บทคัดย่อ

การวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนาการเรียนรู้ทางวิศวกรรมระบบควบคุมอัตโนมัติ ให้ดำเนินการตามยุทธศาสตร์และวัตถุประสงค์ของการพัฒนาประเทศทางด้านการศึกษาเทคโนโลยีระบบควบคุมอัตโนมัติ โดยมีการพัฒนาคนและสถาบันต้นแบบหรือหน่วยงานเชื่อมโยงจากหน่วยงานที่มีอยู่เพื่อให้สามารถแข่งขันกับอุตสาหกรรมในกลุ่มประเทศอาเซียน โดยในการการออกแบบวิจัยและพัฒนาชุดทดลองการควบคุมระดับของเหลวแบบอัตโนมัติในอุตสาหกรรมตามความการใช้งานจริงของอุตสาหกรรม เพื่อใช้ในการเรียนการสอนโดยชุดทดลองต้นแบบสามารถสื่อให้เป็นถึงทฤษฎีการควบคุมขั้นสูง ไว้ใช้ในการเรียนการสอนหรือการอบรมบุคคลากรจากภาคอุตสาหกรรม โดยใช้งานร่วมกับครุภัณฑ์มาตรฐานที่มีอยู่แล้ว ทำให้เพิ่มศักยภาพของหลักสูตรที่มีอยู่ เช่น ตัวอย่างหลักสูตรการเรียนรู้เบื้องต้นสำหรับการควบคุมระบบอัตโนมัติอย่างฉลาด ประกอบด้วย เซ็นเซอร์วัดปริมาณทางอุตสาหกรรมภายนอกโดยรอบตัว ซึ่งสามารถวัดปริมาณและจำลอง เพื่อผู้ใช้จะสามารถควบคุมการทำงานชุดทดลองเสมือนจริง ผ่านทางตัวควบคุม ไม่ว่าจะเป็น PLC Microcontroller และเครื่องคอมพิวเตอร์

ส่วนการทดสอบหาความสัมพันธ์การตอบสนองของสัญญาณด้วยวิธี ON-OFF และ PID โดยทดสอบการปรับค่าเกนการควบคุมของระบบผลที่ได้มีแนวโน้มเป็นไปตามทฤษฎีการควบคุมซึ่งอธิบายผลตอบสนองของสัญญาณการควบคุมรักษาระดับน้ำและสอดคล้องกับผลของงานวิจัยที่เก็บได้ในห้องปฏิบัติการ โดยความสามารถทำให้สัญญาณควบคุมของระบบให้เป็นไปตามเป้าหมายของกระบวนการ

Abstract

This reseach presents development of engineering education about automation engineer. The objectives of develop education technology, automatic control systems. The development and pilot institutions or company associated with the agency so that it can compete with companies in the ASEAN countries. In the design research and development training kit to support and use in teaching and learning control liquid level like an industry as the reality of the industry. The trainner could be applied to the advanced control theory for experiment in teaching or training in class room similary industry personnel. The hardware is compatible with existing standards. It is increase the capacity of existing courses, such as a course to learn basic control system consists of a sensor industry around the outside parmerter. The sensor could be real measured and simulation from plant model. The student can control the virtual experiments. Controller could be learning such as PLC, Microcontroller and computers.

The experiments determine relation of correlated response signal ON-OFF and PID by adjust Gain control systems that have tenor as same as control theory, which describes the response of the control. The experimental results of this the research collected in the operating room. The ability to control the system to could be doand meet the taget and follow by objective

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณอาจารย์สมพงษ์ ทานอก สำหรับแนวความคิดในการทำงานวิจัยให้ผู้วิจัยมีแนวทางในการวิจัย ทั้งยังทำงานวิจัยต้นแบบและแบบอย่างในงานวิจัยและแก้ไขรายงานฉบับสมบูรณ์นี้ให้บรรลุไปได้ด้วยดี และผู้ช่วยนักวิจัยอาจารย์ในสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า และสาขาวิศวกรรมโยธาที่คอยให้คำแนะนำและตรวจทานผลการวิจัยในครั้งนี้ให้ผ่านไปได้ด้วยดียิ่งขึ้นรวมทั้งเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่สละเวลาในการประสานงานและติดต่องานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในงานวิจัยนี้ และ บริษัท ออมรอน อิเล็กทรอนิกส์จำกัด ที่ได้ให้ความกรุณาอนุเคราะห์ข้อมูลเพื่อให้วิจัยให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่และบุคลากรคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครทุกท่านที่ให้การสนับสนุนในด้านของเครื่องมือ สถานที่ การทำหนังสือขออนุญาตในด้านต่างๆและคำแนะนำในการทำการทดสอบทำให้สามารถทำการวิจัยในครั้งนี้เป็นไปอย่างราบรื่น รวมถึงขอขอบคุณครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่สนับสนุนทุนในการทำวิจัยในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอมอบคุณงามความดีทั้งหมดให้แก่มารดาและญาติของผู้วิจัยที่ให้การสนับสนุนให้ผู้วิจัยได้มีวันที่ผู้วิจัยได้มีวันนี้ รวมถึงให้กำลังใจกับผู้วิจัยในทุกๆด้านตลอดมาตั้งแต่ผู้วิจัยได้เกิดมาบนโลกใบนี้และให้ทัศนคติในการดำรงชีวิตให้สามารถดำรงชีวิตมาจนวันนี้ได้

ศุภชัย หอวิมานพรและคณะ

30 กันยายน 2555

สารบัญ

หน้า

สารบัญ i
สารบัญรูป iii
สารบัญตาราง vi
บทที่ 1 บทนำ 1-1
1.1 ความเป็นมาของโครงการ 1-1
1.2 วัตถุประสงค์ 1-2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 1-2
1.4 ประโยชน์คาดว่าจะได้รับ 1-2
1.5 โครงสร้างของรายงาน 1-3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 2-1
2.1 การเรียนการสอนในรายวิชาวิศวกรรม 2-1
2.1.1 ความหมายระบบควบคุมอัตโนมัติ 2-2
2.1.2 ประวัติของการควบคุมอัตโนมัติ 2-2
2.1.3 การใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติแบบดั้งเดิม 2-3
2.1.4 การใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติสมัยใหม่ 2-4
2.2 ของไหลและทฤษฎีในการควบคุม 2-5
2.2.1 ระบบควบคุมอัตโนมัติสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ ดังนี้ 2-5
2.2.2 คุณภาพของระบบควบคุมอัตโนมัติ 2-8
2.2.3 ส่วนประกอบของระบบควบคุมอัตโนมัติ 2-8
2.2.4 ระบบควบคุมอัตโนมัติในงานอุตสาหกรรมการผลิต 2-9
2.3 หลักการระบบควบคุมอันดับหนึ่งและสอง 2-10
2.4 ชุดทดลองในงานควบคุม 2-18
2.5 ครุภัณฑ์มาตรฐานในงานควบคุม 2-19
2.5.1 โปรแกรมเมเบิ้ลลอจิกคอนโทลเลอร์ 2-20
2.5.2 การรับค่าจากอุปกรณ์เซนเซอร์เข้าสู่ PLC 2-22
2.5.3 ระบบการรับส่งข้อมูลระหว่างเซนเซอร์และโปรแกรมเมเบิ้ลลอจิกคอนโทลเลอร์ 2-24
2.5.4 การแบ่งประเภทตามการใช้งานทั่วไปของกระบวนการในงานอุตสาหกรรม ... 2-25
2.6 ประเภทและชนิดของการควบคุมในงานวิศวกรรม 2-25
2.6.1 การควบคุมระดับของเหลวด้วยการ On-Off 2-26
2.6.2 การควบคุมระดับของเหลวด้วยพีไอดี 2-26
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ 3-1

3.1 อุปกรณ์เซนเซอร์ที่ใช้ในงานควบคุม 3-1
3.2 ตัวควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ 3-2
3.3 ระบบการไหล 3-3
3.4 โปรแกรมในการทดสอบ 3-3
3.5 การทดสอบตัวควบคุม 3-4
3.5.1 การควบคุมแบบเปิด-ปิด (ON-OFF Control Algorithm) 3-5
3.5.2 การควบคุมแบบ Proportional + Integral + Derivative Control (PID Algorithm) 3-5
3.6 การทดสอบระบบการควบคุมของไหล 3-8
3.6.1 การทดสอบด้วยวิธีพีไอดี 3-8
3.6.2 การจูนค่าเกนค่า PID ทดสอบสัญญาณควบคุม 3-12
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง 4-1
4.1 ผลการทดสอบด้วยวิธีพี (P) 4-1
4.2 ผลการทดสอบด้วยวิธีพีไอ (PI) 4-2
4.3 ผลการทดสอบด้วยวิธีพีดี (PID) 4-4
4.4 วิจารณ์ผลการทดสอบ 4-4
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 5-1
5.1 การออกแบบและสร้างชุดทดลองการควบคุมระบบอัตโนมัติในทางวิศวกรรมหลักเพื่อใช้ร่วมกับครุภัณฑ์มาตรฐาน 5-1
5.1.1 การทดสอบด้วยวิธี ON-OFF 5-1
5.1.2 การทดสอบด้วยวิธี PID 5-1
5.2 การเปรียบเทียบสัญญาณการควบคุม 5-1
5.2.1 ตัวควบคุมแบบพี (P) 5-1
5.2.2 ตัวควบคุมแบบพี (PI) 5-2
5.2.3 ตัวควบคุมแบบพี (PID) 5-2
5.3 ข้อเสนอแนะ 5-2
5.3.1 การไม่เป็นเชิงเส้น 5-2
5.3.2 การปรับจูนค่าให้เหมาะสม 5-2
บทที่ 6 บรรณานุกรม 6-3
บทที่ 7 ภาคผนวก 7-4

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 แสดงตัวอย่างการใช้ในงานอุตสาหกรรม 2-2
รูปที่ 2.2 ตัวอย่างการพัฒนาใช้ระบบควบคุมกับงานขนส่งและเดินทาง 2-3
รูปที่ 2.3 ระบบควบคุมแบบเปิด 2-5
รูปที่ 2.4 การควบคุมระดับน้ำในถัง 2-6
รูปที่ 2.5 องค์ประกอบของการควบคุมระดับน้ำในถังแบบเปิด 2-6
รูปที่ 2.6 องค์ประกอบของการควบคุมแบบปิดหรือแบบป้อนกลับ 2-7
รูปที่ 2.7 ระบบควบคุมแบบปิดหรือแบบป้อนกลับ 2-7
รูปที่ 2.8 ส่วนที่เป็นตัวควบคุมและส่วนประกอบต่าง ๆ 2-8
รูปที่ 2.9 การควบคุมแบบป้อนกลับ 2-9
รูปที่ 2.10 การควบคุมแบบป้อนกลับ 2-11
รูปที่ 2.11 แสดงการตอบสนองของระบบอันดับหนึ่งต่ออินพุตแบบสัญญาณระดับ 2-12
รูปที่ 2.12 การตอบสนองของระบบอันดับ 2 เมื่ออินพุตเป็น unit step ทั้ง 4 กรณี 2-12
รูปที่ 2.13 ระบบควบคุมอัตโนมัติในงานอุตสาหกรรมการผลิต 2-14
รูปที่ 2.14 ระบบควบคุมอัตโนมัติในงานอุตสาหกรรมการผลิตที่แสดงเป็นภาพกราฟิก 2-15
รูปที่ 2.15 แสดงตัวอย่างการใช้ในงานอุตสาหกรรม 2-15
รูปที่ 2.16 แสดงตัวอย่างชุดทดลองระบบควบคุมอัตโนมัติ 2-19
รูปที่ 2.17 ชุดควบคุม PLC มาตรฐานในห้องปฏิบัติการ 2-20
รูปที่ 2.18 Block Type Programmable Logic Controller 2-20
รูปที่ 2.19 Rack Type Programmable Logic Controller 2-21
รูปที่ 2.20 Cx-Programmer เพื่อสั่งงาน PLC 2-21
รูปที่ 2.21 PLC ตามมาตรฐานครุภัณฑ์ทางการศึกษา 2-21
รูปที่ 2.22 ชุดจำลองการทำงานตามวัตถุประสงค์การเรียนการสอน 2-22
รูปที่ 2.23 ตัวอย่างอุปกรณ์และตัวตรวจจับอินพุตแบบดิจิตอล 2-23
รูปที่ 2.24 รูปการทำงาน วงจรอินพุตแบบ DC 2-23
รูปที่ 2.25 รูปการทำงานวงจรอินพุตแบบ AC 2-23
รูปที่ 2.26 สัญญาณขนาด 0-10 VDC 2-24
รูปที่ 2.27 อัลตร้าโซนิคเซนเซอร์สำหรับงานวัดระดับของเหลว 2-26
รูปที่ 2.28 ระบบควบคุมแบบ ON-OFF 2-26
รูปที่ 2.29 การนำ PLC ไปใช้ในการควบคุมระดับน้ำ 2-27
รูปที่ 2.30 แผนภาพบล็อกของการควบคุมแบบพีไอดี 2-27
รูปที่ 2.31 แผนภาพบล็อกของการควบคุมแบบพีไอดี 2-28
รูปที่ 3.1 PLC ที่มีโมดูลอนาลอกสำหรับรับค่าสัญญาณควบคุมป้อนกลับ 3-1
รูปที่ 3.2 เซนเซอร์วัดค่าแรงดันของเหลวเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้า 3-1

รูปที่ 3.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ 3-2
รูปที่ 3.4 แสดงการสร้างชุดทดลองการไหลแบบถังเก็บน้ำ 3-3
รูปที่ 3.5 โปรแกรม Cx-one ที่ใช้กับ PLC OMRON 3-3
รูปที่ 3.6 แสดงการเขียนโปรแกรม Cx-Programmer 3-4
รูปที่ 3.7 แสดงการใช้วัสดุเพื่อการทดสอบ 3-4
รูปที่ 3.8 การเขียนโปรแกรมเพื่อทดสอบการควบคุมแบบ ON - OFF 3-5
รูปที่ 3.9 ขั้นตอนการนำสัญญาณควบคุมมาสเกลค่า 3-6
รูปที่ 3.10 โปรแกรมการแปลงค่าสัญญาณควบคุมจาก BCD เป็น BIN 3-6
รูปที่ 3.11 โปรแกรมตัวควบคุมด้วย PID 3-7
รูปที่ 3.12 แสดงคุณลักษณะเฉพาะของคำสั่ง PID 3-7
รูปที่ 3.13 แสดงการตั้งค่าและสัญญาณควบคุมที่อยู่ในหน่วยความจำ PLC 3-7
รูปที่ 3.14 รูปแสดงการจำลองการทดสอบระบบการไหล 3-8
รูปที่ 3.15 แสดงการกำหนดค่าเป้าหมายและเกน PID ในการควบคุม 10 มิลลิเมตร 3-8
รูปที่ 3.16 แสดงระดับที่สามารถควบคุมได้ตามเป้าหมาย 10 มิลลิเมตร 3-9
รูปที่ 3.17 แสดงการกำหนดค่าเป้าหมายและเกน PID ในการควบคุม 20 มิลลิเมตร 3-9
รูปที่ 3.18 แสดงระดับที่สามารถควบคุมได้ตามเป้าหมาย 20 มิลลิเมตร 3-9
รูปที่ 3.19 แสดงการกำหนดค่าเป้าหมายและเกน PID ในการควบคุม 50 มิลลิเมตร 3-10
รูปที่ 3.20 แสดงระดับที่สามารถควบคุมได้ตามเป้าหมาย 20 มิลลิเมตร 3-10
รูปที่ 3.21 แสดงการกำหนดค่าเป้าหมายและเกน PID ในการควบคุม 70 มิลลิเมตร 3-10
รูปที่ 3.22 แสดงระดับที่สามารถควบคุมได้ตามเป้าหมาย 70 มิลลิเมตร 3-11
รูปที่ 3.23 แสดงการกำหนดค่าเป้าหมายและเกน PID ในการควบคุม 100 มิลลิเมตร 3-11
รูปที่ 3.24 แสดงระดับที่สามารถควบคุมได้ตามเป้าหมาย 100 มิลลิเมตร 3-11
รูปที่ 4.1 แสดงการกำหนดค่าเป้าหมาย 115 มิลิเมตร และเกน P ในการควบคุม 4-1
รูปที่ 4.2 แสดงการกำหนดค่าเป้าหมายและเกน P=1, I=Very ในการควบคุม 4-2
รูปที่ 4.3 แสดงการกำหนดค่าเป้าหมายและเกน P=100, I=Very ในการควบคุม 4-3
รูปที่ 4.4 แสดงการกำหนดค่าเป้าหมายและเกน P=10, I=Very ในการควบคุม 4-3
รูปที่ 4.5 แสดงการกำหนดค่าเป้าหมายและเกน PID ในการควบคุม 4-4
รูปภาคผนวก 1 แสดงการกำหนดค่าเป้าหมายและเกน P ในการควบคุม 7-4
รูปภาคผนวก 2 แสดงค่าเกน P=1 ในการควบคุม 7-5
รูปภาคผนวก 3 แสดงค่าเกน P=10 ในการควบคุม 7-5
รูปภาคผนวก 4 แสดงค่าเกน P=100 ในการควบคุม 7-6
รูปภาคผนวก 5 แสดงค่าเกน P=1000 ในการควบคุม 7-6
รูปภาคผนวก 6 แสดงค่าเกน P=2000 ในการควบคุม 7-7
รูปภาคผนวก 7 แสดงค่าเกน P=5000 ในการควบคุม 7-7
รูปภาคผนวก 8 แสดงค่าเกน P=7500 ในการควบคุม 7-8
รูปภาคผนวก 9 แสดงค่าเกน PI=1 ในการควบคุม 7-8
รูปภาคผนวก 10 แสดงค่าเกน PI=10 ในการควบคุม 7-9

รูปภาคผนวก 11 แสดงค่าเกน PI=100 ในการควบคุม 7-9
รูปภาคผนวก 12 แสดงค่าเกน PI=1000 ในการควบคุม 7-10
รูปภาคผนวก 13 แสดงค่าเกน PI=2000 ในการควบคุม 7-10
รูปภาคผนวก 14 แสดงค่าเกน PI=5000 ในการควบคุม 7-11
รูปภาคผนวก 15 แสดงค่าเกน PI=7500 ในการควบคุม 7-11
รูปภาคผนวก 16 แสดงค่าเกน P=100 I=1 ในการควบคุม 7-12
รูปภาคผนวก 17 แสดงค่าเกน P=100 I=10 ในการควบคุม 7-12
รูปภาคผนวก 18 แสดงค่าเกน P=100 I=100 ในการควบคุม 7-13
รูปภาคผนวก 19 แสดงค่าเกน P=100 I=1000 ในการควบคุม 7-13
รูปภาคผนวก 20 แสดงค่าเกน P=100 I=100 D=100 ในการควบคุม 7-14
รูปภาคผนวก 21 แสดงค่าเกน P=10 I=10 D=10 ในการควบคุม 7-14
รูปภาคผนวก 22 แสดงค่าเกน P=1 I=1 D=1 ในการควบคุม 7-15

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1 แสดงการปรับค่าความสัมพันธ์ของการจูนค่าเกน P 3-12
ตารางที่ 3.2 แสดงการปรับค่าความสัมพันธ์ของการจูนค่าเกน PI 3-12
ตารางที่ 3.3 แสดงการปรับค่าความสัมพันธ์ของการจูนค่าเกน PI 3-12
ตารางที่ 3.4 แสดงการปรับค่าความสัมพันธ์ของการจูนค่าเกน PID 3-12

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงการ

ในการพัฒนาการเรียนรู้ทางวิศวกรรมระบบควบคุมอัตโนมัติ รัฐบาลไทยได้อนุมัติงบประมาณให้ดำเนินการตามยุทธศาสตร์หุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติ โดยมีการพัฒนาสถาบันต้นแบบและหน่วยงานเชื่อมโยงจากหน่วยงานที่มีอยู่เพื่อให้สามารถแข่งขันกับอุตสาหกรรมในกลุ่มประเทศอาเซียนได้ มีการออกแบบวิจัยและพัฒนาระบบการควบคุมอัตโนมัติและหุ่นยนต์อุตสาหกรรมตามความต้องการจริงของอุตสาหกรรม โดยให้การสนับสนุนและจัดกิจกรรมต่าง ๆตัวอย่างเช่นการเป็นแชมป์หุ่นยนต์โลกของเด็กไทย การสนับสนุนการออกแบบและสร้างหุ่นยนต์กู้ระเบิดไปใช้งานจริงที่สามจังหวัดชายแดนภาคใต้ แทนการนำเข้าหุ่นยนต์สายพันธ์ต่างชาติราคาแพง นอกจากนี้ยังมีการอบรมบุคคลากรจากภาคอุตสาหกรรมจำนวน 5,000 คน โดยมีตัวอย่างหลักสูตร การเรียนรู้เบื้องต้นสำหรับการควบคุมระบบอัตโนมัติ อย่างฉลาด ประกอบด้วย หุ่นยนต์เคลื่อนที่อย่างง่าย มีเซ็นเซอร์วัดปริมาณทางอุตสาหกรรมภายนอกโดยรอบตัว ซึ่งสามารถวัดวัดปริมาณและจำลอง เพื่อผู้ใช้จะสามารถควบคุมการการทำงานหุ่นยนต์ ผ่านทางตัวควบคุม ไม่ว่าจะเป็น PLC Microcontroller และเครื่องคอมพิวเตอร์อะไรก็ได้ที่มีอุปกรณ์ที่จะสามารถติดต่อสื่อสารได้กับระบบอัตโนมัติ

ดังนั้นเพื่อความเข้าใจในการเรียนการสอนวิชาทางวิศวกรรมนั้น จึงต้องมีการจำลองระบบควบคุมอัตโนมัตินั้น โดยอาศัยชุดคำสั่งที่ออกแบบไว้แล้ว และชุดโปรแกรมช่วยต่าง ๆที่เตรียมไว้ให้ ผู้ใช้สามารถเขียนโปรแกรมต่าง ๆโดยอาศัยข้อมูลต่าง ๆที่ระบบอัตโนมัติหรือหุ่นยนต์ส่งให้เพื่อแก้ปัญหาที่กำหนด เพื่อการเรียนรู้เบื้องต้นสำหรับการควบคุมระบบอัตโนมัติหรือหุ่นยนต์โดยชุดการจำลองต้องสามารถเป็นเครื่องมือเพื่อสร้างความเข้าใจได้ง่าย นอกจากนั้น ยังมีชุดโปรแกรมจำลองการทำงานของระบบอัตโนมัติและชุดการจำลอง ที่ใช้เฉพาะการทดสอบบนเครื่องคอมพิวเตอร์ก่อนนำไปใช้กับระบบอัตโนมัติหรือหุ่นยนต์และชุดการจำลองจริง ซึ่งจะมีประโยชน์อย่างมากในการเรียนรู้ในเรื่องการประยุกต์ใช้ศาสตร์ขั้นต้นและขั้นสูงทางทฤษฎี โดยชุดทดลองจะต้องมีความสามารถการนำทฤษฎีควบคุมหรือระบบปัญญาประดิษฐ์ในระบบอัตโนมัติหรือหุ่นยนต์ในชุดการจำลองการทำงานต่าง ๆ เนื่องจากการจัดซื้อครุภัณฑ์มาตรฐานนั้นมี PLC และ Microcontroller เป็นหลักอยู่แล้ว ส่วนในชุดการจำลองนั้น ถ้าต้องการให้สามารถใช้งานกับทฤษฎีการควบคุมขั้นกลางหรือขั้นสูงนั้น สามารถหาซื้อได้แต่ราคาจะสูงมาก (หลักล้านบาท) และอาจจะไม่เป็นไปตามวัตถุประสงค์หลักจริงในการเรียนรู้ของนักศึกษา เพื่อความยืดหยุ่นในการออกแบบการเรียนการสอนให้ตรงตามวัตถุประสงค์มากที่สุด ในงานวิจัยนี้จึงนำเสนอการจำลองระบบควบคุมอัตโนมัตินั้นด้วยการสร้างระบบควบคุมการไหลของน้ำ เพื่อการพัฒนาและประยุกต์การควบคุมแบบพีไอดีและสำหรับงานระบบควบคุมการไหลของ เป็นโปรแกรมสำหรับพัฒนาความเข้าใจในเรื่องพีไอดี, และเพื่อนำไปสู่การทดสอบในทฤษฎีฟัซซีลอจิกและนิวรอนเน็ทเวิร์คต่าง ๆต่อไป และให้สามารถใช้กับงานด้านระบบอัตโนมัติ พื้นฐาน

โดยตัวโปรแกรมสามารถใช้งานง่าย ไม่ซับซ้อน ผู้ใช้สามารถเลือกพัฒนาระบบสำหรับช่วยตัดสินใจหรือระบบควบคุมต่างๆ โดยใช้องค์ความรู้ด้านทฤษฎีการควบคุมเองได้อีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์

