การออกแบบระบบตรวจจับการทำงานผิดปกติของพีแอลซีในกระบวนกาควบคุมระดับโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง

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

นาย ชนินทร มาสาย

นาย วริทธิ์ สุขทร

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



## **ใบรับรองปริญญานิพนธ์**

**คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ**

เรื่อง การออกแบบระบบตรวจจับการทำงานผิดปกติของพีแอลซีในกระบวนการควบคุมระดับโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง

โดย นายชนินทร มาสาย

นายวริทธิ์ สุขทร

นายวิศรุต กิตติรัตนานนท์

ได้รับอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมระบบเครื่องมือวัด

...........................................................คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.อุดมเกียรติ นนทแก้ว)

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

....................................................................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 : นายชนินทร มาสาย

: นายวริทธิ์ สุขทร

: นายวิศรุต กิตติรัตนานนท์

ชื่อปริญญานิพนธ์ : การออกแบบระบบตรวจจับการทำงานผิดปกติของพีแอลซีใน

กระบวนการควบคุมระดับโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง

สาขาวิชา : วิศวกรรมระบบเครื่องมือวัด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิทยา กุดแถลง

: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สาธิต มังคลาจารย์

: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทักษิณ แสงสุวรรณ

ปีการศึกษา : 2567

## **บทคัดย่อ**

โครงงานนี้นำเสนอการออกแบบระบบตรวจจับการทำงานผิดปกติของพีแอลซีในกระบวนการควบคุมระดับโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง ซึ่งมีเป้าหมายเพื่อใช้โมเดลปัญญาประดิษฐ์ตรวจจับการทำงานผิดปกติของพีแอลซีในการควบคุมระดับของเหลว และเพื่อลดแรงงานมนุษย์ที่มาควบคุมและเพิ่มประสิทธิภาพความแม่นยำในการควบคุม ในโครงงานนี้การออกแบบระบบตรวจจับการทำงานผิดปกติของพีแอลซีในกระบวนการควบคุมระดับโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่องสร้างขึ้นจากโปรแกรม Tia portal เพื่อจัดสรรสัญญาณไฟฟ้าสำหรับเซ็นเซอร์และปั๊มน้ำ และมีการใช้ PLC SIEMENS S7-1200 เพื่อควบคุมกระบวนการควบคุมระดับโดยใช้การควบคุมแบบPID นอกจากนี้พารามิเตอร์ทั้งหมดของกระบวนการควบคุมระดับสามารถสังเกตการณ์ได้ผ่านทาง HMI และใช้ Machine learning เข้ามาทำการตรวจจับความผิดพลาดของ PLC

(ปริญญานิพนธ์มีจำนวนทั้งสิ้น...............หน้า)

คำสำคัญ : พีแอลซี, แมชชีนเลิร์นนิ่ง

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_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 ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของผู้ช่วยศาสตร์ ดร.วิทยา กุดแถลง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทักษิณ แสงสุวรรณ และผู้ช่วยศาสตร์ ดร.สาธิต มังคลาจารย์ ที่ได้รับคำแนะนำต่างๆ และตรวจสอบแก้ไขข้อบ่งพร่องต่างๆด้วยความเอาใจใส่อย่างดียิ่ง คณะผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาที่ให้ความช่วยเหลือตลอดมา และขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องมือวัดและอัตโนมัติ ที่ได้ให้ความรู้ในสาขาวิชาต่างๆ ที่นำมาปรับใช้ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ในการดำเนินการโครงงานจึงขอกราบขอบคุณเป็นอย่างสูง

ในท้ายที่สุดนี้ทางคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณไปยังผู้ให้การสนับสนุนท่านอื่นๆ ที่ได้ให้การสนับสนุน โครงงานด้วยความเมตตาทางคณะผู้จัดทำซาบซึ้งใจในความกรุณาอย่างสูง หากในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ตรวจ พบข้อผิดพลาดประการใดทางคณะผู้จัดทำโครงงานต้องขออภัย และน้อมรับข้อผิดพลาดที่เกิดไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ชนินทร มาสาย

วริทธิ์ สุขทร

วิศรุต กิตติรัตนานนท์

**บทที่ 1**

**1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน**

ในงานอุตสาหกรรมเกือบทุกประเภท จะมีงานวัดระดับแทรกอยู่เสมอ เช่น การวัดระดับน้ำมัน น้ำในถังพัก การวัดระดับน้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์ โดยอาศัยวิธีการวัดโดยตรง ที่ใช้ลูกลอย หรือ ดิพสติก ซึ่งเป็นวิธีการวัดแบบง่าย ๆ แต่ถ้าเป็นการวัดระดับในภาชนะที่มีความดันสูง อุณหภูมิสูง เป็นสารเคมี หรือการวัดที่ต้องการสัญญาณระดับเพื่อไปใช้ในงานอย่างอื่น เช่น เพื่อการควบคุม บันทึกค่า จะใช้การวัดโดยตรงไม่ได้ และหากใช้มนุษย์เข้ามาตรวจวัดโดยตรงจะได้ความแม่นยำน้อยในการตรวจสอบการทำงานที่ผิดพลาดที่มีความซับซ้อนและยากที่จะให้มนุษย์คอยกำกับดูแล

การใช้พีแอลซีเข้ามาช่วยในงานอุตสาหกรรมส่งผลให้อุปกรณ์มีความน่าเชื่อถือสูงและมีอายุการใช้งานยาวนาน อีกทั้งมีความสามารถด้านการคำนวณจึงใช้งานกับงานที่มีความซับซ้อน มีความยืดหยุ่นสูงสามารถเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขการทำงานได้อย่างง่าย สามารถเชื่อมต่อเข้ากับอุปกรณ์อินพุตและเอาต์พุตได้หลากหลาย และส่งข้อมูลร่วมกับปัญญาประดิษฐ์ที่สามารถเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ และพัฒนาการทำงานให้ดีขึ้นได้ด้วยตัวเองจากข้อมูลและสภาพแวดล้อมที่ได้รับจากการเรียนรู้ของระบบ เพื่อพัฒนาสู่การตรวจกับการทำงานที่ผิดพลาดของพีแอลซีโดยไม่ต้องมีมนุษย์คอยกำกับ สามารถลดเวลาการทำงานในการวิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ และลดต้นทุนแรงงาน

จากที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้งคณะผู้จัดทำนั้น ได้เล็งเห็นถึงประโยชน์ของการใช้ พีแอลซีควบคุมปริมาณของเหลวที่มีความแม่นยำในการวบคุมได้ตามความต้องการของผู้ใช้และการนำปัญญาประดิษฐ์มาประยุกต์ใช้เพื่อตรวจสอบการทำงานที่ผิดปกติของพีแอลซีและแจ้งเตือน โดยการทำชุดทดลองอุปกรณ์นี้ขึ้นมาเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการเรียนการสอน เพื่อให้สะดวกต่อการเรียนและสามารถใช้งานได้ เพื่อให้เห็นหลักการทำงานของตัวอุปกรณ์ชุดทดลองและสามารถนำความรู้จากชุดทดลองไปใช้ในงานอื่น ๆ ได้ เพราะในปัจจุบันการใช้พีแอลซีในงานอุตสาหกรรมสามารถพบเห็นได้ทั่วไป เนื่องจากความก้าวหน้าของเทคโนโลยีที่ได้พัฒนาการควบคุมออกมาหลากหลายรูปแบบ จึงสร้างชุดทดลองควบคุมปริมาณของเหลวโดยใช้พีแอลซีเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้

