็อก PID1 เป็น master PID โดยบล็อก PID 1 จะรับค่าอินพุตจาก LIT\_101 ส่วนบล็อก PID 2จะรับค่าอินพุต จาก FIT\_101โดยเนื่องจากบล็อก PID 1 เป็น master PID เลยรับอินพุตจากบล็อก PID 1 โดยเอาต์พุตที่ออกจาก บล็อก PID 2 ที่เป็นคำสั่งให้ FCV\_101 ทำงาน โดยที่ FCV\_101 จะส่ง BKCAL\_OUT เข้าที่ BKCAL\_IN ของบล็อก PID 2



รูปที่ 4.13 รูปควบคุมระดับของเหลวแบบคาสเคด

### รูปควบคุมอัตราการไหลแบบพีโอดี

โดยรูปควบคุมอัตราการไหลแบบพีโอดีในรูปที่ 4.14 โดยรูปควบคุมนี้จะใช้ บล็อก PID เพียงบล็อกเดียว โดยจะรับค่าอินพุตจาก FIT\_101 โดยเอาต์พุตที่ออกจากบล็อก PID 1 ที่เป็นคำสั่งให้ FCV\_101 ทำงานโดยที่ FCV\_101 จะส่ง BKCAL\_OUT เข้าที่ BKCAL\_IN ของบล็อก PID 1



รูปที่ 4.14 รูปควบคุมอัตราการไหลแบบพีโอดี

### 4.3.3 การตั้งค่าพารามิเตอร์ของบล็อกต่าง ๆ ในแต่ละลูบควบคุม

โดยในเพื่อที่จะสามารถใช้งานลูบควบคุมจำเป็นต้องมีการตั้งค่าบล็อกควบคุมในแต่ละบล็อกเพื่อให้สามารถทำการควบคุมระดับของเหลวแบบพีไอดีและคาสเคด และควบคุมอัตราการไหลแบบพีไอดี

#### การตั้งค่าพารามิเตอร์ของลูบควบคุมระดับของเหลวแบบพีไอดี

ในลูบควบคุมควบคุมระดับของเหลวแบบพีไอดีประกอบด้วย บล็อก AI 3 บล็อก บล็อก PID 1 บล็อก และบล็อก AO 1 บล็อก โดยมีการตั้งค่าพารามิเตอร์ของ บล็อก AI ดังแสดงในตารางที่ 4.1 บล็อก PID ดังแสดงในตารางที่ 4.2 และบล็อก AO ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.1 การตั้งค่าพารามิเตอร์ของบล็อก AI1 ถึง AI3 ในลูบควบคุมระดับของเหลวแบบพีไอดี

Parameter	AI1	AI2	AI3
Device	LIT_101	FIT_101	PT_101
I/O			
Chanel	1	1	1
XD_SCALE	360-740 mmH2O	0-20.4 l/min	0-200 inchH2O
OUT_SCALE	0-100 %	0-20.4 l/min	0-200 inchH2O
Operating			
Mode			
Normal Mode	Auto	Auto	Auto
Target Mode	Auto	Auto	Auto
Tuning			
L_type	Indirect	Direct	Direct

ตารางที่ 4.2 การตั้งค่าพารามิเตอร์ของบล็อก PID ในลูควบคุมระดับของเหลวแบบพีไอดี

Parameter	PID1
Device	LCV_101
I/O	
XD_SCALE	0 – 100 %
TRK_SCALE	0 – 100 %
Operating	
Mode	
Normal Mode	Auto
Target Mode	Auto
SP	
Tuning	
Gain	0.5
Reset	30 s
PV_Scale	0 – 100%

ตารางที่ 4.3 การตั้งค่าพารามิเตอร์ของบล็อก AO ในลูควบคุมระดับของเหลวแบบพีไอดี

Parameter	AO1
Device	LCV_101
I/O	
Chanel	1
OUT_SCALE	0 – 100%
Tuning	
PV_Scale	0 – 100%
Operating	
Mode	
Normal Mode	CAS
Target Mode	CAS

### การตั้งค่าพารามิเตอร์ของลูควบคุมระดับของเหลวแบบคาสเดด

ในลูควบคุมควบคุมระดับของเหลวแบบคาสเดดประกอบด้วย บล็อก AI 3 บล็อก บล็อก PID 2 บล็อก และบล็อก AO 1 บล็อก โดยมีการตั้งค่าพารามิเตอร์ของ บล็อก AI ดังแสดงในตารางที่ 4.4 บล็อก PID ดังแสดงในตารางที่ 4.5 และบล็อก AO ดังแสดงในตารางที่ 4.6 ในลูควบคุมระดับของเหลวแบบคาสเดด

ตารางที่ 4.4 การตั้งค่าพารามิเตอร์ของบล็อก AI1 ถึง AI3 ในลูควบคุมระดับของเหลวแบบคาสเดด

Parameter	AI1	AI2	AI3
Device	LIT_101	FIT_101	PT_101
I/O			
Chanel	1	1	1
XD_SCALE	360-740 mmH2O	0-20.4 l/min	0-200 inchH2O
OUT_SCALE	0-100 %	0-100 %	0-200 inchH2O
Operating			
Mode			
Normal Mode	Auto	Auto	Auto
Target Mode	Auto	Auto	Auto
Tuning			
L_type	Indirect	Indirect	Direct

ตารางที่ 4.5 การตั้งค่าพารามิเตอร์ของบล็อก PID1 และ PID2 ในลูควบคุมระดับของเหลวแบบคาสเดด

Parameter	PID1	PID2
Device	FCV_101	FCV_101
I/O		
XD_SCALE	0 - 100 %	0 - 100 %
TRK_SCALE	0 - 100 %	0 - 100 %
Operating		
Mode		
Normal Mode	Auto	CAS
Target Mode	Auto	CAS
SP		
Tuning		
Gain	0.5	0.5
Reset	40 s	20 s
PV_Scale	0 - 100 %	0 - 100 %

ตารางที่ 4.6 การตั้งค่าพารามิเตอร์ของบล็อก AO ในรูปควบคุมระดับของเหลวแบบคาสเดด

<b>Parameter</b>	<b>AO1</b>
<b>Device</b>	<b>FCV_101</b>
<b>I/O</b>	
Chanel	1
OUT_SCALE	0 – 100 %
<b>Tunning</b>	
PV_Scale	0 – 100 %
<b>Operating</b>	
Mode	
Normal Mode	CAS
Target Mode	CAS

#### การตั้งค่าพารามิเตอร์ของรูปควบคุมอัตราการไหลแบบพีไอดี

ในรูปควบคุมอัตราการไหลแบบพีไอดีประกอบด้วย บล็อก AI 3 บล็อก บล็อก PID 1 บล็อก และบล็อก AO 1 บล็อก โดยมีการตั้งค่าพารามิเตอร์ของ บล็อก AI ดังแสดงในตารางที่ 4.7 บล็อก PID ดังแสดงในตารางที่ 4.8 และบล็อก AO ดังแสดงในตารางที่ 4.9 ในรูปควบคุมระดับของเหลวแบบคาสเดด

