

การออกแบบระบบตรวจจับการทำงานผิดปกติของพีแอลซีในกระบวนการควบคุมระดับโดยใช้การ
เรียนรู้ของเครื่อง

The Design of a Detection System for Anomalous PLC Actions in Level Process
Control Based on Machine Learning

นาย ชนินทร มาสาย

นาย วรวิทย์ สุขพร

นาย วิศรุต กิตติรัตนานนท์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมระบบเครื่องมือวัด ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องมือวัดและอัตโนมัติ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

The Design of a Detection System for Anomalous PLC Actions in Level Process
Control Based on Machine Learning

MR.CHANINTHON MASAI
MR.WARIT SOOKTORN
MR.WISARUT KITTIRATTANANON

A PROJECT REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE BACHELOR OF ENGINEERING
IN INSTRUMENTATION SYSTEM ENGINEERING
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION AND ELECTRONICS ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S UNIVERSITY OF TECHNOLOGY NORTH BANGKOK



ใบรับรองปริญญาโท

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เรื่อง การออกแบบระบบตรวจจับการทำงานผิดปกติของพีแอลซีในกระบวนการควบคุมระดับโดยใช้
การเรียนรู้ของเครื่อง

โดย นายชินทร มาสาย
นายวริทธิ์ สุขทร
นายวิศรุต กิตติรัตนานนท์

ได้รับอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมระบบเครื่องมือวัด

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.อุดมเกียรติ นนทแก้ว)

คณะกรรมการสอบปริญญาโท

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิทยา กุดแถลง)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทักษิณ แสงสุวรรณ)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สาธิต มังคลาจารย์)



Project Report Certificate

Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology North Bangkok

Title The Design of a Detection System for Anomalous PLC Actions in Level Process Control Based on Machine Learning

By Mr.Chaninthon Masai
Mr.Warit Sooktorn
Mr.Wisarut Kittirattananon

Accepted by the Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology North Bangkok in Partial Fulfillment of the Requirements for the Bachelor of Engineering in Instrumentation System Engineering.

.....Dean of Faculty of Engineering
(Associate Professor Dr.Udomkiat Nontakaew)

Project Report Committee

.....Chairperson
(Assistant Professor Dr.Wittaya Koodtalang)

.....Member
(Assistant Professor Dr.Thaksin Sangsuwan)

.....Member
(Assistant Professor Dr. Satit Mangkalajan)

ชื่อ : นายชินทร มาสาย
 : นายวริทธิ์ สุขทร
 : นายวิศรุต กิตติรัตนานนท์
 ชื่อปริญญาบัตร : การออกแบบระบบตรวจจับการทำงานผิดปกติของพีแอลซีใน
 กระบวนการควบคุมระดับโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง
 สาขาวิชา : วิศวกรรมระบบเครื่องมือวัด
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
 ที่ปรึกษาปริญญาบัตร : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิทยา กุดแถลง
 : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สาธิต มังคลาจารย์
 : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทักษิณ แสงสุวรรณ
 ปีการศึกษา : 2567

บทคัดย่อ

โครงการนี้นำเสนอการออกแบบระบบตรวจจับการทำงานผิดปกติของพีแอลซีในกระบวนการควบคุมระดับโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง ซึ่งมีเป้าหมายเพื่อใช้โมเดลปัญญาประดิษฐ์ตรวจจับการทำงานผิดปกติของพีแอลซีในการควบคุมระดับของเหลว และเพื่อลดแรงงานมนุษย์ที่มาควบคุมและเพิ่มประสิทธิภาพความแม่นยำในการควบคุม ในโครงการนี้ออกแบบระบบตรวจจับการทำงานผิดปกติของพีแอลซีในกระบวนการควบคุมระดับโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่องสร้างขึ้นจากโปรแกรม Tia portal เพื่อจัดสรรสัญญาณไฟฟ้าสำหรับเซ็นเซอร์และปั๊มน้ำ และมีการใช้ PLC SIEMENS S7-1200 เพื่อควบคุมกระบวนการควบคุมระดับโดยใช้การควบคุมแบบ PID นอกจากนี้พารามิเตอร์ทั้งหมดของกระบวนการควบคุมระดับสามารถสังเกตการณ์ได้ผ่านทาง HMI และใช้ Machine learning เข้ามาทำการตรวจจับความผิดปกติของ PLC

(ปริญญานิพนธ์มีจำนวนทั้งสิ้น.....หน้า)

คำสำคัญ : พีแอลซี, แมชชีนเลิร์นนิง

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์หลัก

Name : Mr.Chanintorn Masai
 : Mr.Warit Sooktorn
 : Mr.Wisarut Kittirattananon
 Project Title : The Design of a Detection System for Anomalous PLC
 Actions in Level Process Control Based on Machine Learning
 Major Field : Instrumentation System Engineering
 King Mongkut's University of Technology North Bangkok
 Project Advisor(s) : Assistant Professor Dr. Wittaya Koodtalang
 : Assistant Professor Dr.Thaksin Sangsuwan
 : Assistant Professor Dr. Satit Mangkalajan
 Academic Year : 2024

Abstract

This project presents the design of a PLC malfunction detection system in the level control process using machine learning. The goal is to use an artificial intelligence model to detect the malfunction of the PLC in the liquid level control process and to reduce the human labor involved in the control and increase the control accuracy. In this project, the design of a PLC malfunction detection system in the level control process using machine learning is created from the Tia portal program to allocate electrical signals for sensors and water pumps. And the SIEMENS S7-1200 PLC is used to control the level control process using PID control. In addition, all parameters of the level control process can be observed via the HMI and Machine learning is used to detect PLC errors.

(Total.....pages)

Keywords : PLC, Machine learning

Advisor

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ เรื่อง การออกแบบระบบตรวจจับการทำงานผิดปกติของพีแอลซีในกระบวนการควบคุมระดับโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิทยา กุดแถลง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทักษิณ แสงสุวรรณ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สาธิต มังคลาจารย์ ที่ได้รับคำแนะนำต่างๆ และตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆด้วยความเอาใจใส่อย่างดียิ่ง คณะผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาที่ให้ความช่วยเหลือตลอดมา และขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องมือวัดและอัตโนมัติ ที่ได้ให้ความรู้ในสาขาวิชาต่างๆ ที่นำมาปรับใช้ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ในการดำเนินการโครงการจึงขอกราบขอบคุณเป็นอย่างสูง

ในท้ายที่สุดนี้ทางคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณไปยังผู้ให้การสนับสนุนท่านอื่นๆ ที่ได้ให้การสนับสนุน โครงการด้วยความเมตตาทางคณะผู้จัดทำซาบซึ้งในความกรุณาอย่างสูง หากในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ตรวจ พบข้อผิดพลาดประการใดทางคณะผู้จัดทำโครงการต้องขออภัย และน้อมรับข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นได้ ณ ที่นี้ด้วย

ชนินทร มาสาย

วรวิทย์ สุขพร

วิศรุต กิตติรัตนานนท์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญภาพ	จ
สารบัญตาราง	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบเขตโครงการ	1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.1.1 Automation Pyramid	4
2.1.2 กระบวนการควบคุมระดับของเหลวแบบ 4 ถัง	6
2.1.3 การใช้ PLC ในการควบคุมกระบวนการ	14
2.1.4 Human Machine Interface (HMI)	16
2.1.5 Feedforward Neural Network (FNN)	16
2.1.6 k-Nearest Neighbors (KNN)	17
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	18
2.2.1 Parkinson's Disease Diagnosis Using Machine Learning	18
2.2.2 DIABETES CLASSIFICATION USING MACHINE LEARNING TECHNIQUES	19
2.2.3 A STUDY OF OPTIMAL VALUES WITH PID CONTROLLER USING RESPONSE SURFACE METHOD	20
2.2.4 Temperature Controller with PID Controller	21
2.2.5 CONTROL OF LIQUID LEVELS IN FOUR-TANK SIMULATION PROCESS	22
2.3 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และโครงการที่นำเสนอ	23

บทที่ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

ในงานอุตสาหกรรมเกือบทุกประเภท จะมีงานวัดระดับแทรกอยู่เสมอ เช่น การวัดระดับน้ำมัน น้ำในถังพัก การวัดระดับน้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์ โดยอาศัยวิธีการวัดโดยตรง ที่ใช้ลูกลอย หรือ ดิฟสติค ซึ่งเป็นวิธีการวัดแบบง่าย ๆ แต่ถ้าเป็นการวัดระดับในภาชนะที่มีความดันสูง อุณหภูมิสูง เป็น สารเคมี หรือการวัดที่ต้องการสัญญาณระดับเพื่อไปใช้ในงานอย่างอื่น เช่น เพื่อการควบคุม บันทึกราคา จะใช้การวัดโดยตรงไม่ได้ และหากใช้มนุษย์เข้ามาตรวจวัดโดยตรงจะได้รับความแม่นยำน้อยในการ ตรวจสอบการทำงานที่ผิดพลาดที่มีความซับซ้อนและยากที่จะให้มนุษย์คอยกำกับดูแล

การใช้พีแอลซีเข้ามาช่วยในงานอุตสาหกรรมส่งผลให้อุปกรณ์มีความน่าเชื่อถือสูงและมีอายุการใช้งานยาวนาน อีกทั้งมีความสามารถด้านการคำนวณจึงใช้งานกับงานที่มีความซับซ้อน มีความ ยืดหยุ่นสูงสามารถเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขการทำงานได้อย่างง่าย สามารถเชื่อมต่อเข้ากับอุปกรณ์อินพุต และเอาต์พุตได้หลากหลาย และส่งข้อมูลร่วมกับปัญญาประดิษฐ์ที่สามารถเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ และ พัฒนาการทำงานให้ดีขึ้นได้ด้วยตัวเองจากข้อมูลและสภาพแวดล้อมที่ได้รับจากการเรียนรู้ของระบบ เพื่อพัฒนาสู่การตรวจกับการทำงานที่ผิดพลาดของพีแอลซีโดยไม่ต้องมีมนุษย์คอยกำกับ สามารถลด เวลาการทำงานในการวิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ และลดต้นทุนแรงงาน

จากที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้คณะผู้จัดทำนั้น ได้เล็งเห็นถึงประโยชน์ของการใช้ พีแอลซีควบคุม ปริมาณของเหลวที่มีความแม่นยำในการควบคุมได้ตามความต้องการของผู้ใช้และการนำ ปัญญาประดิษฐ์มาประยุกต์ใช้เพื่อตรวจสอบการทำงานที่ผิดปกติของพีแอลซีและแจ้งเตือน โดยการ ทำชุดทดลองอุปกรณ์นี้ขึ้นมาเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการเรียนการสอน เพื่อให้สะดวกต่อการ เรียนและสามารถใช้งานได้ เพื่อให้เห็นหลักการทำงานของตัวอุปกรณ์ชุดทดลองและสามารถนำ ความรู้จากชุดทดลองไปใช้ในงานอื่น ๆ ได้ เพราะในปัจจุบันการใช้พีแอลซีในงานอุตสาหกรรมสามารถ พบเห็นได้ทั่วไป เนื่องจากความก้าวหน้าของเทคโนโลยีที่ได้พัฒนาการควบคุมออกมาหลากหลาย รูปแบบ จึงสร้างชุดทดลองควบคุมปริมาณของเหลวโดยใช้พีแอลซีเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของ ผู้ใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อตรวจสอบการทำงานที่ผิดปกติของพีแอลซีในการควบคุมระดับของเหลว
2. เลือกใช้โมเดลปัญญาประดิษฐ์ตรวจสอบการทำงานที่ผิดปกติของพีแอลซี
3. เพื่อใช้การเรียนรู้ของปัญญาประดิษฐ์ตรวจจับการทำงานที่ผิดพลาดของพีแอลซี
4. เพื่อลดแรงงานมนุษย์ที่มาควบคุมและเพิ่มประสิทธิภาพความแม่นยำในการควบคุม

1.3 ขอบเขตของโครงการ

1. สร้างชุดทดลองควบคุมระดับของเหลว
2. เลือกใช้โมเดลปัญญาประดิษฐ์ตรวจสอบการทำงานที่ผิดปกติของพีแอลซี
3. ใช้พีแอลซีในการควบคุมกระบวนการของชุดทดลอง
4. ทดสอบประสิทธิภาพการควบคุมกระบวนการที่จัดทำขึ้น เพื่อยืนยันประสิทธิภาพ
5. ทดสอบประสิทธิภาพการควบคุมระดับของเหลวโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ตรวจจับการทำงานที่ผิดพลาด

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ

1. ได้ชุดควบคุมปริมาณของเหลว โดยใช้พีแอลซีควบคุมเซ็นเซอร์ ป้อนน้ำ และแจ้งเตือนเมื่อพีแอลซีทำงานผิดปกติ
2. มีชุดฝึกสอนในการควบคุมปริมาณของเหลว โดยใช้พีแอลซีควบคุมเซ็นเซอร์ ป้อนน้ำ และแจ้งเตือนเมื่อพีแอลซีทำงานผิดปกติ
3. สามารถนำชุดทดลองไปประยุกต์ใช้ในงานอุตสาหกรรม
4. สามารถเป็นแนวทางในการศึกษาต่อยอดทฤษฎีพีแอลซีและปัญญาประดิษฐ์

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงงานวิจัยหรือสิ่งประดิษฐ์ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบระบบตรวจจับการทำงานผิดปกติของพีแอลซีในกระบวนการควบคุมระดับโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 Automation Pyramid

2.1.2 กระบวนการควบคุมระดับของเหลวแบบ 4 ถัง

2.1.3 การใช้ PLC ในการควบคุมกระบวนการ

2.1.4 Human Machine Interface (HMI)

2.1.5 Feedforward Neural Network (FNN)

2.1.6 k-Nearest Neighbors (KNN)

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 Parkinson's Disease Diagnosis Using Machine Learning