1) เพื่อสร้างชุดทดลองการควบคุมระบบอัตโนมัติขึ้นมาช่วยอธิบายพฤติกรรมเฉพาะด้านของตัวควบคุมร่วมกับครุภัณฑ์มาตรฐาน
2) เพื่อนำชุดทดลองที่ได้ไปประยุกต์ใช้ร่วมกับวิศวกรรมสาขาอื่นเพื่อทดลองกับงานทางเช่นวิศวกรรมเครื่องกล วิศวกรรมโยธา วิศวกรรมอุตสาหการ วิศวกรรมเครื่องกล วิศวกรรมไฟฟ้า วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การศึกษาวิจัยนี้เพื่อออกแบบและสร้างชุดทดลองนี้สามารถส่งและรับสัญญาณค่าพารามิเตอร์ทางวิศวกรรม (ความเร็ว ความเร่ง ระดับของเหลว และ แรงการไหล) เข้าสู่ครุภัณฑ์มาตรฐานที่มีอยู่แล้ว (PLC) ศึกษาออกแบบและวิเคราะห์ตัวควบคุม (PID) ลงบนชุดทดลองที่สร้างขึ้น

1.4 ประโยชน์คาดว่าจะได้รับ

การศึกษาวิจัยนี้เป็นประโยชน์และองค์ความรู้ในการวิจัยสำหรับการตัดสินใจที่จะศึกษาตัวควบคุมในข้อหัวขั้นสูงที่ทำความเข้าใจยาก ชุดทดลองที่สร้างขึ้นจะเป็นการทดลองเพื่อให้เห็นพฤติกรรมที่สามารถพิสูจน์ทฤษฎีต่างๆให้เห็นโดยง่ายทั่วไปและนำไปสู่การผลิตเชิงพาณิชย์ โดย

1. สามารถนำชุดทดลองที่ได้ไปใช้ ร่วมกับครุภัณฑ์มาตรฐานเพื่อความเข้าใจหลักในทฤษฎีการเรียนการสอนในรายวิชาทางวิศวกรรมที่ต้องการควบคุมระบบทางพลศาสตร์ (การรักษาระดับของเหลว)
2. สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการจำลองและคำนวณค่าพารามิเตอร์ในงานการวัดและควบคุมปริมาณทางวิศวกรรม
3. เป็นแนวทางในการศึกษาต่อยอดทฤษฎีเพื่อความเข้าใจในการออกแบบและพัฒนาระบบอัตโนมัติหรือหุ่นยนต์
4. เพื่อให้ใช้ประโยชน์จากครุภัณฑ์มาตรฐานให้เกิดประโยชน์สูงสุด

1.5 โครงสร้างของรายงาน

การออกแบบและสร้างชุดทดลองการควบคุมระบบอัตโนมัติในทางวิศวกรรมหลักเพื่อใช้ร่วมกับครุภัณฑ์มาตรฐานนี้ แบ่งการนำเสนอเนื้อหาสาระในเรื่องต่างๆ ดังต่อไปนี้

บทที่ 1 บทนำ

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ

บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การควบคุมอัตโนมัติทางอุตสาหกรรมและหุ่นยนต์อุตสาหกรรม คือ การผลิตสินค้าและบริการต่าง ๆ เป็นการนำเอาปัจจัยพื้นฐานในการผลิตต่าง ๆ เช่นคน เงินเครื่องจักรและอุปกรณ์รวมถึงระบบการจัดการในการนำเอาวัตถุดิบมาแปรรูปเป็นสินค้าและบริการขึ้นเพื่อสนองต่อความต้องการของมนุษย์ในการผลิตสินค้าและบริการวัตถุประสงค์หลักก็คือเพื่อให้ได้สินค้าและบริการที่มีคุณภาพและปริมาณที่ต้องการ นอกจากคุณภาพและปริมาณผลผลิตที่ได้แล้วสิ่งที่ต้องคำนึงถึงคือปัญหาที่เกิดจากการผลิตและบริการประการหนึ่งคือระบบควบคุมอัตโนมัติ ซึ่งทำหน้าที่ในการควบคุมการทำงานของกระบวนการผลิตเพื่อให้อุปกรณ์และเครื่องมือเครื่องจักรทำงานตามที่ต้องการ ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าระบบควบคุมอัตโนมัติในโรงงานอุตสาหกรรมเป็นสิ่งที่ควรจะต้องศึกษาเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างสูงสุด

ในงานทางอุตสาหกรรมการใช้คนทำการควบคุมเครื่องจักรกลและดูแลการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ รวมทั้งการป้อนวัตถุดิบเข้ากระบวนการผลิตซึ่งในการควบคุมงานดังกล่าวจำเป็นจะต้องใช้คนงานที่รู้ถึงระบบการทำงานและต้องรู้ว่าต้องป้อนวัตถุดิบเท่าไรจึงจะได้ผลผลิตตามที่ต้องการแต่เมื่อคนงานป่วยหรือลาออกจากงานจะหยุดจะหาคนมาแทนก็ทำเหมือนคนเก่าไม่ได้หรือแม้แต่คนงานคนเดิมแต่ต่างเวลาต่างอารมณ์หรือสถานที่ผลผลิตที่ได้ก็มีโอกาสที่จะไม่เหมือนกัน ดังนั้นระบบควบคุมอัตโนมัติจึงเข้ามามีบทบาทแทนคน

ดังนั้นเพื่อให้เกิดความเข้าใจจึงขอกล่าวถึงความหมายระบบควบคุมอัตโนมัติ, ประวัติของการควบคุมอัตโนมัติ, ระบบควบคุมอัตโนมัติแบบดั้งเดิม,ระบบควบคุมอัตโนมัติแบบสมัยใหม่,หลักเกณฑ์การทำงานของระบบควบคุมอัตโนมัติ,คุณภาพของระบบควบคุมอัตโนมัติ,ส่วนประกอบระบบควบคุมอัตโนมัติ,ระบบควบคุมอัตโนมัติในงานอุตสาหกรรมการผลิต,การออกแบบระบบควบคุมอัตโนมัติและระบบควบคุมอัตโนมัติ ดังต่อไปนี้

2.1 การเรียนการสอนในรายวิชาวิศวกรรม

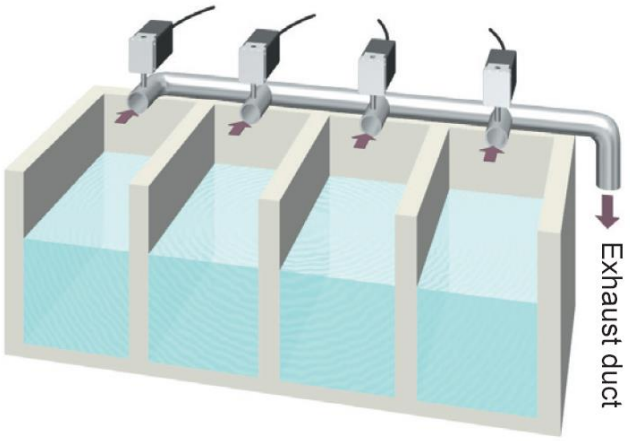
ในการเรียนการสอนในรายวิชาทางวิศวกรรม ในแต่ละสาขานั้นจำเป็นต้องศึกษาวิศวกรรมระบบควบคุมเพื่อนำไปควบคุมงานทางด้านสาขานั้นๆและชุดทดลองก็เป็นปัจจัยสำคัญหนึ่งในการศึกษาเรียนรู้ แต่เนื่องจากครุภัณฑ์มาตรฐานในแต่ละสาขามีราคาสูง (หลักหลายล้าน) และในบางหัวข้อก็ทับซ้อนกันและไม่ครอบคลุมต่อการเรียนรู้ในการควบคุมอัตโนมัติในสาขาต่างๆ เพราะฉะนั้น ในการออกแบบชุดฝึกทดลองนี้ขึ้นจึงสามารถแก้ปัญหาดังกล่าวข้างต้น เนื่องจากผู้สอนได้สร้างชุดทดลองตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ขึ้นเอง และไปสอดรับกับครุภัณฑ์มาตรฐานมีอยู่แล้ว ทำให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

2.1.1 ความหมายระบบควบคุมอัตโนมัติ

ระบบควบคุมอัตโนมัติ หมายถึงระบบที่มีเครื่องควบคุม (Controller) เป็นอุปกรณ์ที่ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรให้เป็นไปตามเป้าหมายที่ต้องการโดยมีองค์ประกอบพื้นฐานของระบบควบคุม 3 ส่วน คือ (สุมาลี อุณหวณิชย์และคณะ, พ.ศ.2544)

1. วัตถุประสงค์ของการควบคุมที่เข้าสู่ระบบเรียกว่าอินพุท (Input)
2. กระบวนการที่ใช้ในการควบคุมหรือระบบควบคุมเรียกว่ากระบวนการ (Process)
3. ผลงานหรือสิ่งที่ทำให้เรียกว่าเอ้าท์พุท (Output)

ระบบควบคุมอัตโนมัติ คือระบบการทำงานของเครื่องจักรหรือระบบที่สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องด้วยตนเองเมื่อให้สัญญาณเริ่มต้นไม่ว่าระบบนั้นจะมีการตั้งโปรแกรมสำเร็จในการทำงานตลอดทั้งระบบหรือสามารถเปลี่ยนแปลงโปรแกรมการทำงานจากการเปรียบเทียบปริมาณของสัญญาณที่เข้ากับปริมาณสัญญาณที่ออกได้ ซึ่งจุดประสงค์โดยทั่วไปของการควบคุมอัตโนมัติก็คือเพิ่มประสิทธิภาพและคุณภาพในการผลิต เพิ่มผลผลิต ลดต้นทุนในการผลิต ควบคุมและวางแผนการผลิตได้ง่ายประหยัดพื้นที่



รูปที่ 2.1 แสดงตัวอย่างการใช้ในงานอุตสาหกรรม

2.1.2 ประวัติของการควบคุมอัตโนมัติ

การควบคุมอัตโนมัติที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมแบ่งออกเป็น 3 ยุคดังนี้

1. การควบคุมในยุคโบราณใช้ลูกตุ้มเหวี่ยงหนีศูนย์กลางเป็นระบบควบคุมมีมาแต่โบราณกาล ตัวอย่างเช่น นาฬิกาน้ำของกรีกมีการใช้ลูกลอยในการควบคุมระดับน้ำในถังและอุปกรณ์ที่เป็นจุดเริ่มต้นของการใช้ระบบควบคุมในวงการอุตสาหกรรมก็คือลูกเหวี่ยงหนีศูนย์กลางในการควบคุมความเร็วในการหมุนเครื่องจักรไอน้ำที่ประดิษฐ์ขึ้นโดย เจมส์ วัตต์ ในปี ค.ศ. 1788

2. การควบคุมในยุคแบบจำลองคณิตศาสตร์ในยุคก่อนหน้านี้การออกแบบระบบควบคุมนั้นเป็นไปในลักษณะลองผิดลองถูกไม่ได้มีการใช้คณิตศาสตร์ในการวิเคราะห์ออกแบบแต่อย่างใด จนในปี ค.ศ. 1840

นักดาราศาสตร์ชาวอังกฤษ จอร์จ แอรี (george airy) ได้ประดิษฐ์อุปกรณ์ควบคุมทิศทางของกล้องดูดาว โดยอุปกรณ์นี้จะหมุนกล้องดูดาวเพื่อชดเชยกับการหมุนของโลกโดยอัตโนมัติในระหว่างการออกแบบ แอรีได้สังเกตถึงความไม่เสถียรของระบบจึงใช้สมการเชิงอนุพันธ์ในการจำลองและวิเคราะห์พฤติกรรมของระบบ การวิเคราะห์เสถียรภาพของระบบนี้เป็นหัวใจสำคัญของทฤษฎีระบบควบคุม

3. การควบคุมในยุคทฤษฎีเสถียรภาพในปี ค.ศ. 1868 เจมส์เคลิร์ก แมกซ์เวลล์ เป็นบุคคลแรกที่ทำการศึกษาถึงเสถียรภาพของลูกเหวี่ยงหนีศูนย์กลางของเจมส์ วัตต์ โดยแบบจำลองสมการเชิงอนุพันธ์เชิงเส้นทฤษฎีเสถียรภาพของระบบเชิงเส้นของแมกซ์เวลล์นี้พิจารณาเสถียรภาพของระบบจากรากของสมการคุณลักษณะของระบบต่อมาในปี ค.ศ. 1892 เลียปูนอฟ (lyapunov) ได้ทำการศึกษาถึงเสถียรภาพของระบบไม่เป็นเชิงเส้นและสร้างทฤษฎีเสถียรภาพของเลียปูนอฟ (lyapunov stability) ทฤษฎีของเลียปูนอฟนี้เป็นทฤษฎีที่สำคัญที่ไม่ได้รับความสนใจจนกระทั่งหลายสิบปีต่อมา

รูปที่ 2.2 ตัวอย่างการพัฒนาใช้ระบบควบคุมกับงานขนส่งและเดินทาง

2.1.3 การใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติแบบดั้งเดิม

ระบบควบคุมอัตโนมัติแบบดั้งเดิมหมายถึงระบบควบคุมที่ออกแบบและวิเคราะห์บนฐานโดเมนความถี่หรือโดเมนการแปลงฟูริเยร์และโดเมนการแปลงลาปลาซโดยที่การใช้แบบจำลองในรูปของฟังก์ชันส่งผ่าน (Transfer function) โดยที่เราไม่ได้ใช้ข้อมูลของไดนามิกส์ภายในของระบบ (internal system dynamic) การพัฒนาการทฤษฎีระบบควบคุมในช่วงนี้ส่วนใหญ่พัฒนาขึ้นเพื่อนำมาประยุกต์ใช้งานในทางทหาร และทางระบบสื่อสารอันเนื่องมาจากสงครามโลกครั้งที่สองและการขยายตัวของโครงข่ายสื่อสารโทรศัพท์ดังนี้

1. พัฒนาการเพื่อใช้งานในระบบโครงข่ายโทรศัพท์ช่วงยุคที่มีการขยายตัวระบบสื่อสารโทรศัพท์ ระบบสื่อสารทางไกลมีความจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ขยายสัญญาณด้วยหลอดสุญญากาศในปี ค.ศ.1927 แนวความคิดและประโยชน์ของระบบป้อนกลับแบบลบได้ถูกนำเสนอในรูปของ อุปกรณ์ขยายสัญญาณ

ป้อนกลับแบบลบ (negative feedback amplifier) โดยเบล็ค (H.S. black) แต่การวิเคราะห์เสถียรภาพของระบบขยายสัญญาณตามทฤษฎีของแมกซ์เวลล์ใช้วิธีของเราท์-ฮิรวิทซ์ (routh-hurwitz) นั้นเป็นไปได้ยาก เนื่องจากความซับซ้อนของระบบวิศวกรสื่อสารของ bell telephone laboratories จึงได้นำเสนอการวิเคราะห์บนโดเมนความถี่

ในปี ค.ศ.1932 ไนควิสต์ (H. nyquist) ได้นำเสนอเกณฑ์เสถียรภาพของ ไนควิสต์ (nyquist stability criterion) ซึ่งใช้วิธีการพล็อตกราฟเชิงขั้วของผลตอบสนองความถี่ตลอดจนวงรอบ (loop frequency response) ของระบบ ต่อมาปี ค.ศ.1940 โบดี (H.W. bode) เสนอการวิเคราะห์เสถียรภาพโดยขอบเขตอัตราขยาย (gain margin) และขอบเขตมุม (phase margin) จากกราฟขนาด (magnitude) และ มุม (phase) ของผลตอบสนองความถี่ เรียกโบดีพล็อต (bode plot)

2. การพัฒนาเพื่อการใช้งานทางด้านการทหาร ปัญหาหลายปัญหาในทางทหารเช่น ปัญหาการนำร่องการเดินเรืออัตโนมัติ ปัญหาการเล็งเป้าโดยอัตโนมัตินั้นเป็นแรงผลักดันสำคัญให้เกิดการพัฒนาการทางทฤษฎีระบบควบคุมที่สำคัญ ปี ค.ศ.1922 มินอร์สกี (N. minorsky) กำหนดวิเคราะห์กฎของการควบคุมแบบพีไอดี (PID) สัดส่วน,ปริพันธ์,อนุพันธ์ (Proportional, Integral, Derivative) ซึ่งยังเป็นที่นิยมใช้อย่างกว้างขวางในปัจจุบัน เพื่อใช้ในการนำร่องการเดินเรือปัญหาที่สำคัญในช่วงนั้นคือการเล็งเป้าของปืนจากเรือหรือเครื่องบินซึ่งในปี ค.ศ.1934 ฮาเซน (H.L. házen) ได้บัญญัติคำสำหรับประเภทปัญหาการควบคุมกลไกนี้ว่ากลไกเซอร์โว (servomechanisms) การวิเคราะห์และออกแบบนั้นก็ใช้วิธีการบนโดเมนความถี่จนกระทั่งในปีค.ศ.1948 อีแวนส์ (W. R. evans) ทำงานกับปัญหาทางด้านการนำร่องและควบคุมเส้นทางบิน

2.1.4 การใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติสมัยใหม่

ระบบควบคุมอัตโนมัติสมัยใหม่ หมายถึงระบบควบคุมที่ไม่ได้ใช้เทคนิคในการออกแบบระบบควบคุมอัตโนมัติแบบดั้งเดิมคือจากรากของสมการคุณลักษณะและอยู่บนโดเมนความถี่แต่เป็นการออกแบบโดยมีพื้นฐานจากแบบจำลองสมการอนุพันธ์ของไดนามิกส์ของระบบและเป็นการออกแบบอยู่บนโดเมนของเวลา แรงผลักดันของพัฒนาการจากระบบควบคุมอัตโนมัติแบบดั้งเดิมมาสู่ระบบควบคุมอัตโนมัติสมัยใหม่นี้ มีหลักอยู่ 2 ประการคือ

1. ข้อจำกัดของระบบควบคุมอัตโนมัติแบบดั้งเดิมต่องานด้านอวกาศยานจากความสำเร็จในการส่งดาวเทียมสปุตนิก 1 ของสหภาพโซเวียตในปี ค.ศ.1957 นั้นกระตุ้นให้เกิดความตื่นตัวของการประยุกต์ใช้งานทางด้านอวกาศยาน ความสำเร็จของโซเวียตนั้นเนื่องมาจากพัฒนาการทางด้านทฤษฎีระบบควบคุมแบบไม่เป็นเชิงเส้นซึ่งไม่ได้รับความสนใจมากนักจากประเทศตะวันตก เนื่องจากความล้มเหลวในการใช้เทคนิคต่าง ๆ ของระบบควบคุมแบบดั้งเดิมกับงานด้านอวกาศยาน ระบบส่วนใหญ่เป็นระบบหลายตัวแปรแบบไม่เป็นเชิงเส้น (nonlinear multivariable system) จึงมีการหันกลับมาวิเคราะห์จากปัญหาดั้งเดิมในรูปของแบบจำลองสมการอนุพันธ์ของระบบ

2. การประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์กับงานระบบควบคุมอัตโนมัติพัฒนาการของคอมพิวเตอร์ มีส่วนสำคัญในการพัฒนาทฤษฎีต่างๆ ของระบบควบคุมเนื่องจากทำให้สามารถสร้างอุปกรณ์ควบคุมที่สามารถ

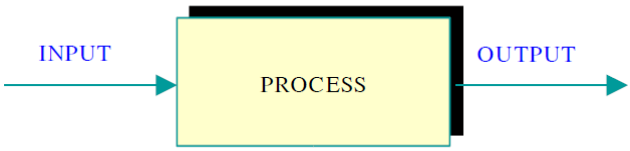
ทำงานซับซ้อนได้รวมทั้งการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยคำนวณในการออกแบบกฎของการควบคุมอัตโนมัติ ดังนั้นจึงมีการพัฒนาระบบควบคุมแบบอัตโนมัติต่าง ๆ ขึ้นอย่างมากมาย

ระบบควบคุมอัตโนมัติหรือควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์นับได้ว่าเป็นเทคโนโลยีสมัยใหม่ที่นำมาประยุกต์ใช้งานกับกลไกการทำงานในหลาย ๆ ลักษณะ เพื่ออำนวยความสะดวกในการทำงาน ให้ทำงานเองอย่างอัตโนมัติ เพื่อทดแทนการขาดแคลนแรงงาน ระบบอัตโนมัติจะประกอบไปด้วยชุดประมวลผลและสั่งงานให้กับชุดต้นกำลังและกลไกการทำงานต่าง ๆ ตัวอย่าง เช่น การใช้ระบบอัตโนมัติในการควบคุมกลไกการทำงานของเครื่องล้างรถอัตโนมัติ นอกจากนี้กลไกทางกลต่าง ๆ ก็สามารถจะนำมาประยุกต์ใช้กับระบบควบคุมอัตโนมัติ ตัวอย่างเช่นการประกอบชิ้นส่วนของรถยนต์ในปัจจุบันจะใช้กลไกการทำงานที่ควบคุมระบบอัตโนมัติ เหตุผลก็เพื่อที่จะทำให้คุณภาพของงานมีความละเอียด คงที่สม่ำเสมอเท่ากันทุกๆส่วนถ้าเปรียบเทียบแรงงานคนอาจจะเกิดความเมื่อยล้าในการทำงานได้ในปัจจุบันเทคโนโลยีสมัยใหม่ได้มีการนำเอาระบบอัตโนมัติและระบบที่ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์มาใช้อย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนและผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ

2.2 ของไหลและทฤษฎีในการควบคุม

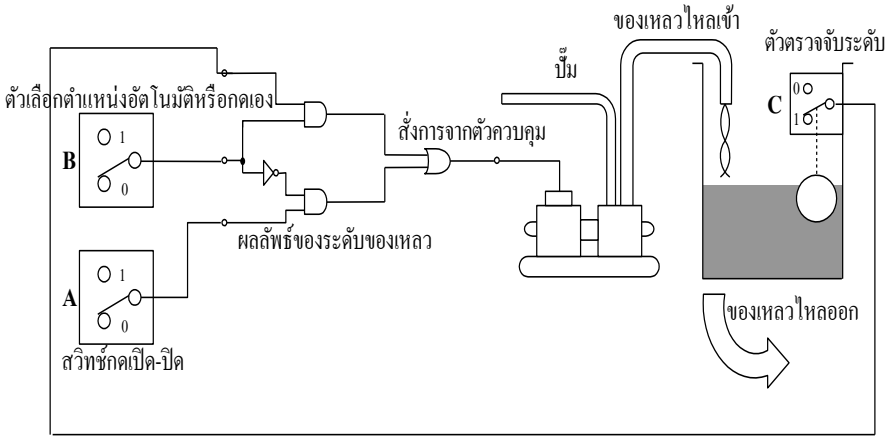
2.2.1 ระบบควบคุมอัตโนมัติสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ ดังนี้

1.ระบบควบคุมแบบเปิด คือระบบควบคุมที่มีการควบคุมในลักษณะที่สั่งงานไปยังเครื่องควบคุมอย่างเดียว ไม่มีการอ่านค่าผลลัพธ์ของระบบป้อนกลับเป็นระบบที่ง่ายที่สุดและมีอุปกรณ์ภายในที่ไม่ยุ่งยาก ค่าเอาต์พุตที่ได้จะไม่มีผลต่อการควบคุมกระบวนการของระบบคือจะไม่มีการนำเอาต์พุตที่ได้กลับมาเปรียบเทียบกับค่าอินพุตที่ป้อนให้กับระบบ



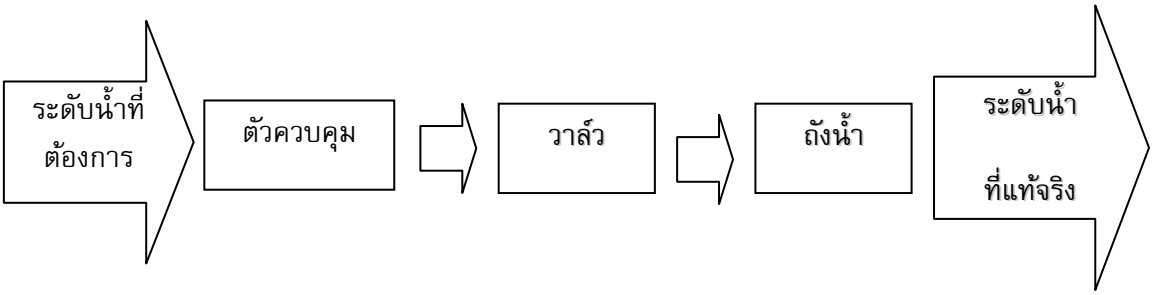
รูปที่ 2.3 ระบบควบคุมแบบเปิด
ที่มา (บุญเลิศ สงวนวัฒนา, 2551)

ตัวอย่างของระบบควบคุมแบบเปิดที่เราเห็นกันในชีวิตประจำวันเช่นการควบคุมระดับของน้ำภายในถังโดยการเปิดและปิดวาล์วให้น้ำเข้าถังน้ำและเมื่อมีการใช้น้ำในถังก็จะเปิดและปิดวาล์วให้น้ำเข้าถังน้ำ โดยที่ไม่มีการตรวจสอบและตรวจวัดค่าใด ๆ เพื่อรักษาระดับน้ำไว้ในระดับที่ต้องการ



รูปที่ 2.4 การควบคุมระดับน้ำในถัง
ที่มา (บริษัท Omron Thailand)