ตารางที่ 4.7 การตั้งค่าพารามิเตอร์ของบล็อก AI1 ถึง AI3 ในรูปควบคุมอัตราการไหลแบบพีไอดี

Parameter	AI1	AI2	AI3
<b>Device</b>	<b>FIT_101</b>	<b>LIT_101</b>	<b>PT_101</b>
<b>I/O</b>			
Chanel	1	1	1
XD_SCALE	0-20.4 l/min	400-700 mmH <sub>2</sub> O	0-200 inchH <sub>2</sub> O
OUT_SCALE	0 – 100 %	400-700 mmH <sub>2</sub> O	0-200 inchH <sub>2</sub> O
<b>Operating</b>			
Mode			
Normal Mode	Auto	Auto	Auto
Target Mode	Auto	Auto	Auto
<b>Tuning</b>			
L_type	Indirect	Direct	Direct

ตารางที่ 4.8 การตั้งค่าพารามิเตอร์ของบล็อก PID ในรูปควบคุมอัตราไหลแบบพีไอดี

Parameter	PID1
Device	FCV_101
I/O	
XD_SCALE	0 – 100 %
TRK_SCALE	0 – 100 %
<b>Operating</b>	
Mode	
Normal Mode	Auto
Target Mode	Auto
SP	
<b>Tuning</b>	
Gain	0.5
Reset	15 s
PV_Scale	0 – 100 %

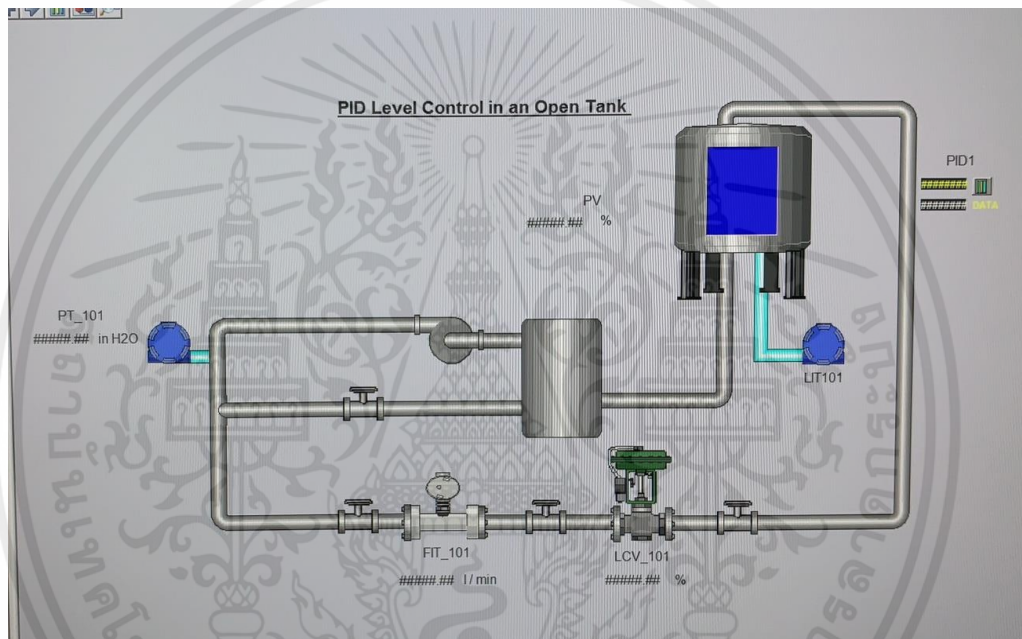
ตารางที่ 4.9 การตั้งค่าพารามิเตอร์ของบล็อก AO ในรูปควบคุมอัตราไหลแบบพีไอดี

Parameter	AO1
Device	FCV_101
I/O	
Chanel	1
OUT_SCALE	0 – 100 %
<b>Tuning</b>	
PV_Scale	0 – 100 %
<b>Operating</b>	
Mode	
Normal Mode	CAS
Target Mode	CAS

## 4.4 การสร้างกราฟิก

### 4.4.1 กราฟิกในการควบคุมระดับแบบพีไอดี

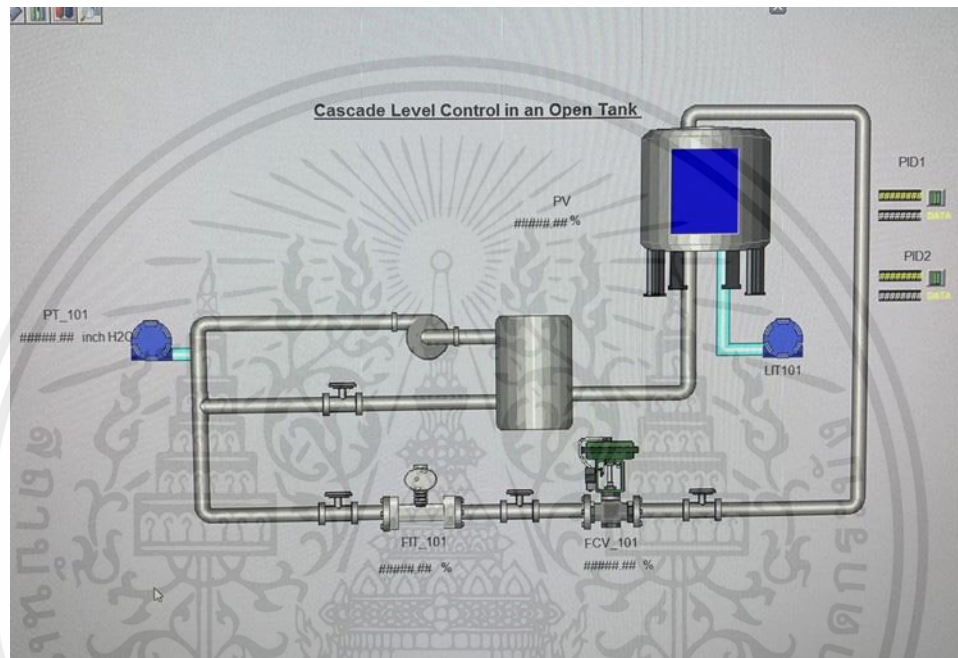
โดยกราฟิกในรูปที่ 4.15 นี้จะให้ชื่อกำกับว่า PID Level Control in an Open Tank โดยจะมีการแสดงผลความดันในท่อที่อุปกรณ์ PT\_101 อยู่ในหน่วย inch H<sub>2</sub>O โดยจะเชื่อมต่อกับ บล็อก AI ที่อุปกรณ์ PT\_101 ค่าอัตราการไหลของของเหลวในกระบวนการจะแสดงผลอยู่ในหน่วย L/MIN โดยจะเชื่อมต่อกับ บล็อก AI ที่อุปกรณ์ FIT\_101 ค่าการเปิดปิดของวาล์วควบคุมจะแสดงผลอยู่ในหน่วย % โดยจะเชื่อมต่อกับ บล็อก AO ที่อุปกรณ์ FCV\_101 ค่าระดับของของเหลวในถังใสจะกำหนดให้เป็นค่า PV โดยจะแสดงผลในหน่วย % และส่วน PID จะสามารถปรับแต่งค่าต่าง ๆ ของบล็อก PID