**1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน**

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

**1.3 ขอบเขตของโครงงาน**

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

**1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงงาน**

1. ได้ชุดควบคุมปริมานของเหลว โดยใช้พีแอลซีควบคุมเซ็นเซอร์ ปั๊มน้ำ และแจ้งเตือนเมื่อพีแอลซีทำงานผิดปกติ

2. มีชุดฝึกสอนในการควบคุมปริมานของเหลว โดยใช้พีแอลซีควบคุมเซ็นเซอร์ ปั๊มน้ำ และแจ้งเตือนเมื่อพีแอลซีทำงานผิดปกติ

3. สามารถนำชุดทดลองไปประยุกต์ใช้ในงานอุตสาหกรรม

4. สามารถเป็นแนวทางในการศึกษาต่อยอดทฤษฎีพีแอลซีและปัญญาประดิษฐ์

**บทที่ 2**

**ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**

ในบทนี้จะกล่าวถึงงานวิจัยหรือสิ่งประดิษฐ์ที่เกี่ยวของกับการออกแบบระบบตรวจจับการทำงานผิดปกติของพีแอลซีในกระบวนการควบคุมระดับโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวของ

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 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของงานวิจัยที่เกี่ยวของ และโครงงานที่นำเสนอ

**2.1** **ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง**

2.1.1 Automation Pyramid

Automation Pyramid คือ แนวคิดที่ใช้ในการแสดงโครงสร้างของระบบอัตโนมัติหรือการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในอุตสาหกรรมหรือการควบคุมกระบวนการต่าง ๆ ใน องคกร โดยประกอบด้วยชั้นหลัก ๆ ที่แบงออกเป็นสวนย่อย ๆ ซึ่งมีระดับความสำคัญและความ ซับซอนที่แตกต่างกัน แนวคิดนี้ช่วยใหผู้ออกแบบระบบอัตโนมัติสามารถวางแผนและสร้างระบบที่มี ประสิทธิภาพและการทำงานที่เป็นระบบได้ง่ายขึ้น จะใชแค 3 สวน ดังภาพที่ 2-1

รูปภาพประกอบด้วย ข้อความ, ภาพหน้าจอ, ตัวอักษร, เครื่องหมาย

คำอธิบายที่สร้างโดยอัตโนมัติ

**ภาพที่ 2-1** พีระมิดอัตโนมัติในอุตสาหกรรม (Industrial automation pyramid)

**2.1.1.1 ระดับ 0 : Field (ภาคสนาม)**

เป็นระดับชั้นของอุปกรณ์ระดับ Field จำพวก เครื่องวัด เซนเซอร อุปกรณ์ส่งสัญญาณ กระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรม และวาลวควบคุม ดังภาพที่ 2-2

รูปภาพประกอบด้วย ข้อความ, ออกแบบ, ภาพหน้าจอ, การออกแบบกราฟิก

คำอธิบายที่สร้างโดยอัตโนมัติ

**ภาพที่** 2-2 ระดับ 1 : Field

**2.1.1.2 ระดับ 1 : Control (การควบคุม)**

เป็นระดับชั้นของการประมวลผลขอมูลต่าง ๆ เพื่อควบคุมแต่ละลูป โดยการประมวลผลจะเกี่ยวกับ การวัด การควบคุม การสั่งการ ซึ่งชั้นควบคุมจะช่วยใหสามารถควบคุม ตัวแปรทั้งหมด ทำหนาที่เป็นสมองของกระบวนการ โดยปกติจะประกอบไปด้วยตัวควบคุมโปรแกรม (PLC:Programmable Logic Controller) หรือ ระบบควบคุมแบบกระจายสวน (DCS: Distributed Control System) ซึ่งถ้าตองการควบคุมกระบวนการดวยตัวควบคุมหนึ่งหรือสองเครื่องสามารถ ควบคุมได้โดยใช PLC แต่ถาการดำเนินการที่ใหญ่กวามักจะตองใชระบบ DCS ในการควบคุม

โดยที่การควบคุมกระบวนการและวิเคราะห์ปัจจัยการผลิตจากเครื่องมือวัด ถา Input ไม่ตรงกับจุดที่ตั้งไวตัวควบคุมจะสง Output ไปยังตัวกระตุนเพื่อเปลี่ยนคากระบวนการจนกวาจะถึงจุด ตั้งอีกครั้ง ดังภาพที่ 2-3

รูปภาพประกอบด้วย ข้อความ, ภาพหน้าจอ, แผนภาพ, ออกแบบ

คำอธิบายที่สร้างโดยอัตโนมัติ

**ภาพที่ 2-3 ระดับ 2 : Control**

**2.1.1.3 ระดับ 2 : Supervisory (การกำกับดูแล)**

ในระดับชั้นนี้เป็นสวนที่ใชในการประมวลผลเพื่อควบคุมแต่ละหน่วยย่อย โดยแต่ละหน่วยย่อยจะเป็นการรวมลูปควบคุมหลายๆลูปเขาด้วยกัน

- การประสานงาน (Coordination) ระหว่างลูปควบคุมต่างๆภายในหน่วยย่อย

- การปรับคา (Adjustment) ของเป้าหมายและคาตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวของ

- การสั่งการภายในหน่อยย่อย

ระดับนี้มีระบบการควบคุมดูแลและการได้รับข้อมูล (SCADA) สวนติดตอผู้ใชเครื่อง

(HMI: Human-Machine Interface) ยังอยู่ในชั้นนี้และผู้ประกอบการตรวจสอบขอมูลกระบวนการผ่าน ทางสวนติดตอผู้ใชและเก็บไวในฐานข้อมูล โดยการดำเนินงานของโปรแกรมซอฟต์แวร์ที่เก็บประวัติ ของขอมูลกระบวนการในชวงเวลาหนึ่ง ๆ ด้วยข้อมูลที่ผ่านมานี ้ทำใหสามารถศึกษารูปแบบและ แกปญหาได้หากมีคา Error ในกระบวนการได้ ภาพที่ 2-4