เมื่อเขียนแทนด้วยลูกศรจะได้องค์ประกอบดังภาพ



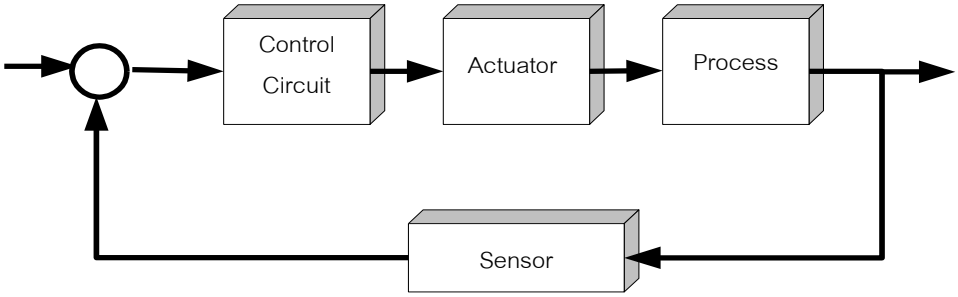
รูปที่ 2.5 องค์ประกอบของการควบคุมระดับน้ำในถังแบบเปิด
ที่มา (บุญเลิศ สงวนวัฒนา, 2551)

จากระบบการควบคุมระดับน้ำในถังน้ำวัตถุประสงค์ในการควบคุม (Input) คือน้ำไหลเข้าถังในปริมาณที่มีระดับของน้ำในถังตามที่ต้องการโดยมีกระบวนการ, ขั้นตอน, หลักที่ใช้ในการควบคุม (process) คือผู้ควบคุมจะดูที่ถังว่าน้ำมีระดับสูงถึงที่ต้องการหรือไม่ ถ้าไม่จะทำการเปิดวาล์ว V2 และหากระดับน้ำมีระดับสูงกว่าที่ต้องการผู้ควบคุมจะเปิดวาล์ว V1 เพื่อให้น้ำไหลออกจากถังระดับน้ำในถังก็จะลดระดับลงมาตามที่ต้องการค่าที่ได้รับจริง (output) คือระดับน้ำในถังมีระดับตามที่ต้องการ

จากการปฏิบัติขั้นตอนหลักที่ใช้ในการควบคุม (Process) คือการเปิดวาล์ว V1 และ V2 เพื่อให้น้ำไหลเข้าและออกจากถังของผู้ควบคุม (controller) หน้าที่ของผู้ควบคุมจากการกระทำข้างต้น 3 ขั้นตอนดังนี้

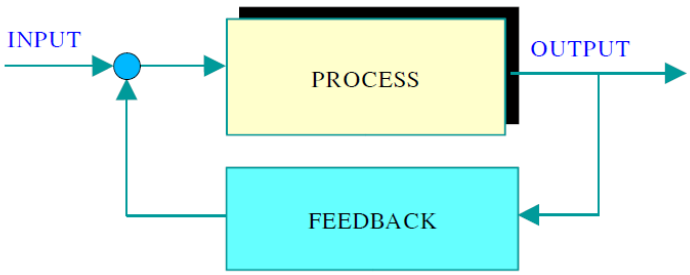
ขั้นตอนที่ 1. การรวบรวมข้อมูลที่ต้องใช้ในการควบคุม
ขั้นตอนที่ 2. ผู้ควบคุมพิจารณาตัดสินใจ จากข้อมูลในข้อที่ 1
ขั้นตอนที่ 3. ผู้ควบคุมตัดสินใจในการเปิดปิดวาล์ว V1 และ V2

2. ระบบควบคุมแบบปิดหรือแบบป้อนกลับคือระบบควบคุมที่มีการควบคุมในลักษณะที่มีการสั่งงานไปยังเครื่องควบคุมแล้วมีการอ่านค่าผลลัพธ์ของระบบป้อนกลับมาเพื่อเปรียบเทียบและสั่งงานควบคุมไปใหม่เพื่อให้ผลลัพธ์ของระบบเป็นตามเป้าหมายที่ต้องการ



รูปที่ 2.6 องค์ประกอบของการควบคุมแบบปิดหรือแบบป้อนกลับ
ที่มา (สุมาลี อุณหวาณิช)

ตัวอย่างของระบบควบคุมแบบปิดหรือแบบป้อนกลับที่เราเห็นกันในชีวิตประจำวันเช่นเครื่องปรับอากาศและตู้เย็นจะมีการตรวจสอบว่าอุณหภูมิของห้องและตัวตู้เย็นเป็นเท่าใด เพื่อที่จะตรวจสอบว่าระบบปรับอากาศและตู้เย็นควรจะทำงานหรือไม่ หรือการควบคุมระดับของน้ำภายในถังแบบอัตโนมัติ



รูปที่ 2.7 ระบบควบคุมแบบปิดหรือแบบป้อนกลับ
ที่มา (บุญเลิศ สงวนวัฒนา, 2551)

จากระบบการควบคุมระดับน้ำในถังน้ำวัตถุประสงค์ในการควบคุม (Input) คือ น้ำไหลเข้าถังในปริมาณที่มีระดับของน้ำในถังตามที่ต้องการโดยมีกระบวนการ, ขั้นตอน, หลักที่ใช้ในการควบคุม (process) โดยตัวควบคุมจะตรวจที่ถังว่าน้ำมีระดับสูงถึงที่ต้องการหรือไม่และจะทำการเปิดวาล์วหากระดับน้ำมีระดับสูงกว่าที่ต้องการ ตัวควบคุมจะเปิดวาล์ว เพื่อให้น้ำไหลออกจากถังมีผลให้ระดับน้ำในถังลดระดับลงมาตามที่ต้องการ ค่าที่ได้รับจริง (Output) คือระดับน้ำในถังมีระดับตามที่ต้องการ หน้าที่ของตัวควบคุมจากการกระทำข้างต้น 3 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1. การรวบรวมข้อมูลที่ต้องใช้ในการควบคุมจากอุปกรณ์ตรวจวัด (ลูกลอย)
ขั้นตอนที่ 2. ตัวควบคุมตรวจจากข้อมูล
ขั้นตอนที่ 3. การส่งผลการกระทำไปยังวาล์ว

2.2.2 คุณภาพของระบบควบคุมอัตโนมัติ

ในการเปรียบเทียบคุณภาพของระบบควบคุมอัตโนมัติที่เหมือนกัน 2 ระบบว่าระบบไหนดีกว่ากันต้องดูที่การตอบสนองของแต่ละระบบแล้วมาเปรียบเทียบกัน การเปรียบเทียบโดยดูจากองค์ประกอบดังนี้

1. ความแม่นยำ (accuracy)
2. ความรวดเร็ว (speed)
3. ความเสถียร (stability)

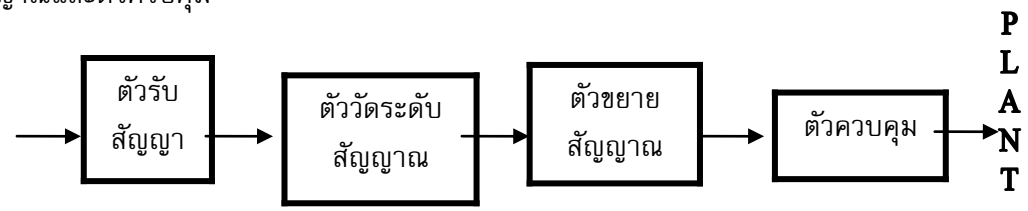
ระบบควบคุมที่ขาดความแม่นยำย่อมนำไปใช้ประโยชน์ไม่ได้และถือว่าเป็นระบบการควบคุมที่สร้างขึ้นหรือทำขึ้นโดยไม่บรรลุตามวัตถุประสงค์ ความรวดเร็วในการตอบสนองก็เช่นกัน ระบบที่มีการตอบสนองที่แม่นยำไม่มีความคลาดเคลื่อนเลยแต่ใช้เวลานานมาก ก็ย่อมเป็นระบบควบคุมที่นำไปใช้งานไม่ได้ ความเสถียรของการตอบสนองของระบบควบคุมอัตโนมัติก็เป็นสิ่งสำคัญที่จะชี้ให้เห็นถึงคุณภาพของระบบควบคุมนั้น ๆ ระบบควบคุมที่มีความเร็วและแม่นยำในการตอบสนองแต่ในบางขณะหรือกับบางลักษณะของอินพุทไม่สามารถให้การตอบสนองที่มีเสถียรภาพตลอดย่านของการควบคุมนั้น ก็จะใช้งานไม่ได้ จะเห็นว่า ความแม่นยำ ความรวดเร็ว และความเสถียร นอกจากจะเป็นสิ่งที่ชี้ให้เห็นถึงคุณภาพของระบบควบคุมอัตโนมัติแล้วยังเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับระบบควบคุมอัตโนมัติทุกระบบจะขาดข้อใดข้อหนึ่งไม่ได้ ในระบบควบคุมอัตโนมัติผู้สร้างระบบควบคุมต้องคำนึงถึงทั้ง 3 องค์ประกอบคือพยายามให้ได้ระบบควบคุมที่ทำงานหรือให้การตอบสนองที่แม่นยำที่สุด, รวดเร็วที่สุด และที่เสถียรที่สุดซึ่งในทางปฏิบัติทำได้ยาก

2.2.3 ส่วนประกอบของระบบควบคุมอัตโนมัติ

ระบบควบคุมอัตโนมัติประกอบด้วยระบบย่อยหรือส่วนประกอบใหญ่ๆ 2 ส่วน คือ

1. ส่วนที่เป็นตัวควบคุม (control)ได้แก่ส่วนซึ่งทำหน้าที่แปรสัญญาณจากภายนอกที่ส่งเข้ามาสู่ระบบ หรือ input ให้เป็นสัญญาณอื่นที่เหมาะสมและมีกำลังพอเพื่อไปบังคับให้ส่วนที่เป็นต้นกำลังทำงานเพื่อให้ระบบควบคุมทั้งระบบทำงาน เช่นในระบบควบคุมความเร็วของรถยนต์ส่วนที่เป็นตัวควบคุมจะเริ่มต้นจากคันเร่งน้ำมันทำหน้าที่เป็นตัวรับสัญญาณจากภายนอกและวัดระดับสัญญาณ ไปในตัวแล้วส่งสัญญาณนั้นไปยังคาบูเรเตอร์หรือหัวฉีดโดยอาศัยสายคันเร่งต่าง ๆ ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวขยายสัญญาณคาบูเรเตอร์หรือหัวฉีดก็จะทำงานโดยเปิดลิ้นให้ส่วนผสมของน้ำมันเชื้อเพลิงและอากาศไหลลงสู่ห้องเผาไหม้หรือในกรณีหัวฉีดจะส่งน้ำมันเข้าสู่ห้องเผาไหม้มากขึ้นคาบูเรเตอร์หรือหัวฉีดจึงทำหน้าที่เป็นตัวควบคุม

กล่าวได้โดยทั่วไปส่วนที่เป็นตัวควบคุมประกอบด้วยตัวรับสัญญาณ,ตัววัดระดับสัญญาณ, ตัวขยายสัญญาณและตัวควบคุม



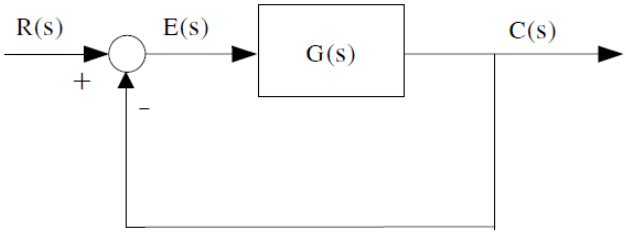
รูปที่ 2.8 ส่วนที่เป็นตัวควบคุมและส่วนประกอบต่าง ๆ
ที่มา (บุญเลิศ สงวนวัฒนา, 2551)

2. ส่วนที่เป็นต้นกำลัง (Plant) ได้แก่ส่วนของระบบควบคุมอัตโนมัติที่ได้รับสัญญาณจากส่วนที่เป็นตัวควบคุมแล้วทำงานให้ output หรือ controlled variable ของระบบในระบบเพิ่มความเร็วของรถยนต์ ส่วนที่เป็นต้นกำลังได้แก่เครื่องยนต์ซึ่งเมื่อรับส่วนผสมของน้ำมันเชื้อเพลิงและอากาศจากคาบูเรเตอร์ ส่งไปยังส่วนการเผาไหม้ให้ได้ความเร็วของรถยนต์โดยส่วนที่เป็นต้นกำลังได้แก่เครื่องยนต์นั่นเอง

ข้อแตกต่างของส่วนที่เป็นตัวควบคุมกับส่วนที่เป็นต้นกำลังก็คือส่วนที่เป็นตัวควบคุมทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของทั้งระบบให้เป็นไปตามเป้าหมายของระบบควบคุมแต่ Output ของส่วนนี้ ไม่สามารถทำงานให้ระบบได้จึงต้องอาศัยส่วนที่เป็นต้นกำลังสำหรับส่วนที่เป็นต้นกำลังทำหน้าที่ผลิตกำลังให้เป็นไปตามระดับความความต้องการจากส่วนที่เป็นตัวควบคุมเพื่อให้output ของระบบหรือ controlled variable กล่าวคือส่วนที่เป็นต้นกำลังจะทำงานในลักษณะแปรรูปหรือส่งผ่านพลังงานกลคือรอบเครื่องยนต์และแรงบิดตัวเปรียบเทียบค่าจะพบเสมอในระบบควบคุมประเภทวงปิดที่เรียกว่าระบบควบคุมอัตโนมัติประเภทที่มีการป้อนกลับ (feed back control system)

2.2.4 ระบบควบคุมอัตโนมัติในงานอุตสาหกรรมการผลิต

ระบบควบคุมอัตโนมัติในงานอุตสาหกรรมการผลิตซึ่งมีวิวัฒนาการและพัฒนาการจนถึงปัจจุบันทางด้านทฤษฎีระบบควบคุมและระบบของเครื่องมือวัดและควบคุมอุตสาหกรรมโดยทั่ว ๆ ไปมีบล็อคไดอะแกรมของทฤษฎีการควบคุมแบบป้อนกลับ (Feed back control system) ดังนี้



รูปที่ 2.9 การควบคุมแบบป้อนกลับ
ที่มา (สุมาลี อุณหวณิชย์)

จากบล็อคไดอะแกรม เราสามารถแยกแยะองค์ประกอบของระบบควบคุมอัตโนมัติตามระบบเครื่องมือวัดคุมทางอุตสาหกรรมได้มี 5 องค์ประกอบคือ

1. ตัวควบคุม (controller) หมายถึงเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างสัญญาณที่ต้องการควบคุม ให้ได้ผลตอบสนองตามต้องการเช่นตัวควบคุมอาจเป็นแบบ on, off หรือ PID

2. สัญญาณมาตรฐาน (standard signal) ในการที่ต้องการเชื่อมอุปกรณ์ในระบบควบคุมอัตโนมัติให้ทำงานได้ตามความต้องการนั้น จำเป็นต้องมีมาตรฐานรองรับ ซึ่งวิวัฒนาการตั้งแต่เริ่มมีระบบควบคุมอัตโนมัติมานั้นก็มีการเปลี่ยนแปลงระบบตัวอุปกรณ์เครื่องมือวัดมาตั้งแต่การใช้สัญญาณลม, ไฟฟ้าและปัจจุบันมีการใช้สัญญาณดิจิตอล

3. อุปกรณ์ปรับ (final control element) เป็นอุปกรณ์ที่จะต้องทำหน้าที่ปรับสภาวะของกระบวนการ ด้วยการเปลี่ยนแปลงตามค่าสัญญาณควบคุม (manipulated variable) ของกฎการควบคุม อุปกรณ์พวกนี้ ได้แก่ วาล์วควบคุม (control value), inverter, actuator ต่าง ๆ เป็นต้น

4. กระบวนการ (process) หมายถึงกระบวนการทางฟิสิกส์ที่เราต้องการควบคุมให้มีสภาวะตามต้องการขณะที่สภาวะการทำงานหรือสภาพแวดล้อมอาจเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา กระบวนการได้แก่ อุณหภูมิ, ความดัน, อัตราการไหล, ระดับความเป็นกรดด่าง (pH) และ กระบวนการในถังทำปฏิกิริยา เป็นต้น

5. อุปกรณ์ตรวจวัด (measuring instruments) หมายถึงอุปกรณ์ได้แก่ sensor, transducer หรืออุปกรณ์แปลงสัญญาณ (converter) หรือวัดสัญญาณอื่นๆ ที่มีเอาต์พุตตามสัญญาณมาตรฐาน

2.2.5 การออกแบบระบบควบคุมอัตโนมัติ

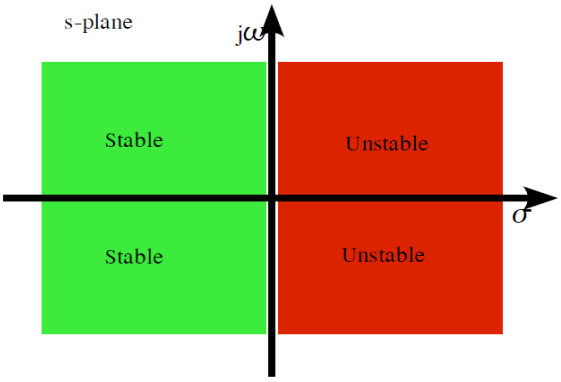
การออกแบบระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมต้องหาจุดการทำงานในการที่จะออกแบบกระบวนการสำหรับระบบควบคุมอัตโนมัติและต้องศึกษาถึงคุณลักษณะของระบบควบคุมที่มีความเหมาะสมของระบบรวมทั้งข้อดีข้อเสียของระบบควบคุม ซึ่งระบบควบคุมอัตโนมัติที่นิยมในปัจจุบัน มีอยู่ 2 ระบบคือ

1. ระบบการควบคุมแบบเปิด
2. ระบบควบคุมแบบปิดหรือระบบควบคุมแบบป้อนกลับ

2.3 หลักการระบบควบคุมอันดับหนึ่งและสอง

การพิจารณาความเสถียรของระบบควบคุมแบบป้อนกลับนั้นจะพิจารณาจากตำแหน่งโพลของระบบควบคุมแบบปิดที่วางอยู่ในระนาบเอส (s-plane) นั่นคือในการออกแบบและวิเคราะห์ระบบควบคุมสิ่งสำคัญที่เราต้องการหาคือความเสถียรของระบบ ในระบบที่ไม่เสถียรเราไม่สามารถออกแบบตัวควบคุมให้มีการตอบสนองชั่วขณะ (Transient response) หรือความผิดพลาดที่สภาวะคงที่ (Steady-state error) ตามที่ต้องการได้ อยู่ที่ระบบ linear time-invariant ความหมายของความเสถียรของระบบนั้นขึ้นกับจุดที่เรามองระบบ เอาต์พุตของระบบควบคุมเกิดจากผลรวมของการตอบสนอง 2 แบบคือ ผลการตอบสนองโดยธรรมชาติ (Natural Response) กับผลการตอบสนองโดยบังคับ (Force Response) สมการที่ 1 แสดงฟังก์ชั่นถ่ายโอนระบบควบคุมวงปิด เมื่อทำการหาฟังก์ถ่ายโอนของสมการระบบวงปิดแล้วการวิเคราะห์เสถียรภาพของระบบหาได้จากการนำสมการมาพล็อตในระนาบของ S-Plane เพื่อดูว่าอยู่ด้านใดของกราฟ โดยสามารถดูได้จากรูปที่ 2.10 โดยผลตอบสนองจะเป็นดังต่อไปนี้

$$G(s)=\frac{(s+z_1)(s+z_2)\ldots(s+z_m)}{(s+p_1)(s+p_2)\ldots(s+p_n)} \tag{1}$$



รูปที่ 2.10 การควบคุมแบบป้อนกลับ

1. ถ้าตำแหน่งโพลอยู่ครึ่งขวาของ s-plane จำทำให้ผลตอบสนองชั่วขณะ (transient response) เพิ่มขึ้นหรือเกิดการแกว่ง (Oscillate) ตามค่าของเวลาที่เพิ่มขึ้น หมายความว่าระบบไม่เสถียร (unstable)

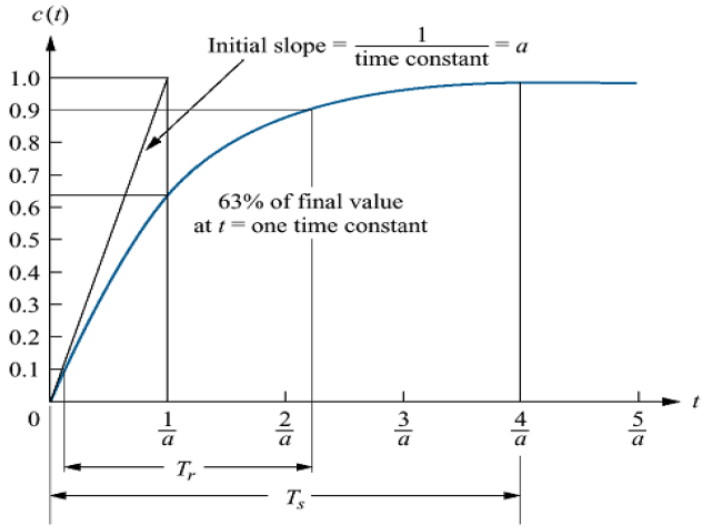
2. ถ้าตำแหน่งโพลอยู่ครึ่งซ้ายของ s-plane แล้วผลตอบสนองชั่วขณะ (transient response) จะเข้าสู่สภาวะคงตัวระบบจะเสถียร

3. ถ้าตำแหน่งโพลอยู่บนแกนจินตภาพ (j) จะทำให้ผลตอบสนอง (response) เกิดการแกว่ง (oscillate) ด้วยขนาด (amplitude) คงที่ แต่ในระบบจริงอาจจะมีสัญญาณรบกวนและทำให้เกิดการแกว่งเพิ่มของขนาด ดังนั้นในระบบควบคุมจึงไม่ควรมีโพลของลูปปิดอยู่บนแกนจินตภาพเราสามารถแสดงถึงขอบเขตของโพลของระบบที่ทำให้ระบบเสถียรคือด้านซ้ายของแกน j และไม่เสถียรคือด้านขวาของแกน j

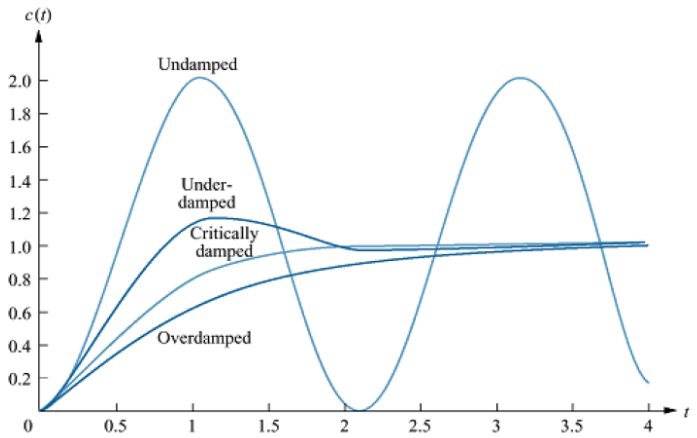
การนิยามความเสถียรสำหรับระบบเชิงเส้นที่ไม่แปรตามเวลา โดยพิจารณาจากผลการตอบสนองทางธรรมชาติ (Natural response)

1.ระบบจะเป็นระบบที่มีเสถียรภาพถ้าผลการตอบสนองทางธรรมชาติมีค่าประมาณศูนย์ เมื่อเวลาเข้าใกล้อนันต์
2.ระบบจะเป็นระบบที่ไม่เสถียรถ้าผลการตอบสนองทางธรรมชาติมีค่าประมาณอนันต์ ที่เวลาเข้าใกล้อนันต์
3.ระบบจะเป็นระบบที่เสถียรแบบขอบเขตถ้าผลการตอบสนองทางธรรมชาติมีค่าคงที่

ในรูปที่ 2.11-2.12 แสดงผลการตอบสนองอันดับที่หนึ่งและอันดับสองของอินพุตแบบสัญญาณระดับ โดยระบบที่เกิดขึ้นโดยทั่วไป มักมีสมการโดยทั่วไปใกล้เคียงกับระบบงานจริงที่เกิดขึ้นในอุตสาหกรรม ซึ่งในกระบวนการทางอุตสาหกรรมนั้น ถ้ามีระบบส่วนหนึ่งใดที่ต้องการผลตอบสนองให้ตามที่ต้องต้องการ ตัวอย่างเช่นการรักษาพิ่มค่าหรือลดค่าอุณหภูมิให้ได้ตามต้องการนั้นต้องวิเคราะห์ถึงธรรมชาติของสัญญาณและพารามิเตอร์ต่าง ๆที่ผลต่อผลตอบสนองนั้น การที่จะทราบได้ด้วยการทดสอบด้วยสัญญาณควบคุมในรูปเป็นการส่งสัญญาณระดับเพื่อตรวจสอบ (Unit Step Function)