2.2.2 DIABETES CLASSIFICATION USING MACHINE LEARNING
TECHNIQUES

2.2.3 A STUDY OF OPTIMAL VALUES WITH PID CONTROLLER USING
RESPONSE SURFACE METHOD

2.2.4 Temperature Controller with PID Controller

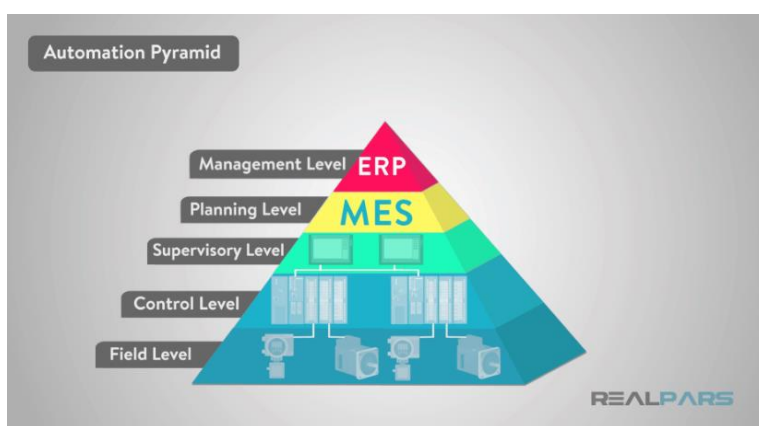
2.2.5 CONTROL OF LIQUID LEVELS IN FOUR-TANK SIMULATION
PROCESS

2.3 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และโครงงานที่นำเสนอ

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 Automation Pyramid

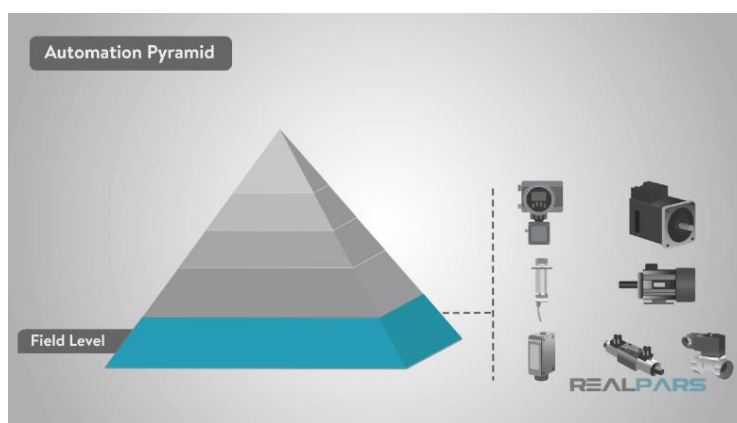
Automation Pyramid คือ แนวคิดที่ใช้ในการแสดงโครงสร้างของระบบอัตโนมัติหรือการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในอุตสาหกรรมหรือการควบคุมกระบวนการต่าง ๆ ในองค์กร โดยประกอบด้วยชั้นหลัก ๆ ที่แบ่งออกเป็นส่วยย่อย ๆ ซึ่งมีระดับความสำคัญและความซับซ้อนที่แตกต่างกัน แนวคิดนี้ช่วยให้ผู้ออกแบบระบบอัตโนมัติสามารถวางแผนและสร้างระบบที่มีประสิทธิภาพและการทำงานที่เป็นระบบได้ง่ายขึ้น จะใช้แค่ 3 ส่วน ดังภาพที่ 2-1



ภาพที่ 2-1 พีระมิดอัตโนมัติในอุตสาหกรรม (Industrial automation pyramid)

2.1.1.1 ระดับ 0 : Field (ภาคสนาม)

เป็นระดับชั้นของอุปกรณ์ระดับ Field จำพวก เครื่องวัด เซนเซอร์ อุปกรณ์ส่งสัญญาณ กระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรม และวาล์วควบคุม ดังภาพที่ 2-2

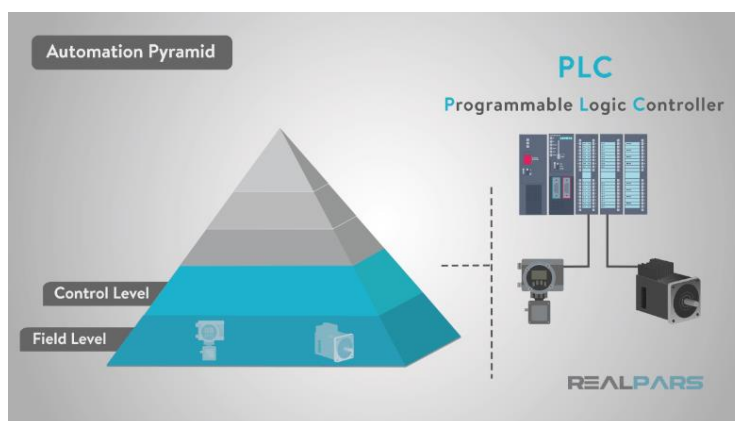


ภาพที่ 2-2 ระดับ 1 : Field

2.1.1.2 ระดับ 1 : Control (การควบคุม)

เป็นระดับขั้นของการประมวลผลข้อมูลต่าง ๆ เพื่อควบคุมแต่ละอุปกรณ์ โดย การประมวลผลจะเกี่ยวกับ การวัด การควบคุม การสั่งการ ซึ่งขั้นควบคุมจะช่วยให้สามารถควบคุม ตัวแปรทั้งหมด ทำหน้าที่เป็นสมองของกระบวนการ โดยปกติจะประกอบไปด้วยตัวควบคุมโปรแกรม (PLC: Programmable Logic Controller) หรือ ระบบควบคุมแบบกระจายส่วน (DCS: Distributed Control System) ซึ่งถ้าต้องการควบคุมกระบวนการด้วยตัวควบคุมหนึ่งหรือสองเครื่องสามารถ ควบคุมได้โดยใช้ PLC แต่หากการดำเนินการที่ใหญ่กว่านั้นจะต้องใช้ระบบ DCS ในการควบคุม

โดยที่การควบคุมกระบวนการและวิเคราะห์ปัจจัยการผลิตจากเครื่องมือวัด ถ้า Input ไม่ตรงกับจุดที่ตั้งไว้ตัวควบคุมจะส่ง Output ไปยังตัวกระตุ้นเพื่อเปลี่ยนค่ากระบวนการจนกว่าจะถึงจุด ตั้ง อีกครั้ง ดังภาพที่ 2-3



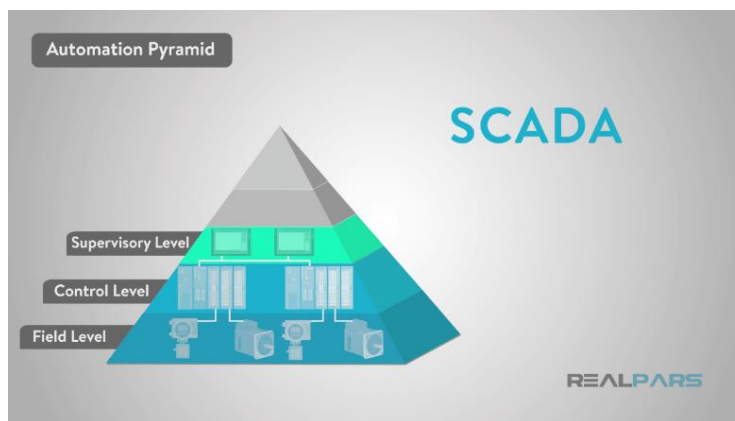
ภาพที่ 2-3 ระดับ 2 : Control

2.1.1.3 ระดับ 2 : Supervisory (การกำกับดูแล)

ในระดับขั้นนี้เป็นส่วนที่ใช้ในการประมวลผลเพื่อควบคุมแต่ละหน่วยย่อย โดยแต่ละ หน่วยย่อยจะเป็นการรวมอุปกรณ์ควบคุมหลายรูปแบบเข้าด้วยกัน

- การประสานงาน (Coordination) ระหว่างอุปกรณ์ควบคุมต่างๆภายในหน่วยย่อย
- การปรับค่า (Adjustment) ของเป้าหมายและค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง
- การสั่งการภายในหน่วยย่อย

ระดับนี้มีระบบการควบคุมดูแลและการได้รับข้อมูล (SCADA) สวมติดต่อผู้ใช้เครื่อง (HMI: Human-Machine Interface) ยังอยู่ในขั้นนี้และผู้ประกอบการตรวจสอบข้อมูลกระบวนการผ่าน ทางสวมติดต่อผู้ใช้และเก็บไว้ในฐานข้อมูล โดยการดำเนินงานของโปรแกรมซอฟต์แวร์ที่เก็บประวัติ ของข้อมูลกระบวนการในระยะเวลาหนึ่ง ๆ ด้วยข้อมูลที่ผ่านมานี้ ทำให้สามารถศึกษารูปแบบ และ แก้ปัญหาได้หากมีค่า Error ในกระบวนการได้ ภาพที่ 2-4



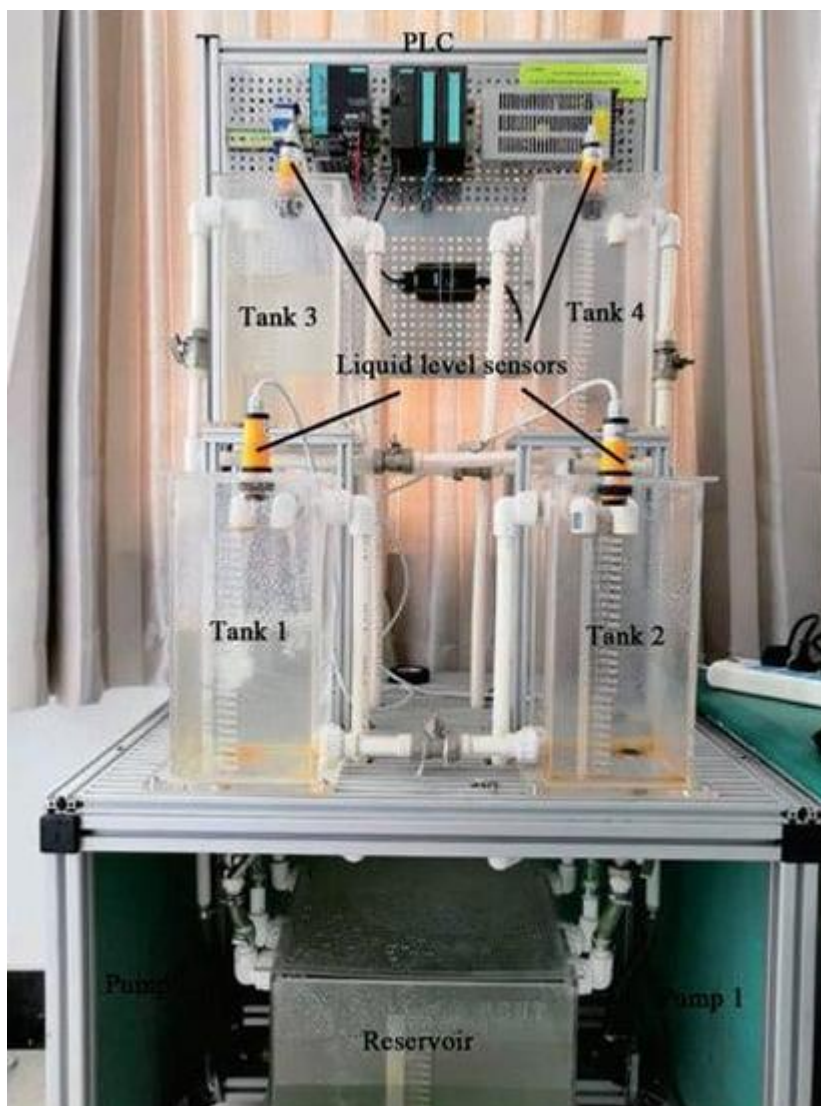
ภาพที่ 2-4 ระดับ 3 : Supervisory

2.1.2 กระบวนการควบคุมระดับของเหลวแบบ 4 ถัง

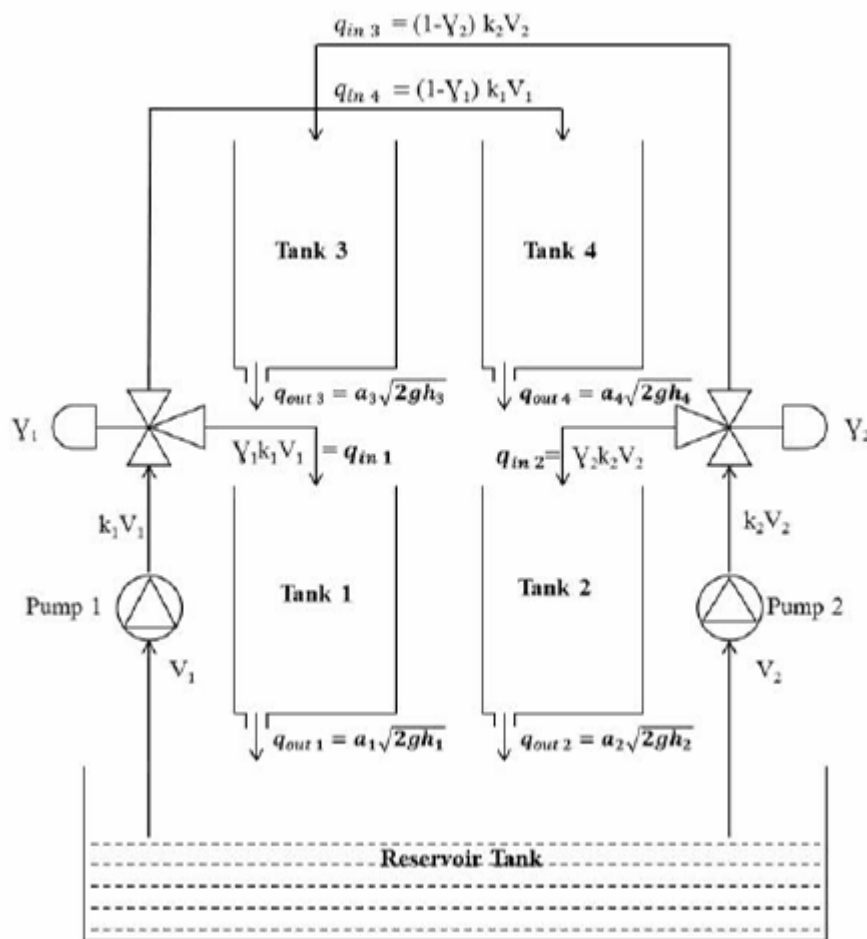
2.1.2.1 กระบวนการควบคุมระดับของเหลวแบบ 4 ถัง หรือ Four-Tank Process

เป็นกระบวนการทางวิศวกรรมที่ใช้เพื่อควบคุมระดับน้ำในถัง โดยมักนำมาใช้ในการศึกษาและประยุกต์ในการสอนการควบคุมระบบของระบบควบคุมอัตโนมัติ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญใน วิชาวิศวกรรมควบคุม กระบวนการนี้มีทั้งแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และการทดลองจริง เพื่อให้ผู้เรียน เข้าใจและศึกษาการทำงานของระบบควบคุมอัตโนมัติได้ดียิ่งขึ้น กระบวนการควบคุมระดับของเหลวแบบ 4 ถัง ประกอบด้วยถัง 4 ถังที่มีระดับน้ำ และมีการส่งผ่านทางของน้ำระหว่างถัง โดยใช้เวลาหรือ Pump เพื่อควบคุมการไหลของน้ำในแต่ละถังตามที่ต้องการคือการควบคุมให้ระดับน้ำในแต่ละถังเข้าใกล้ระดับที่ ต้องการ และรักษาความสมดุลของระบบน้ำในถัง 4 ถังเหล่านี กระบวนการนี้ช่วยในการศึกษาและเรียนรู้ เกี่ยวกับหลักการทำงานของระบบควบคุมอัตโนมัติ เช่น การใช้คอนโทรลเลอร์ (Controller) เพื่อปรับปรุง และควบคุมการระดับน้ำ โดยใช้ข้อมูลต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นระดับน้ำปัจจุบัน และค่าเป้าหมายของระดับน้ำ ที่ ส่งมาจากเซนเซอร์ (Sensor) เป็นต้น การศึกษากระบวนการควบคุมแบบ 4 ถัง เป็นที่นิยมในการสอนการควบคุมและความรู้ด้านวิศวกรรมควบคุม และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการควบคุมระบบต่าง ๆ ที่มีการควบคุมระดับของสิ่งต่าง ๆ เช่น การควบคุมระบบน้ำ การควบคุมอุณหภูมิ เป็นต้น