รูปภาพประกอบด้วย ข้อความ, ภาพหน้าจอ, ออกแบบ, เครื่องหมาย

คำอธิบายที่สร้างโดยอัตโนมัติ

**ภาพที่ 2-4** ระดับ 3 : Supervisory

**2.1.2 กระบวนการควบคุมระดับของเหลวแบบ 4 ถัง**

**2.1.2.1 กระบวนการควบคุมระดับของเหลวแบบ 4 ถัง หรือ Four-Tank Process**

เป็นกระบวนการทางวิศวกรรมที่ใชเพื่อควบคุมระดับน้ำในถัง โดยมักนำมาใช ในการศึกษาและประยุกตในการสอนการควบคุมระบบของระบบควบคุมอัตโนมัติ ซึ่งเป็นสวนสำคัญใน วิชาวิศวกรรมควบคุม กระบวนการนี้มีทั้งแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และการทดลองจริง เพื่อใหผู้เรียน เขาใจและศึกษาการทำงานของระบบควบคุมอัตโนมัติได้ดียิ่งขึ้น กระบวนการควบคุมระดับของเหลวแบบ 4 ถัง ประกอบด้วยถัง 4 ถังที่มีระดับน้ำ และมีการสงเสนทางของน้ำระหว่างถัง โดยใชวาลวหรือ Pump เพื่อควบคุมการไหลของน้ำในแต่ละถังตามที่ตองการคือการควบคุมใหระดับน้ำในแต่ละถังเขาใกลระดับที่ ตองการ และรักษาความสมดุลของระบบน้ำในถัง 4 ถังเหลานี้ กระบวนการนี้ช่วยในการศึกษาและเรียนรู เกี่ยวกับหลักการทำงานของระบบควบคุมอัตโนมัติ เชน การใชคอนโทรลเลอร์ (Controller) เพื่อปรับปรุง และควบคุมคาระดับน้ำ โดยใชขอมูลต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นระดับน้ำปจจุบัน และค่าเป้าหมายของระดับน้ำ ที่ สงมาจากเซนเซอร (Sensor) เป็นตน

การศึกษากระบวนการควบคุมแบบ 4 ถัง เป็นที่นิยมในการสอนการควบคุมและความรู้ด้านวิศวกรรม ควบคุม และสามารถนำไปประยุกตใชในการควบคุมระบบต่าง ๆ ที ่มีการควบคุมระดับของสิ่งต่าง ๆ เชน การควบคุมระบบน้ำ การควบคุมอุณหภูมิ เป็นตน

ตัวอย่างกระบวนการควบคุมระดับของเหลวแบบ 4 ถังจากภาพที ่ 2-5 และ 2-6 อุปกรณ์การทดลอง และแผนภาพแสดงแทนสำหรับระบบระดับของเหลว 4 ถัง ระบบนี ้ประกอบด้วยถัง 4 ถัง ที่สัมพันธ์กัน เซ็นเซอรวัดระดับ 4 ตัวซึ่งอยู่ที่ดานบนของแต่ละถัง Pump 2 ตัว และในอุปกรณ์ทดลองนี้มี Pump ถัง 1,4 และ Pump 2 ปอนถัง 2,3 การไหลออกของถัง 3 กลายเป็นการปอนเขาบางสวนของถัง 1 การไหล ออกของ ถัง 4 เปลี่ยนเป็น Input บางสวนของ ถัง 2 ดังภาพที่ 2-5

รูปภาพประกอบด้วย เครื่อง, ในร่ม, อุปกรณ์ทางการแพทย์, วิศวกรรม

คำอธิบายที่สร้างโดยอัตโนมัติ

**ภาพที่ 2-5** รูปการทดลองจริงกระบวนการควบคุมระดับของเหลวแบบ 4 ถัง

รูปภาพประกอบด้วย แผนภาพ, ข้อความ, เทคนิคการวาดภาพ, วางแผน

คำอธิบายที่สร้างโดยอัตโนมัติ

**ภาพที่ 2-6** แผนผังของโครงสร้างถังสี่เทา

จากภาพที่ 2-6 กระบวนการควบคุมระดับของเหลวแบบ 4 ถัง จะตองใชสมการทาง คณิตศาสตร์เข้าด้วย โดยที่ได้ตั้งสมการตาม qin ขึ้นอยู่กับแรงดันไฟฟา Input ที่จ่ายใหกับ Pump และ qout ขึ้นอยู่กับความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถวงและหัวของน้ำในถัง qout สามารถกำหนดได้โดยการ ใชสมการของ Bernoulli และอัตราการไหลของของเหลว ดังนั้น

รูปภาพประกอบด้วย ข้อความ, ใบเสร็จรับเงิน, ตัวอักษร, ขาว

คำอธิบายที่สร้างโดยอัตโนมัติ

เมื่อ k1 คือ คาคงที่ของ Pump 1

k2 คือ คาคงที่ของ Pump 2

V1 คือ เป็นความเร็วของการไหลของน้ำผ่าน Pump 1

V2 คือ เป็นความเร็วของการไหลของน้ำผ่าน Pump 2

qin คือ อัตราการไหลเขา

qout คือ อัตราการไหลออก

Y1 คือ สัดสวนของความเร็วการไหลของวาลว 1

Y2 คือ สัดสวนของความเร็วการไหลของวาลว 2

 (2-5)

เมื่อ ai คือ พื้นที่หนาตัดของทอทางออก

g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถวง

hi คือ แสดงระดับน้ำในแต่ละถัง

2.1.2.2 สมการทางคณิตศาสตร์ ถังที่ 1

รูปภาพประกอบด้วย แผนภาพ, ไลน์, ตัวอักษร, ข้อความ

คำอธิบายที่สร้างโดยอัตโนมัติ

**ภาพที่ 2-7** สมการสมดุลมวลสำหรับถังที่ 1

จากภาพที่ 2-7 ใชกฎการอนุรักษมวล,[อัตราการสะสม]=[อัตราการไหลเขา]-[อัตราการไหลออก]

 (2-6)

เมื่อ A1 คือ แสดงถึงพื้นที่หนาตัดของถังที่ 1

dh1 คือ การเปลี่ยนแปลงในระดับน้ำในถังที่ 1 ตามเวลา

dt คือ ความเปลี่ยนแปลงของตัวแปร

qin1 คือ อัตราการไหลเขาของถัง 1

qout1 คือ อัตราการไหลออกจากถัง 1

qout3 คือ ไหลออกจากถัง

Y1 คือ สัดสวนของความเร็วการไหลของวาลว 1

k1 คือ คาคงที่ของ Pump 1

V1 คือ เป็นความเร็วของการไหลของน้ำผ่าน Pump 1

a3 คือ พื้นที่หนาตัดของทอทางออกของถัง 3

a1 คือ พื้นที่หนาตัดของทอทางออกของถัง 1

2.1.2.3 สมการทางคณิตศาสตร์ ถังที่ 2

รูปภาพประกอบด้วย แผนภาพ, ไลน์, ข้อความ, ตัวอักษร

คำอธิบายที่สร้างโดยอัตโนมัติ

**ภาพที่ 2-8** สมการสมดุลมวลสำหรับถังที่ 2

จากภาพที่ 2-8 ใชกฎการอนุรักษมวล,[อัตราการสะสม]=[อัตราการไหลเขา]-[อัตราการไหลออก]

 (2-7)