รูปที่ 2.11 แสดงการตอบสนองของระบบอันดับหนึ่งต่ออินพุตแบบสัญญาณระดับ
ที่มา (Feedback Control System)



รูปที่ 2.12 การตอบสนองของระบบอันดับ 2 เมื่ออินพุตเป็น unit step ทั้ง 4 กรณี
ที่มา (Feedback Control System)

ระบบควบคุมแบบป้อนกลับ จะอาศัยหลักการของการป้อนกลับของสัญญาณโดยจะใช้ sensor เป็นอุปกรณ์วัดสัญญาณที่ชี้ให้เห็นสภาพหรือคุณสมบัติหรือระดับพลังงานที่เราต้องการควบคุม ที่เรียกว่า controlled variable แล้วส่งสัญญาณไปที่อุปกรณ์ควบคุมที่เรียกว่า controller ซึ่ง controller จะนำไปเปรียบเทียบกับค่าเป้าหมาย หรือเรียกว่า set point ทำให้เกิดเป็นค่าความแตกต่างระหว่าง controlled variable กับ set point ขึ้นเรียกว่า error signal หรือ deviation โดยที่ controller จะนำเอาค่า error signal ไปเป็นตัวกำหนดขนาดและทิศทางการเปลี่ยนแปลงของ final control element เช่น วาล์ว , damper เป็นต้น เพื่อทำการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรที่ทำให้ controlled variable เกิดการเปลี่ยนแปลง เพื่อรักษาค่า controlled variable ให้ได้ตามค่ากำหนดอยู่ตลอดเวลา

<u>องค์ประกอบของระบบควบคุมแบบปิดหรือแบบป้อนกลับ</u>

ระบบการควบคุมแบบป้อนกลับเป็นประเภทหนึ่งของระบบควบคุมความมุ่งหมายของระบบควบคุมแบบป้อนกลับคือเพื่อผลการควบคุมเป็นไปตามความมุ่งหมายทั้งคุณภาพและปริมาณ ส่วนประกอบพื้นฐานของระบบการควบคุมแบบป้อนกลับมีอยู่ 4 องค์ประกอบคือ

1. Process หมายถึง กระบวนการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพหรือทางเคมีหรือการเปลี่ยนรูปของพลังงานซึ่งผลที่ออกจากกระบวนการจะมีคุณลักษณะหรือตัวแปรต่าง ๆ เช่นความดัน, อุณหภูมิ, ระดับ, อัตราการไหล เป็นต้น ซึ่งในกระบวนการควบคุมจะมีการควบคุมตัวแปรต่าง ๆ ที่ต้องการควบคุมให้เป็นไปตามที่ได้กำหนด

2. Sensor และ Transmitter หมายถึงอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดค่าของ controlled variable ซึ่ง sensor เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดเช่น อุณหภูมิ, แรงดัน, อัตราการไหล ฯลฯ ซึ่งสัญญาณที่วัดได้นั้นยังไม่เป็นสัญญาณมาตรฐานจึงต้องมีการส่งสัญญาณไปที่ Transmitter เพื่อเปลี่ยนเป็นสัญญาณมาตรฐานเพื่อส่งให้ตัวควบคุม, เครื่องบันทึกสัญญาณ หรืออุปกรณ์แสดงค่าการวัดต่อไป

3. Controller เป็นส่วนประกอบที่ใช้ในการควบคุม controlled variable โดยการนำเอามาเปรียบเทียบกับ set point แล้วนำ error ไปกำหนดเป็นสัญญาณ controller output โดย controller มีโหมดการทำงานอยู่หลายลักษณะการควบคุมคือ on-off control , proportional control , proportional pulse integral control , proportional pulse integral pulse derivative control

4. Final control element เป็นอุปกรณ์ที่ทำงานตามคำสั่งของสัญญาณ control output ซึ่งจะเป็นตัวที่ใช้ในการปรับปริมาณของ Manipulated variable เช่น valve, pump, damper ฯลฯ เป็นต้น ส่งผลทำให้ controlled variable เข้าหาค่า set point

<u>สิ่งที่ควรพิจารณาในการออกแบบระบบควบคุมแบบป้อนกลับ คือ</u>

1) กระบวนการอุตสาหกรรมที่ต้องการจะควบคุมควรใช้เครื่องควบคุมแบบใด
2) เครื่องควบคุมที่ใช้ควบคุมระบบใดๆ นั้น ควรปรับตัวแปรควบคุมอะไร
3) เลือกเครื่องควบคุม และปรับเครื่องควบคุมใช้เกณฑ์ในการเลือก และตัดสินใจอย่างไร

<u>วัตถุประสงค์ในการควบคุม และวัตถุประสงค์ในการออกแบบระบบควบคุม</u>

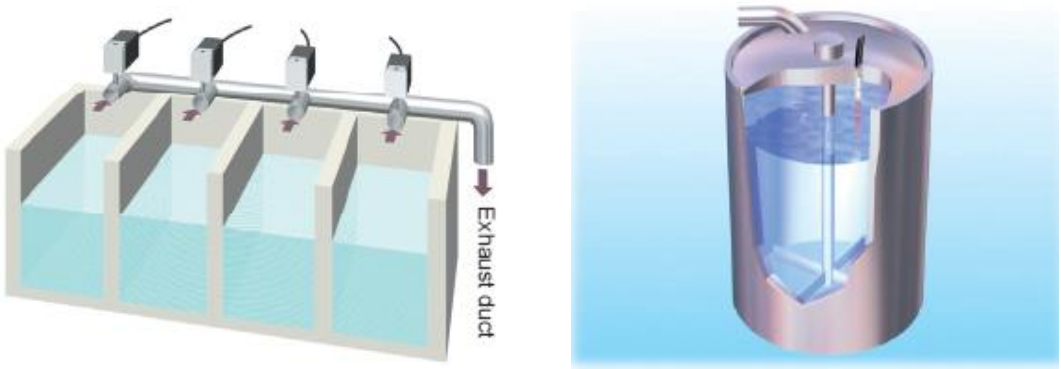
1. ลดค่าการตอบสนองสูงสุดของระบบควบคุมให้น้อยที่สุด
2. ลดค่าช่วงเวลาสู่สมดุลให้สั้นที่สุด
3. ลดค่าความคลาดเคลื่อนรวมในการควบคุมให้มีค่าน้อยที่สุด

การใช้งานระบบควบคุมอัตโนมัติในอุตสาหกรรม

ระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับขบวนการผลิตต่างๆของงานอุตสาหกรรมเช่น ด้านอาหาร และเครื่องดื่ม อุตสาหกรรมเคมี อุตสาหกรรมปิโตรเคมี อุตสาหกรรมยา เป็นต้น อีกทั้งยังสามารถใช้งานบริการในภาครัฐ

หรือรัฐวิสาหกิจต่างๆ ด้วย เช่น กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ การไฟฟ้าฝ่ายผลิต การประปานครหลวงเป็นต้น

ระบบอัตโนมัติที่ใช้ PLC เป็นระบบการควบคุมเครื่องจักรอัตโนมัติ ระบบควบคุมการผลิตอัตโนมัติ ระบบที่แสดงการควบคุมด้วยภาพกราฟิก ระบบควบคุมด้วยรีโมท และระบบอุปกรณ์เป็นเครื่องมือวัด

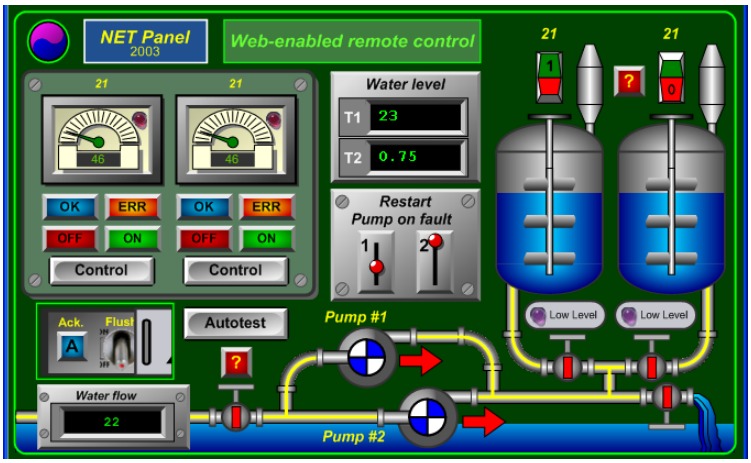


รูปที่ 2.13 ระบบควบคุมอัตโนมัติในงานอุตสาหกรรมการผลิต
ที่มา (Catalog บริษัท Omron Thailand)

ระบบควบคุมอัตโนมัติซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่อำนวยความสะดวกต่อมนุษย์เป็นอย่างมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเทคโนโลยีการผลิต งานที่ต้องทำซ้ำ ๆ ในแต่ละขั้นตอนได้ถูกออกแบบให้ทำงานโดยระบบควบคุมอัตโนมัติ ซึ่งจะช่วยลดแรงงาน ลดขั้นตอน และลดเวลาลงได้อย่างมาก

ปัจจุบันเทคโนโลยีสมัยใหม่มีการนำเอาระบบอัตโนมัติและระบบควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์มาใช้อย่างกว้างขวางโดยเฉพาะอย่างยิ่งในอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนและผลิตภัณฑ์ต่างๆ

ผลิตภัณฑ์เครื่องมือ/อุปกรณ์ ที่พบเห็นในชีวิตประจำวันหรือในงานอาชีพมีขั้นตอนต่างๆมากมายในการทำงานเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ขึ้นมาหนึ่งชนิดซึ่งอาจใช้การทำงานด้วยแรงงานคนหรือใช้เครื่องจักรในการผลิตภัณฑ์ดังนั้นกระบวนการผลิตภัณฑ์เกิดขึ้นมาควบคู่กับการดำรงชีวิตของมนุษย์มาโดยตลอด ตัวอย่างเช่นการผลิตเครื่องมือ (ตีมีด) ของคนไทยสมัยโบราณเพื่อใช้เป็นอาวุธในการต่อสู้ในสงครามก็นับได้ว่าเป็นกระบวนการผลิตอย่างหนึ่ง



รูปที่ 2.14 ระบบควบคุมอัตโนมัติในงานอุตสาหกรรมการผลิตที่แสดงเป็นภาพกราฟิก
ที่มา (บริษัท Omron Thailand)

รูปที่ 2.15 แสดงตัวอย่างการใช้ในงานอุตสาหกรรม

อุปกรณ์ตรวจวัดอัตราการไหล

งานอุตสาหกรรมในปัจจุบันมีการนำเอาพลังงานของไหลมาใช้เป็นต้นกำลัง เช่น เครื่องจักรที่มีส่วนประกอบของนิวแมติกส์ที่ใช้พลังงานจากความดันลมหรือเครื่องจักรไฮดรอลิกส์ที่ใช้พลังงานจากความดันของน้ำมัน นอกจากนี้ระบบหรือกระบวนการอื่นๆในอุตสาหกรรมมักเกี่ยวข้องอยู่กับของไหลเสมอ ตัวแปรที่มาความสำคัญอีกตัวแปรหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับของไหลที่ต้องการตรวจวัด คือ อัตราการไหลของของไหล คุณสมบัติทางกายภาพพื้นฐานของของไหลที่ควรทราบ เพื่อพิจารณาเลือกอุปกรณ์ในการวัดการไหลได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม เช่น ค่าความหนืด ค่าความหนาแน่น ความดัน อุณหภูมิ ค่าต่างๆมีความสัมพันธ์กัน

1 อุณหภูมิ (Temperature) ผลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจะทำให้ตัวแปรอื่น เช่น ค่าความหนืด ค่าความหนาแน่น การอัดตัว (compression) เปลี่ยนแปลงตามไปด้วย การวัดอัตราการไหลของปริมาตร ค่าอุณหภูมิพื้นฐานหรือค่าอ้างอิง ค่าการไหลในระบบที่มีอุณหภูมิต่างๆต้องเทียบกับอุณหภูมิอ้างอิง

2 ความดัน (Pressure) การเปลี่ยนแปลงค่าของความดันในของเหลวมีผลต่อตัวแปรอื่นน้อยกว่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ค่าความดันพื้นฐานอ้างอิงมีค่า 14.7 PSIA สำหรับการวัดแบบกำหนดค่าปริมาตร

3 ค่าความหนาแน่น (Density) คือค่ามวลของสารต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรซึ่ง ค่าความหนาแน่นของของเหลวจะเปลี่ยนค่าตามอุณหภูมิแต่เกือบจะไม่มีผลเมื่อความดันเปลี่ยนไป ยกเว้นช่วงความดันสูงมากๆ โดยปกติเรียกของเหลวว่าเป็นสารประเภทอัดตัวไม่ลง (Incompressible) แต่กรณีที่เป็นก๊าซหรือไอ ความหนาแน่นจะเปลี่ยนไปตามค่าความดันและอุณหภูมิ

4 ค่าการอัดตัว (Compressibility) ของเหลวเมื่อเพิ่มความดันในส่วนของปริมาตรแทบไม่มีการเปลี่ยน ดังนั้นในการคำนวณจึงให้เป็นค่าคงที่ แต่กรณีที่เป็นก๊าซหรือไอ ค่าการอัดตัวนี้ถือเป็นตัวประกอบที่ความสำคัญมาก ความสัมพันธ์ระหว่างความดันและปริมาตรของก๊าซเป็นไปตามกฎของก๊าซ

5 ค่าความหนืด (Viscosity) คือ คุณสมบัติต่อต้านการไหลของของเหลว พบว่าของเหลวที่มีความหนืดมากจะไหลช้ากว่าของเหลวที่มีความหนืดน้อย คุณสมบัติดังกล่าวเกิดจากผลการยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของโครงสร้างของของเหลวนั้น ขณะที่อุณหภูมิต่ำๆ โมเลกุลของของเหลวจะยึดเหนี่ยวกันอย่างใกล้ชิดทำให้มีแรงยึดเกาะมาก ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นทำให้โมเลกุลแยกตัวออกจากกัน แรงยึดเกาะน้อยลงเป็นเหตุให้ความหนืดลดลง หน่วยวัดที่นิยมใช้คือ Poise, centipoises (1 Pascal-sec = 10 Poise = 103 centipoises)

6 ความเร็วของการไหล (Flow Velocity) เป็นความเร็วในทิศทางการไหล ความเร็วหรืออัตราการไหลใช้เป็นตัวกำหนดพฤติกรรมของการไหล คือ เมื่อความเร็วเฉลี่ยถูกทำให้ช้าลงการไหลจะเป็นแบบราบเรียบ

7 อัตราการไหลของปริมาตร (Volume Flow Rate) เป็นการวัดปริมาตรของการไหลต่อหน่วยเวลา

8 ความเร็วของการไหล (Flow Velocity) เป็นปริมาตรของการไหลต่อพื้นที่หน้าตัดที่ของไหลไหลผ่าน

9 อัตราการไหลของมวลหรือน้ำหนัก (Mass or Weight Flow Rate) เป็นการวัดน้ำหนักหรือมวลของของไหลต่อหน่วยเวลา

การวัดระดับ เป็นสิ่งสำคัญประการหนึ่งในงานอุตสาหกรรมเกือบทุกประเภท เนื่องจากค่าของระดับจะส่งผลกระทบต่อพารามิเตอร์อื่น ได้แก่ ความดันและอัตราการไหล เป็นต้น สำหรับวิธีการวัดระดับมี 2 ลักษณะ คือ

การวัดระดับโดยตรง (Direct Level Measurement) วิธีการวัดโดยตรงนี้เป็นวิธีที่ง่าย ประหยัด มีความเชื่อถือได้ แต่มีข้อจำกัดบางประการ สามารถวัดได้ด้วยวิธีการหลายรูปแบบ ดังนี้

1 Sight Glass (แบบใช้กระจกมองระดับ)

2 Float Type (แบบลูกลอย)

3 Dip Stick (แบบจุ่ม)

4 Hook Type

การวัดระดับแบบทางอ้อม (Indirect Level Measurement) มีหลักการ 2 ลักษณะ คือ

1 Hydrostatic Type

2 Electronic Types

อุปกรณ์ตรวจวัดอัตราการไหล

งานอุตสาหกรรมในปัจจุบันมีการนำเอาพลังงานของของไหลมาใช้เป็นต้นกำลัง เช่น เครื่องจักรที่มีส่วนประกอบของนิวแมติกส์ที่ใช้พลังงานจากความดันลมหรือเครื่องจักรไฮดรอลิกส์ที่ใช้พลังงานจากความดันของน้ำมัน นอกจากนี้ระบบหรือกระบวนการอื่นๆในอุตสาหกรรมมักเกี่ยวข้องอยู่กับของไหลเสมอ ตัวแปรที่มาความสำคัญอีกตัวแปรหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับของไหลที่ต้องการตรวจวัด คือ อัตราการไหลของของไหล คุณสมบัติทางกายภาพพื้นฐานของของไหลที่ควรทราบ เพื่อพิจารณาเลือกอุปกรณ์ในการวัดการไหลได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม เช่น ค่าความหนืด ค่าความหนาแน่น ความดัน อุณหภูมิ ค่าต่างๆมีความสัมพันธ์กัน

1 อุณหภูมิ (Temperature) ผลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจะทำให้ตัวแปรอื่น เช่น ค่าความหนืด ค่าความหนาแน่น การอัดตัว (compression) เปลี่ยนแปลงตามไปด้วย การวัดอัตราการไหลของปริมาตร ค่าอุณหภูมิพื้นฐานหรืออ้างอิง ค่าการไหลในระบบที่มีอุณหภูมิต่างๆต้องเทียบกับอุณหภูมิอ้างอิง

2 ความดัน (Pressure) การเปลี่ยนแปลงค่าของความดันในของเหลวมีผลต่อตัวแปรอื่นน้อยกว่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ค่าความดันพื้นฐานอ้างอิงมีค่า 14.7 PSIA สำหรับการวัดแบบกำหนดค่าปริมาตร

3 ค่าความหนาแน่น (Density) คือ ค่ามวลของสารต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรซึ่ง ค่าความหนาแน่นของของเหลวจะเปลี่ยนค่าตามอุณหภูมิแต่เกือบจะไม่มีผลเมื่อความดันเปลี่ยนไป ยกเว้นช่วงความดันสูงมากๆ โดยปกติเรียกของเหลวว่าเป็นสารประเภทอัดตัวไม่ลง (Incompressible) แต่กรณีที่เป็นก๊าซหรือไอความหนาแน่นเปลี่ยนตามทั้งค่าความดันและอุณหภูมิ

4 ค่าการอัดตัว (Compressibility) ของเหลวเมื่อเพิ่มความดันในส่วนของปริมาตรแทบไม่มีการเปลี่ยน ดังนั้นในการคำนวณจึงให้เป็นค่าคงที่ แต่กรณีที่เป็นก๊าซหรือไอค่าการอัดตัวนี้ถือเป็นตัวประกอบที่ความสำคัญมากความสัมพันธ์ระหว่างความดันและปริมาตรของก๊าซเป็นไปตามกฎของก๊าซที่ว่า

5 ค่าความหนืด (Viscosity) คือ คุณสมบัติต่อต้านการไหลของของเหลว พบว่าของเหลวที่มีความหนืดมากจะไหลช้ากว่าของเหลวที่มีความหนืดน้อย คุณสมบัติดังกล่าวเกิดจากผลการยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของโครงสร้างของของเหลวนั้น ขณะที่อุณหภูมิต่ำๆ โมเลกุลของของเหลวจะยึดเหนี่ยวกันอย่างใกล้ชิดทำให้มีแรงยึดเกาะมาก ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นทำให้โมเลกุลแยกตัวออกจากกัน แรงยึดเกาะน้อยลงเป็น

เหตุให้ความหนืดลดลง หน่วยวัดความที่นิยมใช้คือ Poise, centipoises (1 Pascal-sec = 10 Poise = 103 centipoises)

6 ความเร็วของการไหล (Flow Velocity) เป็นความเร็วในทิศทางการไหล ความเร็วหรืออัตราการไหลเป็นตัวกำหนดพฤติกรรมของการไหล คือ เมื่อความเร็วเฉลี่ยถูกทำให้ช้าลงการไหลจะเป็นแบบราบเรียบ

7 อัตราการไหลของปริมาตร (Volume Flow Rate) เป็นการวัดปริมาตรของการไหลต่อหน่วยเวลา

8 ความเร็วของการไหล (Flow Velocity) เป็นปริมาตรของการไหลต่อพื้นที่ หน้าตัดที่ของไหลไหลผ่าน

9 อัตราการไหลของมวลหรือน้ำหนัก (Mass or Weight Flow Rate) เป็นการวัดน้ำหนักหรือมวลของของไหลต่อหน่วยเวลา

ระบบควบคุมของไหลโดยทั่วไป (Open control loop)

ไม่สามารถควบคุมระบบให้เกิดความแม่นยำในการควบคุมได้ส่งผลให้เกิดการรบกวนจากสภาพแวดล้อมภายในและภายนอกระบบควบคุมทำให้เสถียรภาพของกระบวนการการผลิตขาดประสิทธิภาพ

จึงมีการพิจารณาที่จะนำเอาสัญญาณเอาต์พุต (output) ซึ่งมีผลโดยตรงกับระบบควบคุมส่งสัญญาณมาเปรียบเทียบกับสัญญาณอินพุทที่ป้อนให้กับระบบผลต่างระหว่างสัญญาณทั้งสองที่นำมาเปรียบเทียบนั้นเป็นสัญญาณค่าผิดพลาด (error) เพื่อที่จะใช้เป็นสัญญาณป้อนเข้าตัวควบคุม (controller) ให้ตัวควบคุมนำไปสร้างสัญญาณควบคุมใหม่เพื่อลดความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในระบบทำให้เอาต์พุตของระบบเข้าสู่ค่าต้องการซึ่งเรียกการควบคุมระบบนี้ว่าระบบการควบคุมแบบปิดหรือระบบควบคุมแบบป้อนกลับซึ่งนิยมใช้ในงานอุตสาหกรรม

2.4 ชุดทดลองในงานควบคุม

การใช้ชุดทดลอง PLC จากบริษัทผู้ผลิตที่อ้างอิงรูปแบบในการเขียนโปรแกรมตามมาตรฐาน IEC 61131-3 ทั้งนี้เพื่อให้ผู้เรียนได้มีความคุ้นเคย และมีประสบการณ์ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับ PLC จากบริษัทผู้ผลิตอื่นๆ ที่อ้างอิงตามมาตรฐานเดียวกันนี้ ขั้นตอนในการกำหนดตั้งค่า และขั้นตอนในการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานของ PLC จากผู้ผลิตแต่ละบริษัทก็จะมีความแตกต่างกันไป ในปัจจุบันบริษัทผู้ผลิตโปรแกรมสำเร็จรูปได้มีการพัฒนาสร้างระบบการจำลองซึ่งทำงานอยู่บนคอมพิวเตอร์ขึ้นมา และได้มีการเชื่อมต่อข้อมูลกับ PLC จริง ทั้งนี้เพื่อให้ผู้เรียนได้ทำการฝึกการเขียนโปรแกรม PLC ควบคุมการทำงานของระบบการทำงานจำลองบนเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะส่งผลต่อการประหยัดเงินลงทุนในการจัดซื้อชุดฝึก ใช้เนื้อที่ในการติดตั้งน้อย และมีค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงต่ำ เพื่อให้การเรียนรู้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด บางประเภทกระบวนการควบคุมที่เข้าถึงหรือเข้าใจได้ยาก การจำลองจึงไม่สามารถทำได้ ชุดทดลองกระบวนการเพื่อศึกษา

ทฤษฎีการควบคุมจึงมีความจำเป็นต่อการศึกษาทฤษฎีการควบคุมนั้นๆ ในรูป 2.16 แสดงตัวอย่างชุดทดลองการควบคุมอัตโนมัติในกระบวนการอุตสาหกรรม

รูปที่ 2.16 แสดงตัวอย่างชุดทดลองระบบควบคุมอัตโนมัติ
(ที่มา บริษัท Omron Thailand)

2.5 ครุภัณฑ์มาตรฐานในงานควบคุม

ครุภัณฑ์มาตรฐานเป็นการจัดซื้ออุปกรณ์ที่ใช้ในการเรียนการสอนตามวัตถุประสงค์และคำอธิบายรายวิชา ส่วนใหญ่มักจะครอบคลุมเนื้อหาในรายวิชาบังคับหรือรายวิชาที่มีผู้เรียนเป็นเป็นจำนวนมาก เนื่องจากการเขียนขอนั้นนอกจากผลสัมฤทธิทางการเรียนการสอนแล้ว ยังต้องคำนึงถึงความถี่และจำนวนครั้งในการใช้ จึงทำให้ชุดจำลองทดลองเฉพาะทางหรือชุดทดลองขั้นสูงนั้น ที่มีอยู่บางหัวข้อหรือวิชาเลือกที่ต่อยอดขั้นสูงในสาขาวิชาทางวิศวกรรม มักจะไม่ถูกพิจราณาจัดซื้อ ส่วนใหญ่มักจะใช้การจำลองเพียงอย่างเดียว นอกจากมูลเหตุข้างต้นแล้ว ยังมีเรื่องของราคาชุดทดลองที่สูงมาก จึงทำให้การเรียนการสอนมักจะมีแต่การจัดซื้ออุปกรณ์การโปรแกรมเสียเป็นส่วนใหญ่ เช่น PLC (Programmable Logic Controller) เป็นต้น