ตัวอย่างกระบวนการควบคุมระดับของเหลวแบบ 4 ถังจากภาพที่ 2-5 และ 2-6 อุปกรณ์การทดลอง และแผนภาพแสดงแทนสำหรับระบบระดับของเหลว 4 ถัง ระบบนี้ประกอบด้วยถัง 4 ถังที่สัมพันธ์กัน เช่น เซอร์วอเตอร์ระดับ 4 ตัวซึ่งอยู่ที่ด้านบนของแต่ละถัง Pump 2 ตัว และในอุปกรณ์ทดลองนี้มี Pump ถัง 1,4 และ Pump 2 ป้อนถัง 2,3 การไหลออกของถัง 3 กลายเป็นการป้อนเข้าบางส่วน ของถัง 1 การไหล ออกของ ถัง 4 เปลี่ยนเป็น Input บางส่วนของ ถัง 2 ดังภาพที่ 2-5



ภาพที่ 2-5 รูปการทดลองจริงกระบวนการควบคุมระดับของเหลวแบบ 4 ถัง



ภาพที่ 2-6 แผนผังของโครงสร้างถังสี่เทา

จากภาพที่ 2-6 กระบวนการควบคุมระดับของเหลวแบบ 4 ถัง จะต้องใช้สมการทางคณิตศาสตร์เข้าด้วย โดยที่ได้ตั้งสมการตาม q_{in} ขึ้นอยู่กับแรงดันไฟฟ้า Input ที่จ่ายให้กับ Pump และ q_{out} ขึ้นอยู่กับความแรงเนื่องจากแรงโน้มถ่วงและหัวของน้ำในถัง q_{out} สามารถกำหนดได้โดยการ ใช้สมการของ Bernoulli และอัตราการไหลของของเหลว ดังนั้น

$$q_{in1} = k_1 V_1 Y_1 \quad (2-1)$$

$$q_{in2} = k_2 V_1 Y_1 \quad (2-2)$$

$$q_{in3} = k_2 V_2 (1 - Y_2) \quad (2-3)$$

$$q_{in4} = k_1 V_1 (1 - Y_1) \quad (2-4)$$

เมื่อ k_1 คือ ค่าคงที่ของ Pump 1

k_2 คือ ค่าคงที่ของ Pump 2

V_1 คือ เป็นความเร็วของการไหลของน้ำผ่าน Pump 1

V_2 คือ เป็นความเร็วของการไหลของน้ำผ่าน Pump 2

q_{in} คือ อัตราการไหลเข้า

q_{out} คือ อัตราการไหลออก

Y_1 คือ สัดส่วนของความเร็วการไหลของวาล์ว 1

Y_2 คือ สัดส่วนของความเร็วการไหลของวาล์ว 2

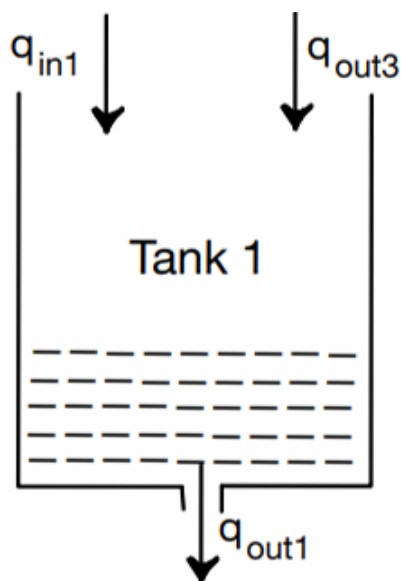
$$q_{out} = a_i \sqrt{2gh_i} \quad (2-5)$$

เมื่อ a_i คือ พื้นที่หน้าตัดของท่อทางออก

g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง

h_i คือ แสดงระดับน้ำในแต่ละถัง

2.1.2.2 สมการทางคณิตศาสตร์ ถังที่ 1



ภาพที่ 2-7 สมการสมดุลมวลสำหรับถังที่ 1

จากภาพที่ 2-7 ใช้กฎการอนุรักษ์มวล, [อัตราการสะสม] = [อัตราการไหลเข้า] - [อัตราการไหลออก]

$$A_1 = \frac{dh_1}{dt} = q_{in1} + q_{out3} - q_{out1} = Y_1 k_1 V_1 + a_3 \sqrt{2gh_3} - a_1 \sqrt{2gh_1} \quad (2-$$

6)

เมื่อ A_1 คือ แสดงถึงพื้นที่หน้าตัดของถังที่ 1

dh_1 คือ การเปลี่ยนแปลงในระดับน้ำในถังที่ 1 ตามเวลา

dt คือ ความเปลี่ยนแปลงของตัวแปร

q_{in1} คือ อัตราการไหลเข้าของถัง 1

q_{out1} คือ อัตราการไหลออกจากถัง 1

q_{out3} คือ ไหลออกจากถัง

Y_1 คือ สัดส่วนของความเร็วการไหลของวาลว 1

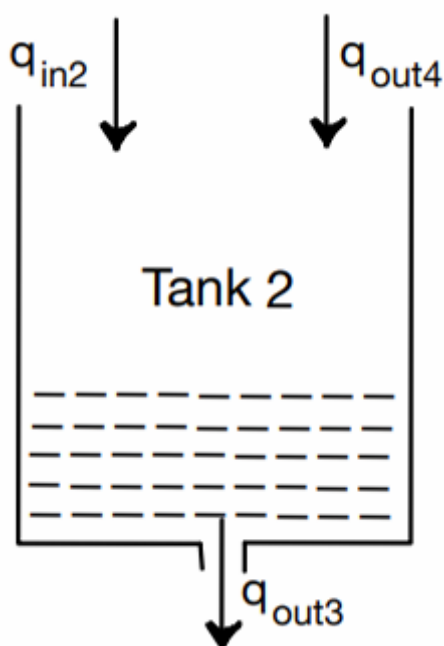
k_1 คือ ค่าคงที่ของ Pump 1

V_1 คือ เป็นความเร็วของการไหลของน้ำผ่าน Pump 1

a_3 คือ พื้นที่หน้าตัดของท่อทางออกของถัง 3

a_1 คือ พื้นที่หน้าตัดของท่อทางออกของถัง 1

2.1.2.3 สมการทางคณิตศาสตร์ ถังที่ 2



ภาพที่ 2-8 สมการสมดุลมวลสำหรับถังที่ 2

จากภาพที่ 2-8 ใช้กฎการอนุรักษ์มวล, [อัตราการสะสม] = [อัตราการไหลเข้า] - [อัตราการไหลออก]

$$A_2 = \frac{dh_2}{dt} = q_{in2} + q_{out4} - q_{out2} = Y_2 k_2 V_2 + a_4 \sqrt{2gh_4} - a_2 \sqrt{2gh_2}$$

(2-7)

เมื่อ A_2 คือ แสดงถึงพื้นที่หน้าตัดของถังที่ 2

dh_2 คือ การเปลี่ยนแปลงในระดับน้ำในถังที่ 2 ตามเวลา

q_{in2} คือ อัตราการไหลเข้าของถังที่ 2

q_{out4} คือ อัตราการไหลออกของถังที่ 4

q_{out2} คือ อัตราการไหลออกของถังที่ 2

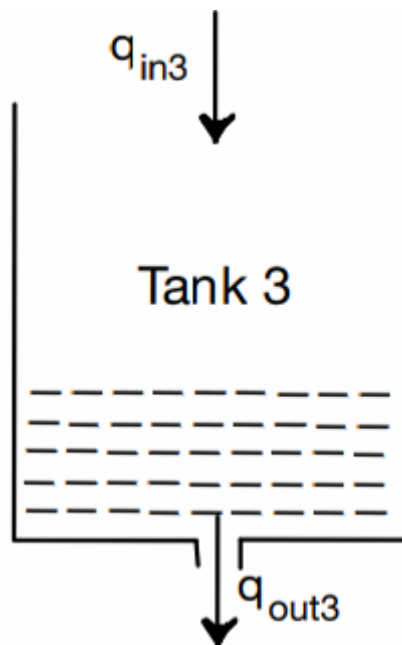
Y_2 คือ สัดส่วนของความเร็วการไหลของวาล์ว 2

k_2 คือ ค่าคงที่ของ Pump 2

V_2 คือ ความเร็วของการไหลของน้ำผ่าน Pump 2

a_4 คือ พื้นที่หน้าตัดของท่อน้ำออกของถัง 4

2.1.2.4 สมการทางคณิตศาสตร์ ถังที่ 3



ภาพที่ 2-9 สมการสมดุลมวลสำหรับถังที่ 3

จากภาพที่ 2-9 ใช้กฎการอนุรักษ์มวล, [อัตราการสะสม] = [อัตราการไหลเข้า] - [อัตราการไหลออก]

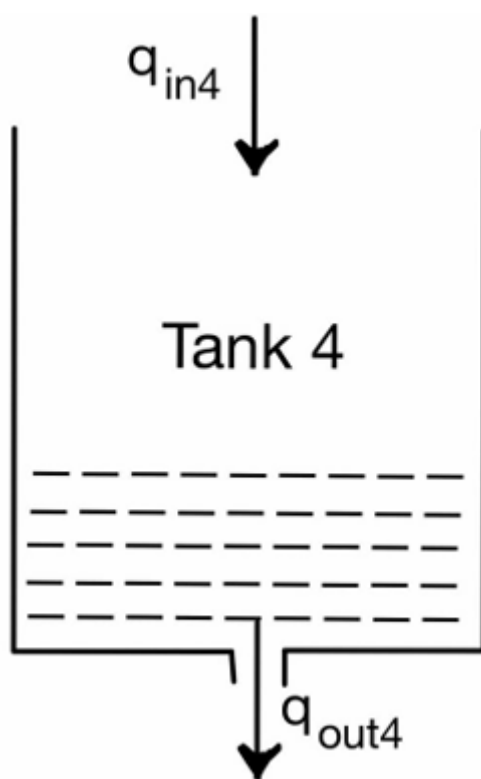
$$A_3 = \frac{dh_3}{dt} = q_{in3} + q_{out3} = (1 - Y_2)k_2 v_2 - a_3 \sqrt{2gh_3} \quad (2-8)$$

เมื่อ A_3 คือ พื้นที่หน้าตัดของถังที่ 3

dh_3 คือ การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำของถังที่ 3

q_{in3} คือ อัตราการไหลเข้าของถังที่ 3

2.1.2.5 สมการทางคณิตศาสตร์ ถังที่ 4



ภาพที่ 2-10 สมการสมดุลมวลสำหรับถังที่ 4

จากภาพที่ 2-10 โดยใช้กฎการอนุรักษ์มวล, [อัตราการสะสม] = [อัตราการไหลเข้า] - [อัตราการไหลออก]

$$A_4 = \frac{dh_4}{dt} = q_{in4} - q_{out4} = (1 - Y_1)k_1 v_1 - a_4 \sqrt{2gh_4} \quad (2-9)$$

เมื่อ A_4 คือ แสดงถึงพื้นที่หน้าตัดของถังที่ 4

dh_4 คือ การเปลี่ยนแปลงในระบับน้ำในถังที่ 4 ตามเวลา

qin₄ คือ อัตราการไหลเข้าของถังที่ 4
สมการสุดท้าย

$$\frac{dh_1}{dt} = \frac{Y_1 k_1 V_1}{A_1} + \frac{a_3 \sqrt{2gh_3}}{A_1} - \frac{a_1 \sqrt{2gh_1}}{A_1} \quad (2-10)$$

$$\frac{dh_2}{dt} = \frac{Y_2 k_2 V_2}{A_2} + \frac{a_4 \sqrt{2gh_4}}{A_2} - \frac{a_2 \sqrt{2gh_2}}{A_2} \quad (2-11)$$

$$\frac{dh_3}{dt} = \frac{(1-Y_2)k_2 v_2}{A_3} - \frac{a_3 \sqrt{2gh_3}}{A_3} \quad (2-11)$$

$$\frac{dh_4}{dt} = \frac{(1-Y_1)k_1 v_1}{A_4} - \frac{a_4 \sqrt{2gh_4}}{A_4} \quad (2-11)$$

การควบคุมระดับน้ำในถัง 4 ถังเป็นแนวทางที่สำคัญในอุตสาหกรรม อาทิ เช่น อุตสาหกรรมเครื่องดื่ม อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับน้ำ หรือระบบการจ่ายน้ำ เป็นต้น ซึ่งสามารถปรับใช้ในหลายๆ รูปแบบและใช้งานที่หลากหลาย เช่น โรงงานผสมสารเคมี เป็นต้น การควบคุมระดับน้ำในถังเป็นส่วนสำคัญในการผสมสารเคมีที่ต้องการสังเคราะห์ในโรงงานผลิตเคมี เพื่อปรับสมดุลและควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์

การควบคุมระดับน้ำในถังเป็นสิ่งสำคัญในหลายอุตสาหกรรมและสามารถปรับใช้ในหลากหลายการใช้งาน เพื่อควบคุมและคำนวณการไหลของน้ำในระบบอย่างมีประสิทธิภาพและถูกต้อง

2.1.3 การใช้ PLC ในการควบคุมกระบวนการ

หลักการควบคุมระดับน้ำแบบ 4 ถัง ด้วย PLC (Programmable Logic Controller) เป็นกระบวนการที่ใช้ระบบคอมพิวเตอร์ที่เข้ารหัสและประมวลผลคำสั่งเพื่อควบคุมการทำงานของเครื่องจักรหรือระบบต่าง ๆ ในกรณีนี้คือการควบคุมระดับน้ำแบบ 4 ถัง โดยใช้ PLC เป็นตัวควบคุมโปรแกรมใน PLC จะถูกเขียนขึ้นมาเพื่อประมวลผลข้อมูลและตัดสินใจในการควบคุมระดับน้ำในแต่ละถังตามที่กำหนดไว้ในโปรแกรม ในถังจะติดตั้งเซ็นเซอร์หรือเซนเซอร์ตรวจวัดระดับน้ำ การตรวจวัดน้ำจะได้รับข้อมูลและส่งข้อมูลกลับมายัง PLC เพื่อใช้ในการประมวลผล PLC จะรับข้อมูลระดับน้ำจากเซนเซอร์และนำเข้าสู่โปรแกรมที่เขียนไว้ใน PLC ซึ่งเป็นโปรแกรมควบคุมและตรวจสอบเงื่อนไขการทำงาน เช่น หาระดับน้ำสูงเกินกว่าที่กำหนดหรือต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด โปรแกรมใน PLC จะทำการตรวจสอบข้อมูลระดับน้ำและเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดในการควบคุมระดับน้ำ เช่น ถ้าระดับน้ำต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด PLC จะเปิดวาล์วหรือเปิด Pump เพื่อเติมน้ำเข้าสู่ถัง เมื่อ PLC ตัดสินใจในการควบคุมระดับน้ำ จะสั่งให้วาล์วหรือ Pump ทำงานตามที่กำหนด การควบคุมนี้สามารถทำได้ผ่านสัญญาณควบคุมทางดิจิทัลหรืออนาล็อก (Analog) ขึ้นกับชนิดของอุปกรณ์ที่ใช้ PLC จะทำงานอย่างต่อเนื่องเพื่อตรวจสอบและปรับระดับน้ำในถังให้เป็นที่ไปตามเกณฑ์ที่กำหนดโดยตรวจวัดและปรับระดับน้ำเป็นรอบๆ ตามที่กำหนดไว้ในโปรแกรม PLC สามารถทำการบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับการควบคุมระดับน้ำ และสามารถส่งข้อมูลรายงานออกมาเพื่อให้ข้อมูลเกี่ยวกับสถานการณ์ทำงาน