เมื่อ A2 คือ แสดงถึงพื้นที่หนาตัดของถังที่ 2

dh2 คือ การเปลี่ยนแปลงในระดับน้ำในถังที่ 2 ตามเวลา

qin2 คือ อัตราการไหลเขาของถังที่ 2

qout4 คือ อัตราการไหลออกของถังที่ 4

qout2 คือ อัตราการไหลออกของถังที่ 2

Y2 คือ สัดสวนของความเร็วการไหลของวาลว 2

k2 คือ คาคงที่ของ Pump 2

V2 คือ ความเร็วของการไหลของน้ำผ่าน Pump 2

a4 คือ พื้นที่หนาตัดของทอทางออกของถัง 4

2.1.2.4 สมการทางคณิตศาสตร์ ถังที่ 3

รูปภาพประกอบด้วย ข้อความ, แผนภาพ, ไลน์, ตัวอักษร

คำอธิบายที่สร้างโดยอัตโนมัติ

**ภาพที่ 2-9** สมการสมดุลมวลสำหรับถังที่ 3

จากภาพที่ 2-9 ใชกฎการอนุรักษมวล,[อัตราการสะสม]=[อัตราการไหลเขา]-[อัตราการไหลออก]

 (2-8)

เมื่อ A3 คือ พื้นที่หนาตัดของถังที่ 3

dh3 คือ การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำของถังที่ 3

qin3 คือ อัตราการไหลเขาของถังที่ 3

2.1.2.5 สมการทางคณิตศาสตร์ ถังที่ 4

รูปภาพประกอบด้วย แผนภาพ, ไลน์, ใบเสร็จรับเงิน, ตัวอักษร

คำอธิบายที่สร้างโดยอัตโนมัติ

**ภาพที่ 2-10** สมการสมดุลมวลสำหรับถังที่ 4

จากภาพที่ 2-10 โดยใชกฎการอนุรักษมวล,[อัตราการสะสม]=[อัตราการไหลเขา]-[อัตราการไหลออก]

(2-9)

เมื่อ A4 คือ แสดงถึงพื้นที่หนาตัดของถังที่ 4

dh4 คือ การเปลี่ยนแปลงในระดับน้ำในถังที่ 4 ตามเวลา

qin4 คือ อัตราการไหลเขาของถังที่ 4

สมการสุดท้าย

 (2-10)

 (2-11)

 (2-11)

 (2-11)

การควบคุมระดับน้ำในถัง 4 ถังเป็นแนวทางที ่สำคัญในอุตสาหกรรมอาทิ เชน อุตสาหกรรม เครื่องดื่ม อุตสาหกรรมที่เกี่ยวของกับน้ำ หรือระบบการจ่ายน้ำ เป็นตน ซึ่งสามารถปรับใชในหลายๆ รูปแบบและใชงานที่หลากหลาย เชน โรงงานผสมสารเคมี เป็นตน การควบคุมระดับน้ำในถังเป็นสวน สำคัญในการผสมสารเคมีที่ตองการสังเคราะห์ในโรงงานผลิตเคมี เพื่อปรับสมดุลและควบคุมคุณภาพ ของผลิตภัณฑ์

การควบคุมระดับน้ำในถังเป็นสิ่งสำคัญในหลายอุตสาหกรรมและสามารถปรับใชในหลากหลายการใช งานเพื่อควบคุมและคำนวณการไหลของน้ำในระบบอย่างมีประสิทธิภาพและถูกต้อง

**2.1.3 การใช้ PLC ในการควบคุมกระบวนการ**

หลักการควบคุมระดับน้ำแบบ 4 ถัง ด้วย PLC (Programmable Logic Controller) เป็น กระบวนการที ่ใชระบบคอมพิวเตอร์ที่เข้ารหัสและประมวลผลคำสั่งเพื่อควบคุมการทำงานของ เครื่องจักรหรือระบบต่าง ๆ ในกรณีนี้คือการควบคุมระดับน้ำแบบ 4 ถัง โดยใช PLC เป็นตัวควบคุม โปรแกรมใน PLC จะถูกเขียนขึ้นมาเพื่อประมวลผลข้อมูลและตัดสินใจในการควบคุมระดับน้ำในแต่ ละถังตามที่กำหนดไวในโปรแกรม ในถังจะติดตั้งเซ็นเซอรหรือเซนเซอรตรวจวัดระดับน้ำ การตรวจวัด น้ำจะได้รับข้อมูลและสงข้อมูลกลับมายัง PLC เพื่อใชในการประมวลผล PLC จะรับข้อมูลระดับน้ำ จากเซนเซอรและนำเขาสู่โปรแกรมที ่เขียนไวใน PLC ซึ่งเป็นโปรแกรมควบคุมและตรวจสอบเงื่อนไข การทำงาน เชน คาระดับน้ำสูงเกินกวาที ่กำหนดหรือต่ำกวาเกณฑที ่กำหนด โปรแกรมใน PLC จะทำ การตรวจสอบข้อมูลระดับน้ำและเปรียบเทียบกับเกณฑที่กำหนดในการควบคุมระดับน้ำ เชน ถา ระดับน้ำต่ำกวาเกณฑที ่กำหนด PLC จะเปิดวาล์วหรือเปิด Pump เพื่อเติมน้ำเขาสู่ถัง เมื่อ PLC ตัดสินใจในการควบคุมระดับน้ำ จะสั่งใหวาลวหรือ Pump ทำงานตามที ่กำหนด การควบคุมนี้ สามารถทำได้ผ่านสัญญาณควบคุมทางดิจิตอลหรืออนาล็อก (Analog) ขึ้นกับชนิดของอุปกรณ์ที ่ใช PLC จะทำงานอยางต่อเนื่องเพื่อตรวจสอบและปรับคาระดับน้ำในถังใหเป็นไปตามเกณฑที่กำหนด โดยตรวจวัดและปรับคาระดับน้ำเป็นรอบๆ ตามที่กำหนดไวในโปรแกรม PLC สามารถทำการบันทึก ข้อมูลเกี่ยวกับการควบคุมระดับน้ำ และสามารถสงข้อมูลรายงานออกมาเพื่อใหข้อมูลเกี่ยวกับ สถานการณ์ทำงาน

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

PLC (Programmable Logic Controller) เป็นอุปกรณ์ที่ใชในการควบคุม เครื่องจักรและกระบวนการผลิตต่าง ๆ โดยมีลักษณะการทำงานเป็นแบบลอจิกหรือแบบซีเควนซ มัน ทำงานร่วมกับเซ็นเซอรเพื่อตรวจจับและส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์ควบคุมการทำงาน ตัว PLC ประมวลผลคำสั่งที ่โหลดลงไปและส่งสัญญาณเอาต์พุตเพื่อควบคุมเครื่องจักร เชน มอเตอร์ วาลวลม ไฟสองสว่าง และสัญญาณเตือน และขนาดของ PLC จะขึ้นอยูกับความจุของหน่วยความจำโปรแกรม และจำนวนของ Input และเอาต์พุตที่สามารถรองรับได้สูงสุด