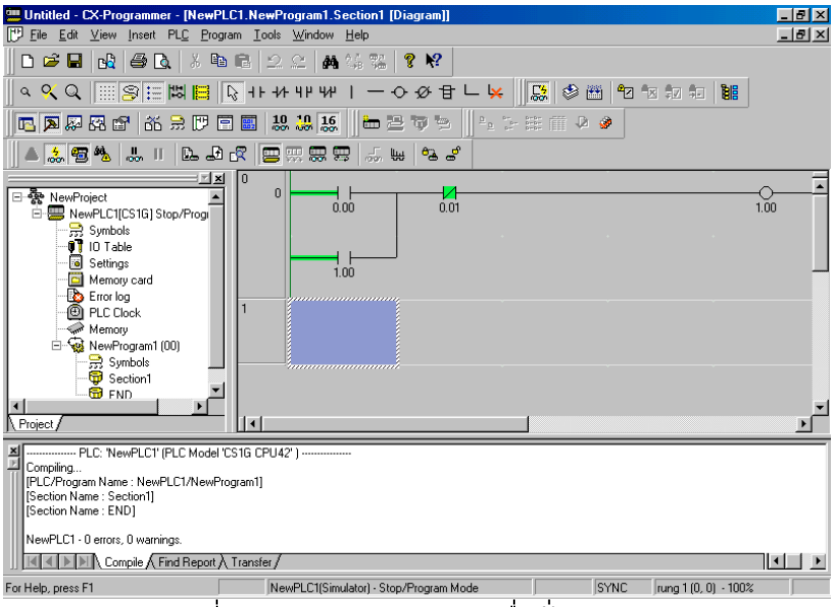
รูปที่ 2.17 ชุดควบคุม PLC มาตรฐานในห้องปฏิบัติการ

2.5.1 โปรแกรมเมเบิ้ลลอจิกคอนโทลเลอร์

PLC (Programmable Logic Controller) หรือปัจจุบันใช้คำว่า PC (Programmable Controller) ในที่นี้จะใช้คำว่า PLC แทน PC เพื่อป้องกันความสับสนระหว่างคำว่า PC (Personal Computer) PLC เป็นอุปกรณ์ที่คิดค้นขึ้นมา เพื่อใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรหรือระบบต่างๆแทนวงจรรีเลย์แบบเก่า ซึ่งวงจรรีเลย์มีข้อเสียคือ การเดินสาย และการเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขในการควบคุมมีความยุ่งยาก และเมื่อใช้งานไปนานๆ หน้าสัมผัสของรีเลย์จะเสื่อม ดังนั้น ปัจจุบัน PLC จึงเข้ามาทดแทนวงจรรีเลย์ เพราะ PLC ใช้งานได้ง่ายกว่า สามารถต่อเข้ากับ อุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุตได้โดยตรง ในปัจจุบัน นอกจาก PLC จะใช้งานแบบเดี่ยว (Stand alone) แล้ว ยังสามารถต่อ PLC หลายๆตัวเข้าด้วยกัน (Network) เพื่อควบคุมการทำงานของระบบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นอีกด้วย จะเห็นได้ว่าการใช้งาน PLC มีความยืดหยุ่นมากกว่าการใช้งานวงจรรีเลย์แบบเก่า ดังนั้นปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆจึงเปลี่ยนมาใช้ PLC มากขึ้น เราสามารถจำแนกประเภทของ PLC ตามลักษณะภายนอกได้เป็น 2 ชนิด คือ

รูปที่ 2.18 Block Type Programmable Logic Controller

รูปที่ 2.19 Rack Type Programmable Logic Controller



รูปที่ 2.20 Cx-Programmer เพื่อสั่งงาน PLC

รูปที่ 2.21 PLC ตามมาตรฐานครุภัณฑ์ทางการศึกษา

รูปที่ 2.22 ชุดจำลองการทำงานตามวัตถุประสงค์การเรียนการสอน

2.5.2 การรับค่าจากอุปกรณ์เซนเซอร์เข้าสู่ PLC

ภาคอินพุตของ PLC ทำหน้าที่รับสัญญาณอินพุตเข้ามาแปลงสัญญาณส่งเข้าไปภายใน PLC อุปกรณ์ (Device Input) ต่างๆ ที่นำมาต่อกับภาคอินพุตได้นั้นจัดออกเป็นกลุ่มๆดังนี้ อุปกรณ์ที่นำมาต่อกับภาคอินพุตของ PLC อุปกรณ์บางกลุ่มจะมีสัญญาณทั้งอินพุต/เอาต์พุต เช่น Inverter, Digital Signal, Controller, ตัวควบคุมอุณหภูมิ, เซนเซอร์รุ่นพิเศษ เป็นต้น จำเป็นต้องต่อใช้งานให้ถูกต้อง ซึ่งสามารถแนะนำได้ในขั้นต้นคือ ต่อวงจรภาคเอาต์พุตของอุปกรณ์นั้นๆ เข้ากับภาคอินพุต PLC วงจรภาคอินพุต (Input Circuit PLC)

วงจรภาคอินพุตแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

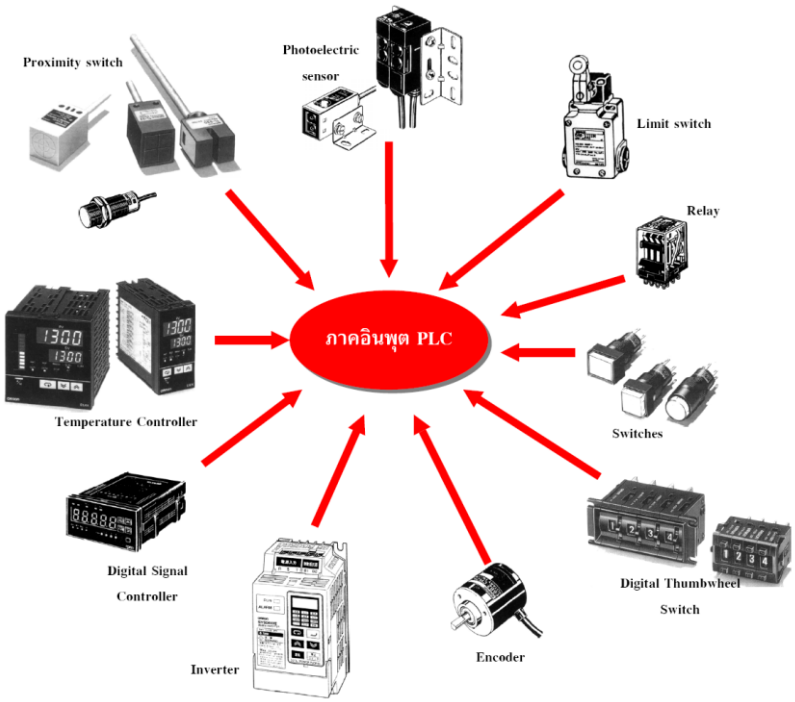
1) ดิจิตอลอินพุต (Digital Input)

2) อนาล็อกอินพุต (Analog Input)

การรับค่าเซนเซอร์แบบดิจิตอลอินพุตเข้าสู่ PLC ดิจิตอลอินพุต (Digital Input Type) ดิจิตอลอินพุตหมายถึงอินพุตที่รับรู้สัญญาณได้เพียงแค่ “ON” หรือ “OFF” เท่านั้น ตามโครงสร้างจะมีดิจิตอลอินพุต 2 แบบคือ

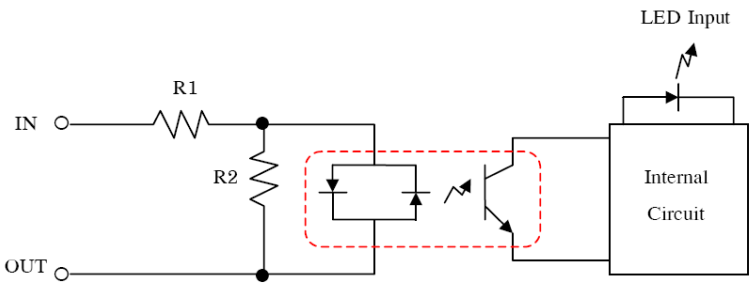
1) วงจรอินพุตไฟตรง (DC Input)

2) วงจรอินพุตไฟสลับ (AC Input)



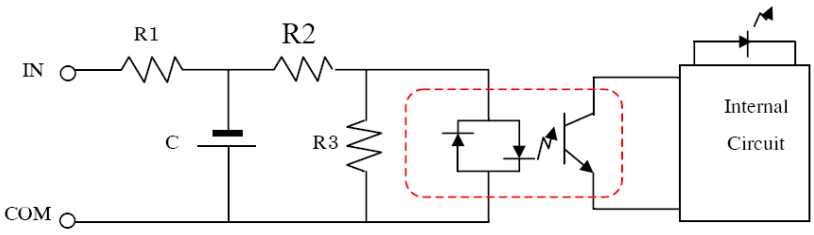
รูปที่ 2.23 ตัวอย่างอุปกรณ์และตัวตรวจจับอินพุตแบบดิจิตอล

1) วงจรอินพุตไฟตรง (DC Input) จะใช้อุปกรณ์ที่ทำงานด้วยแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ตัวอย่างวงจรอินพุตไฟตรงแสดงดังรูปที่ 2.24



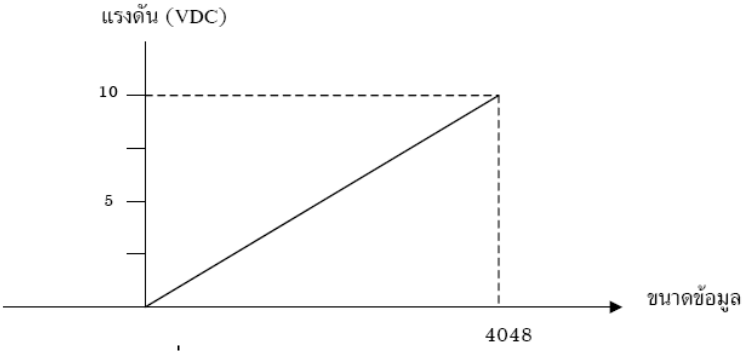
รูปที่ 2.24 รูปการทำงาน วงจรอินพุตแบบ DC

2) วงจรอินพุตไฟสลับ (AC Input) ใช้ไฟสลับผ่านแรงดันทำให้ไม่มีปัญหา เรื่องแรงดันตกคร่อมในสายมากเกินไปดังเช่น วงจรอินพุตไฟตรงโดยที่ผ่านแรงดันอินพุตตั้งแต่ 100-220 VAC สำหรับ PLC บางรุ่นก็จะแบ่งอินพุตแบบนี้ออกเป็น 2 ย่านคือ 100-120 และ 200-240 VAC ลักษณะวงจรอินพุตแสดงดังรูป



รูปที่ 2.25 รูปการทำงานวงจรอินพุตแบบ AC

การรับค่าเซนเซอร์อนาล็อก อินพุตอนาล็อกอินพุต (Analog Input Type) อนาล็อกอินพุตจัดเป็นอินพุตที่สามารถรับสัญญาณที่บอกเป็นปริมาณที่เปลี่ยนแปลงค่าได้เช่น 0-10 VDC, ±10 VDC 1-5 V (4-20 mA) ดังรูป 2.26



รูปที่ 2.26 สัญญาณขนาด 0-10 VDC

สัญญาณอนาล็อกทั้ง 3 แบบ จัดเป็นขนาดสัญญาณมาตรฐานที่กำหนดไว้ใช้ในอุตสาหกรรม ดังนั้นอุปกรณ์ที่มีภาคเอาต์พุตเป็นแบบอนาล็อกเช่น อนาล็อกเซนเซอร์, ภาคอนาล็อกเอาต์พุตของ Digital Signal Controller, Temperature Controller เป็นต้น ก็จะมีขนาดของสัญญาณตามมาตรฐานเช่นกันซึ่งตัวอุปกรณ์อาจจะมีเอาต์พุตแบบใดแบบหนึ่งหรือทั้ง 3 แบบเลยก็ได้ ดังนั้น ภาคอนาล็อกอินพุตของ PLC ก็ต้องสามารถเลือกตรวจสอบได้ทั้ง 3 แบบเช่นกัน หลักการทำงานของอนาล็อกอินพุตของ PLC นำค่าที่วัดได้แปลงเป็นสัญญาณดิจิตอล จัดเป็นขนาดของข้อมูลแทนลักษณะดังไดอะแกรม

อุปกรณ์ที่วัดค่าออกมาเป็นปริมาณอนาล็อกส่วนมากเป็นการวัดระยะทาง, วัดความเร็ว, วัดอุณหภูมิ, วัดปริมาณแสง, วัดความดันเป็นต้น แล้วแปลงค่าเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าออกมา ดังนั้นเวลาที่อุปกรณ์เหล่านี้วัดค่าออกมาเป็นอนาล็อกค่าใดๆ ผู้ใช้จำเป็นต้องทำตารางเปรียบเทียบค่าด้วยเพื่อที่จะกำหนดขนาดข้อมูลให้กับ PLC ให้ควบคุมตามที่ต้องการวงจรภาคอินพุตแบบอนาล็อกของ PLC

2.5.3 ระบบการรับส่งข้อมูลระหว่างเซนเซอร์และโปรแกรมเมเบิ้ลลอจิกคอนโทลเลอร์

สามารถแบ่งตามประเภทของการรับและส่งข้อมูล ได้เป็น 2 ลักษณะ คือ

(1) ดิจิตอล (Digital Input) ดิจิตอลหมายถึงการรับรู้สัญญาณได้เพียงแค่ “ON” หรือ “OFF” เท่านั้น

(2) อนาล็อก (Analog Input) อนาล็อกหมายถึงการรับรู้สัญญาณเป็นปริมาณ ตามสัญญาณมาตรฐาน

สำหรับสัญญาณมาตรฐานที่จะกล่าวถึงนี้ มีความจำเป็นต้องกำหนดเป็นมาตรฐานขึ้นมาเพื่อให้อุปกรณ์ต่างยี่ห้อกัน สามารถนำมาต่อร่วมกันได้ ซึ่งโดยทั่วไปนั้นได้มีการแบ่งสัญญาณ มาตรฐานออกเป็น 4 รูปแบบ คือ

1.สัญญาณแรงดันไฟฟ้า (Voltage Signal) มีขนาด 1-5 โวลต์ (V) การส่งสัญญาณเป็นแรงดันไฟฟ้านั้นจะมีปัญหาในเรื่องของแรงดันตกคร่อม (Voltage Drop) ในสายส่งสัญญาณ จึงไม่นิยมใช้ในการส่งสัญญาณระยะไกล ๆ โดยทั่วไปจะนิยมใช้ในห้อง Control Room หรือใช้กับกระบวนการแปลงสัญญาณ

2.สัญญาณกระแสไฟฟ้า (Current Signal) มีขนาด 4-20 มิลลิแอมป์ (mA) การส่งสัญญาณกระแสไฟฟ้า จะไม่มีปัญหาเรื่องแรงดันตกคร่อม (Voltage Drop) จึงนิยมใช้ในการส่งสัญญาณในระยะไกล ซึ่งจะนิยมใช้ในทางอุตสาหกรรม

3.สัญญาณความดันลม (Pneumatic Signal) มีขนาด 20-100 กิโลปาสคาล (kPa) การส่งสัญญาณลักษณะนี้จะใช้ในกรณีที่ต้องส่งสัญญาณผ่านพื้นที่อันตราย เช่น พื้นที่ที่มีไอระเหยของสารติดไฟ ซึ่งการส่งสัญญาณเป็นสัญญาณไฟฟ้าอาจทำให้เกิดประกายไฟได้ ปกติแล้วระยะทางที่สามารถใช้ในการส่งสัญญาณความดันลมสามารถส่งได้ไกล 200 เมตร

4.สัญญาณความถี่ทางไฟฟ้า (Frequency Signal) มีขนาด 800-4000 เฮิร์ท (Hz)

2.5.4 การแบ่งประเภทตามการใช้งานทั่วไปของกระบวนการในงานอุตสาหกรรม

การแบ่งประเภทของตัวเซนเซอร์ สามารถแบ่งได้หลายวิธี ดังต่อไปนี้

แบ่งตามโครงสร้าง (Structure)

แบบมีภาคขยายสัญญาณในตัว (Built-in Amplifier)
แบบแยกภาคขยายสัญญาณ (Separate Amplifier)
แบบมีแหล่งจ่ายไฟในตัว (Built-in Power Supply)

แบ่งตามวิธีการตรวจจับ (Sensing Method)

แยกตัวส่งกับตัวรับ (Through-Beam)
รวมตัวส่งกับตัวรับและมีแผ่นสะท้อน (Retro-reflective)
รวมตัวส่งกับตัวรับชนิดตรวจจับวัตถุโดยตรง (Diffuse-reflective)
รวมตัวส่งกับตัวรับชนิดจำกัดระยะการสะท้อน (Limited Reflective)
รวมตัวส่งตัวรับชนิดตรวจจับวัตถุจากระยะทางที่เปลี่ยนไป (Distance Settable)

แบ่งตามประเภทของเอาท์พุต (Output)

อนาล็อกเอาท์พุต (1-5 V, 4-20 mA)
ดิจิตอลเอาท์พุต (ON/OFF) NPN, PNP

2.6 ประเภทและชนิดของการควบคุมในงานวิศวกรรม

ทฤษฎีระบบควบคุม (Control theory) เป็นสาขาหนึ่งของคณิตศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ ในที่นี้การควบคุมหมายถึง การควบคุมระบบพลศาสตร์ ให้มีค่าเอาต์พุตที่ต้องการ โดยการป้อนค่าอินพุตที่เหมาะสมให้กับระบบ ตัวอย่างที่เห็นได้ทั่วไป เช่น ระบบควบคุมอุณหภูมิห้องของเครื่องปรับอากาศ หรือแม้แต่ลูกลอยในโถส้วม ที่เปิดน้ำปิดน้ำโดยอัตโนมัติเมื่อน้ำหมดและน้ำเต็ม

ระบบควบคุมยังอาจแบ่งออกได้เป็นระบบควบคุมวงเปิด (open-loop control) คือ ระบบควบคุมที่ไม่ได้ใช้สัญญาณจากเอาต์พุต มาบ่งชี้ถึงลักษณะการควบคุม ส่วนระบบควบคุมวงปิด (closed-loop control) หรือระบบป้อนกลับ (feedback control) นั้นจะใช้ค่าที่วัดจากเอาต์พุตมาคำนวณค่าการควบคุม

นอกจากนี้ยังอาจแบ่งได้ตามคุณลักษณะของระบบ เช่น เป็นเชิงเส้น (linear) / ไม่เป็นเชิงเส้น (nonlinear), แปรเปลี่ยนตามเวลา (time-varying) / ไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา (time-invariant) และเวลาต่อเนื่อง (Continuous time) / เวลาไม่ต่อเนื่อง (Discontinuous time)

รูปที่ 2.27 อัลตร้าโซนิคเซนเซอร์สำหรับงานวัดระดับของเหลว

2.6.1 การควบคุมระดับของเหลวด้วยการ On-Off

การควบคุมแบบลอจิกเปิด-ปิด (Logic ON-OFF Control) ในกรณีที่เซนเซอร์ (Sensor) และตัวสั่งงาน (Actuator) ที่ใช้กับกระบวนการมีการทำงานแค่สองสถานะคือ ON และOFF เราสามารถสร้างตัวควบคุมเป็นแบบวงจรควบคุมแบบลอจิกเปิด-ปิด (Digital Logic ON-OFF Control) ได้ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.28

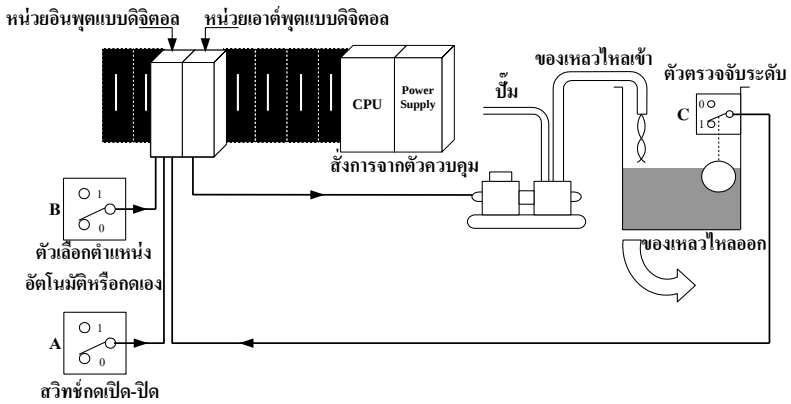
รูปที่ 2.28 ระบบควบคุมแบบ ON-OFF

จากรูปเป็นระบบควบคุมแบบ ON-OFF อย่างง่าย เนื่องจากในระบบใช้สัญญาณ Logic “ON/OFF” เท่านั้น ระบบนี้จึงไม่จำเป็นต้องใช้ฟังก์ชัน PID แต่เมื่อไรก็ตามที่ระบบใช้สัญญาณเป็นอนาลอก จึงมีความจำเป็นต้องใช้ฟังก์ชัน PID เข้ามาช่วยในการประมวลผล

2.6.2 การควบคุมระดับของเหลวด้วยพีไอดี

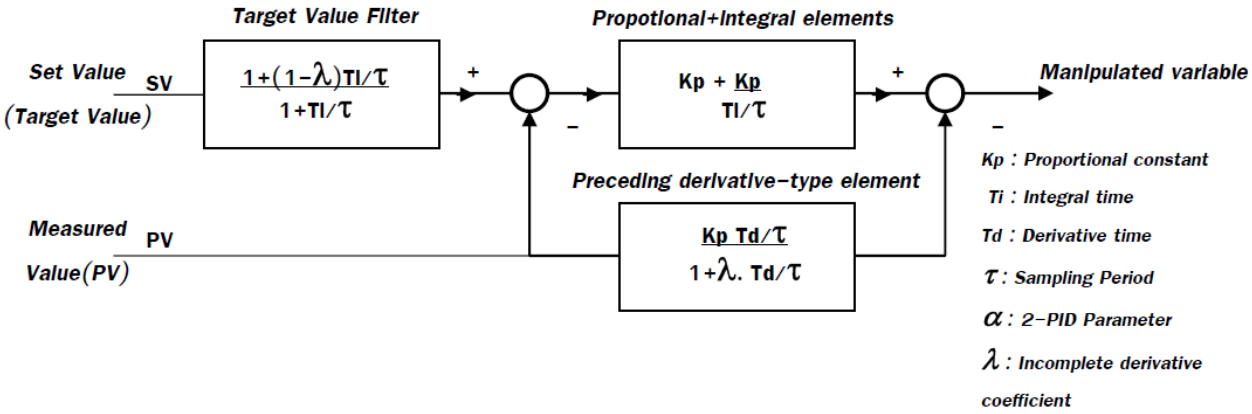
การควบคุมแบบ ON – OFF Control น่าจะไม่เพียงพอ ถ้าเราต้องการคุณภาพของการรักษาระดับสัญญาณที่มีเสถียรภาพและต้องสามารถกำหนดผลตอบสนองชั่วขณะและสภาวะคงตัวของระบบให้ได้ตามที่เราต้องการ เพราะฉะนั้นตัวควบคุมจึงเข้ามามีบทบาทโดยตัวควบคุมที่ให้ประสิทธิภาพดังกล่าวข้างต้นสามารถเลือกใช้ได้หลายวิธี แต่วิธีที่ง่ายได้ผลเร็ว และเป็นที่นิยมคือการควบคุมแบบ PID ถ้าเราต้องการ

ควบคุมระดับให้ได้ระดับเดียว ON-OFF ก็น่าจะตอบโจทย์ได้ดีดังในรูปที่ 2.29 แต่ถ้าเราต้องการระดับหลายระดับ และเริ่มสนใจการเข้าถึงของสัญญาณหรือการแกว่งตัว การป้อนกลับของตัวตรวจจับระดับต้องเป็นสัญญาณอนาลอก ถ้าตรวจจับเป็นสัญญาณอนาลอก เราจะสามารถควบคุมระดับที่เราต้องการตามความละเอียดของอุปกรณ์อนาลอก