2.1.3.1 PLC รุ่น S7-1200 CPU1214C DC/DC/DC

PLC (Programmable Logic Controller) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมเครื่องจักรและกระบวนการผลิตต่าง ๆ โดยมีลักษณะการทำงานเป็นแบบลอจิกหรือแบบซีเควนซ์ มันทำงานร่วมกับเซ็นเซอร์เพื่อตรวจจับและส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์ควบคุมการทำงาน ตัว PLC ประมวลผลคำสั่งที่ไหลตกลงไปและส่งสัญญาณเอาต์พุตเพื่อควบคุมเครื่องจักร เช่น มอเตอร์ วาล์วลม ไฟสองสว่าง และสัญญาณเตือน และขนาดของ PLC จะขึ้นอยู่กับความจุของหน่วยความจำโปรแกรมและจำนวนของ Input และเอาต์พุตที่สามารถรองรับได้สูงสุด

Specification PLC รุ่น S7-1200 CPU1212C DC/DC/DC

- มีตัวจ่ายไฟรวมที่รองรับทั้ง DC (24 V DC)
- มีการจ่ายกระแสเซ็นเซอร์/โหลดแบบ 24 V ภายในตัว, รองรับกระแสเอาต์พุตสูงสุด 300 mA สำหรับเซ็นเซอร์และเอ็นโคเดอร์, สามารถใช้เป็นจ่ายพลังงานได้เช่นกัน
- มีเอาต์พุตดิจิทัลทั้งหมด 10 ช่อง, ทั้ง 24 V DC หรือ relay
- มีข้อมูลแอนะล็อกเข้าสู่ระบบ 2 ช่อง (0-10 V)
- มีเอาต์พุตพัลส์ (PTO) ที่ความถี่สูงสุด 100 kHz
- มีเอาต์พุตพัลส์แบบ PWM ที่ความถี่สูงสุด 100 kHz



ภาพที่ 2-11 PLC Siemens

2.1.4 Human Machine Interface (HMI)

Human Machine Interface (HMI) เป็นอุปกรณ์แสดงผลที่ช่วยให้ผู้ใช้สามารถโต้ตอบกับระบบ และแลกเปลี่ยนข้อมูลกับเครื่องจักร อุปกรณ์ หรือ ระบบอัตโนมัติได้ มีการใช้กัน อย่างแพร่หลายในหลายอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น รถยนต์ ความบันเทิง อิเล็กทรอนิกส์ อุปกรณ์ การแพทย์ การธนาคาร และอุตสาหกรรมการผลิต ในการใช้งานทางอุตสาหกรรม หน้าที่หลักของ HMI คือการแลกเปลี่ยนข้อมูลแบบเรียลไทม์ระหว่างมนุษย์และอุปกรณ์การผลิตผ่านตัว PLC , อุปกรณ์ปรับค่าความถี่ (VFD) และมอเตอร์ต่าง ๆ หน้าจอ HMI สามารถแสดงข้อมูลปัจจุบัน แสดงผล ย้อนกลับได้ นอกจากนี้ยังดำเนินการรับคำสั่งการทำงานผ่านอุปกรณ์ Input เช่น หน้าจอสัมผัส แป้นพิมพ์ หรือเมาส์ เป็นต้น ดังภาพที่ 2-12



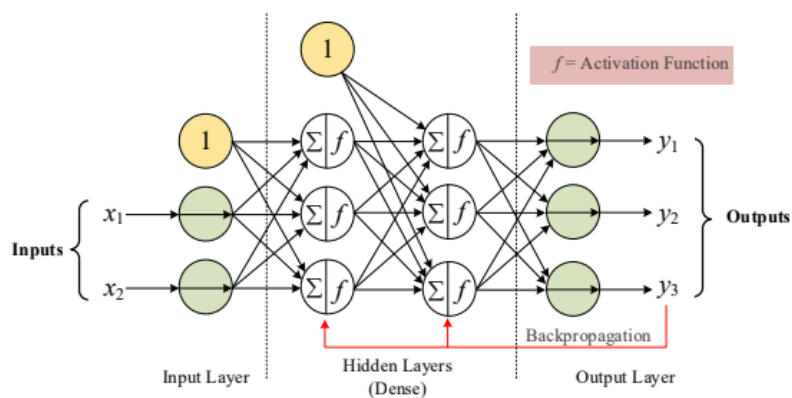
ภาพที่ 2-12 Wecon New Style 7 inch HMI PI3070i

2.1.5 Feedforward Neural Network (FNN)

Feedforward Neural Network (FNN) หรือที่มักเรียกว่า Multilayer Perceptron (MLP) เป็นโครงข่ายประสาทเทียมที่พื้นฐานที่สุด ซึ่งประกอบด้วย:

- ชั้นอินพุต (input layer): รับข้อมูลเข้า
- ชั้นซ่อน (hidden layers): ประมวลผลข้อมูลผ่านเซลล์ประสาท (neurons)
- ชั้นเอาต์พุต (output layer): ให้ผลลัพธ์

MLP มีเลเยอร์ที่ซ่อนอยู่อย่างน้อยหนึ่งเลเยอร์ ในขณะที่ FNN อาจมีเลเยอร์หนึ่งเลเยอร์ขึ้นไป รวมถึงเลเยอร์เดียว MLP แสดงถึง FNN ประเภทขั้นสูงที่ออกแบบมาโดยเฉพาะเพื่อจับความสัมพันธ์ที่ไม่เป็นเชิงเส้นและซับซ้อนในข้อมูลโดยใช้ชั้นของเซลล์ประสาทหลายชั้น



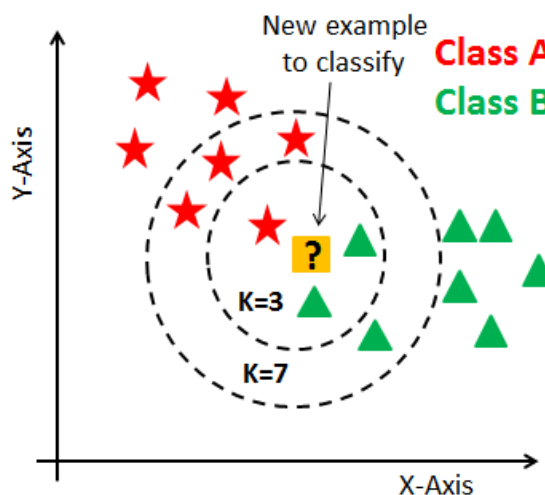
ภาพที่ 2-13 การจำแนก FNN เชิงเส้น

2.1.6 k-Nearest Neighbors (KNN)

k-Nearest Neighbors (KNN) เป็นหนึ่งในอัลกอริธึมที่ใช้สำหรับการจำแนกประเภท (Classification) และการถดถอย (Regression) ซึ่งง่ายและมีแนวคิดที่ตรงไปตรงมา โดยหลักการของ KNN คือการใช้ความคล้ายคลึงกันของข้อมูลเพื่อทำนายผลลัพธ์ใหม่ๆ โดยไม่ต้องมีการฝึกโมเดล (ไม่มีการเรียนรู้ในเชิงพาณิชย์เหมือนโมเดลอื่นๆ เช่น Neural Networks หรือ SVM)

หลักการทำงานของ KNN:

1. การกำหนดค่า k: กำหนดจำนวนของ "เพื่อนบ้าน" หรือ "neighbors" ที่ใช้ในการตัดสินใจ
2. การคำนวณระยะทาง: ใช้การคำนวณระยะห่าง (distance) เพื่อหา "เพื่อนบ้าน" ที่ใกล้ที่สุด
3. การตัดสินใจ
 - สำหรับ Classification: การทำนายจะเลือกคลาสที่เกิดขึ้นมากที่สุดใน k เพื่อนบ้าน
 - สำหรับ Regression: การทำนายจะใช้ค่าเฉลี่ยของค่าผลลัพธ์จาก k เพื่อนบ้าน



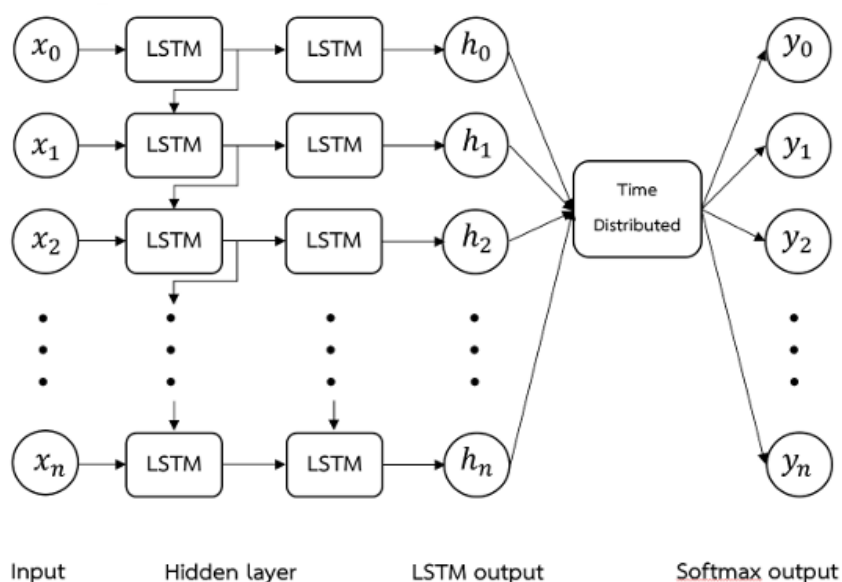
ภาพที่ 2-14 การคำนวณเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 Parkinson's Disease Diagnosis Using Machine Learning

จัดทำขึ้นโดย นายหัสพล ธัมมิกรัตน์ จากวิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ผลงานวิจัยนี้ได้รับการเผยแพร่วันที่ 13 กันยายน 2564 งานวิจัยนี้ นำเสนอวิธีการวินิจฉัยโรคพาร์กินสันด้วยการใช้การเรียนรู้ของเครื่อง สำหรับการตรวจพบโรคพาร์กินสันในระยะเริ่มต้น โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบวนซ้ำชนิดพิเศษ Long Short-Term Memory กับข้อมูลโรคพาร์กินสันที่ได้รับจากผู้เชี่ยวชาญของ โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์

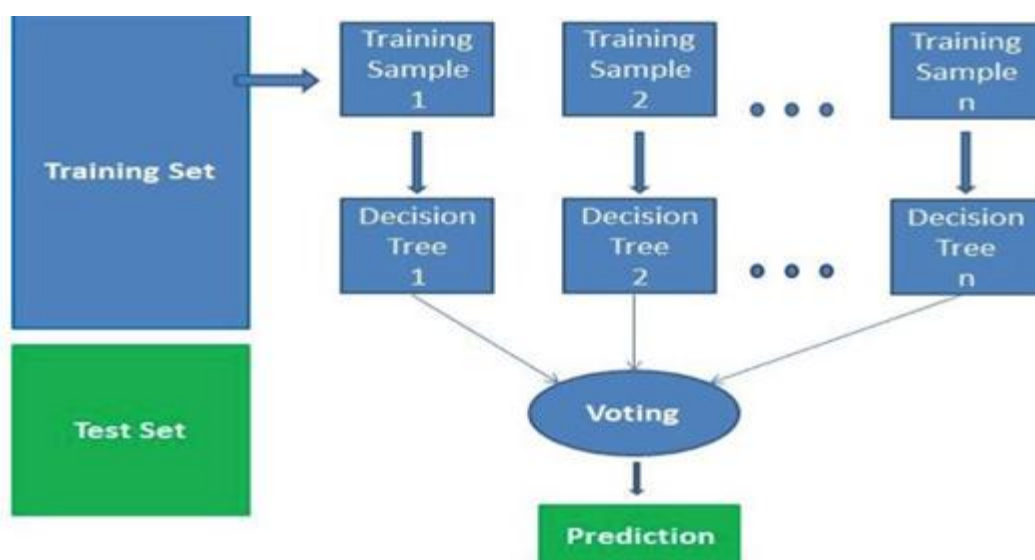
Long Short-term Memory networks (LSTMs) แปลงความจำของตัวเองไปในทางที่ ค่อนข้างแม่นยำถูกต้องด้วยการ specific learning mechanisms สำหรับทุกเศษเสี้ยวข้อมูลที่จำ ที่จะปรับตัว ที่จะสนใจ ซึ่งจะช่วยให้สามารถติดตามข้อมูลได้ในระยะเวลาที่นานกว่า



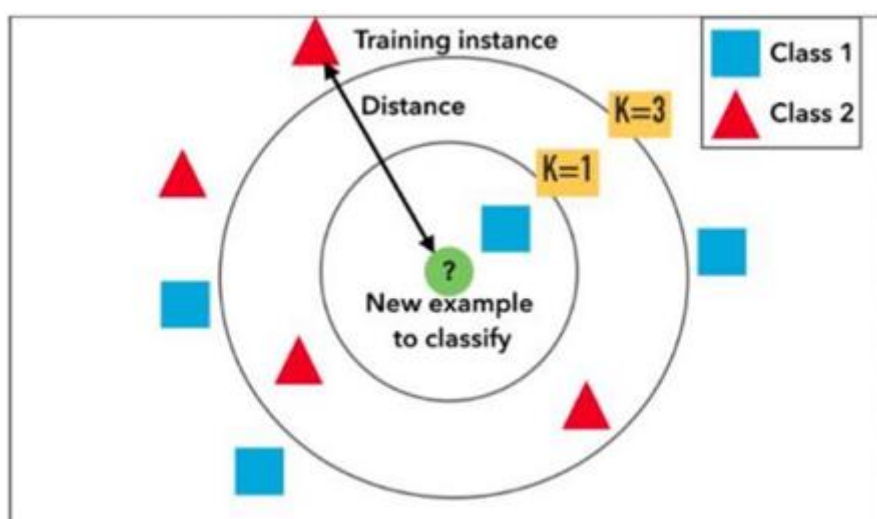
ภาพที่ 2-15 LSTM architecture

2.2.2 DIABETES CLASSIFICATION USING MACHINE LEARNING TECHNIQUES

จัดทำขึ้นโดย นางสาวเมธพร ผ่องย้ง จากวิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถิติประยุกต์ โดยในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพ ของเทคนิคที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง Machine learning สำหรับการจำแนกการเป็นโรคเบาหวาน กรณีที่พิจารณาและไม่พิจารณาอิทธิพลร่วม 4 เทคนิค ได้แก่ เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (Decision tree) เทคนิคต้นไม้ป่าสุ่ม (Random Forest) เทคนิคซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine) และเทคนิคเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด (K-Nearest Neighbor) โดยมีเกณฑ์ที่ใช้ในการทดสอบ ประสิทธิภาพของการจำแนก คือ ค่าความถูกต้อง (accuracy) ค่าความเที่ยง (precision) ค่าความ ครบถ้วน (recall) และค่าคะแนน F1 (F1-score) ที่ให้ค่ามากที่สุด