Specification PLC รุน S7-1200 CPU1212C DC/DC/DC

* มีตัวจ่ายไฟรวมที่รองรับทั้ง DC (24 V DC)
* มีการจายกระแสเซ็นเซอร/โหลดแบบ 24 V ภายในตัว, รองรับกระแสเอาต์พุตสูงสุด 300 mA สำหรับเซ็นเซอรและเอ็นโคเดอร, สามารถใชเป็นจ่ายพลังงานได้เช่นกัน
* มีเอาต์พุตดิจิตอลทั้งหมด 10 ชอง, ทั้ง 24 V DC หรือ relay
* มีข้อมูลแอนนะล็อกเขาสู่ระบบ 2 ชอง (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) เป็นอุปกรณ์แสดงผลที่ช่วยใหผู้ใชสามารถ โตตอบกับระบบ และแลกเปลี่ยนข้อมูลกับเครื่องจักร อุปกรณ์ หรือ ระบบอัตโนมัติได้ มีการใชกัน อย่างแพรหลายในหลายอุตสาหกรรมต่าง ๆ เชน รถยนต์ ความบันเทิง อิเล็กทรอนิกส์ อุปกรณ์ การแพทย์ การธนาคาร และอุตสาหกรรมการผลิต ในการใชงานทางอุตสาหกรรม หนาที่หลักของ HMI คือการแลกเปลี่ยนข้อมูลแบบเรียลไทมระหว่างมนุษย์และอุปกรณ์การผลิตผ่านตัว PLC , อุปกรณ์ปรับค่าความถี่ (VFD) และมิเตอร์ต่าง ๆ หนาจอ HMI สามารถแสดงขอมูลปจจุบัน แสดงผล ยอนกลับได้ นอกจากนั้นยังดำเนินการรับคำสั่งการทำงานผ่านอุปกรณ์ Input เชน หนาจอสัมผัส แปนพิมพ หรือเมาส เป็นตน 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)
  + ชั้นเอาท์พุต (output layer): ให้ผลลัพธ์

MLP มีเลเยอร์ที่ซ่อนอยู่อย่างน้อยหนึ่งเลเยอร์ ในขณะที่ FNN อาจมีเลเยอร์หนึ่งเลเยอร์ขึ้นไป รวมถึงเลเยอร์เดียว MLP แสดงถึง FNN ประเภทขั้นสูงที่ออกแบบมาโดยเฉพาะเพื่อจับความสัมพันธ์ที่ไม่เป็นเชิงเส้นและซับซ้อนในข้อมูลโดยใช้ชั้นของเซลล์ประสาทหลายชั้น

รูปภาพประกอบด้วย แผนภาพ, ไลน์

คำอธิบายที่สร้างโดยอัตโนมัติ

**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

รูปภาพประกอบด้วย ข้อความ, แผนภาพ, วงกลม, ตัวอักษร

คำอธิบายที่สร้างโดยอัตโนมัติ

**ภาพที่ 2-14** การคำนวณเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด

**2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**

**2.2.1 Parkinson's Disease Diagnosis Using Machine Learning**

จัดทำขึ้นโดย นายหัสพล ธัมมิกรัตน์ จากวิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ผลงานวิจัยนี้ได้รับการเผยแพรวันที่ 13 กันยายน 2564 งานวิจัยนี้ นำเสนอวิธีการวินิจฉัยโรคพาร์กินสันด้วยการใช้การเรียนรู้ของเครื่อง สำหรับการตรวจพบโรคพาร์กินสันในระยะเริ่มต้น โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบวนซ้ำชนิดพิเศษ Long Short-Term Memory กับข้อมูลโรคพาร์กินสันที ่ได้รับจากผู้เชี่ยวชาญของ โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์

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

รูปภาพประกอบด้วย แผนภาพ, ร่าง, การวาดภาพ, ตัวอักษร

คำอธิบายที่สร้างโดยอัตโนมัติ

**ภาพที่ 2-15** LSTM architecture

**2.2.2 DIABETES CLASSIFICATION USING MACHINE LEARNING TECHNIQUES**

จัดทำขึ้นโดย นางสาวเมธาพร ผ่องยิ่ง จากวิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต 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

รูปภาพประกอบด้วย ข้อความ, ภาพหน้าจอ, แผนภาพ, ตัวอักษร

คำอธิบายที่สร้างโดยอัตโนมัติ

**ภาพที่ 2-16** การทำงานของอัลกอริทึม Random forest

รูปภาพประกอบด้วย ข้อความ, ภาพหน้าจอ, แผนภาพ, วงกลม

คำอธิบายที่สร้างโดยอัตโนมัติ

**ภาพที่ 2-17** การจำแนกประเภทด้วยเทคนิคเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด

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

จัดทำขึ้นโดย นาย อามิณฑ์ หล้าวงศ์ และ นาย ศุภกิจ เศิกศิริ จากสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ ในงานวิจัยนี้ได้เสนอวิธีการปรับค่าระบบควบคุมพีไอดี โดยใช้วิธีการหาค่าที่เหมาะสม ด้วยการออกแบบการทดลองแบบบ๊อก-เบห์เคน และวิธีพื้นผิวตอบสนอง จากการทดลองใน แบบจำลองพีไอดีด้วยไมโครซอฟต์เอกเซลล์ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปรับค่าควบคุมการ ทำงานของอุปกรณ์ในโรงงานอุตสาหกรรม

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

* Y = ค่าความผิดพลาด (ค่าเป้าหมาย–ค่าความผิดพลาด)
* อัตราขยายสัดส่วน (Kp)
* อัตราขยายปริพันธุ์ (Ki)
* อัตราขยายอนุพันธุ์ (Kd)

 (2-14)

รูปภาพประกอบด้วย แผนภาพ, ไลน์, ตัวอักษร, ข้อความ

คำอธิบายที่สร้างโดยอัตโนมัติ

**ภาพที่ 2-18** บล็อกไดอะแกรมของตัวแบบควบคุมแบบพีไอดี

**2.2.4 Designing Ovens for Automatic Control Study**

จัดทำโดย นายสิทธิโชค สืบแต่ตระกูล และ นายทวีเดช ศิริธนาพิพัฒน์

จากภาควิชาวิศวกรรมเรื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ การทำงานข้างต้นคือรับค่าอุณหภูมิจากตู้อบขณะนั้นมาเปรียบเทียบการอุณหภูมิที่ต้องการ 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 เพื่อไปควบคุมกระแสที่จ่ายไปยังฮีตเตอร์ผ่านอุปกรณ์โซลิดสเตตรีเลย์

รูปภาพประกอบด้วย ข้อความ, แผนภาพ, ภาพหน้าจอ, ไลน์

คำอธิบายที่สร้างโดยอัตโนมัติ

**ภาพที่ 2-19** Block-diagram ของระบบที่มี PID controller

**2.2.5 CONTROL OF LIQUID LEVELS IN FOUR-TANK SIMULATION PROCESS**

จัดทำโดย นายชัชรภานุ จบดี นายชยพล พลเยี่ยม และนายวิชชากร ศิลปะสิทธิ์ จากภาควิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมระบบเครื่องมือวัด ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องมือวัดและอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