รูปที่ 2.29 การนำ PLC ไปใช้ในการควบคุมระดับน้ำ

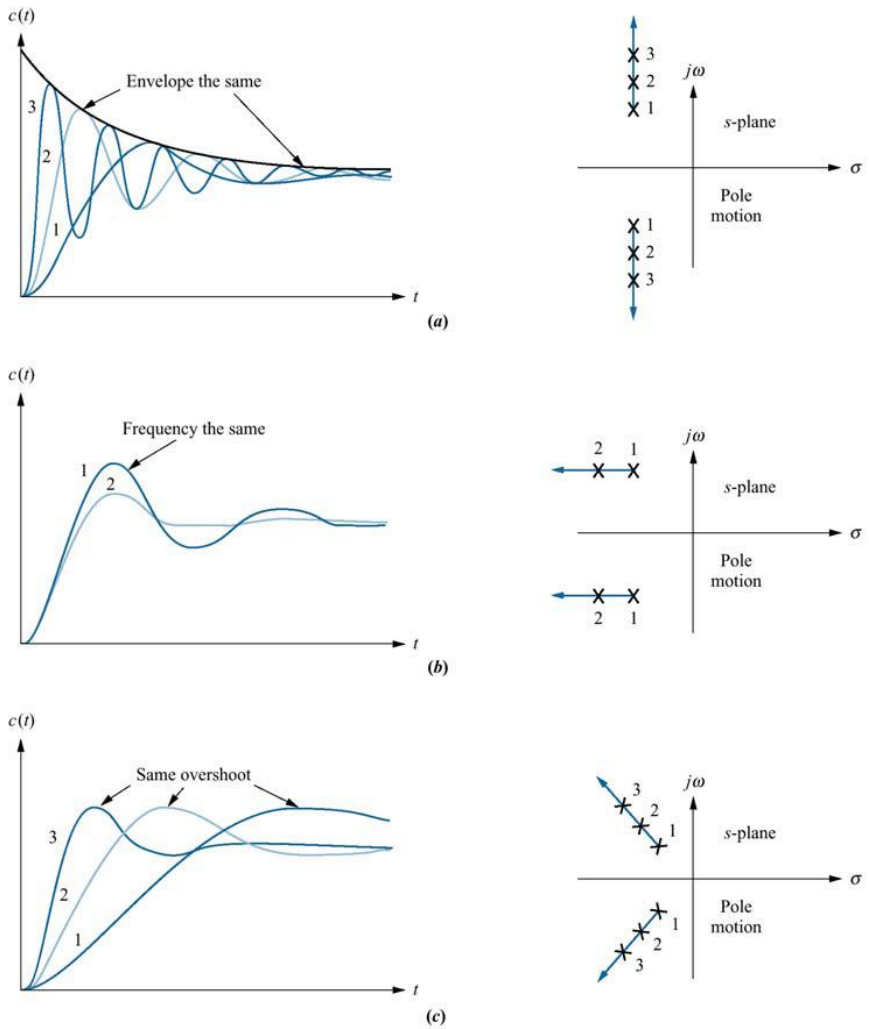
ระบบควบคุมแบบสัดส่วน-ปริพันธ์-อนุพันธ์ (PID controller) เป็นระบบควบคุมแบบป้อนกลับที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง ซึ่งค่าที่นำไปใช้ในการคำนวณเป็นค่าความผิดพลาดที่หามาจากความแตกต่างของตัวแปรในกระบวนการและค่าที่ต้องการ ตัวควบคุมจะพยายามลดค่าผิดพลาดให้เหลือน้อยที่สุดด้วยการปรับค่าสัญญาณขาเข้าของกระบวนการ ค่าตัวแปรของ PID ที่ใช้จะปรับเปลี่ยนตามธรรมชาติของระบบ



รูปที่ 2.30 แผนภาพบล็อกของการควบคุมแบบพีไอดี

วิธีคำนวณของ PID ขึ้นอยู่กับสามตัวแปรคือค่าสัดส่วน, ปริพันธ์ และ อนุพันธ์ ค่าสัดส่วนกำหนดจากผลของความผิดพลาดในปัจจุบัน, ค่าปริพันธ์กำหนดจากผลบนพื้นฐานของผลรวมความผิดพลาดที่ซึ่งพึ่งผ่านพ้นไป, และค่าอนุพันธ์กำหนดจากผลบนพื้นฐานของอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าความผิดพลาด น้ำหนักที่เกิดจากการรวมกันของทั้งสามค่านี้ จะใช้ในการปรับกระบวนการโดยการปรับค่าคงที่ใช้ใน PID ตัวควบคุมสามารถปรับรูปแบบการควบคุมให้เหมาะกับกระบวนและความต้องการได้ การตอบสนองของตัวควบคุมจะอยู่ในรูปของการเข้าถึงค่าเป้าหมายของระบบควบคุม จนถึงค่าความผิดพลาด ค่าโอเวอร์ชูต

(overshoots) และค่าแกว่งของระบบ (oscillation) วิธี PID ไม่รับประกันได้ว่าจะเป็นระบบควบคุมที่เหมาะสมที่สุดหรือสามารถทำให้กระบวนการมีความเสถียรแน่นอนการประยุกต์ใช้งานบางครั้งอาจใช้เพียงหนึ่งถึงสองรูปแบบ ขึ้นอยู่กับกระบวนการเป็นสำคัญ พีไอดีบางครั้งจะถูกเรียกว่าการควบคุมแบบ PI, PD, P หรือ I ซึ่งในรูปที่ 2.31 ได้อธิบายถึงที่มาของการเลื่อนและชดเชยสมการคุณลักษณะซึ่งทำให้มีผลต่อสัญญาณควบคุม



รูปที่ 2.31 แผนภาพบล็อกของการควบคุมแบบพีไอดี

การควบคุมแบบ PID ได้ชื่อตามการรวมกันของเทอมของตัวแปรทั้งสามตามสมการ:

$$MV(t) = P_{out} + I_{out} + D_{out} \qquad (2)$$

เมื่อ P_{out}, I_{out}, และ D_{out} เป็นผลของสัญญาณขาออกจากระบบควบคุม PID จากแต่ละเทอมซึ่งนิยามตามรายละเอียดด้านล่างสัดส่วนกราฟ PV ต่อเวลา K_p กำหนดเป็น 3 ค่า (K_i และ K_d คงที่) เทอมของสัดส่วน (บางครั้งเรียก อัตราขยาย) จะเปลี่ยนแปลงเป็นสัดส่วนของค่าความผิดพลาด การตอบสนองของสัดส่วน

สามารถทำได้โดยการคูณค่าความผิดพลาดด้วยค่าคงที่ Kp, หรือที่เรียกว่าอัตราขยายสัดส่วนเทอมของสัดส่วนจะเป็นไปตามสมการ:

$$P_{out} = K_p * e(t)$$

เมื่อ P_{out} สัญญาณขาออกของเทอมสัดส่วน

K_p อัตราขยายสัดส่วน, ตัวแปรปรับค่าได้

e ค่าความผิดพลาด = SP – PV

t เวลา

ผลอัตราขยายสัดส่วนที่สูงค่าความผิดพลาดก็จะเปลี่ยนแปลงมากเช่นกัน แต่ถ้าสูงเกินไประบบจะไม่เสถียรได้ ในทางตรงกันข้าม ผลอัตราขยายสัดส่วนที่ต่ำ ระบบควบคุมจะมีผลตอบสนองต่อกระบวนการน้อยตามไปด้วย

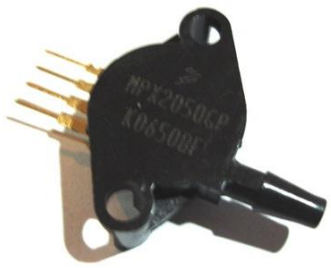
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ

การดำเนินการศึกษาการออกแบบและสร้างชุดทดลองการควบคุมระบบอัตโนมัติในทางวิศวกรรมหลักเพื่อใช้ร่วมกับครุภัณฑ์มาตรฐาน สำหรับอุปกรณ์และวิธีการทดลองดังนี้

รูปที่ 3.1 PLC ที่มีโมดูลอนาลอกสำหรับรับค่าสัญญาณควบคุมป้อนกลับ

3.1 อุปกรณ์เซนเซอร์ที่ใช้ในงานควบคุม

เซนเซอร์วัดความดัน ตัววัดความดัน (Pressure Transducer / Pressure Sensor) คือ เซนเซอร์ที่สามารถแปลงค่าความดัน ที่เกิดขึ้นต่อพื้นที่หน้าตัด (MPa, KgF/cm2, N/m2 ฯลฯ) เป็นสัญญาณทางไฟฟ้าได้อย่างเหมาะสำหรับการทดสอบและวัดค่าของความดันของเหลว สามารถการประยุกต์การใช้งานได้หลากหลายประเภท ได้แก่ ความดันของน้ำมันไฮดรอลิค (Hydraulic) ความดันของน้ำมันเกียร์ ความดันถังแก๊ส (Gas Pressure) ความดันอากาศ (Air Pressure) ในงานวิจัยนี้ใช้อุปกรณ์การเปลี่ยนความดันเป็นสัญญาณไฟฟ้าดังรูปที่ 3.2 โดยมีหลักการทำงานคือ

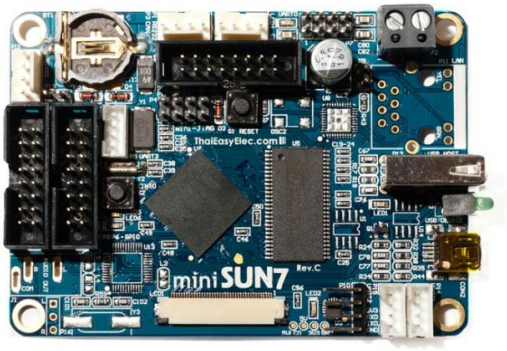


รูปที่ 3.2 เซนเซอร์วัดค่าแรงดันของเหลวเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้า

เมื่อของเหลวมีระดับแรงดกมากขึ้นจากตัววัด (Sensor) จึงทำให้วงจร piezoelectric element ที่ถูกต่อโดยตรงกับเครื่องรับสัญญาณค่าความต้านทานที่ใช้เชื่อมต่อจะถูกวัดค่า เมื่อความต้านทานเปลี่ยนจะส่งผลค่าสัญญาณไฟฟ้าที่อ่านได้ ค่าที่ผิดเพี้ยนไปมักขึ้นอยู่กับความยาวของสายไฟและอุณหภูมิบรรยากาศการใช้งาน วิธีการแก้ไขมักจะใช้ตัวขยายหรือชดเชยเพื่อส่งสัญญาณแรงดัน (Pressure transmitter) ถูกนำมาใช้งานเพื่อป้องกันการสูญเสียแรงดันไฟฟ้าหรือเมื่อ regulator หรือ PLC ไม่สามารถวัดสัญญาณได้โดยตรงจากตัววัดความต้านทาน (resistance sensor)

3.2 ตัวควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์

การวัดและส่งสัญญาณแรงดันเป็นหน้าที่สำคัญในระบบตรวจสอบและควบคุมปั๊มเพื่อที่จะให้ได้แรงดันที่ต้องการที่เวลาใดๆ ตัวส่งสัญญาณแรงดัน (Pressure transmitter) เพื่อส่งค่าแรงดันที่วัดได้ในรูปแบบสัญญาณอนาลอก 0-10 V / 4-20 mA (analogue 0-10 V / 4-20 mA signal) ไปยังขั้วการรับสัญญาณที่ตัว pressure transmitter ที่มีส่วนภาค piezoelectric ซึ่งจะสร้างสัญญาณไฟฟ้าที่เป็นสัดส่วนโดยตรงกับแรงดันและกระแสที่เป็นสัญญาณควบคุม

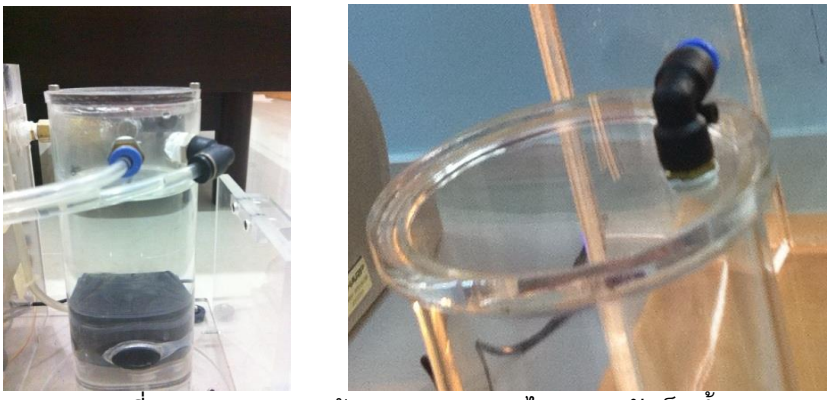


รูปที่ 3.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์

การรับสัญญาณอนาลอก (The receiver) ตัวรับสัญญาณใช้ PLC (Programmable Logic Controller) โดย PLC จะเลือกใช้ที่มีขนาดเล็กที่สามารถวัดสัญญาณไฟฟ้าจากสัญญาณอนาลอกได้โดยตรงบอร์ด FiO และ RapidSTM32 มีตัวแปลงสำเร็จที่เรียกว่า Block set ไว้เป็นเครื่องมือสำหรับใช้ระบบสมองกลฝังตัว (ซึ่งเปรียบเสมือนเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กอยู่บนแผงวงจรขนาดเล็กแผ่นเดียว) โดยจะต้องเขียนโปรแกรมเพื่อรับค่าความดันเพื่อแปลงเป็นระดับน้ำ การเขียนโปรแกรมการแปลงที่มีความซับซ้อน (low-level) เพื่อควบคุมการทำงานของระบบเหล่านี้สามารถใช้การเขียนโปรแกรมบนครุภัณฑ์มาตรฐาน PLC และต้องการปรับค่าหรือชดเชยค่าสามารถเชื่อมต่อเครื่องคอมพิวเตอร์ PC กับอุปกรณ์ภายนอกเช่น จอ Touch Screen เพื่อดูและปรับแก้ไขค่าต่างๆจากเซนเซอร์เข้ามาในเครื่องคอมพิวเตอร์ PC เพื่อควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ จากเครื่องคอมพิวเตอร์ PC โดยสร้างอุปกรณ์ที่มีสมองกลและสามารถทำงานได้เองแบบ Stand-alone อุปกรณ์บันทึกข้อมูล Data logger ระบบควบคุมอัตโนมัติ หรือ ระบบอัจฉริยะระบบประมวลผลสัญญาณดิจิตอล บน PLC ได้เลย

3.3 ระบบการไหล

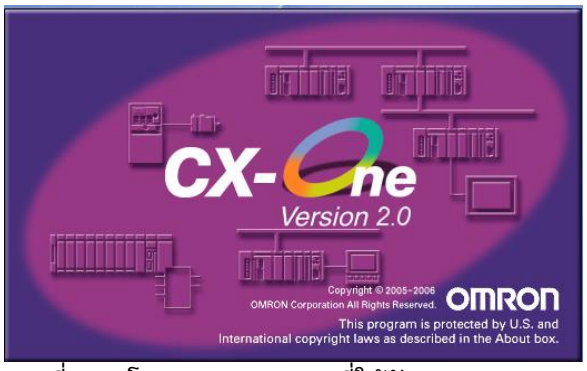
การสร้างทดสอบชุดทดลองการไหลเพื่อรักษาระดับที่ใช้ในงานทดสอบผลตอบสนองของสัญญาณควบคุมจึงใช้วัสดุใสโปร่งแสงดังรูปที่ 3.4 เพื่อทดสอบระดับและมีจุดเชื่อมต่อกับมอเตอร์ที่สามารถปรับความเร็วด้วยสัญญาณ 0-10 โวลท์ และต่อสายน้ำเข้าสู่ถังพักและวาล์วปล่อยน้ำเพื่อควบคุมการไหลของน้ำ และทำการติดตั้งเซนเซอร์เพื่อวัดค่าระดับของระดับของน้ำในถังและโดยจะทดสอบการโดยสูบน้ำจากแท้งล่างขึ้นไปเก็บยังแท้งบน และเปิดวาวล์วเพื่อเลือกความรุนแรงในการทดสอบความสามารถของระบบ



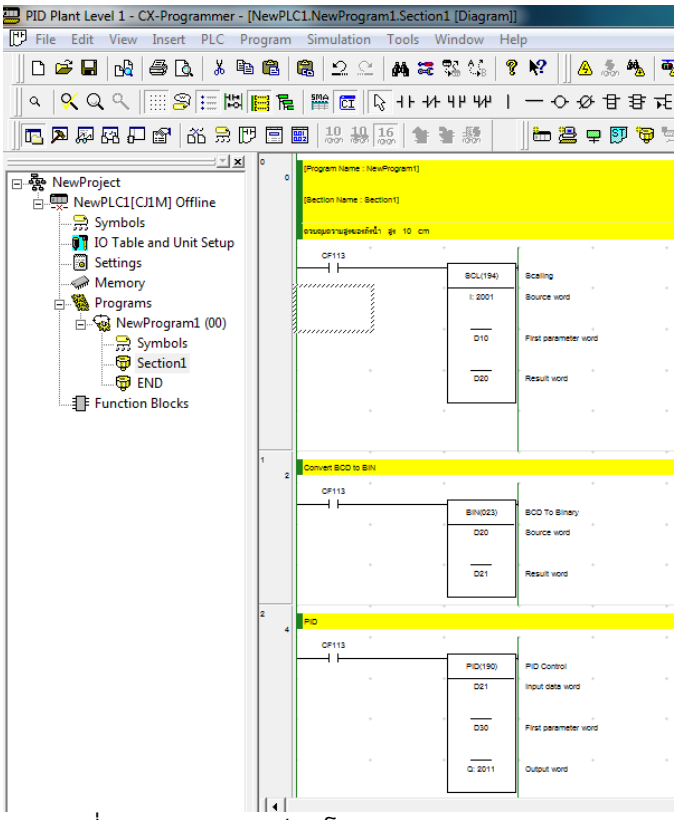
รูปที่ 3.4 แสดงการสร้างชุดทดลองการไหลแบบถังเก็บน้ำ

3.4 โปรแกรมในการทดสอบ

ในการทดสอบชุดทดลองใช้ภาษา C ในการขยายค่าสัญญาณเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่อยู่ในไมโครคอนโทรเลอร์ และใช้โปรแกรม Cx-Programmer ที่อยู่ในอุปกรณ์ในชุดครุภัณฑ์มาตรฐานโดยเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุม PID บน PLC แสดงในรูปที่ 3.5 และ 3.6 เพื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์การควบคุมระดับของน้ำในถัง



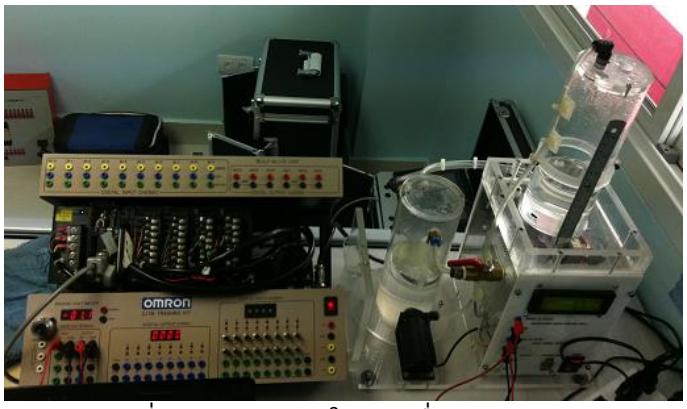
รูปที่ 3.5 โปรแกรม Cx-one ที่ใช้กับ PLC OMRON



รูปที่ 3.6 แสดงการเขียนโปรแกรม Cx-Programmer

3.5 การทดสอบตัวควบคุม

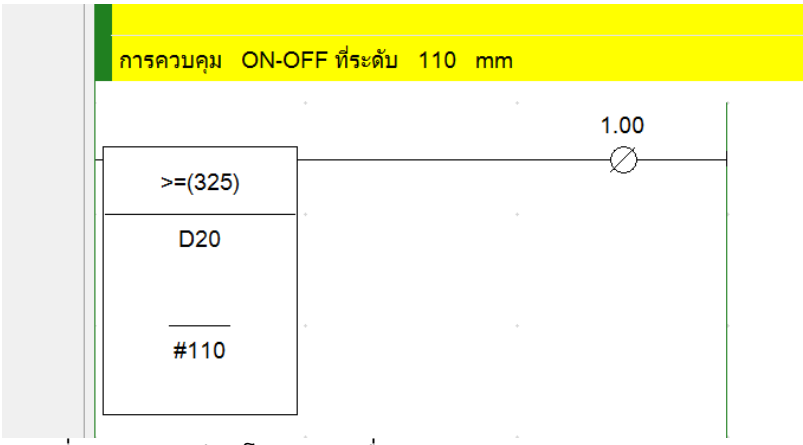
ตัวควบคุมในระบบที่จะทำการทดสอบนั้นขึ้นอยู่กับชนิดประเภทและความสามารถของอุปกรณ์ในกระบวนการนั้น ในลักษณะของกระบวนการของไหลนั้น การตอบสนองต่อสัญญาณควบคุมจึงเป็นไปได้ช้ากว่าแบบอื่น เนื่องจากการชดเชยมักจะต้องรอเวลาเพื่อจะเข้าสู่ตำแหน่งเป้าหมายที่จะถูกควบคุม รูปที่ 3.7 แสดงการต่อชุดทดลองเข้ากับครุมาตรฐานเพื่อทำการทดลองทฤษฎีการควบคุม



รูปที่ 3.7 แสดงการใช้วัสดุเพื่อการทดสอบ

3.5.1 การควบคุมแบบเปิด-ปิด (ON-OFF Control Algorithm)

การควบคุมแบบเปิด-ปิดธรรมดา จะนำค่าปริมาณที่ต้องการควบคุมมาเทียบกับค่าเป้าหมาย โดยเมื่อค่ามาถึงค่าเป้าหมายที่ตั้งไว้ซึ่งในรูปที่ 3.8 ตั้งค่าไว้ 110 มิลลิเมตรตัวควบคุมจะสั่งให้อุปกรณ์เปิด-ปิด ถ้าค่าปริมาณที่ต้องการควบคุม (D20) ของอุณหภูมิมีค่าน้อยกว่าค่าเป้าหมาย แสดงว่าค่าเป้าหมายของกระบวนการน้อยกว่าค่าที่ตั้งไว้ ตัวควบคุมจะสั่งให้เอาต์พุตเปิดการทำงาน (ON) และ ถ้าค่าปริมาณที่ต้องการควบคุมมีค่ามากกว่าค่าเป้าหมาย ตัวควบคุมจะสั่งให้เอาต์พุตปิดการทำงาน (OFF) นั่นคือ ถ้าค่า Error, E เป็น (+) ก็จะสั่ง ON ถ้า E เป็น (-) ก็จะสั่ง OFF



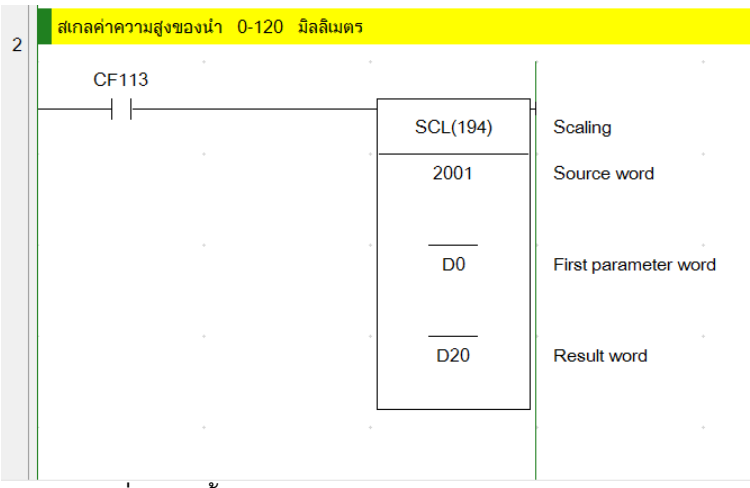
รูปที่ 3.8 การเขียนโปรแกรมเพื่อทดสอบการควบคุมแบบ ON - OFF

3.5.2 การควบคุมแบบ Proportional + Integral + Derivative Control (PID Algorithm)

การควบคุมแบบเปิด-ปิดนั้นจะไม่สามารถทำให้ค่าของกระบวนการค่าปริมาณที่ต้องการควบคุม มีค่าคงที่เท่ากับค่าที่เราต้องการคือค่าเป้าหมายได้ เนื่องจากเอาต์พุตของตัวควบคุม จะทำงานเปิดปิดอยู่ตลอดเวลา ทำให้ค่าของกระบวนการแกว่งขึ้นลงไปมาตลอดเวลา ซึ่งการแกว่งขึ้นลงไปมาของกระบวนการแบบนี้เรียกว่าออสซิเลชั่น (Oscillation) ถ้าต้องการควบคุมให้กระบวนการหยุดนิ่งอยู่ที่ค่าที่ต้องการ การที่ตัวควบคุมสั่งให้เอาต์พุตแค่เปิดหรือปิด หรือส่งสัญญาณ ออกไปที่ 0% หรือ 100% ได้แค่สองค่านี้ จะไม่สามารถทำให้กระบวนการหยุดนิ่งได้ ในกรณีนี้ก็จะต้องให้ตัวควบคุมส่งสัญญาณเอาต์พุตออกไปที่ค่าๆหนึ่งที่เหมาะสมระหว่าง 0%-100% จะต้องใช้วิธีการควบคุมตัวอุปกรณ์ หรือ ชุดวงจรในการส่งสัญญาณเอาต์พุตที่ดีกว่าแบบที่เป็นการควบคุมแบบเปิด-ปิด นั่น คือ เอาต์พุตของตัวควบคุมที่ใช้จะต้องเป็นเอาต์พุตแบบอนาลอกด้วย วิธีการควบคุมที่นำมาใช้กันทั่วไปในอุตสาหกรรม ได้แก่ การควบคุมแบบ PID

