**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**

ในบทนี้จะกลาวถึงงานวิจัยหรือสิ่งประดิษฐ์ที่เกี่ยวข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) ในการรับและส่งค่า

ข้อมูลต่างๆ 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-

Wincc



Supervisory

HMI

……………………………………………………………………………………………………………………………..

PLC



Control Level



Field Level

……………………………………………………………………………………………………………………………..

**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**

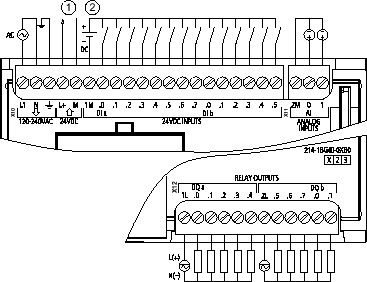
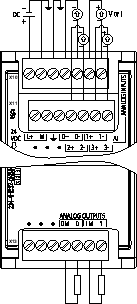
รูปภาพประกอบด้วย ร่าง, สี่เหลี่ยมผืนผ้า, ไลน์

คำอธิบายที่สร้างโดยอัตโนมัติ

A diagram of a power supply system

Description automatically generated

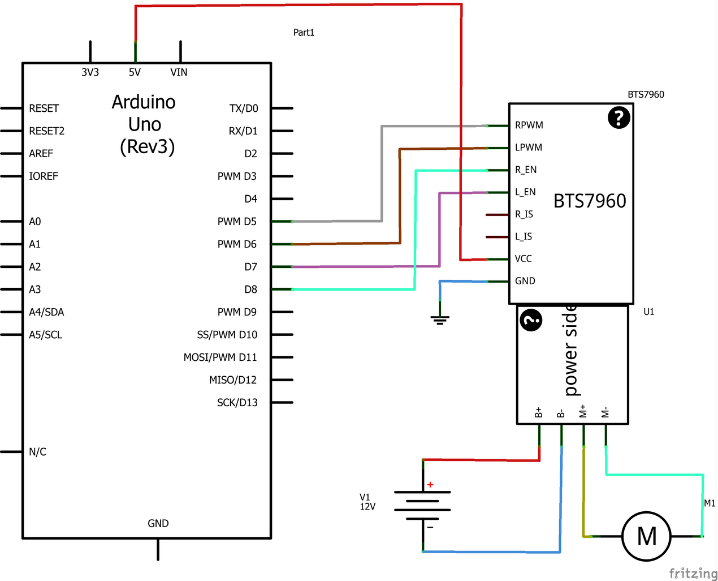
**Wincc**



**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 Imput 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 ดังภาพที่ 3- 12 และประกอบชิ้นงานจริงจะแสดงดังภาพที่ 3-13

**ภาพที่ 3-12** **โครงสร้างชิ้นงานที่ออกแบบจากโปรแกรม**

**ภาพที่ 3-13** **โครงสร้างชิ้นงานจริงที่ติดตั้งอุปกรณ์เรียบร้อย**

ส่วนของฮาร์ดแวร์จริงเป็นส่วนที่ใช้ในการควบคุมระดับของเหลวใน การควบคุมระดับของเหลวแบบถังคู่ใช้ PLC Siemens รุ่น S7-1200 เป็นตัวควบคุม โดยสามารถแสดงบล็อกไดอะแกรมของการควบคุมได้ตามภาพที่ 3-11 ซึ่งแสดงถึงการใช้ตัวควบคุม PID จำนวน 2 ตัวในการควบคุมระบบ โดยใช้การควบคุมแบบ Cascade Control มีวัตถุประสงค์ในการควบคุมระดับของเหลวในถังที่ 2 และถังที่ 4 ให้เป็นไปตามค่าที่ต้องกา

**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

ภาพที่ 4-3 การแจ้งเตือนเมื่อเกิดความผิดปกติ

จากภาพที่ 4-3 เป็นการแสดงผลผ่านทางหน้าจอ เอชเอ็มไอ ขึ้นแจ้งเตือนว่ากระบวนการควบคุมของเหลวเกิดความผิดปกติขึ้น

**ตารางที่ 4-1 คุณสมบัติของคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง**

|  |  |
| --- | --- |
| CPU |  |
| RAM |  |
| Graphic |  |
| OS |  |
| องค์ประกอบในคอมพิวเตอร์ | ใช้ในการเชื่อมต่อ PLC |
| Software |  |

**ตารางที่ 4-2 คุณสมบัติของหน้าจอ HMI**

|  |  |
| --- | --- |
| รุ่น | PI3070i |
| Resolution | 800×480 TFT LCD, 16,000k colors |
| Power input | DC 24V |
| Display size | 7 inch |
| Software | PIStudio |
| 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 0% เซ็ตพอยต์ที่ 20%

ทดลองการเติมน้ำเข้าสู่ถังที่มีระดับน้ำเริ่มต้นที่ 0 และทำการเติมน้ำเข้าสู่ถัง โดยกำหนดที่ 20% และได้เก็บค่าระดับน้ำไว้เมื่อผ่านไปทุกๆ 1 วินาที ดังภาพที่ 4-2

ภาพที่ 4-2

**4.3 การทดสอบการควบคุมระดับน้ำในถังโดยใช้ระบบ PID**

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

ตารางที่ 4-... ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ |  |
| Proportional gain (Kp) | 7.595362E-1 |
| Integral action time (Ti) | 5.605294 |
| Derivative action time (Td) | 1.17459 |
| Derivative delay coefficient (a) | 0.1 |
| Proportional action weighting (b) | 1.0 |
| Derivative action weighting (c) | 0.0 |
| Sampling time of PID algorithm | 3.000078E-1 |

จากภาพที่ 4- การทดลองกระบวนการควบคุมระดับของเหลวในกระบวนการ การทดลองป้อนค่า Kp,KI เข้า Controller แล้ว สังเกตค่าที่ทำให้ระบบสมดุล โดยกำหนด Setpoint อยู่ที่ 80% ผลที่ได้ จะยังมีค่า Undershoot อยู่ที่ .....% แต่ไม่มีค่า Overshoot ใช้ระยะเวลาการเข้าสู่ Setpoint จะอยู่ที่ 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