โครงงานนี้นําเสนอการควบคุมระดับของเหลวในกระบวนการ 4 ถังแบบจําลอง ซึ่งมี เป้าหมายเพื่อลดคาใชจ่าย ลดอันตราย และความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นในการสรางกระบวนการจริงใน ระหว่างขั้นตอนการออกแบบ ในโครงงานนี้ระบบ 4 ถังแบบจําลองถูกสรางขึ้นจากโปรแกรม LabVIEW ที ่ทำงานร่วมกับบอรด NI-myRIO เพื่อจัดสรรคสัญญาณไฟฟาสำหรับเซ็นเซอร์และตัวขับ ในกระบวนการจําลอง มีการใช PLC SIEMENS S7-1200 เพื่อควบคุมระดับของเหลวในกระบวนการ จําลองโดยใชการควบคุม PID

รูปภาพประกอบด้วย ข้อความ, ภาพหน้าจอ, แผนภาพ, จำนวน

คำอธิบายที่สร้างโดยอัตโนมัติ

**ภาพที่ 2-20** บล็อกไดอะแกรมการควบคุมระดับของเหลวในกระบวนการ 4 ถัง

**2.3 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของงานวิจัยที่เกี่ยวของ และโครงงานที่นำเสนอ**

โครงงานที่จัดขึ้นเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับโครงงานที่เกี่ยวของจะเห็นได้วา แต่ละโครงงานจะมี ขอดีขอเสียที่แตกต่างกันไป โดยสวนมากจะเกี่ยวของกับอุปกรณ์ที่ใชงาน ซึ่งมีคาใชจ่ายที่แตกต่างกัน และการใชงานอุปกรณ์จริงนั้น อาจจะทำใหเกิดอันตรายจากการทำงานได้ รวมถึงการแสดงการ จำลองการทำงานผานจอแสดงผล มีขอดีคือสามารถสังเกตุการทำงาน และหาคา Error ได้ง่าย โดยไม่จำเป็นตองสังเกตการณทำงานจากอุปกรณ์จริง แถมยังสามารถควบคุมการทำงานผ่านหนาจอได้อีก ด้วย ซึ่งผลเปรียบเทียบคุณสมบัติได้ดัง ตารางที่ 2-1

**ตารางที่ 2-1** สรุปขอดีขอเสียของงานวิจัยที่เกี่ยวของ และโครงงานที่นำเสนอ

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ชื่อโครงงาน | ข้อดี | ข้อเสีย |
| 1.Parkinson's Disease Diagnosis Using Machine Learning | - เป็นตัวช่วยในการตัดสินใจในการตรวจวินิจฉัยข้อมูลโรคพาร์กินสัน | - จำนวนข้อมูลตัวอย่างที่มีจำนวนน้อย ทำให้การเรียนรู้เครื่องทำได้อย่างจำกัด |
| 2.DIABETES CLASSIFICATION USING MACHINE LEARNING TECHNIQUES | - เป็นตัวช่วยในการตัดสินใจในการตรวจวินิจฉัยข้อมูลโรคเบาหวาน | - ยังไม่มีความเสถียรมากพอเนื่องจากระบบไม่พิจารณาอิทธิพลร่วม |
| 3.A STUDY OF OPTIMAL VALUES WITH PID CONTROLLER USING RESPONSE SURFACE METHOD | - ความเสถียรภาพในการ ใช ในการออกแบบ ออกมาดวยดีทำใหมีการ ยืดหยุนในการใชงาน | - การประยุกตใชยากเกินไปใน การใชงานคาที ่ตองคำนวณใน การประยุกตใชนั้นสูงมาก |
| 4.Close Loops Speed Control DC Motor using PID Controller | -การควบคุมที่สามารถ ปรับความแม่นยำ | - ความซับซอนในการปรับ คาพารามิเตอร์ในการใชงาน ยากเกินไป |
| 5.CONTROL OF LIQUID LEVELS IN FOUR-TANK SIMULATION PROCESS | - สามารถควบคุมผ่านหน้าจอแสดงผล HMI  - กำจัด Disturbance ให ดีขึ้น  - มีระบบ PID ช่วยในการควบคุม | - ปญหาดานคอมพิวเตอร์ที่จำเป็นตองมีคุณสมบัติที่สูงพอสมควร เนื่องจากสวนมากจะใช ดานกราฟิกและประมวลผลเป็นหลัก  - เนื่องจากทดลองเป็นการใช้การซิมทำให้เป็นค่าที่อยู่ในอุดมคติ |

**บทที่ 3**

**รายละเอียดโครงงาน**

ในบทนี้รายละเอียดโครงงานจะกล่าวถึงขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานจะกล่าวถึงหลักการ ทำงานในการออกแบบสร้างการควบคุมระดับของเหลวในกระบวนการ 4 ถัง รูปแบบกระบวนการ จำลองอย่างละเอียดรวมไปถึงการอธิบายหลักการทำงาน ให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้นั้น ในบทนี้ ผู้จัดทำปริญญานิพนธ์มีวิธีการดำเนินโครงงาน ดังนี้

3.1 ภาพรวมรายละเอียดของโครงงาน

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 ถัง

3.3.2.2 โฟลว์ชาร์ต (Flow Chart) การควบคุม PLC

3.3.2.3 แลดเดอร์ (Ladder) ควบคุมการทำงานของ PLC

3.3.2.4 การออกแบบ เอชเอ็มไอ (HMI) ของ PLC

3.3.3 การทำงานของ แมชชีนเลิร์นนิ่ง (Machine Learning)

3.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในโครงงาน

3.5 การออกแบบโครงสร้าง

**3.1 ภาพรวมรายละเอียดของโครงงาน**

ในชั้น Field Level จะอุปกรณ์ทั้งหมดที่หน้างาน เช่น Pump, Valve, Pressure Sensor, ถัง เป็นต้น โดยโครงงานที่จัดทำขึ้นนี้จะนำเสนอชั้น Field Level ในรูปแบบของกระบวนการของการควบคุมระดับของเหลวในกระบวน 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 โดยจะใช้HUB 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

รูปภาพประกอบด้วย ข้อความ, ภาพหน้าจอ

คำอธิบายที่สร้างโดยอัตโนมัติ

**ภาพที่ 3-1** **แผนผังของโครงงาน**

**3.2 วงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์**

A diagram of a power supply system

Description automatically generatedA drawing of a computer component

Description automatically generated

**HMI**

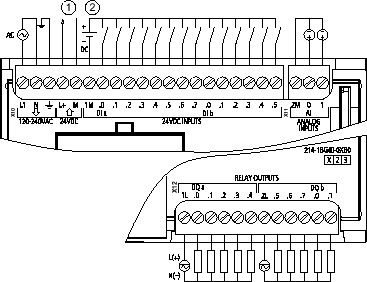
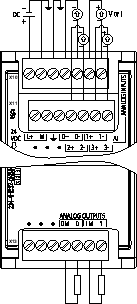
รูปภาพประกอบด้วย ร่าง, สี่เหลี่ยมผืนผ้า, ไลน์