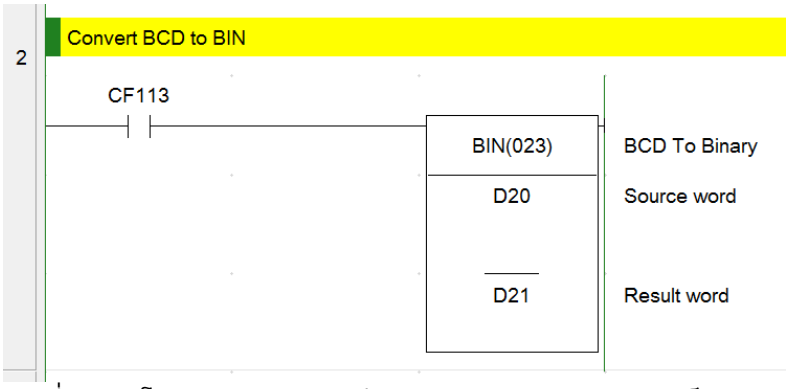
ในงานวิจัยนี้ได้เริ่มจากการรับค่าสัญญาณระดับเข้าสู่ ไม่โครคอนโทรลเลอร์ และ ทำการขยายสัญญาณจากกระแส ให้เป็นสัญญาณแรงดันที่อยู่ระหว่าง 0-10 โวลท์ ตามแรงดันมาตรฐานของสัญญาณอนาลอก แต่ค่าสัญญาณที่ได้รับนั้นยังเป็นระดับแรงดันมาตรฐาน โดยขั้นตอนแรกจังแรกจากการนำสัญญาณที่ได้จากการวัดค่าความดัน ณ ระดับต่างๆ โดยทำการปั้มระดับน้ำให้สูงสุดและระดับน้ำที่ต่ำสุดเพื่อเก็บข้อมูลของสัญญาณมาตรฐาน ขั้นตอนที่ 2 คือการนำสัญญาณควบคุมนั้นมาสเกลค่าให้ได้ระดับที่ถูกต้อง โดยรูปที่ 3.9 แสดงการรับค่าจากเซนเซอร์ CIO 2001 เข้าสู่หน่วยความจำของ PLC ครุภัณฑ์มาตรฐาน ส่วนหน่วยความจำ D0 ใช้เก็บค่าปริมาณข้อมูลที่จะทำการสเกล ส่วนหน่วยความ D20 นั้น คือ

หน่วยความจำผลลัพธ์ที่ได้จากการนำข้อมูลที่ทำการสเกลเสร็จแล้ว ซึ่งในที่นี้คือ ระดับของน้ำที่ทำการควบคุมนั่นเอง



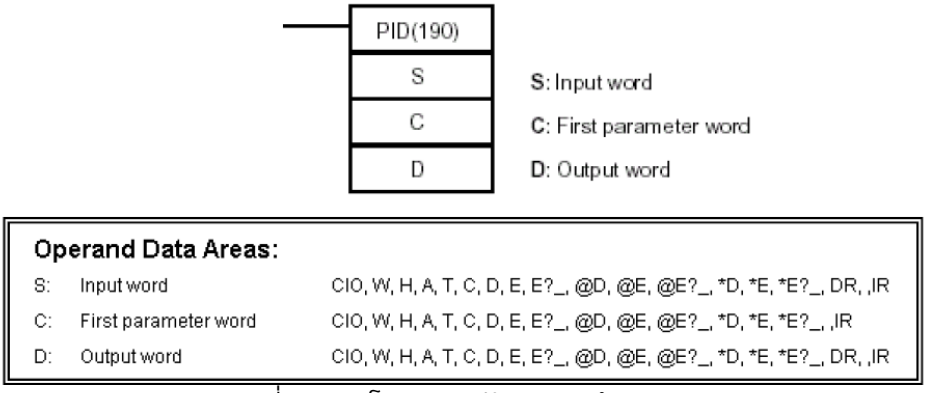
รูปที่ 3.9 ขั้นตอนการนำสัญญาณควบคุมมาสเกลค่า

หลังจากทำการเสกลแล้ว ค่าที่ได้ในหน่วยความจำ D20 ยังไม่สามารถใช้ในคำสั่งการทำ PID ได้ตรงๆ เนื่องจากค่าระดับน้ำที่ทำการสเกลค่ามานั้นเป็นปริมาณ BCD ซึ่งในคำสั่ง PID จะต้องทำการเปลี่ยน ค่าข้อมูลที่ต้องการควบคุมไปป็นค่า BIN เสียก่อน ในรูปที่ 3.10 เป็นการเขียนโปรแกรมเพื่อแปลงค่าสัญญาณควบคุมจาก BCD เป็น BIN จากจากหน่วยความจำ D20 หลังจากแปลงเสร็จไปเก็บยัง D21



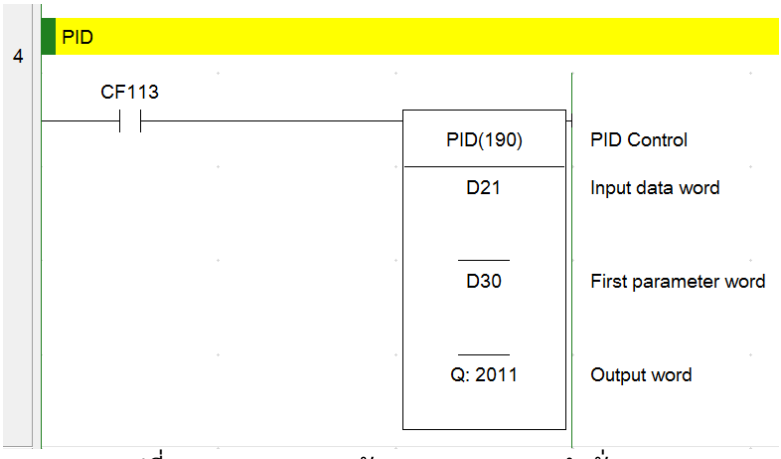
รูปที่ 3.10 โปรแกรมการแปลงค่าสัญญาณควบคุมจาก BCD เป็น BIN

หลังจากทำการแปลงค่าระดับน้ำจาก BCD ไปเป็น BIN แล้วที่ D21 จึงสามารถนำสัญญาณควบคุมเข้าสู่คำสั่งต่อไป ในการทดลองใช้คำสั่ง PID ซึ่งในคำสั่ง PID ดังรูปที่ 3.11 วิธีใช้เริ่มจากการเขียนโปรแกรมดังรูปที่ 3.12 ข้อมูลช่องแรก คือ Input word ช่องที่ 2 ใส่ค่าพารามิเตอร์ของการควบคุม และช่องสุดท้ายคือค่าผลลัพท์หลังจากคำนวณผลด้วย PID เสร็จสิ้น



รูปที่ 3.11 โปรแกรมตัวควบคุมด้วย PID

การใส่ค่าพารามิเตอร์จึงนำสัญญาณควบคุม D21 มาใส่ในช่อง Input word จากนั้นใส่พารามิเตอร์ในช่อง D30-D38 โดย D30 จะต้องกำหนดค่า ระดับเป้าหมายที่ต้องการ D31 คือการกำหนดค่าเกน Proprotional, D32 คือการกำหนดค่าเกน Intergral, D33 คือการกำหนดค่าเกน Derivative, D34 คือการกำหนดค่าเกน sampling period, D35 คือการกำหนดอัตราจำนวนข้อมูลของอินพุต, D36 คือการกำหนดอัตราจำนวนข้อมูลของเอาต์พุต, D37 คือการกำหนดขอบเขตข้อมูลด้านบน, D38 คือการกำหนดขอบเขตข้อมูลด้านล่าง ส่วน 2011 คือค่าปริมาณเอาต์พุตที่จะส่งออกไปที่อนาลอกเอาต์พุต แสดงการใส่ค่าหน่วยความจำดังรูปที่ 3.13



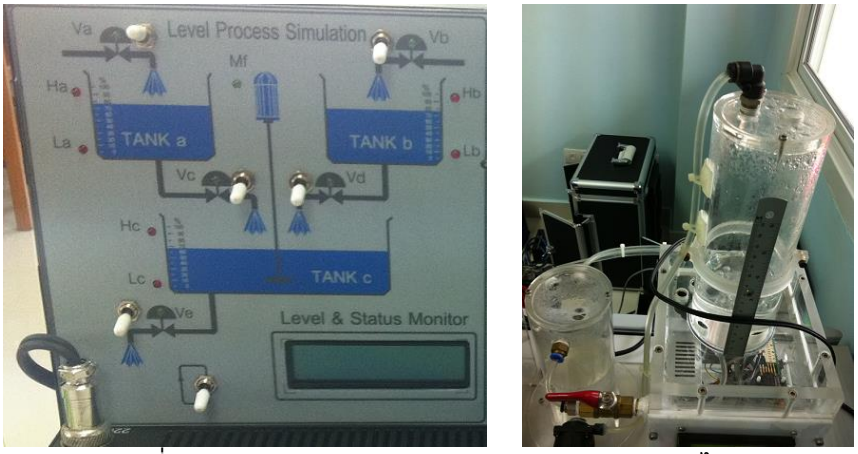
รูปที่ 3.12 แสดงคุณลักษณะเฉพาะของคำสั่ง PID

	+0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7
D00000	0000	0000	0000	0000	0000	0D00	0000	0000
D00010	0000	0071	0140	015E	0000	0000	0000	0000
D00020	1110	0456	0000	0000	0000	0000	0000	0000
D00030	0032	0064	0064	0000	0001	0000	0014	0000

รูปที่ 3.13 แสดงการตั้งค่าและสัญญาณควบคุมที่อยู่ในหน่วยความจำ PLC

3.6 การทดสอบระบบการควบคุมของไหล

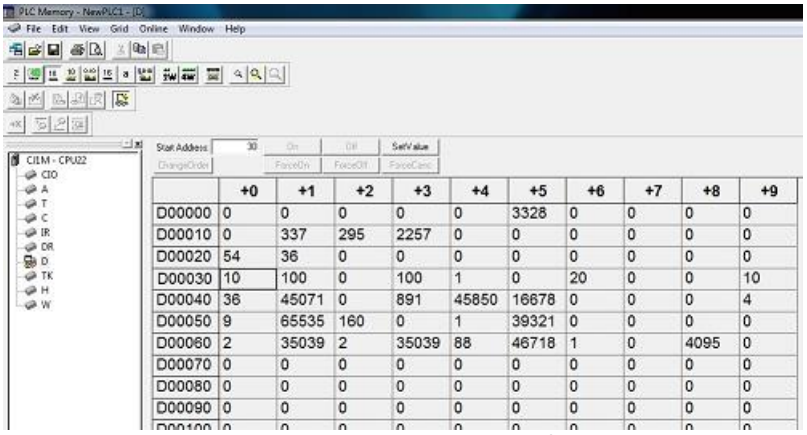
ในการจำลองการทำงานของระบบควบคุมระดับน้ำนั้น ความสามารถในการรักษาระดับของชุดทดลองต้นแบบ รูปที่ 3.14 ทางด้านซ้ายมือแสดงการทำงานการไหลของถังน้ำด้วยการจำลองและขวามือคือชุดทดลองต้นแบบในการทดสอบ



รูปที่ 3.14 รูปแสดงการจำลองการทดสอบระบบการไหล

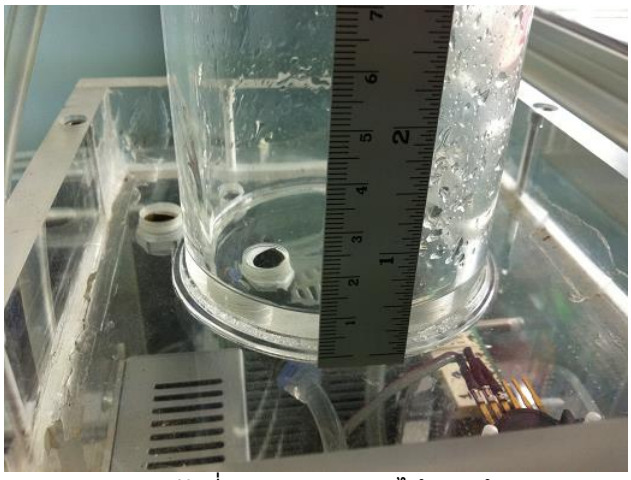
3.6.1 การทดสอบด้วยวิธีพีไอดี

การทดสอบด้วยการควบคุมแบบ PID ด้วยการต่อสายสัญญาณตัวตรวจวัดระดับเข้าสู่สัญญาณอนาลอกอินพุตของ PLC เมื่อเขียนโปรแรมควบคุมที่อยู่ใน CX-Programmer ตัวควบคุมผ่านคำสั่ง หลังจากนั้นก็ส่งค่าออกสู่สัญญาณอนาลอกเอาต์พุต เพื่อกำหนดความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้ปั๊มน้ำ เพื่อรักษาระดับให้ได้ตามความต้องการที่กำหนดจากโปรแกรมดังรูปที่ 3.15-3.24 โดยแสดงระดับตั้งแต่ 1 – 10 เซนติเมตร ตามลำดับ

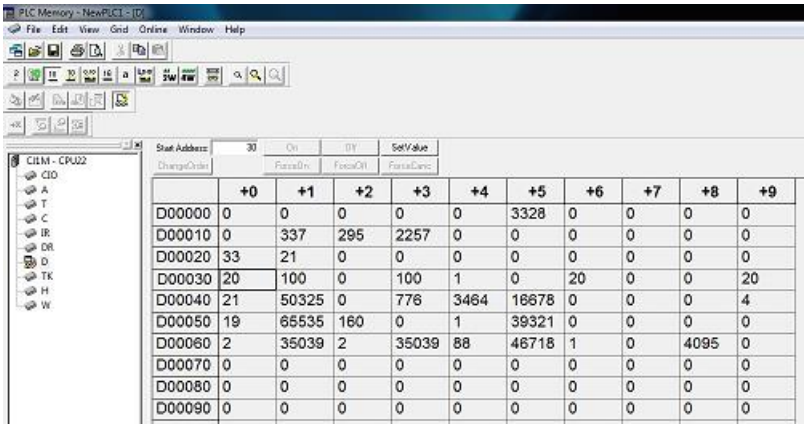


	+0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	+8	+9
D00000	0	0	0	0	0	3328	0	0	0	0
D00010	0	337	295	2257	0	0	0	0	0	0
D00020	54	36	0	0	0	0	0	0	0	0
D00030	10	100	0	100	1	0	20	0	0	10
D00040	36	45071	0	891	45850	16678	0	0	0	4
D00050	9	65535	160	0	1	39321	0	0	0	0
D00060	2	35039	2	35039	88	46718	1	0	4095	0
D00070	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D00080	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D00090	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

รูปที่ 3.15 แสดงการกำหนดค่าเป้าหมายและเกน PID ในการควบคุม 10 มิลลิเมตร

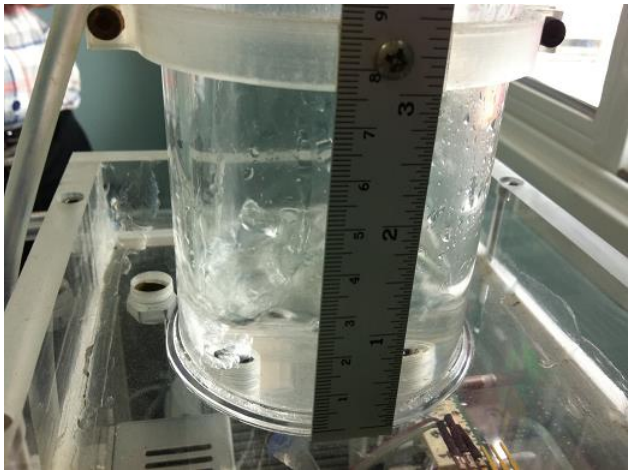


รูปที่ 3.16 แสดงระดับที่สามารถควบคุมได้ตามเป้าหมาย 10 มิลลิเมตร

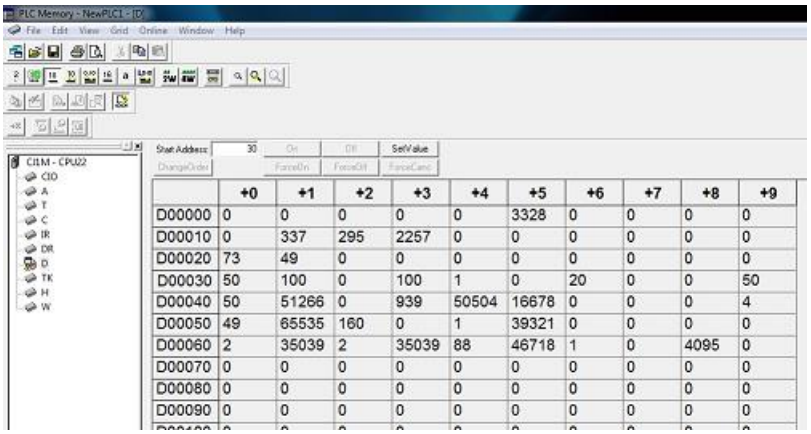


	+0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	+8	+9
D00000	0	0	0	0	0	3328	0	0	0	0
D00010	0	337	295	2257	0	0	0	0	0	0
D00020	33	21	0	0	0	0	0	0	0	0
D00030	20	100	0	100	1	0	20	0	0	20
D00040	21	50325	0	776	3464	16678	0	0	0	4
D00050	19	65535	160	0	1	39321	0	0	0	0
D00060	2	35039	2	35039	88	46718	1	0	4095	0
D00070	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D00080	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D00090	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

รูปที่ 3.17 แสดงการกำหนดค่าเป้าหมายและเกน PID ในการควบคุม 20 มิลลิเมตร

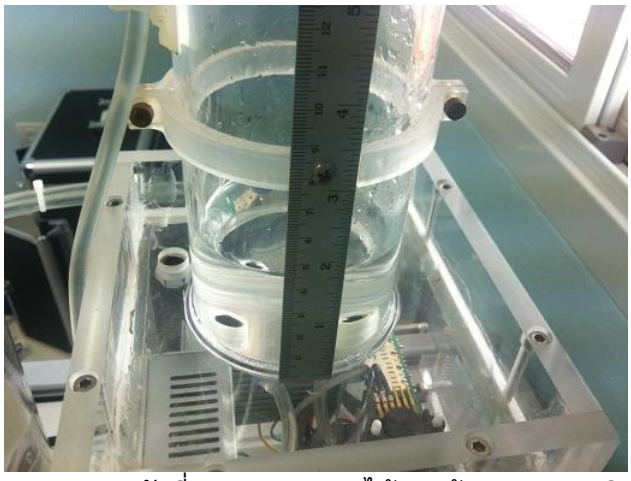


รูปที่ 3.18 แสดงระดับที่สามารถควบคุมได้ตามเป้าหมาย 20 มิลลิเมตร

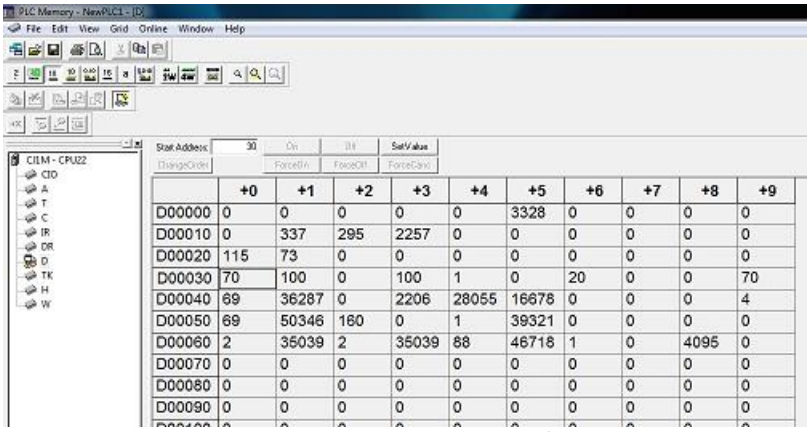


	+0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	+8	+9
D00000	0	0	0	0	0	3328	0	0	0	0
D00010	0	337	295	2257	0	0	0	0	0	0
D00020	73	49	0	0	0	0	0	0	0	0
D00030	50	100	0	100	1	0	20	0	0	50
D00040	50	51266	0	939	50504	16678	0	0	0	4
D00050	49	65535	160	0	1	39321	0	0	0	0
D00060	2	35039	2	35039	88	46718	1	0	4095	0
D00070	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D00080	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D00090	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

รูปที่ 3.19 แสดงการกำหนดค่าเป้าหมายและเกน PID ในการควบคุม 50 มิลลิเมตร

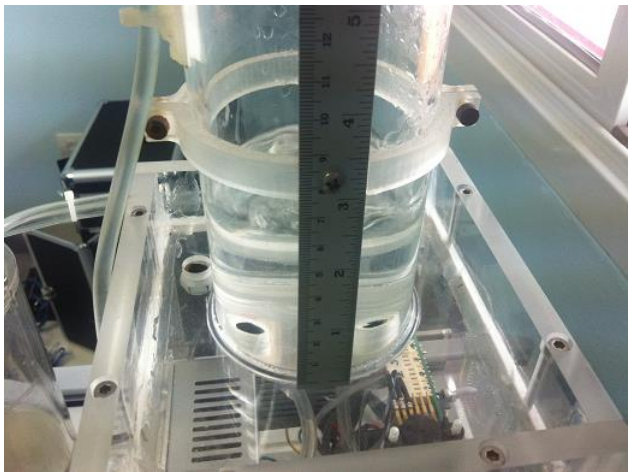


รูปที่ 3.20 แสดงระดับที่สามารถควบคุมได้ตามเป้าหมาย 20 มิลลิเมตร

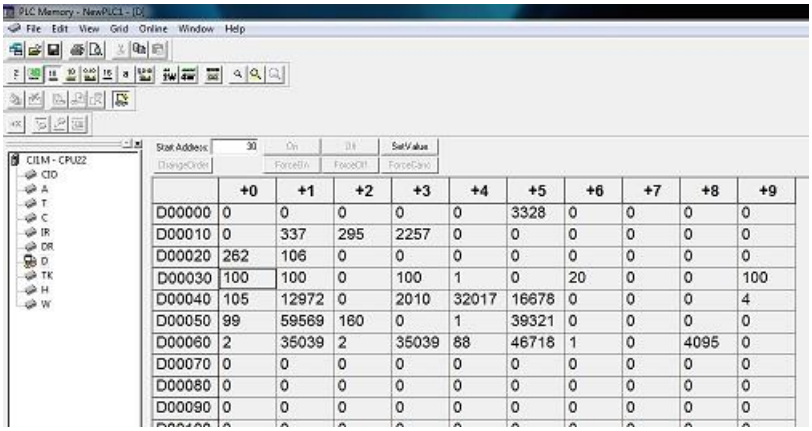


	+0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	+8	+9
D00000	0	0	0	0	0	3328	0	0	0	0
D00010	0	337	295	2257	0	0	0	0	0	0
D00020	115	73	0	0	0	0	0	0	0	0
D00030	70	100	0	100	1	0	20	0	0	70
D00040	69	36287	0	2206	28055	16678	0	0	0	4
D00050	69	50346	160	0	1	39321	0	0	0	0
D00060	2	35039	2	35039	88	46718	1	0	4095	0
D00070	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D00080	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D00090	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

รูปที่ 3.21 แสดงการกำหนดค่าเป้าหมายและเกน PID ในการควบคุม 70 มิลลิเมตร

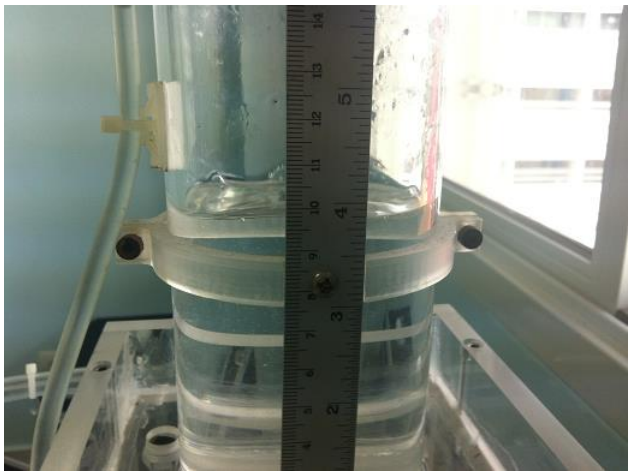


รูปที่ 3.22 แสดงระดับที่สามารถควบคุมได้ตามเป้าหมาย 70 มิลลิเมตร



	+0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	+8	+9
D00000	0	0	0	0	0	3328	0	0	0	0
D00010	0	337	295	2257	0	0	0	0	0	0
D00020	262	106	0	0	0	0	0	0	0	0
D00030	100	100	0	100	1	0	20	0	0	100
D00040	105	12972	0	2010	32017	16678	0	0	0	4
D00050	99	59569	160	0	1	39321	0	0	0	0
D00060	2	35039	2	35039	68	46718	1	0	4095	0
D00070	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D00080	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D00090	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