ภาพที่ 2-16 การทำงานของอัลกอริทึม Random forest



ภาพที่ 2-17 การจำแนกประเภทด้วยเทคนิคเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด

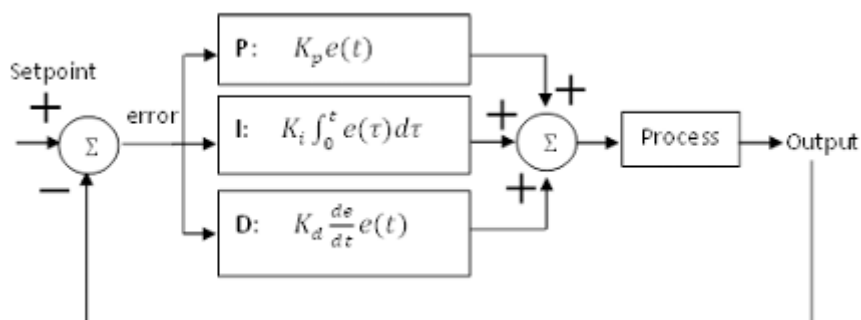
2.2.3 A STUDY OF OPTIMAL VALUES WITH PID CONTROLLER USING RESPONSE SURFACE METHOD

จัดทำขึ้นโดย นาย อามิณห์ หล้าวงศ์ และ นาย ศุภกิจ เคิกศิริ จากสาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ ในงานวิจัยนี้ได้เสนอวิธีการปรับค่าระบบควบคุมพีไอดี โดยใช้วิธีการหาค่าที่เหมาะสม ด้วยการออกแบบ การทดลองแบบบล็อก-เบท์เคน และวิธีพื้นผิวตอบสนอง จากการทดลองใน แบบจำลองพีไอดีด้วย ไมโครซอฟต์เอกเซลล์ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปรับค่าควบคุมการ ทำงานของอุปกรณ์ในโรงงาน อุตสาหกรรม

โดยค่าที่นำไปในการคำนวณเป็นค่าความผิดพลาดที่หาจากความแตกต่างระหว่าง ค่าที่ตั้ง (Target) กับค่าเอาต์พุต (Output) คำนวณเพื่อลดความผิดพลาดให้เหลือน้อยที่สุด ซึ่งประกอบด้วย ปัจจัยที่สำคัญของการควบคุมแบบพีไอดี จะประกอบด้วยส่วนสำคัญในการ ควบคุมมี 3 ส่วนคือ

- Y = ค่าความผิดพลาด (ค่าเป้าหมาย-ค่าความผิดพลาด)
- อัตราขยายสัดส่วน (Kp)
- อัตราขยายปริพันธ์ (Ki)
- อัตราขยายอนุพันธ์ (Kd)

$$Y(t) = k_p e(t) + k_i \int_0^t e(t) dt + k_d \frac{de}{dt} e(t) \quad (2-14)$$

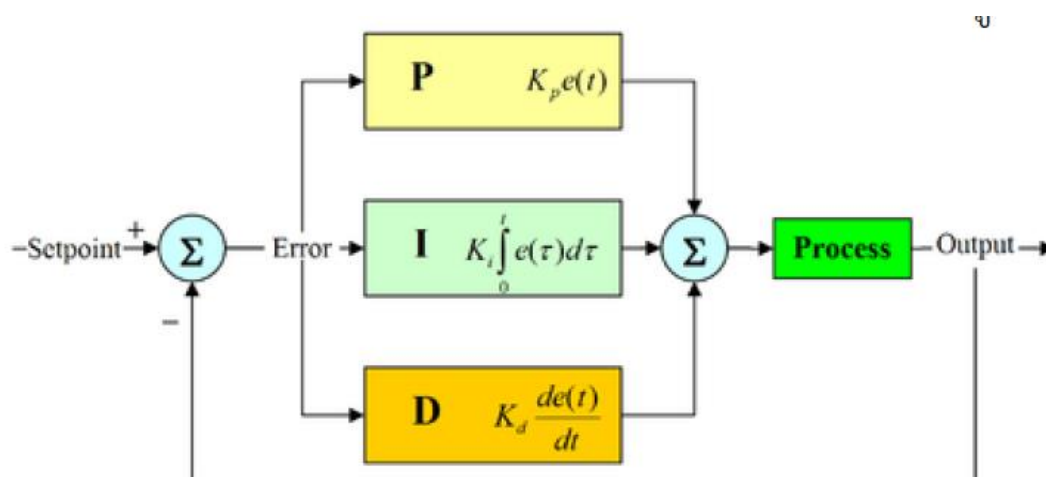


ภาพที่ 2-18 บล็อกไดอะแกรมของตัวแบบควบคุมแบบพีไอดี

2.2.4 Designing Ovens for Automatic Control Study

จัดทำโดย นายสิทธิโชค สืบแต่ตระกูล และ นายทวีเดช ศิริธนาพิพัฒน์

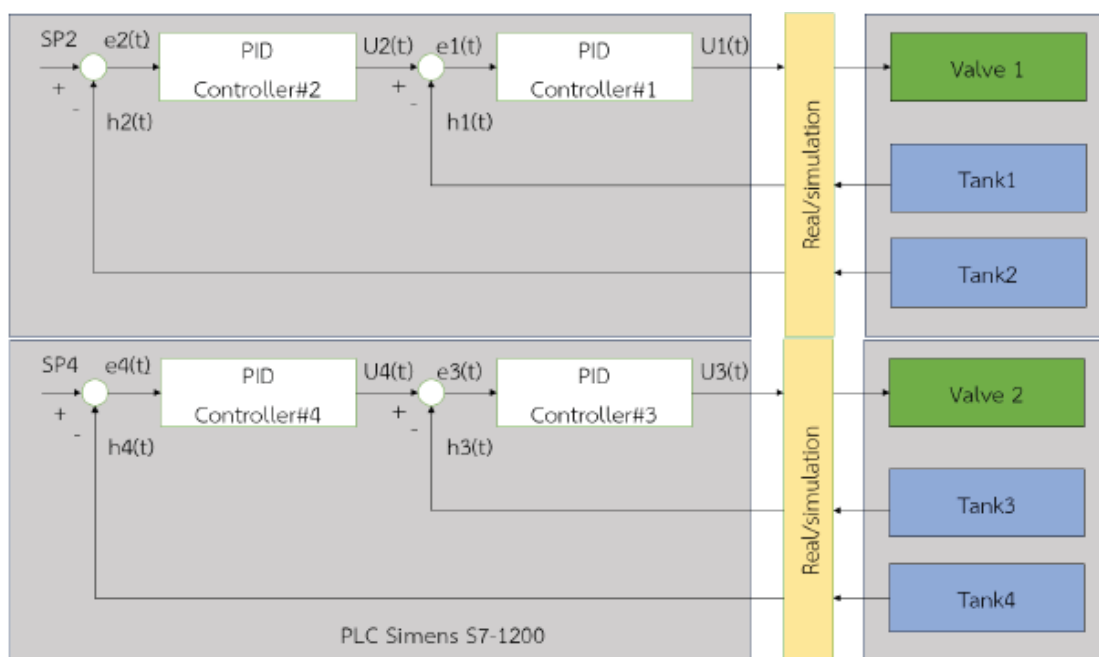
จากภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ การทำงานข้างต้นคือรับค่าอุณหภูมิจากตู้อบขณะนั้นมาเปรียบเทียบกับการอุณหภูมิที่ต้องการ จะได้ค่าความผิดพลาด นำค่าความผิดพลาดนั้นมาคำนวณเพิ่มหาค่า PID ซึ่งค่า PID นั้นจะถูกกำหนดขอบเขตให้อยู่ระหว่าง 0-255 เพื่อจะเป็นขอบเขตที่ใช้ควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่ Arduino Mega 2560 โดยใช้เทคนิค PWM (Pulse Width Modulation) เพื่อไปควบคุมฮีตเตอร์ แรงดันที่ให้โดย Arduino Mega 2560 จะถูกแปลงเป็นกระแสโดยอุปกรณ์ Voltage to current convertor เพื่อไปควบคุมกระแสที่จ่ายไปยังฮีตเตอร์ผ่านอุปกรณ์โซลิตสแตตรีเลย์



ภาพที่ 2-19 Block-diagram ของระบบที่มี PID controller

2.2.5 CONTROL OF LIQUID LEVELS IN FOUR-TANK SIMULATION PROCESS

จัดทำโดย นายชัชชานัน จบดี นายชยพล พลเยี่ยม และนายวิษชากร ศิลปะสิทธิ์ จากภาควิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมระบบเครื่องมือวัด ภาควิศวกรรมเครื่องมือวัดและอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ โครงการนี้นำเสนอการควบคุมระดับของเหลวในกระบวนการ 4 ถังแบบจำลอง ซึ่งมี เป้าหมายเพื่อลดค่าใช้จ่าย ลดอันตราย และความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นในการสร้างกระบวนการจริงใน ระหว่างขั้นตอนการออกแบบ ในโครงการนี้ระบบ 4 ถังแบบจำลองถูกสร้างขึ้นจากโปรแกรม LabVIEW ที่ทำงานร่วมกับบอร์ด NI-myRIO เพื่อจัดสรรสัญญาณไฟฟ้าสำหรับเซ็นเซอร์และตัวขับ ในกระบวนการจำลอง มีการใช้ PLC SIEMENS S7-1200 เพื่อควบคุมระดับของเหลวในกระบวนการจำลองโดยใช้การควบคุม PID



ภาพที่ 2-20 บล็อกไดอะแกรมการควบคุมระดับของเหลวในกระบวนการ 4 ถัง

2.3 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และโครงการที่นำเสนอ

โครงการที่จัดขึ้นเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับโครงการที่เกี่ยวข้องจะเห็นได้ว่า แต่ละโครงการจะมี ข้อดีข้อเสียที่แตกต่างกันไป โดยส่วนมากจะเกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ที่ใช้งาน ซึ่งมีค่าใช้จ่ายที่แตกต่างกัน และการใช้งานอุปกรณ์จริงนั้น อาจจะทำให้เกิดอันตรายจากการทำงานได้ รวมถึงการแสดงผลจำลองการทำงานผ่านจอแสดงผล มีข้อดีคือสามารถสังเกตการทำงาน และหา Error ได้ง่าย โดยไม่จำเป็นต้องสังเกตการทำงานจากอุปกรณ์จริง แล้วยังสามารถควบคุมการทำงานผ่านหน้าจอได้อีกด้วย ซึ่งผลเปรียบเทียบคุณสมบัติได้ดัง ตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 สรุปข้อดีข้อเสียของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และโครงการที่นำเสนอ

ชื่อโครงการ	ข้อดี	ข้อเสีย
1.Parkinson's Disease Diagnosis Using Machine Learning	- เป็นตัวช่วยในการตัดสินใจในการตรวจวินิจฉัยข้อมูลโรคพาร์กินสัน	- จำนวนข้อมูลตัวอย่างที่มีจำนวนน้อย ทำให้การเรียนรู้เครื่องทำได้อย่างจำกัด
2.DIABETES CLASSIFICATION USING MACHINE LEARNING TECHNIQUES	- เป็นตัวช่วยในการตัดสินใจในการตรวจวินิจฉัยข้อมูลโรคเบาหวาน	- ยังไม่มีความเสถียรมากพอ เนื่องจากระบบไม่พิจารณาอิทธิพลร่วม
3.A STUDY OF OPTIMAL VALUES WITH PID CONTROLLER USING RESPONSE SURFACE METHOD	- ความเสถียรภาพในการใช้ในการออกแบบ ออกมาด้วยดี ทำให้มีการ ยึดหยุ่นในการใช้งาน	- การประยุกต์ใช้ยากเกินไปในการใช้งานค่าที่ต้องคำนวณในการประยุกต์ใช้นั้นสูงมาก
4.Close Loops Speed Control DC Motor using PID Controller	-การควบคุมที่สามารถ ปรับ ความแม่นยำ	- ความซับซ้อนในการปรับ ค่าพารามิเตอร์ในการใช้งาน ยากเกินไป
5.CONTROL OF LIQUID LEVELS IN FOUR-TANK SIMULATION PROCESS	- สามารถควบคุมผ่านหน้าจอแสดงผล HMI - กำจัด Disturbance ให้ ดีขึ้น - มีระบบ PID ช่วยในการควบคุม	- ปัญหาดานคอมพิวเตอร์ที่จำเป็นต้องมีคุณสมบัติที่สูงพอสมควร เนื่องจากส่วนมากจะใช้ ดานกราฟิกและประมวลผลเป็นหลัก - เนื่องจากทดลองเป็นการใช้การชิมทำให้เป็นค่าที่อยู่ในอุดมคติ

บทที่ 3

รายละเอียดโครงการ

ในบทนี้รายละเอียดโครงการจะกล่าวถึงขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานจะกล่าวถึงหลักการทำงานในการออกแบบสร้างการควบคุมระดับของเหลวในกระบวนการ 4 ถึง รูปแบบกระบวนการจำลองอย่างละเอียดรวมไปถึงการอธิบายหลักการทำงาน ให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ นั้น ในบทนี้ผู้จัดทำปริญญานิพนธ์มีวิธีการดำเนินโครงการ ดังนี้

3.1 ภาพรวมรายละเอียดของโครงการ

3.2 วงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

3.3 ซอฟต์แวร์ (Software)

3.3.1 พีแอนด์ไอดี (P&ID)

3.3.2 การควบคุมด้วย พีแอลซี (PLC)

3.3.2.1 บล็อกไดอะแกรม (Block Diagram) การควบคุมระดับของเหลวในกระบวนการ 4 ถึง

3.3.2.2 โฟลว์ชาร์ต (Flow Chart) การควบคุม PLC

3.3.2.3 แลตเตอร์ (Ladder) ควบคุมการทำงานของ PLC

3.3.2.4 การออกแบบ เอชเอ็มไอ (HMI) ของ PLC

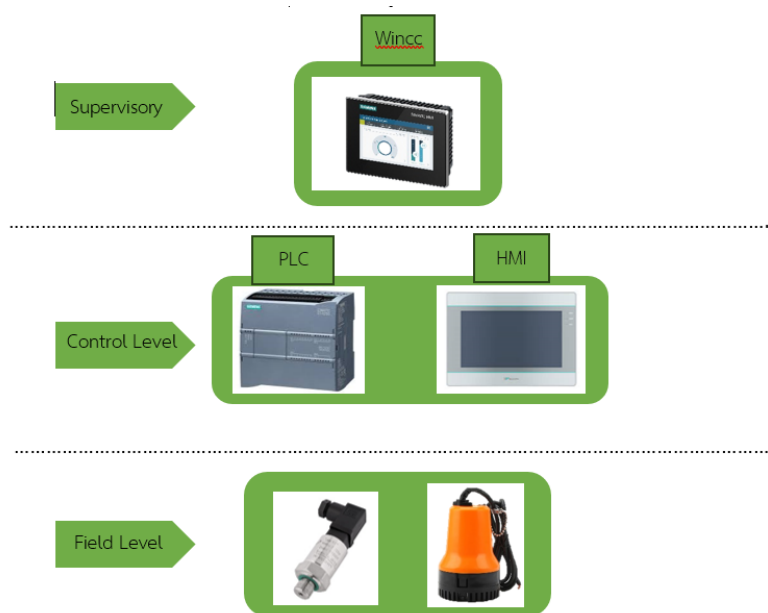
3.3.3 การทำงานของ แมชชีนเลิร์นนิง (Machine Learning)