คำอธิบายที่สร้างโดยอัตโนมัติ

A diagram of a power supply system

Description automatically generated

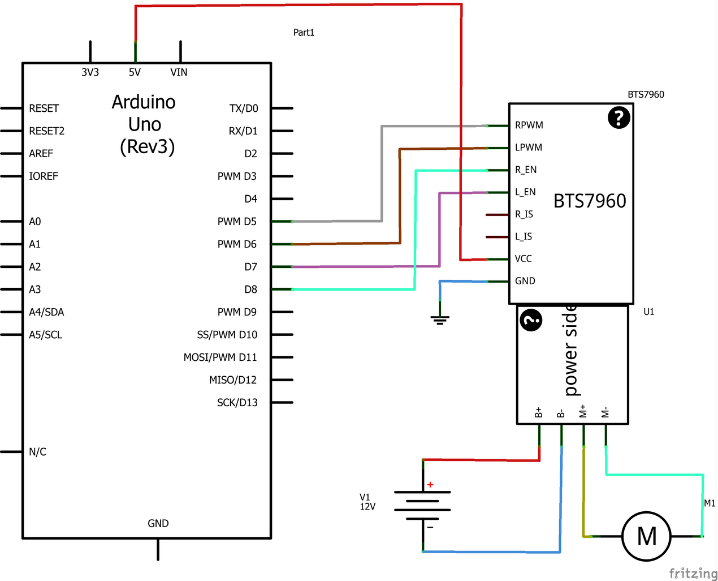
**Wincc**



**LAN**

รูปภาพประกอบด้วย ประแจ, เครื่องมือ, ออกแบบ

คำอธิบายที่สร้างโดยอัตโนมัติ



รูปภาพประกอบด้วย ภาพหน้าจอ, ไลน์, จำนวน, แผนภาพ

คำอธิบายที่สร้างโดยอัตโนมัติรูปภาพประกอบด้วย ข้อความ, ตัวอักษร, ภาพหน้าจอ

คำอธิบายที่สร้างโดยอัตโนมัติ

รูปภาพประกอบด้วย ร่าง, แผนภาพ, ไลน์, การวาดภาพ

คำอธิบายที่สร้างโดยอัตโนมัติ

**ภาพที่ 3-2** **วงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์**

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 ส่งสัญญาณ PWM ออกไปยังเอาต์พุต

PLC 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 ซึ่งรับค้า 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 จะสัมพันธ์กันแต่มีจะมีหลักการทำงานที่เหมือนกัน 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

รูปภาพประกอบด้วย ข้อความ, แผนภาพ, วางแผน, เทคนิคการวาดภาพ

คำอธิบายที่สร้างโดยอัตโนมัติ

**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 | รูปภาพประกอบด้วย วงกลม  คำอธิบายที่สร้างโดยอัตโนมัติ |
| 5 | LT : Level Transmitter | เครื่องส่งระดับ | รูปภาพประกอบด้วย ข้อความ, วงกลม, ตัวอักษร, เครื่องหมาย  คำอธิบายที่สร้างโดยอัตโนมัติ |

**3.3.3 การควบคุมระดับของเหลวด้วย PLC**

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

รูปภาพประกอบด้วย ข้อความ, แผนภาพ, ภาพหน้าจอ, วางแผน

คำอธิบายที่สร้างโดยอัตโนมัติ

**ภาพที่ 3-4** **บล็อกไดอะแกรมการควบคุมระดับของเหลวในกระบวนการ 4 ถัง**

**3.3.2.2 Flow Chart การควบคุม PLC**

A diagram of a process

Description automatically generated

**ภาพที่ 3-5 Flowchart การควบคุม PLC**

A diagram of a process

Description automatically generated

**ภาพที่ 3-6 Flowchart การควบคุม PLC (ต่อ)**

**3.3.2.3 Ladder ควบคุมการทำงานของ PLC**

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

**A screenshot of a computer

Description automatically generated**

**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 เพื่อควบคุมการทำงาน Pump ดังภาพที่ 3-8

A computer screen shot of a computer

Description automatically generated

**ภาพที่ 3-8 Ladder PID ควบคุมระดับน้ำในถัง**

**3.3.2.4 การออกแบบ HMI ของ PLC**

การออกแบบหน้าจอ HMI โดยกระบวนการผลิตและควบคุมคุณภาพของ Wecon ดำเนินการตามระบบการจัดการคุณภาพ ISO 9001 และมีมาตรฐานความปลอดภัยIP65 (เฉพาะหน้าจอ) โดยจะใช้เพื่อแสดงผลกระบวนของการควบคุมของเหลว แบบ 4 ถัง ที่สามารถแสดงผลระดับน้ำและควบคุมระดับน้ำได้ตามที่ต้องการ โดยจะมีสเกลที่แสดง ระดับในถังทั้ง 4 ถังตั้งแต่ 0-100 % มีControl Panel ใช้ในการเปิด-ปิดการทำงานของ Pump แสดงสถานการณ์ทำงานของ Pump มีการควบคุมระดับน้ำโดยสามารถกำหนดใส่ Setpoint ของถังที่ 2 แล 4 ตามลำดับดังภาพที่ 3-9

A screenshot of a computer

Description automatically generated

**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 พร้อมทั้งแสดงค่าออก ทางหน้า HMI เมื่อตรวจพบการทำงานที่ผิดปกติ

**ภาพที่ 3-10** **Software WinCC Machine Learning**

**ภาพที่ 3-11** **Flowchart การทำงานของ Machine Learning**

**3.4 การออกแบบกระบวนการ**

**3.4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในโครงงาน**

การเตรียมอุปกรณ์ในการประกอบชิ้นงานจริงจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ที่มีคุณภาพสูง เพื่อ ประสิทธิภาพในการทำงาน จึงจัดเตรียมอุปกรณ์ ดังแสดงในตารางที่ 3-4

**ตารางที่ 3-4** ตารางรายการอุปกรณ์ที่ใช้งาน

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **ลำดับที่** | **ชื่อ** | **รายละเอียด** | **รูปภาพ** | **จำนวน** |
| **1** | LED Green | ขนาด 22mm  24 VDC | Pilot lamp สีเขียว ขนาด 22 mm ไฟตู้คอนโทรล LED power led AD16-22D/S  AD16-22DS universal signal light | **1** |
| **2** | Emergency Stop | ขนาด 22mm  24 VDC | 5 Amp 240 V Emergency Stop Push Button at Rs 90/piece in Pune | ID:  24323853633 | **1** |
| **3** | แผงหน้าจอสัมผัสขั้นสูง PI3070i HMI PI3070iSL | ขนาด 7 นิ้ว,ความละเอียด 800x480 | PI3070i | **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 | รูปภาพประกอบด้วย แบตเตอรี่  คำอธิบายที่สร้างโดยอัตโนมัติ | **1** |
| **6** | PLC Simens S7-1200 | CPU 1212c  DC 24V | รูปภาพประกอบด้วย ข้อความ  คำอธิบายที่สร้างโดยอัตโนมัติ | **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 | สายไฟ VSF IEC02 THW (f) 1x2.5 sq.mm. สีแดง THAI UNION | 1 |
| 9 | สายไฟ VSF THAI UNION มาตรฐาน มอก.  สีขาว | ขนาด 1.5 SQ.mm 3 m | สายไฟ IEC06 IV VSF 1x1 sq.mm. สีขาว THAI UNION - thaihardwaresolution | 1 |
| 10 | S7-1200 Analog Module | แรงดันไฟฟ้าที่ใช้งาน : 24 Vdc  กระแสเอาต์พุต : 0-20 mA  จำนวนอินพุต/เอาต์พุต : 6 ช่อง |  | 1 |
| 11 | Water pump | แรงดันไฟฟ้าที่ใช้งาน : 240 V  กระแสไฟฟ้าที่ใช้ : 23 mA  ปริมาณการปั๊มน้ำ : 200 L/hr | รูปภาพประกอบด้วย อิเล็กทรอนิกส์  คำอธิบายที่สร้างโดยอัตโนมัติ | 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 | Flush pressure transmitter - S-11 - WIKA Thailand | 1 |