รูปที่ 4.15 กราฟิกในการควบคุมระดับแบบพีไอดี

#### 4.4.2 กราฟิกในการควบคุมระดับแบบคาสเคด

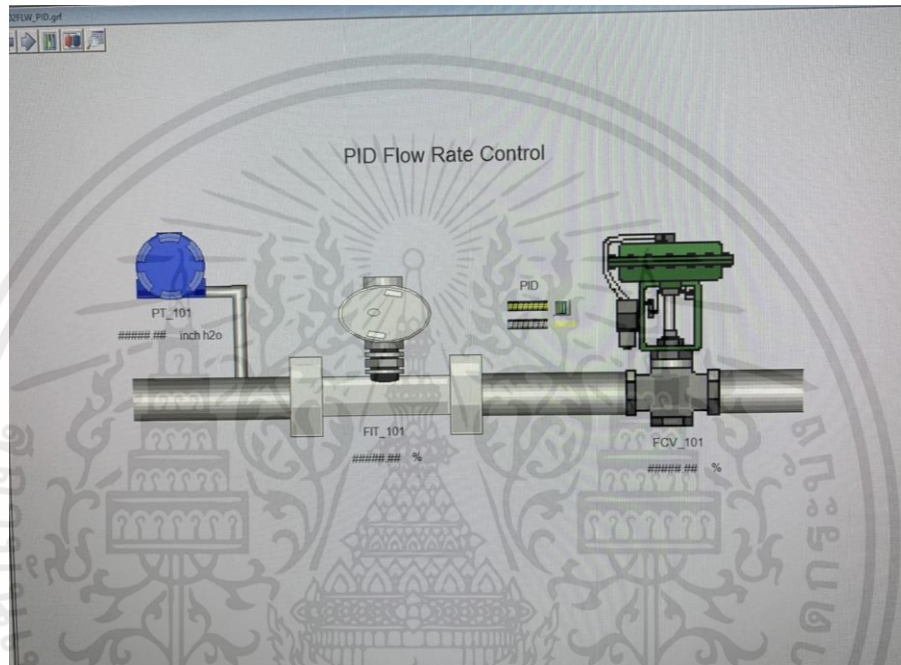
โดยกราฟิกในรูปที่ 4.16 นี้จะให้ชื่อกำกับว่า Cascade Level Control in an Open Tank โดยจะมีการแสดงผลความดันในท่อที่อุปกรณ์ PT\_101 อยู่ในหน่วย inch H<sub>2</sub>O โดยจะเชื่อมต่อกับ บล็อก AI ที่อุปกรณ์ PT\_101 ค่าอัตราการไหลแสดงผลอยู่ในหน่วย % โดยจะเชื่อมต่อกับ บล็อก AI ที่อุปกรณ์ FIT\_101 ค่าการเปิดปิดของวาล์วควบคุมจะแสดงผลอยู่ในหน่วย % โดยจะเชื่อมต่อกับ บล็อก AO ที่อุปกรณ์ FCV\_101 ค่าระดับของของเหลวในถังใส ส่วน PID1 และ PID2 จะสามารถปรับแต่งค่าต่าง ๆ ของบล็อก PID



รูปที่ 4.16 กราฟิกในการควบคุมระดับแบบคาสเคด

#### 4.4.3 กราฟิกในการควบคุมอัตราการไหลแบบพีไอดี

โดยกราฟิกในรูปที่ 4.17 นี้จะให้ชื่อกำกับว่า PID Flow Rate Control โดยจะมีการแสดงผลความดันในท่อที่อุปกรณ์ PT\_101 อยู่ในหน่วย inch h2o โดยจะเชื่อมต่อกับ บล็อก AI ที่อุปกรณ์ PT\_101 ค่าอัตราการไหลจะแสดงผลอยู่ในหน่วย % โดยจะเชื่อมต่อกับ บล็อก AI ที่อุปกรณ์ FIT\_101 โดยค่าการเปิดปิดของวาล์วควบคุมจะแสดงผลอยู่ในหน่วย % โดยจะเชื่อมต่อกับ บล็อก AO ที่อุปกรณ์ FCV\_101 และส่วนPID จะสามารถปรับแต่งค่าต่าง ๆ ของบล็อก PID



รูปที่ 4.17 กราฟิกในการควบคุมอัตราการไหลแบบพีไอดี

## 4.5 การคอมมิชชันนิ่งและการทดลองในการควบคุม

### 4.5.1 การคอมมิชชันนิ่ง

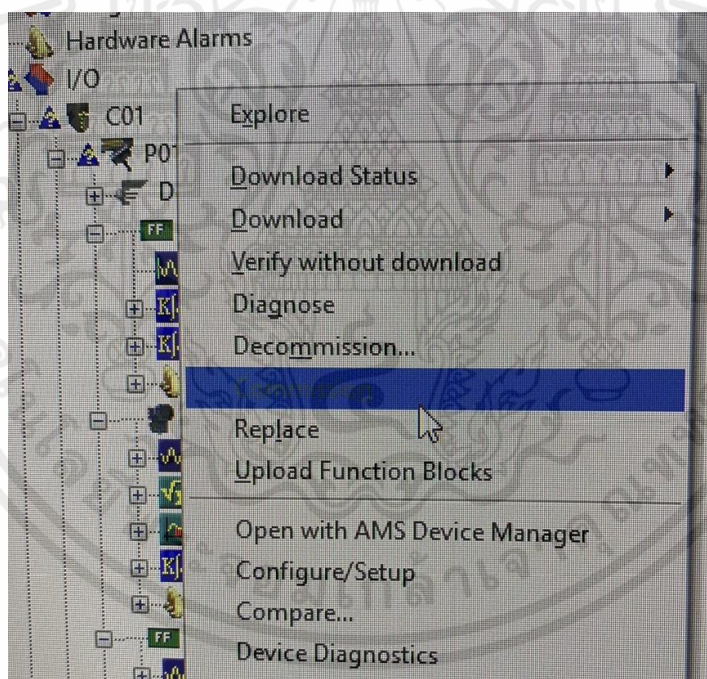
โดยการควบคุมทรานสมิตเตอร์และอุปกรณ์ควบคุมขั้นสุดท้ายในพลานต์โมเดลผ่านดีซีเอสจำเป็นต้องมีการคอมมิชชันนิ่ง เพื่อเป็นการทำให้ดีซีเอสสามารถมองเห็นและเข้ากับอุปกรณ์ในพลานต์โมเดลได้