3.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในโครงการ

3.5 การออกแบบโครงสร้าง

3.1 ภาพรวมรายละเอียดของโครงการ

ในชั้น Field Level จะอุปกรณ์ทั้งหมดที่หน้างาน เช่น Pump, Valve, Pressure Sensor, ถัง เป็นต้น โดยโครงการที่จัดทำขึ้นนี้จะนำเสนอชั้น Field Level ในรูปแบบของกระบวนการของการควบคุมระดับของเหลวในกระบวนการ 4 ถัง ด้วย การใช้โปรแกรม ไพทอน (Python) ในการรับและส่งค่าข้อมูลต่างๆ ไปยังชั้น คอนโทรลเลเวล (Control Level) เพื่อควบคุมกระบวนการ ดังกล่าว ในชั้น Control Level จะมีการรับและส่งข้อมูลจากชั้น Field Level โดยจะใช้เครื่อง PLC และ ใช้โปรแกรม TIA Portal V16 ในการรับค่า Analog/Digital ที่ส่งมาจากชั้น Field Level ส่งค่าจาก PLC ไปควบคุมอุปกรณ์ และยังนำข้อมูลไปแสดงผลพร้อมควบคุมที่จอ HMI ของ PLC และเก็บค่าเพื่อส่งไปยัง Machine Learning ด้วยการกำหนด IP Address ของแต่ละอุปกรณ์ให้อยู่ในวงเครือข่ายเดียวกันจะสามารถสื่อสาร กันได้ โดยจะใช้ HUB ในการเพิ่ม Port LAN เพื่อให้สามารถส่งข้อมูลไปยังชั้น Supervisory Level ในชั้น Supervisory Level จะมีคอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง ที่รับค่ามาจากชั้น Control Level ผ่าน Port LAN โดยจะนำข้อมูลจะส่งเข้ากับ Machine Learning ให้สังเกตการณ์ของกระบวนการได้โดยไม่ต้องมีมนุษย์คอยกำกับดูแล ดังภาพที่ 3-1



ภาพที่ 3-1 แผนผังของโครงการ

จากภาพที่ 3-2 วงจรสำหรับควบคุมกระบวนการควบคุมของเหลวแบบ 4 ถัง โดยรายละเอียดดังนี้

Arduino เส้น A0 เข้าที่ SM1234 ขา QW96

Arduino เส้น A1 เข้าที่ SM1234 ขา QW98

Arduino เส้น D5 เข้าที่ RPMW ของ BTS7960

BTS7960 เส้น R_EN และ L_EN เข้าที่ +Vcc

BTS7960 เส้น RPWM เข้าที่ขา 10 ของ Arduino

PLC IW64 รับมาจากเซ็นเซอร์

PLC IW66 รับมาจากเซ็นเซอร์

PLC QW98 ส่งสัญญาณ PWM ออกไปยังเอาต์พุต

PLC QW96 ส่งสัญญาณ PWM ออกไปยังเอาต์พุต

ตารางที่ 3-1 ตารางแสดง Input/Output ของ PLC

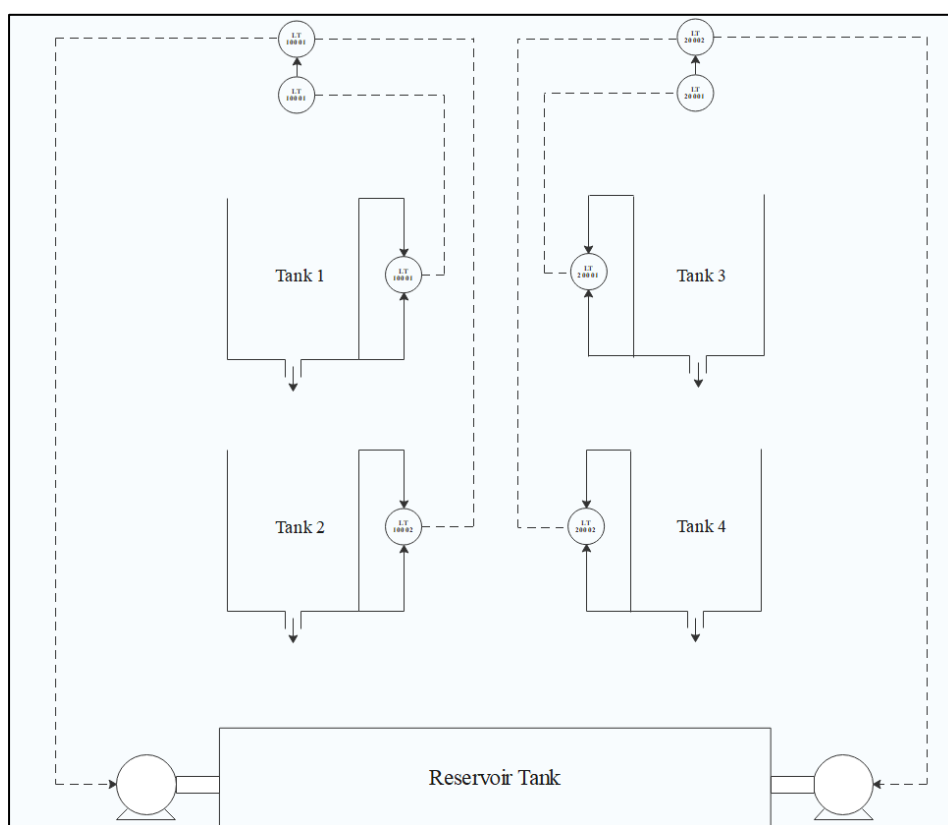
Input/Output	ชื่อแท็ก	ชื่อตัวแปร	คำอธิบาย
Input	%IW64	SENSOR TANK 1	รับระดับน้ำถัง 1 มาจากเซ็นเซอร์
Input	%IW66	SENSOR TANK 2	รับระดับน้ำถัง 2 มาจากเซ็นเซอร์
Input	%IW64	SENSOR TANK 1	รับระดับน้ำถัง 1 มาจากเซ็นเซอร์
Input	%IW66	SENSOR TANK 2	รับระดับน้ำถัง 2 มาจากเซ็นเซอร์
Output	%QW96	PUMP 1	ส่งค่า 4-20 mA
Output	%QW98	PUMP 2	ส่งค่า 4-20 mA

จากตารางที่ 3-1 แสดง Input Output ของ PLC เป็นการควบคุมระดับของเหลวในถังในกระบวนการ 4 ถัง ซึ่งรับค่า Input ซึ่งรับค่ามาจากเซ็นเซอร์ คำนวณผ่านส่วนและส่งออกค่า 4-20 mA ไปยัง Output ผ่าน PID เพื่อส่งสัญญาณ PWM ควบคุม pump ให้ทำงานให้ได้ระดับตามที่ต้องการ

3.3 Software

3.3.1 P&ID

ในกระบวนการนี้จะเป็นกระบวนการการควบคุมระดับน้ำในถังให้ได้ตามที่ต้องการ ในชั้น Field Level เช่น Pump, Control, Sensor และถังน้ำทั้ง 4 ถัง เป็นต้น โดยจะมีความสัมพันธ์ของถังดังนี้ ถังที่ 1 กับถังที่ 2 จะความสัมพันธ์กัน และถังที่ 3 กับถังที่ 4 จะสัมพันธ์กันแต่จะมีหลักการทำงานที่เหมือนกัน ในชั้น Field Level เริ่ม จาก Pump จะสูบน้ำจากถังเก็บน้ำมาเข้าถังด้านบนสุดโดยผ่าน สัญญาณ 4-20mA ที่ใช้ควบคุมโดย Controller เพื่อควบคุมอัตราการไหลของน้ำเข้าถังแล้วจะมีน้ำไหลออกลงถังด้านล่าง และไหลลงเข้าถังเก็บน้ำดังเดิม ในถังแต่ละถังจะมี Pressure Sensor (PT) ที่จะวัดระดับน้ำในถังแต่ละถัง จากนั้นจะส่งระดับไปยังชั้น Control Level และรับของข้อมูลเพื่อไปควบคุมอัตราการไหลเข้าของน้ำ ดังภาพที่ 3-3 และตารางแสดงสัญลักษณ์ P&ID ดังตารางที่ 3-2



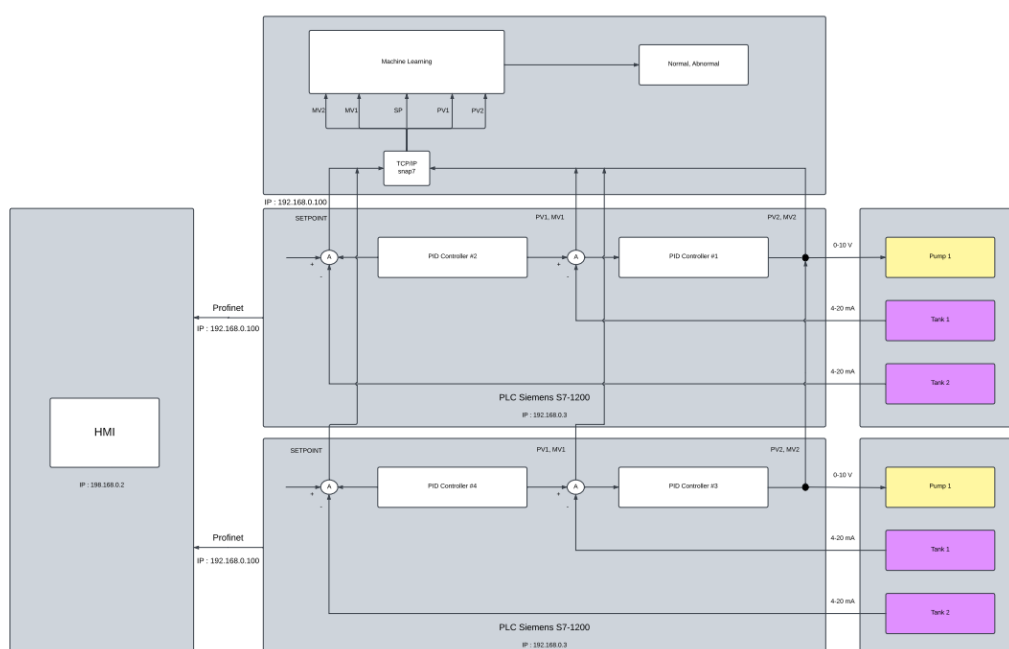
ภาพที่ 3-3 P&ID กระบวนการควบคุมระดับน้ำแบบ 4 ถัง

ตารางที่ 3-2 ตารางแสดงสัญลักษณ์ P&ID

ลำดับที่	ชื่อ	รายละเอียด	สัญลักษณ์
1	Electric Signal	สัญญาณไฟฟ้า	-----
2	Instrument Supply	สายเชื่อมต่อ	—————
3	Pump	ปั๊มน้ำ	
5	LT : Level Transmitter	เครื่องส่งระดับ	

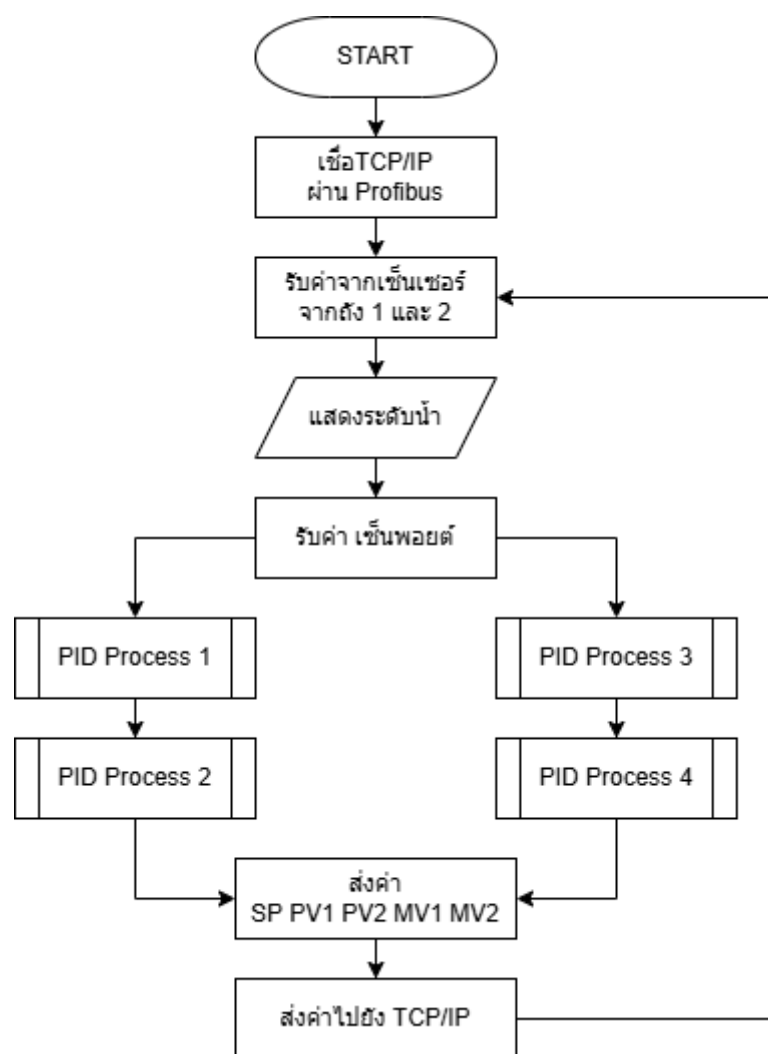
3.3.2 การควบคุมระดับของเหลวด้วย PLC

จะใช้ PLC ในการควบคุมระดับของเหลวในกระบวนการ 4 ถัง โดยใช้ PID ควบคุมแบบ Cascade Control และส่งค่าไปยัง Machine Learning รับค่าข้อมูล และยังสามารถป้อนค่า จากหน้าจอ HMI ได้ เพื่อเพิ่มความสะดวกต่อการควบคุมและสังเกตการณ์