**3.5 การออกแบบโครงสร้าง**

โดยการออกแบบโครงสร้างจะเริ่มจากการสร้างฐานชองชิ้นงานโดยใช้อลูมิเนียมโปรไฟล์ขนาด ความยาว30x30 mm ขนาดความยาว 300 mm อลูมิเนียมโปรไฟล์ขนาดความยาว 30x30 mm ยาว 500 mm อลูมิเนียมโปรไฟล์ขนาดความยาว 30x30 mm ยาว 700 mm เป็นฐานรองชิ้นงานใช้ รองน้าหนักทั้งหมด 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 ตัว

**บทที่4**

**ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง**

ในบทนี้เป็นการกล่าวถึงผลการทดสอบควบคุมระดับของเหลวในกระบวนการ 4 ถัง โดยใช้ PLCร่วมกับPID และใช้การเรียนรู้ของเครื่องเข้ามาตรวจจับการทำงานที่ผิดปกติของกระบวนการ โดยแบ่งเป็นหัวข้อดังต่อไปนี้

4.1 การเตรียมอุปกรณ์ในการทดลอง

4.2 การทดสอบการควบคุมระดับน้ำในถังโดยใช้ระบบ PID

4.3 การใช้การเรียนรู้ของเครื่อง

**4.1 การเตรียมอุปกรณ์ในการทดลอง**

การเริ่มในการทำงาน ทำการโดยการใช้คอมพิวเตอร์เชื่อมต่อเข้ากับ PLC และหน้าจอ HMI โดยใช้สาย LAN ผ่าน Siemens SCALANCE XB005 โดยจะมีหลอดไฟสีเขียวขึ้นเพื่อแสดงว่าว่าพร้อมใช้งาน และเตรียมน้ำในถังให้เรียบร้อย เตรียมความพร้อมสำหรับการทดลองกระบวนการและการทดสองกระบวนการแสดงดังภาพที่ 4-1 คุณสมบัติของคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง ดังตารางที่ 4-1

**ภาพที่ 4-1 โครงสร้างการต่ออุปกรณ์แต่ละส่วนเพื่อเตรียมการทดลอง**

จากภาพที่ 4-1 โครงสร้างชิ้นงานจริงในการเตรียมการทดลอง โดยมีหน้าจอ HMI ให้ผู้ใช้งานได้ป้อนค่าระดับน้ำที่ต้องการ โดยระบบจะเติมน้ำจนถึงที่ต้องการ และรักษาระดับน้ำนั้นไว้

ภาพที่ 4-2 เปลี่ยนแปลงเซ็ตพอยต์

จากภาพที่ 4-2 เมื่อระดับน้ำถึงระดับที่ต้องการ ทำการเปลี่ยนแปลงค่าเซ็ตพอยต์ และสังเกตกราฟการเปลี่ยนแปลงของค่า SP, PV1, PV2, MV1, MV2 และบันทึกผลทุกๆ 1 วินาทีเป็นเวลา 10 นาที ต่อ 1 เซ็ตพอยต์ และเปลี่ยนเซ็ตพอยต์ไปยังค่าอื่นๆที่ 20% 50% 80% และบันทึกการเปลี่ยนแปลงในรูปในแบบไฟล์ 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% และทำการเติมน้ำเข้าสู่ถัง โดยกำหนดที่ 20% และได้เก็บค่าระดับน้ำไว้เมื่อผ่านไปทุกๆ 1 วินาที ดังภาพที่ 4-2

ภาพที่ 4-2 การทดลองเมื่อระดับน้ำเริ่มต้นอยู่ที่ 80% เซ็ตพอยต์ที่ 20%

4.2.1 การทดลองเมื่อระดับน้ำเริ่มต้นอยู่ที่ 20% เซ็ตพอยต์ที่ 20%

ทดลองการเติมน้ำเข้าสู่ถังที่มีระดับน้ำเริ่มต้นที่ 80% และทำการเติมน้ำเข้าสู่ถัง โดยกำหนดที่ 20% และได้เก็บค่าระดับน้ำไว้เมื่อผ่านไปทุกๆ 1 วินาที ดังภาพที่ 4-2

ภาพที่ 4-2 การทดลองเมื่อระดับน้ำเริ่มต้นอยู่ที่ 80% เซ็ตพอยต์ที่ 20%

4.2.1 การทดลองเมื่อระดับน้ำเริ่มต้นอยู่ที่ 80% เซ็ตพอยต์ที่ 20%

ทดลองการเติมน้ำเข้าสู่ถังที่มีระดับน้ำเริ่มต้นที่ 80% และทำการเติมน้ำเข้าสู่ถัง โดยกำหนดที่ 20% และได้เก็บค่าระดับน้ำไว้เมื่อผ่านไปทุกๆ 1 วินาที ดังภาพที่ 4-2

ภาพที่ 4-2 การทดลองเมื่อระดับน้ำเริ่มต้นอยู่ที่ 80% เซ็ตพอยต์ที่ 20%

**4.3 การทดสอบการควบคุมระดับน้ำในถังโดยใช้ระบบ PID**

การควบคุมระดับของเหลวในกระบวนการ 4 ถัง แบบจำลอง โดยใช้ระบบ PID นั้นจะทำการ ตั้งค่า Kp, Ki, Kd ให้เหมาะสมต่อการควบคุม

**ตารางที่ 4-8 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| พารามิเตอร์ | PID1 | PID2 |
| Proportional gain (Kp) | 6.595362E-1 | 1.0 |
| Integral action time (Ti) | 4.605294 | 5.0 |
| Derivative action time (Td) | 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 Kp,Ki,Kd เข้า Controller แล้ว สังเกตค่าที่ทำให้ระบบสมดุล โดยกำหนด Setpoint อยู่ที่ 80% ผลที่ได้ จะยังมีค่า Overshoot ไม่เกินที่ 10% ตามเอกสารอ้างอิง......ระยะเวลาในการเข้า Setpoint อยู่ที่ 96 วินาทีดังภาพที่ 4-16

**4.3 การใช้การเรียนรู้ของเครื่อง**

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