#### ขั้นตอนการคอมมิชชันนิ่ง

โดยหลังจากการเพิ่มอุปกรณ์และตั้งค่าทรานสมิตเตอร์และโพซิชันเนอร์ของวาล์วควบคุมต้องมีการคอมมิชชันนิ่งอุปกรณ์ที่ละตัวได้แก่ โพซิชันเนอร์ของวาล์วควบคุม Yamatake (Azbil) AGBV ขนาด 1 นิ้ว ชุดทรานสมิตเตอร์อัตราการไหลด้วยแม่เหล็กไฟฟ้า Rosemount 8705 ขนาด 1 นิ้ว และ Rosemount 8732EM ทรานสมิตเตอร์ความดันแตกต่าง Yokogawa EJX 110A ทรานสมิตเตอร์ความดัน Honeywell STG94L

#### ขั้นตอนที่ 1

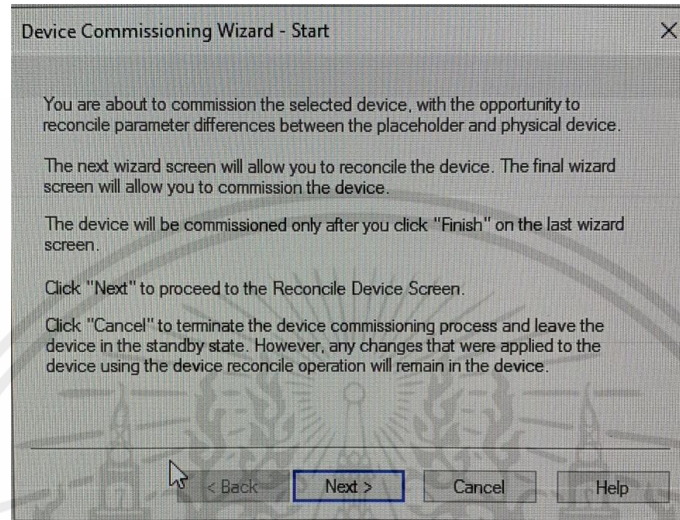
ทำการคลิกขวาที่อุปกรณ์แล้วทำการคลิกเลือก Commissioning ตามรูปที่ 4.18



รูปที่ 4.18 หน้าจอเมื่อคลิกขวาที่อุปกรณ์

## ขั้นตอนที่ 2

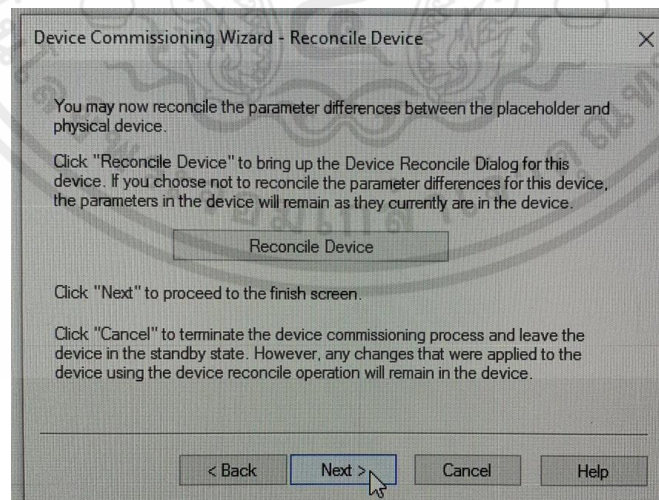
โดยเมื่อหลังจากทำการคลิกเลือก Commissioning แล้ว Pop-up Device Commissioning Wizard - Start ในรูปที่ 4.19 โดยหน้าี่จะเป็นหน้าเริ่มต้น ให้ทำการกดที่ Next



รูปที่ 4.19 Pop-up Device Commissioning Wizard -Start

## ขั้นตอนที่ 3

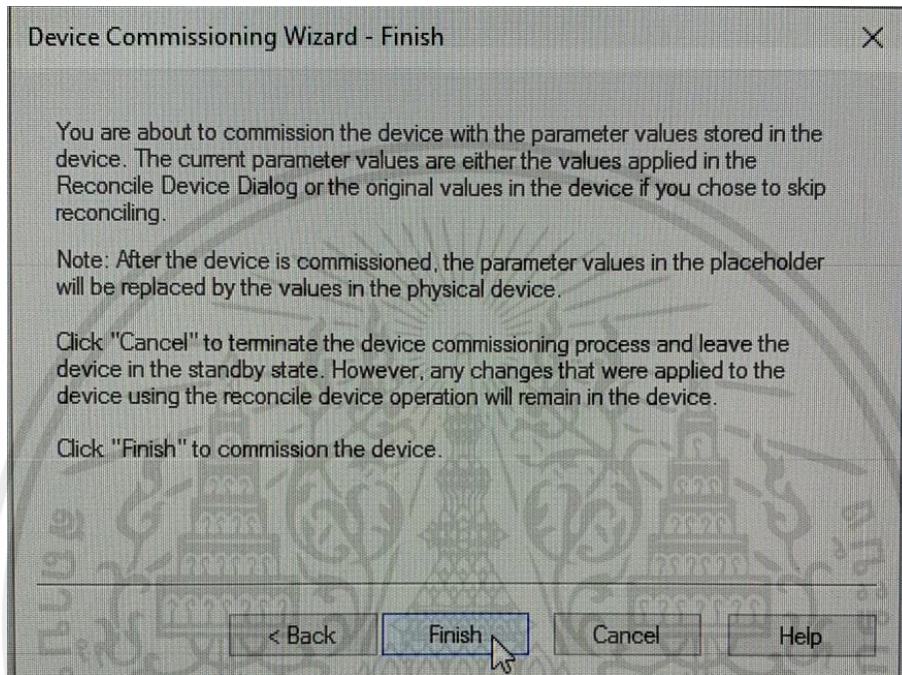
โดยเมื่อหลังจากทำการคลิกเลือก Next แล้ว Pop-up Device Commissioning Wizard-Start โดยหน้าี่จะเปลี่ยนเป็น Pop-up Device Commissioning Wizard-Reconcile Device ในรูปที่ 4.20 ให้ทำการกดที่ Next