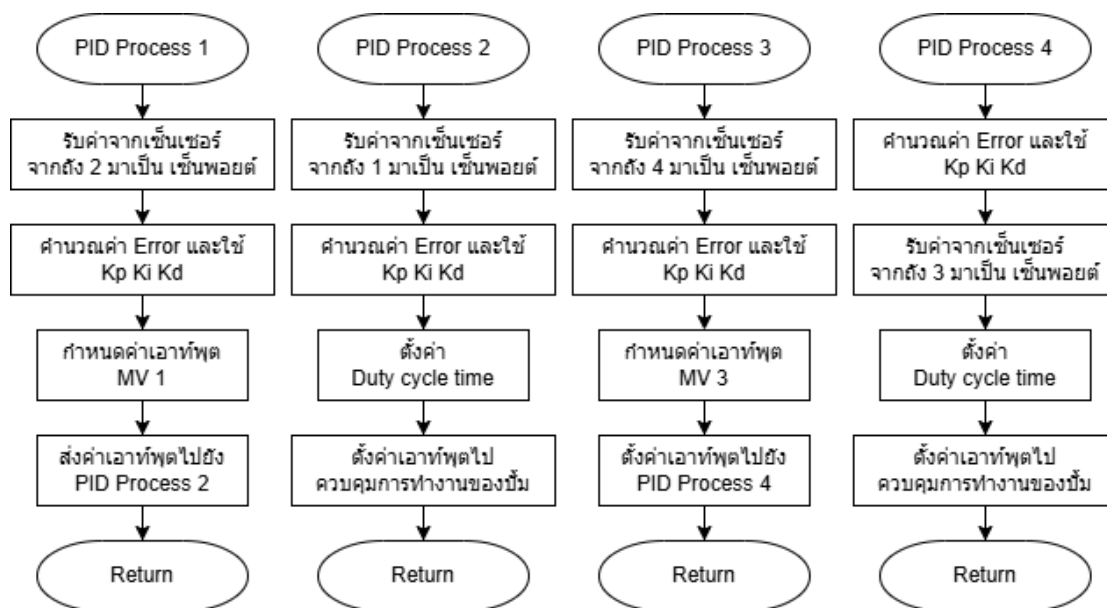


ภาพที่ 3-4 บล็อกไดอะแกรมการควบคุมระดับของเหลวในกระบวนการ 4 ถัง

3.3.2.2 Flow Chart การควบคุม PLC



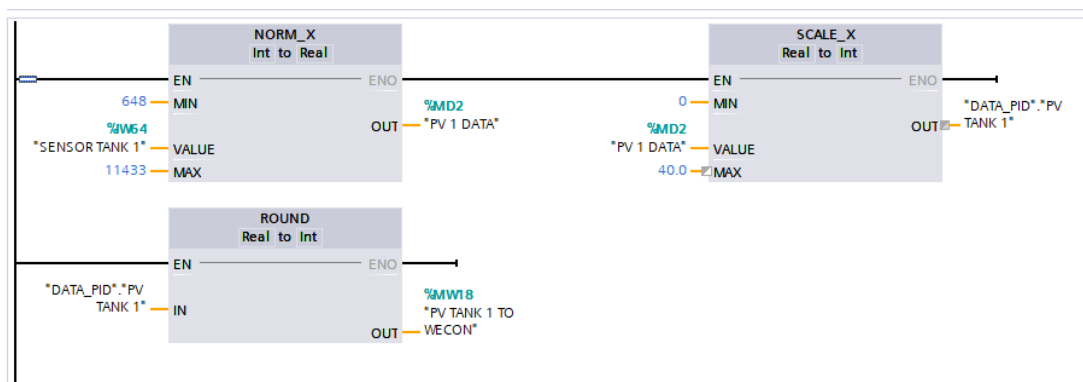
ภาพที่ 3-5 Flowchart การควบคุม PLC



ภาพที่ 3-6 Flowchart การควบคุม PLC (ต่อ)

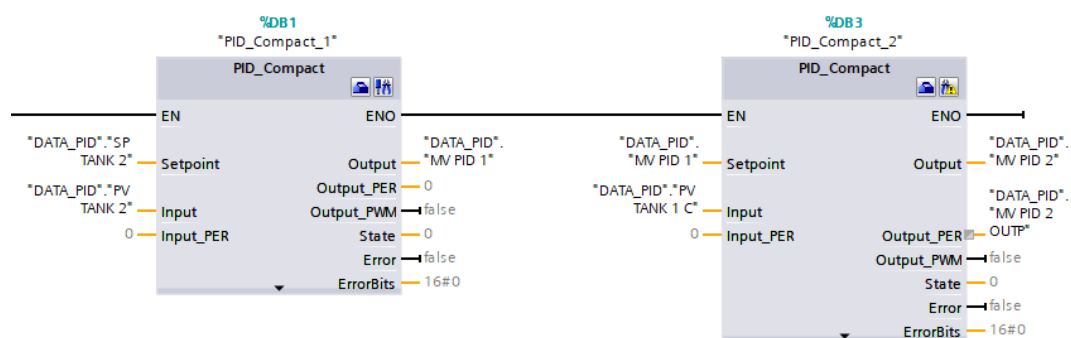
3.3.2.3 Ladder ควบคุมการทำงานของ PLC

การทำงานในส่วนนี้ เป็นการรับค่าเซ็นเซอร์มาจาก %IW64 เป็นสัญญาณ 4-20 mA มาแปลงเป็น 0-40 และเก็บค่าบันทึกผลพร้อมส่งไปยังหน้าจอ HMI ดังภาพที่ 3-7



ภาพที่ 3-7 Ladder การอ่านค่าเซ็นเซอร์ตัวที่ 1

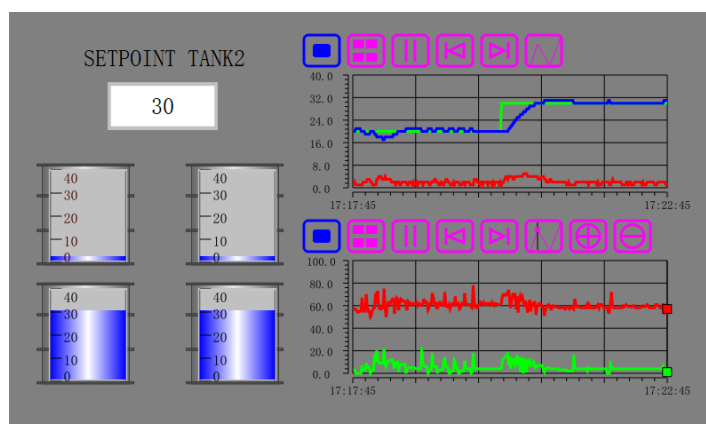
การทำงานของ Ladder รับค่า Setpoint มาจากผู้ใช้งาน และจะมีค่า Input ที่เป็นระดับน้ำของถังที่ได้รับค่ามาจาก เซ็นเซอร์1 และถูกคำนวณผ่าน %DB1 และ ส่งค่า MV1 ไปยัง Setpoint ของ %DB3 และรับค่า เซ็นเซอร์2 และถูกคำนวณก่อนจะส่งออก MV2 เพื่อควบคุมการทำงานของ Pump ดังภาพที่ 3-8



ภาพที่ 3-8 Ladder PID ควบคุมระดับน้ำในถัง

3.3.2.4 การออกแบบ HMI ของ PLC

การออกแบบหน้าจอ HMI โดยกระบวนการผลิตและควบคุมคุณภาพของ Wecon ดำเนินการตามระบบการจัดการคุณภาพ ISO 9001 และมีมาตรฐานความปลอดภัย IP65 (เฉพาะหน้าจอ) โดยจะใช้เพื่อแสดงผลกระบวนการควบคุมของเหลว แบบ 4 ถัง ที่สามารถแสดงผลระดับน้ำและควบคุมระดับน้ำได้ตามที่ต้องการ โดยจะมีสเกลที่แสดง ระดับในถังทั้ง 4 ถังตั้งแต่ 0-100 % มีControl Panel ใช้ในการเปิด-ปิดการทำงานของ Pump แสดงสถานการณ์ทำงานของ Pump มีการควบคุมระดับน้ำโดยสามารถกำหนดได้ Setpoint ของถังที่ 2 และ 4 ตามลำดับดังภาพที่ 3-9



ภาพที่ 3-9 HMI ของ PLC เมื่อทำงาน

3.3.3 การทำงานของ Machine Learning

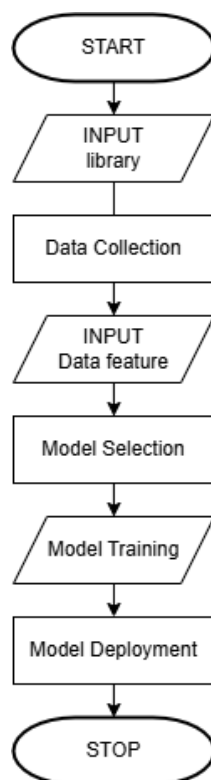
เป็นการรับค่าผ่าน TCP และเข้า Python interface เพื่อบันทึกค่าข้อที่ Normal และ Abnormal เพื่อ Trained model และ Predict ว่าปกติหรือไม่

```

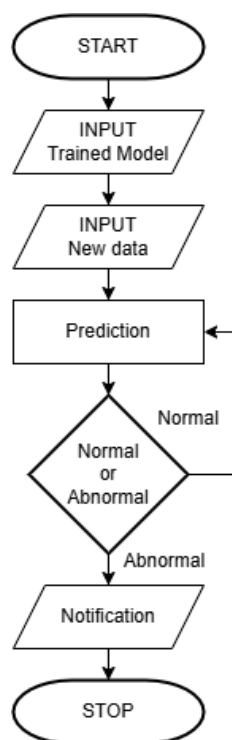
1 import pandas as pd
2 from sklearn.model_selection import train_test_split
3 from sklearn.preprocessing import LabelEncoder, StandardScaler
4 import tensorflow as tf
5 from tensorflow.keras.models import Sequential
6 from tensorflow.keras.layers import Dense, Dropout
7 from tensorflow.keras.optimizers import Adam
8 from tensorflow.keras.callbacks import EarlyStopping
9 from tensorflow.keras.utils import to_categorical
10 import matplotlib.pyplot as plt
11 import numpy as np
12
13 # 1. นำเข้าข้อมูลจากไฟล์ CSV
14 df = pd.read_csv('C:\\Users\\MSI\\Desktop\\PROJECT\\Python\\Machine Learning\\Normal 02.csv')
15
16 # 2. แยกฟีเจอร์และคลาส (คอลัมน์สุดท้ายคือ class)
17 X = df.iloc[:, :-1].values # ฟีเจอร์ (ตัวแปร X) คือทุกคอลัมน์ยกเว้นคอลัมน์สุดท้าย
18 y = df.iloc[:, -1].values # มียาคลาส (target variable y) คือคอลัมน์สุดท้าย
19
20 # 3. ทำการ Scaling ข้อมูล (ฟีเจอร์)
21 scaler = StandardScaler()
22 X_scaled = scaler.fit_transform(X) # การทำ scaling ข้อมูล
23
24 # 4. แปลงมียาคลาส (labels) เป็นตัวเลข โดยใช้ LabelEncoder
25 encoder = LabelEncoder()
26 y_encoded = encoder.fit_transform(y)
27
28 # 5. เปลี่ยนค่ามียาคลาสเป็นรูปแบบ One-hot encoding
29 y_onehot = to_categorical(y_encoded)
30

```

ภาพที่ 3-10 Software WinCC Machine Learning



ภาพที่ 3-11 Flowchart การทำงานของ Machine Learning ส่วน Train Model



ภาพที่ 3-11 Flowchart การทำงานของ Machine Learning ส่วน Prediction

3.4 การออกแบบกระบวนการ

3.4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในโครงการ

การเตรียมอุปกรณ์ในการประกอบชิ้นงานจริงจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ที่มีคุณภาพสูง เพื่อประสิทธิภาพในการทำงาน จึงจัดเตรียมอุปกรณ์ ดังแสดงในตารางที่ 3-4

ตารางที่ 3-4 ตารางรายการอุปกรณ์ที่ใช้งาน

ลำดับที่	ชื่อ	รายละเอียด	รูปภาพ	จำนวน
1	LED Green	ขนาด 22mm 24 VDC		1
2	Emergency Stop	ขนาด 22mm 24 VDC		1
3	แผงหน้าจอ สัมผัสชั้นสูง PI3070i HMI PI3070iSL	ขนาด 7 นิ้ว ,ความละเอียด 800x480		1
4	Type B ขั้ว คู่ 6 kA ระบบ pro M ขนาด กะทัดรัด (S202-B6)	ความจุ 6A แรงดัน 400 VAC ขนาด 32 mm.		1
5	Power Supply DR4524	แรงดัน 24 VDC ความจุ 2.5A		1
6	PLC Simens S7-1200	CPU 1212c DC 24V		1

ตารางที่ 3-4 รายการอุปกรณ์ที่ใช้งาน (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อ	รายละเอียด	รูปภาพ	จำนวน
7	Siemens SCALANCE XB005	IP20 24VDC		1
8	สายไฟ VSF THAI UNION มาตรฐาน มอก. ตัดยาว 3 เมตร สีแดง	ขนาด 1.5 SQ.mm 3 m		1
9	สายไฟ VSF THAI UNION มาตรฐาน มอก. สีขาว	ขนาด 1.5 SQ.mm 3 m		1
10	S7-1200 Analog Module	แรงดันไฟฟ้าที่ใช้ งาน : 24 Vdc กระแสเอาต์พุต : 0-20 mA จำนวนอินพุต/ เอาต์พุต : 6 ช่อง		1
11	Water pump	แรงดันไฟฟ้าที่ใช้ งาน : 240 V กระแสไฟฟ้าที่ใช้ : 23 mA ปริมาณการปั้มน้ำ : 200 L/hr		2

ลำดับที่	ชื่อ	รายละเอียด	รูปภาพ	จำนวน
12	pressure transmitter	ขนาดเกลียว: G1 / 4 สัญญาณขาออก: 4-20mA, 0- 10V, 0-5V, RS485 แหล่งจ่ายไฟ: 24VDC สายเคเบิล: 1 ม		1

3.5 การออกแบบโครงสร้าง

โดยการออกแบบโครงสร้างจะเริ่มจากการสร้างฐานของชิ้นงานโดยใช้อลูมิเนียมโปรไฟล์ขนาดความยาว 30x30 mm ขนาดความยาว 300 mm อลูมิเนียมโปรไฟล์ขนาดความยาว 30x30 mm ยาว 500 mm อลูมิเนียมโปรไฟล์ขนาดความยาว 30x30 mm ยาว 700 mm เป็นฐานรองรับชิ้นงานใช้ ร่องน้ำหนักทั้งหมด 6 เส้น ในส่วนของตัวชิ้นงานจะใช้อะคริลิกขนาด 650x360x4 mm สีขาว เป็น ฐานเพื่อยึดติดกับอุปกรณ์ และในส่วนของอุปกรณ์ที่ยึดติดกับแผ่นอะคริลิกนั้นจะประกอบไปด้วย 45 Emergency Stop 1 ตัว LED Green 1 ตัว PLC Siemens S7-1200 1 ตัว Type B ขั้ว คู่ 6 kA ระบบ pro M ขนาดกะทัดรัด (S202-B6) 1 ตัว Power Supply 24 VDC 2A 1 ตัว Simens SCALANCE XB005 1ตัว และแผงหน้าจอสัมผัสขั้นสูง PI3070i HMI PI3070iSL 1