รูปที่ 4.20 Pop-up Device Commissioning Wizard-Reconcile Device

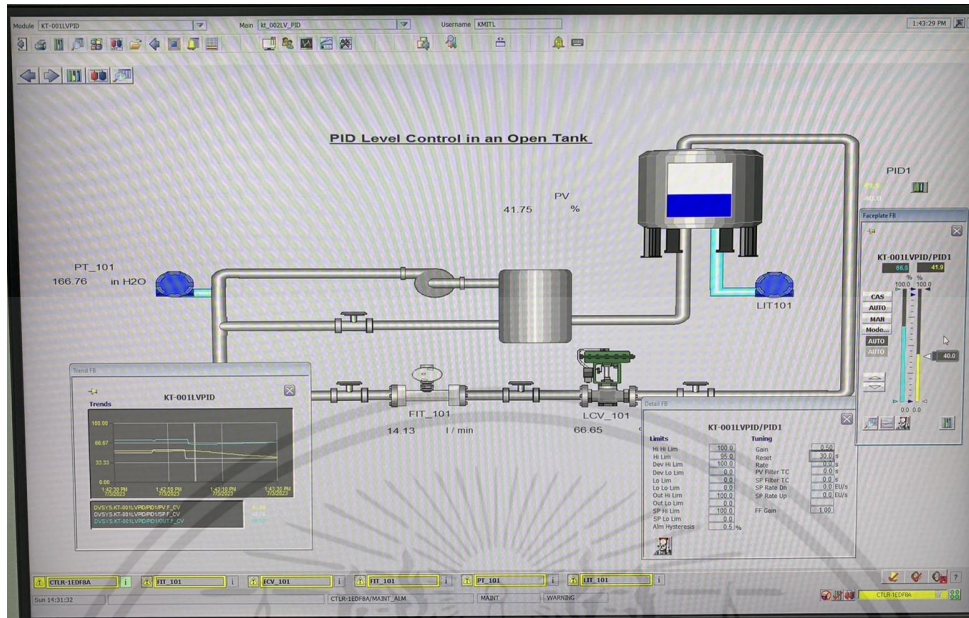
#### ขั้นตอนที่4

โดยเมื่อหลังจากทำการคลิกเลือก Next แล้ว Pop-up Device Commissioning Wizard- Reconcile Device โดยหน้านี้จะเปลี่ยนเป็น Pop-up Device Commissioning Wizard-Finish ในรูปที่ 4.21 ให้กดที่ Finish โดยจะต้องทำกระบวนการนี้ซ้ำในทุกอุปกรณ์



รูปที่ 4.21 Pop-up Device Commissioning Wizard-Finish





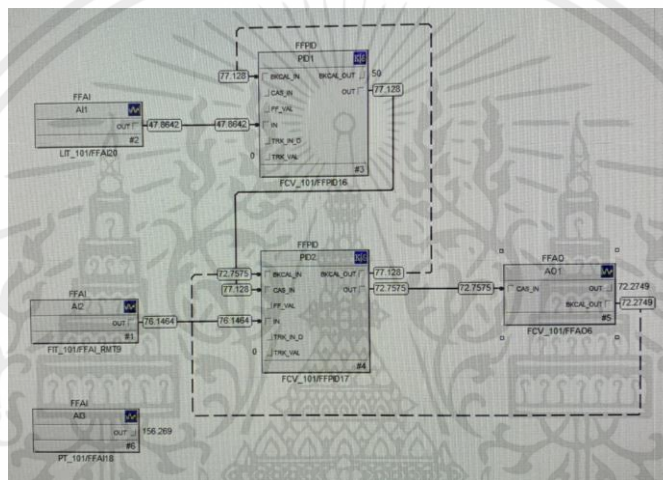
รูปที่ 4.23 กราฟิกในขณะควบคุมระดับแบบพีเอ็ดไอในขณะทำการควบคุม

จากการควบคุมโดยได้ทำการควบคุมระดับของของเหลวที่ 40% ของถังใสแสดงระดับโดยสามารถทำการควบคุมระดับน้ำที่ระดับคงที่ที่ 41.75% ดังแสดงในรูปที่ 4.23 โดยที่วาล์วควบคุมเปิดทำงานที่ 66.65% โดยมีอัตราการไหล 14.13 ลิตรต่อนาที

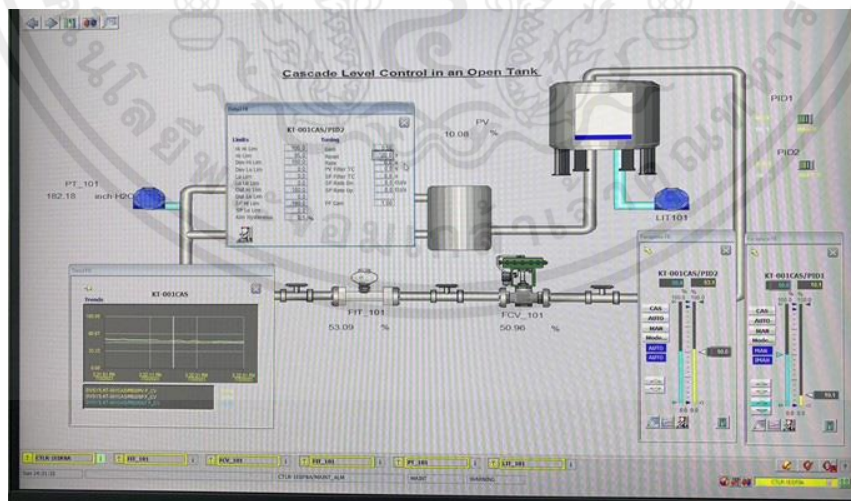
โดยกระบวนการสำหรับการควบคุมระดับของเหลวในถังเปิดด้วยฟาวน์เดชั่นฟิลด์บัสเทคโนโลยีมีความสามารถในการควบคุมระดับของเหลวในถังเปิดแบบ PID ได้อย่างสมบูรณ์

## 2. การทดลองควบคุมกระบวนการสำหรับการควบคุมระดับของเหลวในถังเปิดแบบคาสเคดด้วยดีซีเอส Delta V

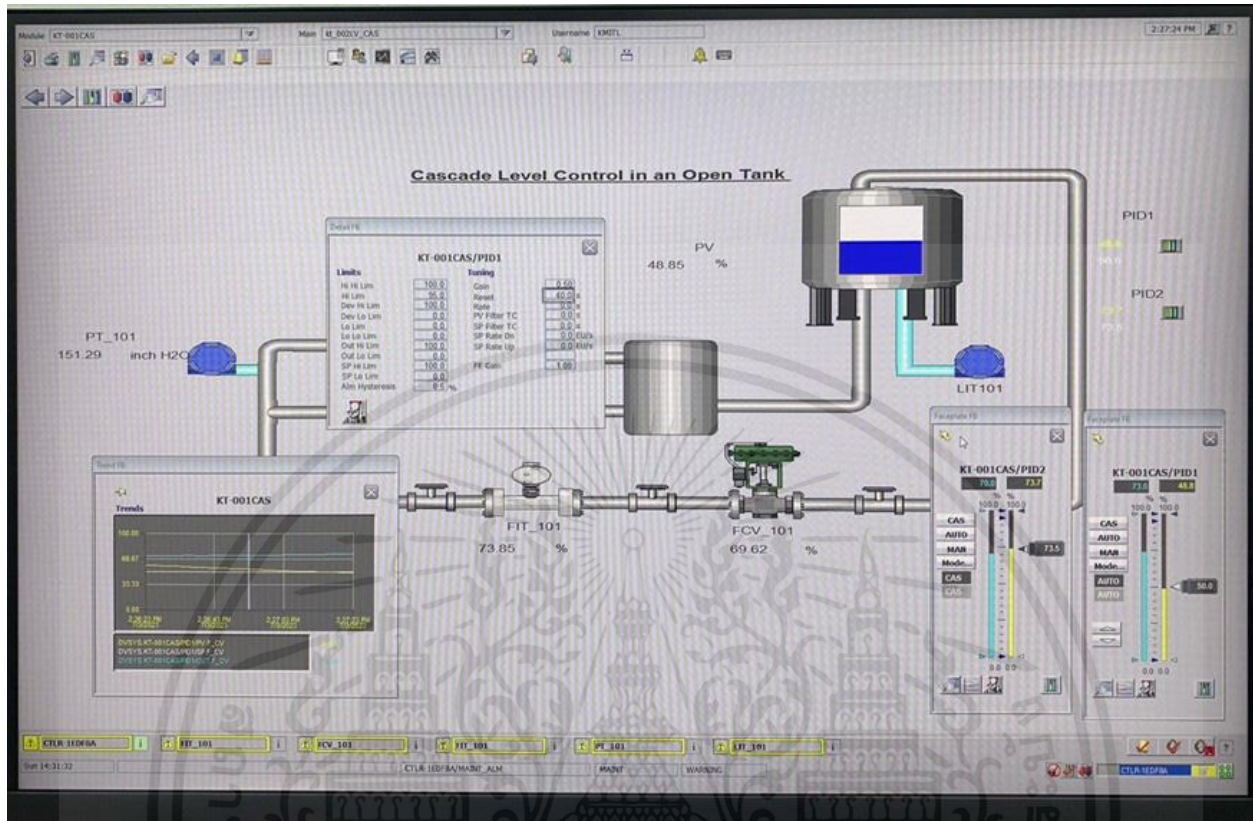
โดยการทดลองนี้ทำการคอมมิชชันนิงทรานสมิตเตอร์และวาล์วควบคุมให้สามารถควบคุมได้ผ่านดีซีเอส Delta V โดยจะทำการใช้ลู่วควบคุมแบบคาสเคดในรูปที่ 4.24 โดยจะเป็นการรับค่าตัวแปรจากบล็อก AI 1 ได้แก่ ค่าระดับน้ำในถังเปิด (LIT\_101\_AI) ส่งข้อมูลเข้าบล็อก PID 1 ของ FCV\_101 ของวาล์วควบคุมและการรับค่าตัวแปรจากบล็อก AI 2 ได้แก่ค่าอัตราการไหลของของเหลว (FIT\_101\_AI) ส่งข้อมูลเข้าบล็อก PID 2 ของ FCV\_101 โดยที่ค่า เอาต์พุต จากบล็อก PID 1 ของวาล์วควบคุมส่ง CAS\_IN เข้าบล็อก PID 2 ของวาล์วควบคุมและบล็อก PID 2 ส่งเอาต์พุตเข้าบล็อก AO 1 ของวาล์วควบคุมและส่งอินพุตป้อนกลับเข้าที่บล็อก PID 2 ของวาล์วควบคุม



รูปที่ 4.24 ลู่วควบคุมระดับแบบคาสเคดในขณะที่ทำการควบคุม



รูปที่ 4.25 กราฟิกในขณะที่ควบคุมแบบคาสเคดเมื่อปรับค่าพารามิเตอร์ของ PID2



รูปที่ 4.26 กราฟิกในขณะที่ควบคุมระดับแบบคาสเคด

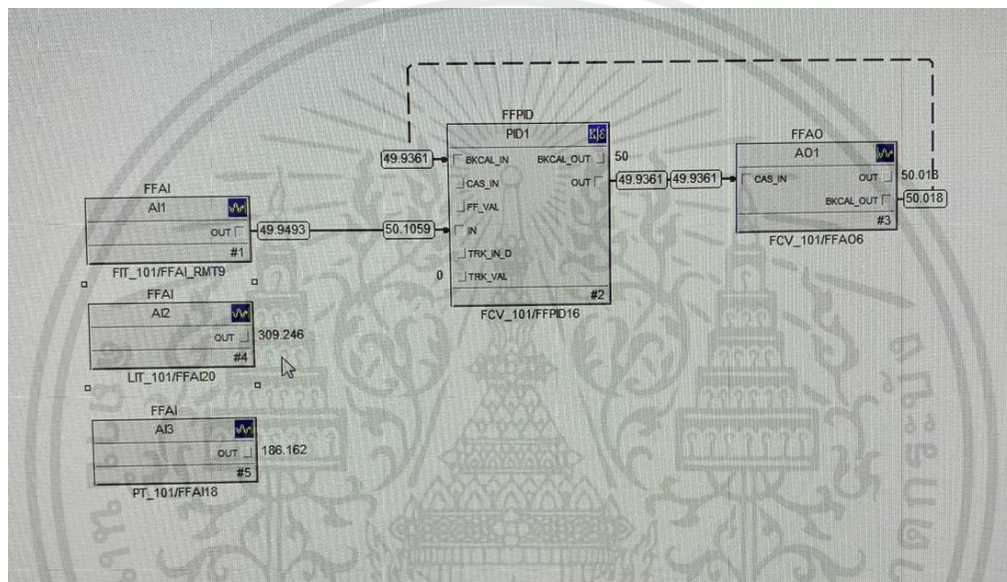
จากการควบคุมโดยได้ทำการควบคุมระดับของของเหลวที่ 50% ของถังใสแสดงระดับโดยสามารถทำการควบคุมระดับน้ำที่ระดับคงที่ที่ 48.85% ดังแสดงในรูปที่ 4.26 โดยที่วาล์วควบคุมเปิดทำงานที่ 69.62% โดยมีอัตราการไหล 73.85% ของ 20.4 ลิตร

โดยกระบวนการสำหรับการควบคุมระดับของเหลวในถังเปิดด้วยฟาว์นเดชันฟิลด์บัสเทคโนโลยีมีความสามารถในการควบคุมระดับของเหลวในถังเปิดแบบคาสเคดได้อย่างสมบูรณ์