บทที่4

ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง

ในบทนี้เป็นการกล่าวถึงผลการทดสอบควบคุมระดับของเหลวในกระบวนการ 4 ถัง โดยใช้ PLC ร่วมกับ PID และใช้การเรียนรู้ของเครื่องเข้ามาตรวจจับการทำงานที่ผิดปกติของกระบวนการ โดยแบ่งเป็นหัวข้อดังต่อไปนี้

- 4.1 การเตรียมอุปกรณ์ในการทดลอง
- 4.2 การทดสอบการควบคุมระดับน้ำในถังโดยใช้ระบบ PID
- 4.3 การใช้การเรียนรู้ของเครื่อง

4.1 การเตรียมอุปกรณ์ในการทดลอง

การเริ่มในการทำงาน ทำการโดยใช้คอมพิวเตอร์เชื่อมต่อเข้ากับ PLC และหน้าจอ HMI โดยใช้สาย LAN ผ่าน Siemens SCALANCE XB005 โดยจะมีหลอดไฟสีเขียวขึ้นเพื่อแสดงว่าพร้อมใช้งาน และเตรียมน้ำในถังให้เรียบร้อย เตรียมความพร้อมสำหรับการทดลองกระบวนการและการทดสอบกระบวนการแสดงดังภาพที่ 4-1 คุณสมบัติของคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง ดังตารางที่ 4-1



ภาพที่4-1 โครงสร้างการต่ออุปกรณ์แต่ละส่วนเพื่อเตรียมการทดลอง

จากภาพที่ 4-1 โครงสร้างชิ้นงานจริงในการเตรียมการทดลอง โดยมีหน้าจอ HMI ให้ผู้ใช้งานได้ป้อนค่าระดับน้ำที่ต้องการ โดยระบบจะเติมน้ำจนถึงที่ต้องการ และรักษาระดับน้ำนั้นไว้


```

1 import snap7
2 from time import sleep
3 import matplotlib.pyplot as plt
4 import csv
5
6 # สร้าง client object และเชื่อมต่อกับ PLC
7 plc = snap7.client.Client()
8 plc.connect("192.168.0.3", 0, 1)
9
10 # ส่วนสำหรับเก็บผลลัพธ์ที่อ่านมา
11 results = [[] for _ in range(5)] # สำหรับเก็บค่าทั้ง 5 คำใน :
12
13 # ฟังก์ชันอ่านและแปลงข้อมูล
14 def read_values_from_plc():
15     # อ่านข้อมูลจาก DataBlock 1 เริ่มที่ตำแหน่ง 0 จำนวน 10 ไบต์
16     data = plc.db_read(4, 0, 10)
17
18     # แปลงค่า 5 คำออกมาเป็น int
19     values = []
20     for i in range(5):
21         value = snap7.util.get_int(data, i * 2) # คำ int
22         values.append(value)
23     return values
24
25 # ฟังก์ชันเขียนข้อมูลลงไฟล์ CSV
26 def write_to_csv(filename, data):
27

```

```

1 Time,SETPOINT,PV 1,PV 2,MV 1,MV 2
896 895,8,0,7,1,34
897 896,8,0,6,2,36
898 897,8,0,5,8,37
899 898,8,0,4,7,39
900 899,8,0,4,5,42
901 900,8,1,3,7,45
902 901,8,2,3,8,43
903 902,8,3,3,8,48
904 903,8,3,4,8,36
905 904,8,2,4,9,39
906 905,8,2,5,8,35
907 906,8,1,5,9,42
908 907,8,1,5,10,47
909 908,8,3,5,10,49
910 909,8,5,6,7,45
911 910,8,5,6,10,40
912 911,8,5,7,9,39
913 912,8,5,7,10,38
914 913,8,3,8,9,39
915 914,8,2,8,9,43
916 915,8,2,9,9,46
917 916,8,4,9,8,43
918 917,8,4,9,8,40
919 918,8,4,10,4,36
920 919,8,4,10,7,37
921 920,8,2,10,7,37

```

ภาพที่ 4-2 เปลี่ยนแปลงเซตพอยต์

จากภาพที่ 4-2 เมื่อระดับน้ำถึงระดับที่ต้องการ ทำการเปลี่ยนแปลงค่าเซตพอยต์ และสังเกตกราฟการเปลี่ยนแปลงของค่า SP, PV1, PV2, MV1, MV2 และบันทึกผลทุกๆ 1 วินาทีเป็นเวลา 10 นาที ต่อ 1 เซตพอยต์ และเปลี่ยนเซตพอยต์ไปยังค่าอื่นๆที่ 20% 50% 80% และบันทึกการเปลี่ยนแปลงในรูปแบบไฟล์ CSV

ตารางที่ 4-1 คุณสมบัติของคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง

CPU	Inten core I7
RAM	16 GB
Graphic	RTX
OS	Windows 11 Home
องค์ประกอบในคอมพิวเตอร์	ใช้ในการเชื่อมต่อ PLC
Software	TIA V16, Python, PISuite

ตารางที่ 4-2 คุณสมบัติของหน้าจอ HMI

รุ่น	PI3070i
Resolution	800×480 TFT LCD, 16,000k colors
Power input	DC 24V
Display size	7 inch
Software	PISuite
Interface	RS232, RS422/RS485(2 in 1)

ตารางที่ 4-3 คุณสมบัติของ PLC Simens S7-1200, CPU 1212c DC 24V

รุ่น	SM00014 CPU 1212C DC/DC/DC (6ES7212-1AE40-0XB0)
Input Type	Analogue, Digital
Output Type	Digital, Transistor
Dimensions	100 x 90 x 75 mm
Voltage Category	24 V dc
Programming Language Used	FBD, LAD, SCL

ตารางที่ 4-4 คุณสมบัติของ Siemens SCALANCE XB005, IP20 24VDC

รุ่น	XB005
Terminal equipment	RJ45
Number of electrical Port	5 Port
Supply voltage	24 VDC
Dimensions	45 x 100 x 87 mm
Protection class	IP20

ตารางที่ 4-5 คุณสมบัติของ S7-1200 Analog Module

รุ่น	SM1231
Supply voltage	24 VDC
Number of analog inputs	8 Current or Voltage differential inputs
Dimensions	45 x 100 x 75 mm
Protection class	IP20

ตารางที่ 4-6 คุณสมบัติของ Water pump

Volt	12V/24VDC
Pump shaft position	horizontal
Max Flow	35L/min
Protection level	IP67
Max Noise	40dB
Size	170x160mm

ตารางที่ 4-7 คุณสมบัติของ pressure transmitter

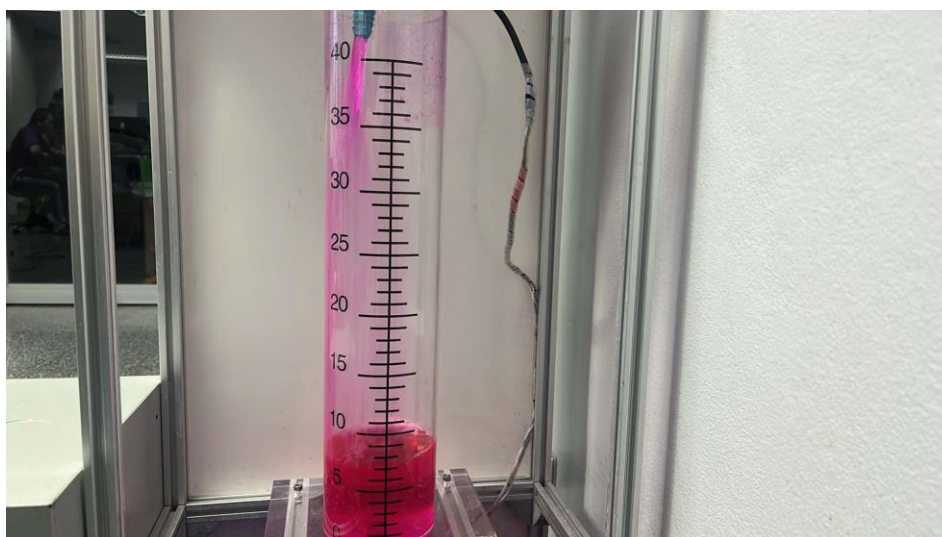
รุ่น	ES-P300
Input	24VDC
Output	4-20mA
Signal Output	RS485
Measuring range	0-0.1 bar
Pressure connection	G 1/4

4.2 การทดสอบการควบคุมระดับน้ำในถังโดยใช้ระบบ PID

ในการทดลองจะใช้ PLC ในการทำงาน โดยคำนวณผ่าน PID_ โดยจะกำหนดอัตราการไหลเข้าของน้ำอยู่ที่

4.2.1 การทดลองเมื่อระดับน้ำเริ่มต้นอยู่ที่ 80% เซ็ตพอยต์ที่ 20%

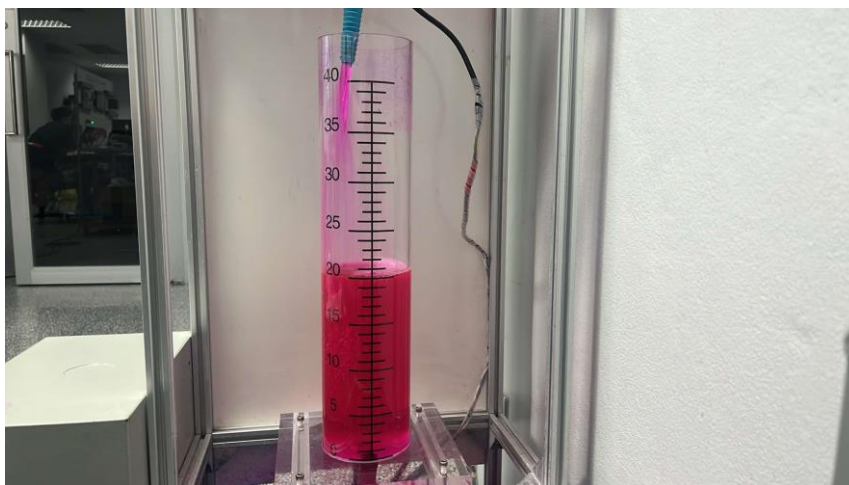
ทดลองการเติมน้ำเข้าสู่ถังที่มีระดับน้ำเริ่มต้นที่ 80% และทำการเติมน้ำเข้าสู่ถังโดยกำหนดที่ 20% และได้เก็บค่าระดับน้ำไว้เมื่อผ่านไปทุกๆ 1 วินาที



ภาพที่ 4-3 การทดลองเมื่อระดับน้ำเริ่มต้นอยู่ที่ 80% เซ็ตพอยต์ที่ 20%

4.2.2 การทดลองเมื่อระดับน้ำเริ่มต้นอยู่ที่ 20% เซ็ตพอยต์ที่ 50%

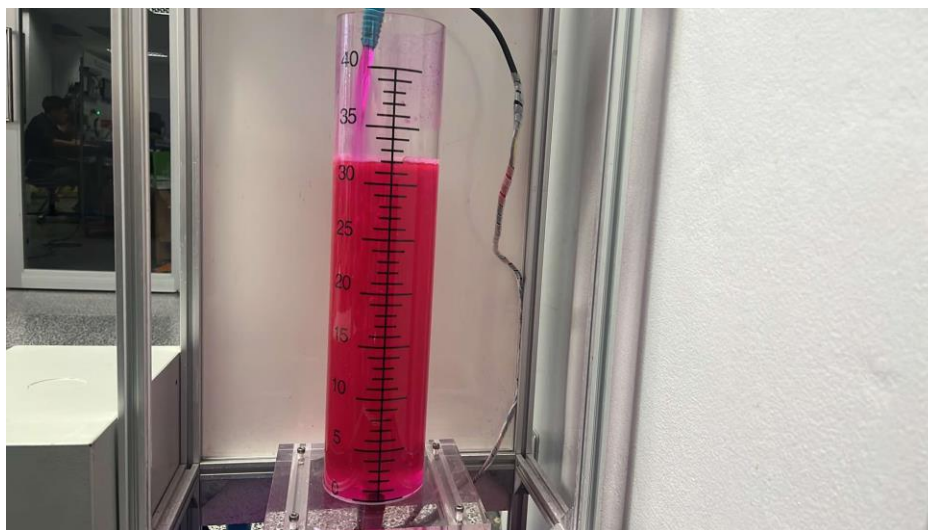
ทดลองการเติมน้ำเข้าสู่ถังที่มีระดับน้ำเริ่มต้นที่ 20% และทำการเติมน้ำเข้าสู่ถังโดยกำหนดที่ 50% และได้เก็บค่าระดับน้ำไว้เมื่อผ่านไปทุกๆ 1 วินาที



ภาพที่ 4-4 การทดลองเมื่อระดับน้ำเริ่มต้นอยู่ที่ 20% เซ็ตพอยต์ที่ 50%

4.2.3 การทดลองเมื่อระดับน้ำเริ่มต้นอยู่ที่ 50% เซ็ตพอยต์ที่ 80%

ทดลองการเติมน้ำเข้าสู่ถังที่มีระดับน้ำเริ่มต้นที่ 50% และทำการเติมน้ำเข้าสู่ถังโดยกำหนดที่ 80% และได้เก็บค่าระดับน้ำไว้เมื่อผ่านไปทุกๆ 1 วินาที



ภาพที่ 4-5 การทดลองเมื่อระดับน้ำเริ่มต้นอยู่ที่ 50% เซ็ตพอยต์ที่ 80%

4.3 การทดสอบการควบคุมระดับน้ำในถังโดยใช้ระบบ PID

การควบคุมระดับของเหลวในกระบวนการ 4 ถัง แบบจำลอง โดยใช้ระบบ PID นั้นจะทำการตั้งค่า K_p , K_i , K_d ให้เหมาะสมต่อการควบคุม

ตารางที่ 4-8 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้

พารามิเตอร์	PID1	PID2
Proportional gain (K_p)	6.595362E-1	1.0
Integral action time (T_i)	4.605294	5.0
Derivative action time (T_d)	2.17459	0.0
Derivative delay coefficient (a)	0.1	0.2
Proportional action weighting (b)	0.3	1.0
Derivative action weighting (c)	0.0	1.0
Sampling time of PID algorithm	2.000078E-1	1.0

จากตารางที่ 4-8 การทดลองกระบวนการควบคุมระดับของเหลวในกระบวนการ การทดลองป้อนค่า K_p, K_i, K_d เข้า Controller แล้ว สังเกตค่าที่ทำให้ระบบสมดุล โดยกำหนด Setpoint อยู่ที่ 80% ผลที่ได้ จะยังมีค่า Overshoot ไม่เกินที่ 10% ตามเอกสารอ้างอิง.....ระยะเวลาในการเข้า Setpoint อยู่ที่ 80วินาที

4.4 การใช้การเรียนรู้ของเครื่อง

การใช้การเรียนรู้ของเครื่องเข้ามาช่วยตรวจสอบความผิดปกติของกระบวนการควบคุมของเหลว เริ่มโดยการเก็บค่า SP, PV1, PV2, MV1, MV2 เข้าในไฟล์ CSV และให้ Pythoninterface เรียนรู้โดยวิธีของ FNN เพื่อเรียนรู้ค่า Feature ของข้อมูล เพื่อให้โมเดลเรียนรู้และตรวจจับความผิดปกติของกระบวนการและแจ้งเตือนผ่านทางหน้าจอ HMI