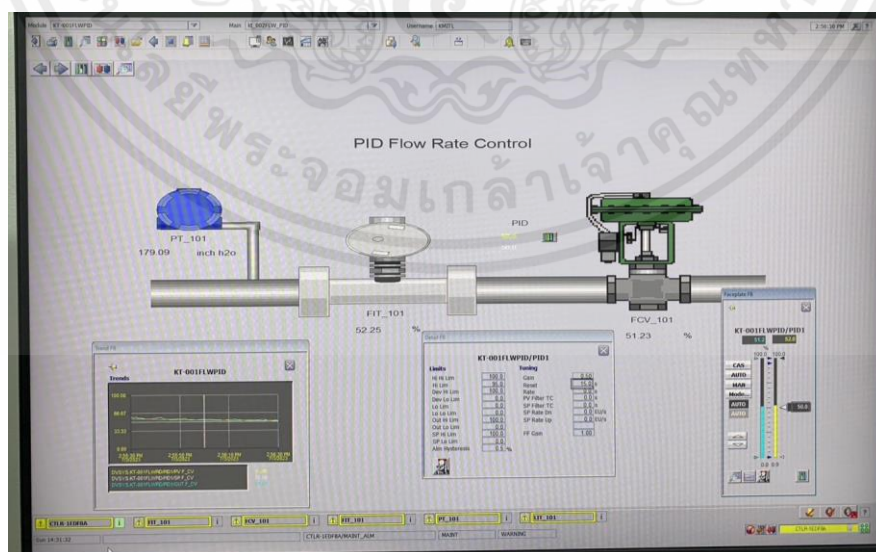
### 3. การทดลองควบคุมกระบวนการสำหรับการควบคุมอัตราการไหลแบบพีไอดีด้วยดีซีเอส

#### Delta V

โดยการทดลองนี้ทำการคอมมิชชันนิงทรานสมิตเตอร์และวาล์วควบคุมให้สามารถควบคุมได้ผ่านดีซีเอส Delta V โดยจะทำการใช้ลูบควบคุมอัตราการไหลแบบพีไอดีดังรูปที่ 4.27 โดยทำการสร้างลูบควบคุมดังแสดงในรูปที่ 4.26 จะเป็นการรับค่าตัวแปรจากบล็อก AI 1 ได้แก่ค่าอัตราการไหลในถังเปิด (FIT\_101\_AI) ส่งข้อมูลเข้าบล็อก PID ใน FCV\_101 ของวาล์วควบคุมและบล็อก AO 1 จะรับค่าเอาต์พุตจากบล็อก PID และส่งค่า BKCAL\_OUT กลับไปที่ BKCAL\_IN ของบล็อก PID ใน FCV\_101



รูปที่ 4.27 ลูบควบคุมอัตราการไหลแบบพีไอดีในขณะที่ทำการควบคุม



รูปที่ 4.28 กราฟฟิกในขณะที่ควบคุมอัตราการไหลแบบพีไอดีในขณะที่ทำการควบคุม

จากการควบคุมโดยได้ทำการควบคุมอัตราการไหลของของเหลวที่ 50% ของอัตราการไหลสูงสุดที่ 20.4 L/min ดังแสดงในรูปที่ 4.28 โดยสามารถควบคุมอัตราการไหลได้ 52.25% ที่วาล์วเปิด 51.23%

โดยกระบวนการสำหรับการควบคุมอัตราการไหลของของเหลวในถังเปิดด้วยฟาวน์เดชันฟิลด์บัส เทคโนโลยีมีความสามารถในการควบคุมระดับของเหลวในถังเปิดแบบพีไอดีได้อย่างสมบูรณ์



## บทที่ 5

### สรุป ปัญหาและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

จากการดำเนินการออกแบบและสร้างพลานต์โมเดลสำหรับการควบคุมระดับของเหลวในถังเปิดที่ใช้เทคโนโลยีโดยฟาวน์เดชันฟิลด์บัส โคนสามารถสร้างพลานต์โมเดลที่สามารถวัดควบคุมจากอุปกรณ์เดิมและและได้ปรับปรุงพีแอนด์ไอดีเพื่อให้กระบวนการนี้มีประสิทธิภาพดีขึ้นและสามารถควบคุมสั่งการและแสดงผลได้ด้วยดีซีเอสที่มีอยู่แล้วโดยสามารถควบคุมระดับความสูงของของเหลวในถังใส่โดยใช้การควบคุมแบบพีไอดีและคาสเคด และควบคุมอัตราการไหลแบบพีไอดี โดยที่กล่าวมาทั้งหมดนี้สามารถดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพสมบูรณ์ทุกฟังก์ชันที่มีการกำหนดไว้

#### 5.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไขปัญหา

##### 5.2.1 ปัญหา

1. เมื่อทำการควบคุมวาล์วควบคุมให้เปิดในย่าน 0-100% พบว่าอัตราการไหลของของเหลวในท่อไม่คงที่ บีมมีการทำงานที่ไม่สม่ำเสมอ ทำให้เกิดอัตราการไหลที่ผันผวนจนไม่สามารถหาค่าที่ถูกต้องได้

2. เมื่อทำการควบคุมระดับของเหลวในระดับสูงเกิน 30 เซนติเมตร จะมีการซึมของของเหลวในฐานของถังเปิดใส่

3. เมื่ออัตราการไหลของของเหลวในท่อมีอัตราการไหลสูงเกิน 17 ลิตรต่อนาที ซึ่งมากกว่าความสามารถในการระบายของเหลวของถังใส่ทั้งรูระบายปกติ และรูระบายของเหลวฉุกเฉินที่มีความสูง 60 เซนติเมตร ทำให้ของเหลวในถังเปิดใส่เกิดการล้น

4. เมื่อทำการปิดวาล์วในค่าที่ต่ำจะเกิดปัญหาการผันผวนของอัตราการไหลที่วัดได้จากเครื่องมือวัดอัตราการไหลด้วยแม่เหล็กไฟฟ้า โดยปัญหานี้เกิดเนื่องจากความสามารถของเครื่องมือวัดขนาด 1 นิ้ว สามารถวัดค่าได้อย่างแม่นยำที่อัตราการไหลที่มากกว่า 10.4 ลิตรต่อนาที

##### 5.2.2 แนวทางการแก้ไข

1. จากปัญหาเกี่ยวกับการควบคุมอัตราการไหล เกิดจากการที่มีของเหลวสำรองในระบบน้อยเกินไปโดยเมื่อมีของเหลวอยู่ในถังใส่แสดงระดับในระดับที่เกินกว่า 50 เซนติเมตร โดยจะทำให้ของเหลวในถังเก็บมีระดับต่ำกว่าท่อรับของเหลวเข้าตัวบีม โดยปัญหานี้สามารถแก้ไขได้ด้วยการเพิ่มของเหลวในพลานต์โมเดลโดยจะเติมของเหลวให้สูงจนท่วมท่อระบายของเหลวส่วนเกิน

2. จากปัญหาน้ำซึมที่ฐานของถังใส เกิดจากการที่ยาง O-Ring ที่ติดอยู่ที่ฐานของถังใสเสื่อมสภาพ เนื่องจากการใช้งานมาเป็นเวลานาน โดยเป็นผลมาจากขนาดของยาง O-Ring นั้นไม่สามารถทำได้ โดยปัญหานี้ได้ทำการแก้ไขโดยการทำการยิงยางซิลิโคน (Silicone) แบบหลอดที่ฐานด้านนอกของถังเปิดใส โดยการแก้ไขปัญหานี้สามารถแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้และ ถ้าในอนาคตสามารถหายาง O-Ring ที่พอดีมาใส่ได้ก็สามารถถอดตัวซิลิโคนที่อยู่ด้านนอกถังใสเปิดได้

3. จากปัญหาของเหลวในถังใสเกิดการล้นในกรณีที่อัตราการไหลสูงเกิน 17 ลิตรต่อนาที โดยปัญหานี้มีสามารถแก้ไขได้โดยการปรับปรุงให้รูระบายปกติ และรูระบายของเหลวฉุกเฉินที่มีความสูง 60 เซนติเมตร จากเดิมที่ใช้ท่อต่อร่วมกันเปลี่ยนเป็นท่อแยกกัน เพื่อเพิ่มอัตราการไหลที่ปลานต์โมเดลสามารถรองรับได้ และมีอีกแนวทางที่สามารถทำได้คือ การลดความสามารถของมอเตอร์ทำให้อัตราการไหลที่ออกจากปั๊มมีค่าลดลง

4. จากปัญหาการผันผวนของอัตราการไหลที่วัดได้จากเครื่องมือวัดอัตราการไหลด้วยแม่เหล็กไฟฟ้าทำการแก้ไขโดยการเพิ่มอัตราการไหลขั้นต่ำตามข้อ 3 หรือทำการลดขนาดเครื่องมือวัดอัตราการไหลด้วยแม่เหล็กไฟฟ้า โดยเปลี่ยนไปเลือกเซนเซอร์ขนาด 0.5 นิ้ว ที่สามารถวัดอัตราการไหลในช่วงต่ำได้ดีกว่า

### 5.3 ข้อเสนอแนะ

ในการใช้งานดีซีเอสที่ใช้ในการควบคุมกระบวนการจำเป็นต้องมีความคุ้นเคยในการสร้างกราฟิกและใช้งานดีเอสจึงสามารถลดเวลาในการตรวจสอบการทำงานให้ว่าตรงตามเงื่อนไขการใช้งานที่กำหนดไว้

## เอกสารอ้างอิง

- [1] อีรวัดณ์ เทพมณี. 2563.พื้นฐานทางการวัดและควบคุมสำหรับกระบวนการอัตโนมัติ.กรุงเทพฯ
- [2] ประสิทธิ์ จุลเสวีวงศ์. 2558.พิมพ์ครั้งที่ 4 .ระบบอัตโนมัติในอุตสาหกรรม.กรุงเทพฯ
- [3] “ทรานสมิตเตอร์Rosemount 8732EM” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก  
<https://www.emerson.com/documents/automation/manual-8700m-sensor-8732em-foundation-fieldbus-en-5536530.pdf>
- [4] “เซนเซอร์Rosemount 8705” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก  
<https://www.emerson.com/en-us/catalog/rosemount-8705?fetchFacets=true#facet:&partsFacet:&modelsFacet:&facetLimit:&searchTerm:&partsSearchTerm:&modelsSearchTerm:&productBeginIndex:0&partsBeginIndex:0&modelsBeginIndex:0&orderBy:&partsOrderBy:&modelsOrderBy:&pageView:list&minPrice:&maxPrice:&pageSize:&facetRange:&>
- [5] “หลักการการทำงานของเซนเซอร์วัดอัตราการไหลแบบแม่เหล็กไฟฟ้า” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก  
<https://www.emerson.com/en-us/automation/measurement-instrumentation/flow-measurement/about-magnetic>
- [6] “วาล์วควบคุม Yamatake (Azbil) AGBV” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก  
<https://www.azbil.com/products/factory/download/manual/CM2-AGV200-2001-12.pdf>
- [7] “โพซิชั่นเนอร์ Yamatake (Azbil) AVP” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก  
<https://www.azbil.com/products/factory/download/manual/CM2-AVP300-2001-37.pdf>
- [8] “ทรานสมิตเตอร์ความดันแตกต่าง Yokogawa EJX 110A” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก  
<https://www.yokogawa.com/th/solutions/products-and-services/measurement/field-instruments-products/pressure-transmitters/differential-pressure/ejx110a/>
- [9] “โครงสร้างภายในทรานสมิตเตอร์ความดันแตกต่างที่ใช้แผ่นไดอะแฟรมในการวัด” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก  
<https://instrumentationtools.com/differential-pressure-transmitter-working-principle/>
- [10] “ความดันอุทกสถิต” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก  
<https://control.com/textbook/continuous-level-measurement/hydrostatic-pressure/>

- [11] “หลักการวัดระดับของเหลวแบบถังเปิด” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก <https://automationforum.co/open-closed-level-measurement/>
- [12] “ทรานสมิตเตอร์ความดันเกจ Honeywell STG94L” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก <https://www.nexinstrument.com/stg94l-e1g-00000-demef1a53c>
- [13] “ดีซีเอส Distributed Control System” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก <https://instrumentationtools.com/distributed-control-systems-dcs/>
- [14] “โครงสร้างดีซีเอส” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก <https://instrumentationtools.com/dcs-system-layout/>
- [15] “ฟาวนด์ชันฟิลด์บัส” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก <https://instrumentationtools.com/foundation-fieldbus/>
- [16] “โมเดล OSI กับฟาวนด์ชันฟิลด์บัส” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก <http://utpedia.utp.edu.my/id/eprint/4075/2/dissertation.pdf>
- [17] “เงื่อนไขในการติดตั้งทรานสมิตเตอร์อัตราการไหลแบบแม่เหล็กไฟฟ้า” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก <https://sino-inst.com/installation-instructions-for-electromagnetic-flowmeters/>
- [18] “การไหลแบบปั่นป่วนเมื่อผ่านท่อที่งอทำมุม 90 องศา” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก [https://www.researchgate.net/figure/Turbulence-in-90-degree-pipe-bend\\_fig3\\_318472016](https://www.researchgate.net/figure/Turbulence-in-90-degree-pipe-bend_fig3_318472016)