รูปที่ 3.23 แสดงการกำหนดค่าเป้าหมายและเกน PID ในการควบคุม 100 มิลลิเมตร



รูปที่ 3.24 แสดงระดับที่สามารถควบคุมได้ตามเป้าหมาย 100 มิลลิเมตร

3.6.2 การจูนค่าเกนค่า PID ทดสอบสัญญาณควบคุม

ในการทดสอบสัญญาณควบคุม ได้ทดลองปรับค่าเกนของตัวควบคุมแบบ P เป็น 6ระดับดังแสดงใน ตารางที่ 3.1 และทำการกำหนดค่าคงที่ P=1, P=10 และปรับเกน I เพื่อชดเชยค่าเป้าหมาย ตามตารางที่ 3.2-3.3 ส่วนตารางที่ 3.4 แสดงการปรับค่า PID เพื่อทดสอบหาสัญญาณควบคุมที่เหมาะสม

ตารางที่ 3.1 แสดงการปรับค่าความสัมพันธ์ของการจูนค่าเกน P

Gain						
%	P=1	P=10	P=100	P=1000	P=5000	P=7500

ตารางที่ 3.2 แสดงการปรับค่าความสัมพันธ์ของการจูนค่าเกน PI

Gain	P=1	P=1	P=1	P=1	P=1	P=1
%	I=1	I=10	I=100	I=1000	I=5000	I=7500

ตารางที่ 3.3 แสดงการปรับค่าความสัมพันธ์ของการจูนค่าเกน PI

Gain	P=10	P=10	P=10	P=10	P=10	P=10
%	I=1	I=10	I=100	I=1000	I=5000	I=7500

ตารางที่ 3.4 แสดงการปรับค่าความสัมพันธ์ของการจูนค่าเกน PID

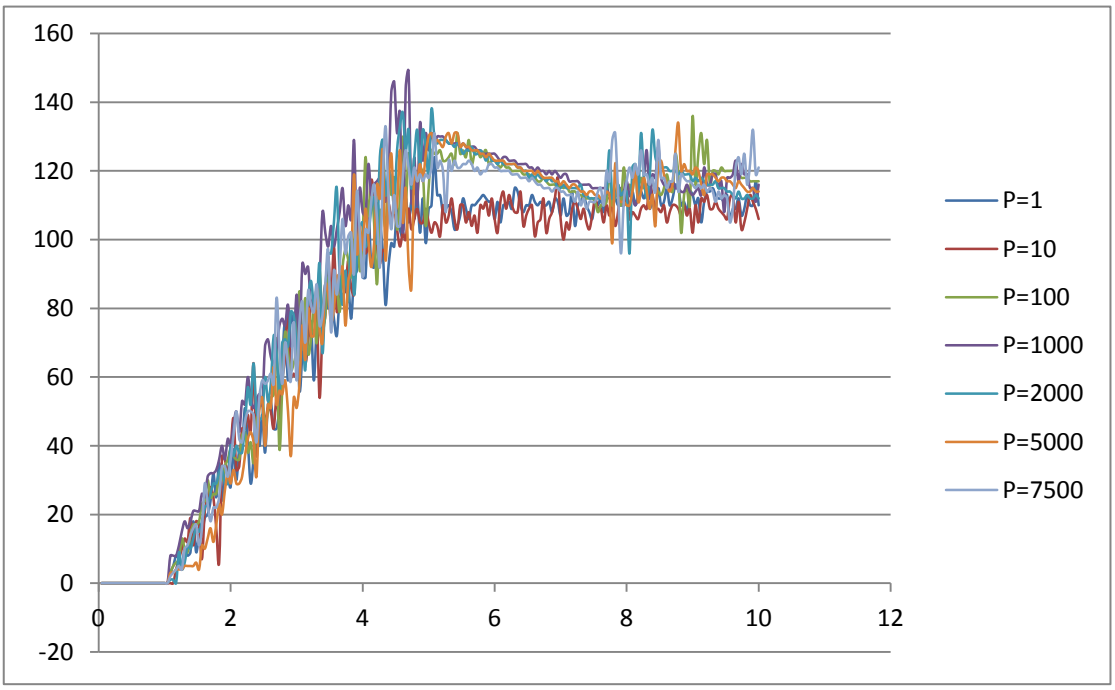
Gain	P=1	P=10	P=100
%	I=1	I=10	I=100
%	I=1	I=10	I=100

บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การดำเนินการสร้างและศึกษาผลกระทบของการควบคุมด้วย PID สำหรับผลและวิจารณ์ ผลการทดลองการควบคุมรักษาระดับน้ำโดยการปรับรอบมอเตอร์ในการทดลองปรับระดับเป้าหมายตั้งแต่ 1-10 เซนติเมตร สามารถรักษาระดับได้ตามการควบคุมในทุกระดับ และเมื่อทดลองกำหนดค่าเกนของการควบคุมตามตารางที่ 3.1-3.4 และกำหนดเลือกควบคุมระดับที่ 115 มิลิเมตร เนื่องเป็นปริมาณน้ำเกือบสูงสุด แต่ต่ำกว่าระดับสูงสุดของชุดลองเพื่อศึกษาผลของสัญญาณการควบคุมดังแสดงในรูป 4.1-4.5 ดังนี้

4.1 ผลการทดสอบด้วยวิธีพี (P)

ในการทดสอบตัวควบคุมแบบพี (P) ต้องการทดสอบเพื่อหาค่าผลตอบสนองของสัญญาณตั้งแต่เริ่มต้นจนสัญญาณเข้าสู่สภาวะคงตัว จากการทดลองเพิ่มค่าเกนจากค่าต่ำๆจนถึงค่าสูงสุดพื่อสังเกตผลตอบสนองต่อระบบควบคุมแบบการไหล จะพบสัญญาณที่ต้องการควบคุมมีการเข้าถึงเป้าหมายใช้เวลาต่างกันและมีสัญญาณ Overshoot และ Hunting ที่ต่างกันด้วย



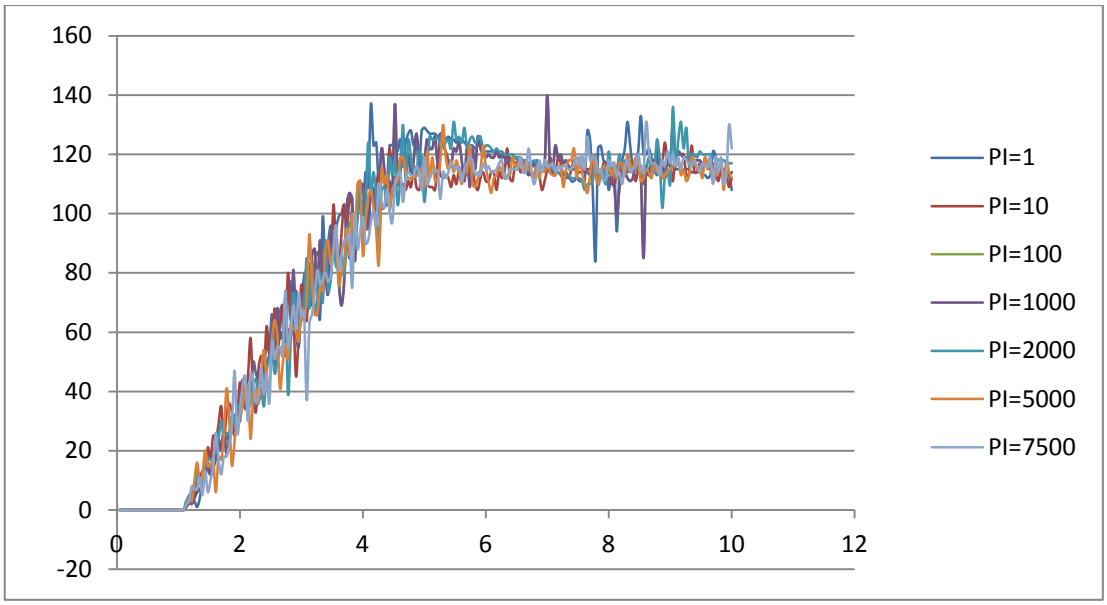
รูปที่ 4.1 แสดงการกำหนดค่าเป้าหมาย 115 มิลิเมตร และเกน P ในการควบคุม

จาการทดลองจะพบว่า เมื่อเพิ่มค่าเกนของ Probprotional (K_P) ตั้งแต่ 1-7500 พบว่าในกรณีค่าเกนต่ำๆ จะทำให้เวลาในการเข้าถึงจุดเป้าหมายช้าและมีค่าออฟเซต (offset) แต่ในกรณีที่เพิ่มค่าเกน P ขึ้น

เรื่อยๆเวลาที่ใช้ในการเข้าถึงเป้าหมายเร็วขึ้น แต่ถ้าสูงเกินไปจะเกิดโอเวอร์ชูด (Over Shoot) และมีฮันติ้ง (hunting) เกิดขึ้นสูงตามด้วย

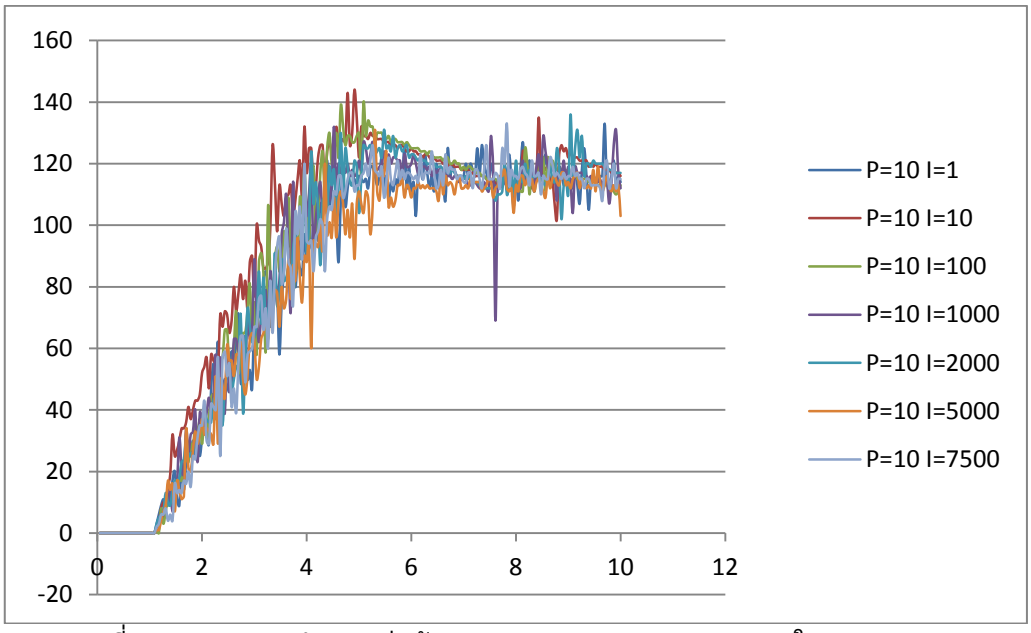
4.2 ผลการทดสอบด้วยวิธีพีไอ (PI)

การทดสอบตัวควบคุมแบบ PI เนื่องจากการควบคุมแบบ P เพียงอย่างเดียวสามารถควบคุมเวลาในการเข้าถึงเป้าหมาย แต่เนื่องจากยังมีค่า offset ของระบบอยู่ปริมาณหนึ่ง การเพิ่มตัวควบคุมแบบ I เข้าไปเพื่อทำให้ค่า Offset ที่เกิดขึ้นหายไปโดยผลการทดลองได้กำหนดค่า P คงที่แล้วทำการปรับค่า I เพิ่มขึ้นตามลำดับ โดยในการทดลองจะแบ่งค่า P เป็น 2 ระดับ คือ P=1และ P=100 เพื่อทดสอบให้เห็นถึงสัญญาณควบคุม ผลการทดสอบแสดงดัง รูปที่ 4.2-4.3



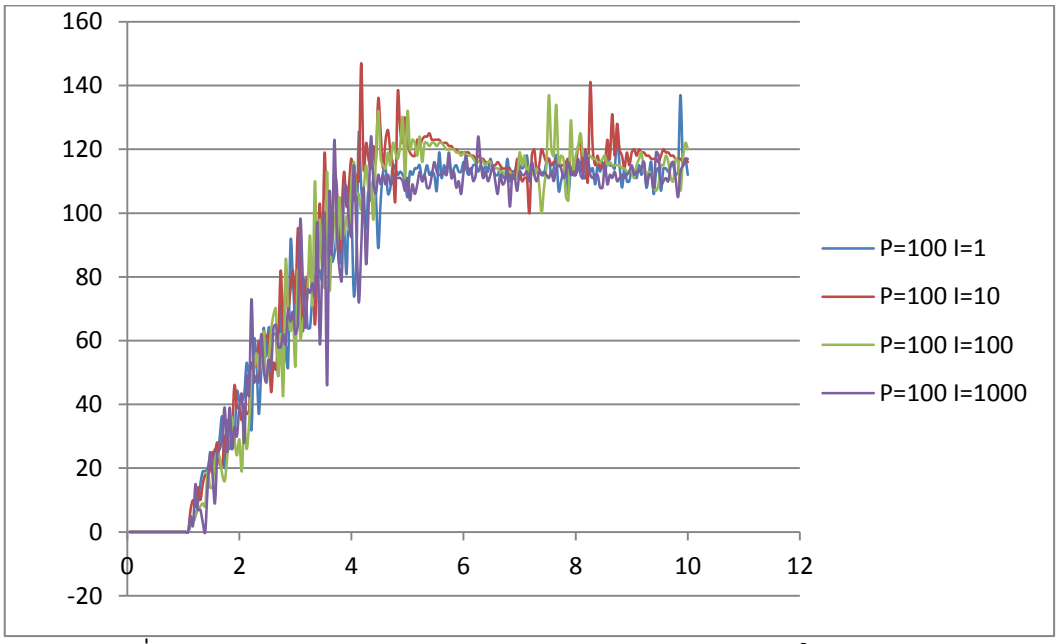
รูปที่ 4.2 แสดงการกำหนดค่าเป้าหมายและเกน P=1, I=Very ในการควบคุม

จากการสังเกตค่าสัญญาณเอาต์พุตที่ควบคุมมีตอบสนองที่ดีโดยค่า P ที่ตั้งค่าคงที่ไว้น้อยมากๆที่ค่าเท่ากับ 1 เลือกค่าที่เหมาะสมที่ไม่มี Over shoot และ Hunting จากการทดลองแรก และทำการปรับค่าเกนของตัวแปร Intergral (K_I) จาก 1-7500 ผลที่ได้แสดงดังรูปที่ 4.2 จะเห็นว่าเมื่อมีการเพิ่มค่า I จะทำให้ค่า offset ของระบบน้อยลง แต่เมื่อเพิ่มค่า I มากๆ จะทำให้สัญญาณเข้าสู่เป้าหมายเร็วขึ้นแต่สัญญาณมีการแกว่งตัวมากขึ้น



รูปที่ 4.3 แสดงการกำหนดค่าเป้าหมายและเกน P=100, I=Very ในการควบคุม

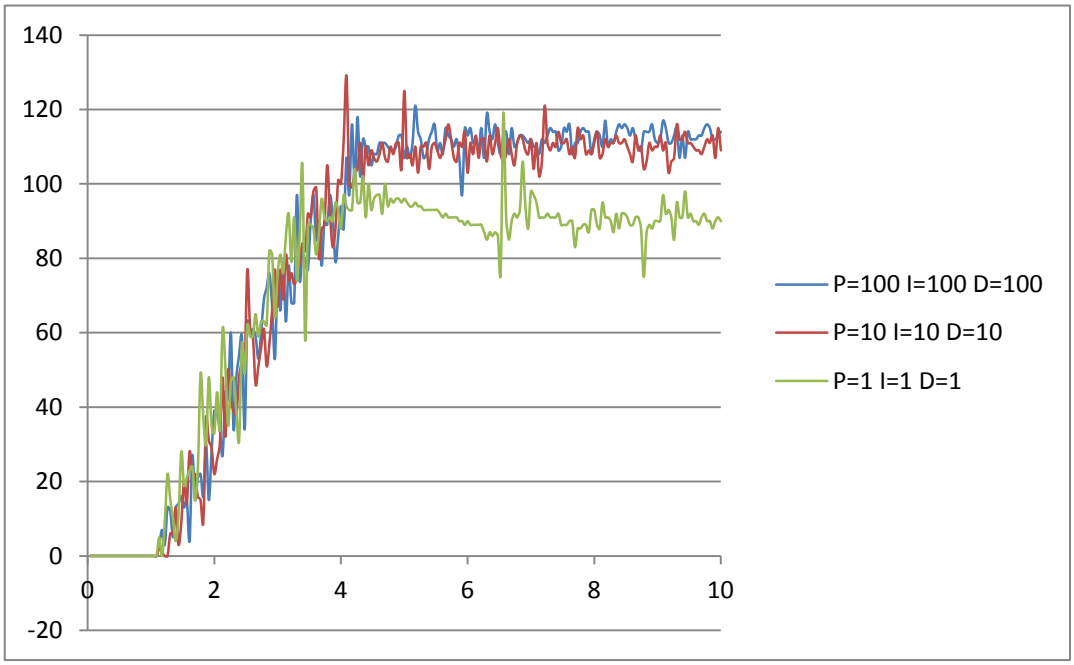
ในรูปที่ 4.3 ได้ทำการทดลองเพิ่มค่า P มีค่าคงที่เท่ากับ 10 แล้วทำการปรับค่า I เพิ่มขึ้นเรื่อยๆสังเกตว่าได้ผลไปทางเดียวกันกับรูปที่ 4.2 แต่มี Over Shoot กับ Hunting สูงกว่า



รูปที่ 4.4 แสดงการกำหนดค่าเป้าหมายและเกน P=10, I=Very ในการควบคุม

ในรูปที่ 4.4 ได้ทำการทดลองเพิ่มค่า P มีค่าคงที่เท่ากับ 100 แล้วทำการปรับค่า I เพิ่มขึ้นเรื่อยๆสังเกตว่าได้ผลไปทางเดียวกันกับรูปที่ 4.2 และ 4.3 แต่มี Over Shoot กับ Hunting สูงกว่า และมีสัญญาณการแกว่งตัวสูง

4.3 ผลการทดสอบด้วยวิธีพีดี (PID)



รูปที่ 4.5 แสดงการกำหนดค่าเป้าหมายและเกน PID ในการควบคุม

รูปที่ 4.5 แสดงตัวควบคุมระดับที่ใช้ตัวควบคุม 3 ชนิดรวมกันคือ Propotional+Intergral+Derivative (PID) โดยลองกำหนดค่าเกนของทั้ง 3 ชนิดไว้เท่ากัน และเป็นเป็น 3 ระดับ คือ 1, 10, 100 จากการทดสอบพบว่าถ้าตั้งค่า PID น้อยไป จะทำให้ระบบเกิดค่า Error สูง แต่ถ้าตั้งสูงไประบบจะมี Over Shoot และ Hunting เกิดขึ้นสูง

4.4 วิจารณ์ผลการทดสอบ

จากการทดลองการรักษาระดับน้ำตั้งแต่ 1-10 เซนติเมตร สามารถรักษาระดับได้ โดยเมื่อใช้วิธีการ ON-OFF Control สัญญาณควบคุมมีการแกว่งตัวตลอดเวลา และไม่สามารถปรับแต่หรือควบคุมสัญญาณใด ๆได้ แต่เมื่อใช้ตัวควบคุมแบบ PID ทำให้สามารถ ปรับแต่งค่าสัญญาณให้ดีขึ้นตามความต้องการของกระบวนการ แต่จะต้องหาค่าเกนที่เหมาะสม

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 การออกแบบและสร้างชุดทดลองการควบคุมระบบอัตโนมัติในทางวิศวกรรมหลักเพื่อใช้ร่วมกับครุภัณฑ์มาตรฐาน

5.1.1 การทดสอบด้วยวิธี ON-OFF

ในการทดลองการรักษาระดับน้ำตั้งแต่ 1-10 เซนติเมตร ด้วยวิธีการ ON-OFF นั้นสามารถรักษาระดับได้ วิธีนี้เป็นวิธีที่ง่ายต่อการควบคุม แต่เมื่อใช้วิธีการ ON-OFF Control สัญญาณควบคุมมีการแกว่งตัวตลอดเวลา และไม่สามารถปรับแต่หรือควบคุมสัญญาณใด ๆได้ โดยสัญญาณจะขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของกระบวนการนั้นๆ แต่ถ้าเราต้องการปรับตั้งสัญญาณให้ได้การควบคุมกระบวนการขั้นสูง วิธีนี้ไม่สามารถทำได้หรือถ้าทำได้จะมีขั้นตอนการ ออกแบบกระบวนการที่ยุ่งยากและซับซ้อน เพื่อให้ได้การควบคุมของกระบวนตามต้องการ

5.1.2 การทดสอบด้วยวิธี PID

การควบคุมด้วย PID นั้นจากการทดสอบเราสามารถปรับสัญญาณเอาต์พุตควบคุมให้ได้ตามที่กระบวนการต้องการได้แต่ต้องขึ้นอยู่กับความสามารถของอุปกรณ์ที่เลือกใช้ในกระบวนการ จากการผลการทดลองการควบคุมรักษาระดับน้ำโดยการปรับรอบมอเตอร์ในการทดลองปรับระดับเป้าหมายตั้งแต่ 1- 10 เซนติเมตร สามารถรักษาระดับได้ตามการควบคุมในทุกระดับ และเมื่อทดลองกำหนดค่าเกนของการควบคุมตามตารางที่ 3.1-3.4 และกำหนดเลือกควบคุมระดับที่ 115 มิลิเมตร พิสูจน์ให้เห็นถึงการปรับตั้งค่าสัญญาณเอาต์พุตที่ต้องการควบคุมได้ แต่อย่างไรก็ตาม สัญญาณที่ได้จะมีข้อจำกัดของสามารถที่ขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ เช่นถ้าต้องการการเข้าถึงระดับน้ำให้เร็วกว่านี้ ต้องเปลี่ยนขนาดของมอเตอร์ให้มีขนาดพิกัดเพิ่มขึ้น เป็นต้น

5.2 การเปรียบเทียบสัญญาณการควบคุม

5.2.1 ตัวควบคุมแบบพี (P)

จาการทดลองจะพบว่า เมื่อเพิ่มค่าเกนของ Probprotional (K_p) ตั้งแต่ 1-7500 พบว่าในกรณีค่าเกนต่ำๆ จะทำให้เวลาในการเข้าถึงจุดเป้าหมายช้าและมีค่าออฟเซต (offset) แต่ในกรณีที่เพิ่มค่าเกน P ขึ้นเรื่อยๆเวลาที่ใช้ในการเข้าถึงเป้าหมายเร็วขึ้น แต่ถ้าสูงเกินไปจะเกิดโอเวอร์ชูต (Over Shoot) และมีฮันติ้ง (hunting) เกิดขึ้นสูงตามด้วย

5.2.2 ตัวควบคุมแบบพี (PI)

จากการสังเกตค่าสัญญาณเอาต์พุตที่ควบคุมมีตอบสนองที่ดีโดยค่า P ที่ตั้งค่าคงที่ไว้น้อยมากๆที่ค่าเท่ากับ 1 เลือกค่าที่เหมาะสมที่ไม่มี Over shoot และ Hunting จากการทดลองแรก และทำการปรับค่าเกนของตัวแปร Intergral (K_I) จาก 1-7500 ผลที่ได้แสดงดังรูปที่ 4.2 จะเห็นว่าเมื่อมีการเพิ่มค่า I จะทำให้ค่า offset ของระบบน้อยลง แต่เมื่อเพิ่มค่า I มากๆ จะทำให้สัญญาณเข้าสู่เป้าหมายเร็วขึ้นแต่สัญญาณมีการแกว่งตัวมากขึ้น

5.2.3 ตัวควบคุมแบบพี (PID)

ตัวควบคุมระดับที่ใช้ตัวควบคุม 3 ชนิดรวมกันคือ Propotional+Intergral+Derivative (PID) โดยลองกำหนดค่าเกนของทั้ง 3 ชนิดไว้เท่ากัน และเป็นเป็น 3 ระดับ คือ 1, 10, 100 จากการทดสอบพบว่าถ้าตั้งค่า PID น้อยไป จะทำให้ระบบเกิดค่า Error สูง แต่ถ้าตั้งสูงไประบบจะมี Over Shoot และ Hunting เกิดขึ้นสูง

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 การไม่เป็นเชิงเส้น

การตรวจวัดค่าระดับน้ำที่ได้จากอุปกรณ์วัดค่าสำหรับการทดสอบแนวโน้มแปรปรวนของระดับที่เก็บผลได้เนื่องจากปัจจัยสภาวะแวดล้อม เช่น ความชื้น อุณหภูมิ เพื่อลดความแปรปรวนของข้อมูลควรเพื่อจำนวนของข้อมูลให้มากขึ้น เพราะฉะนั้นการไม่เป็นเชิงเส้นของระบบจากปัจจัยดังกล่าว

5.3.2 การปรับจูนค่าให้เหมาะสม

เนื่องจาการทดลองการปรับค่า PID นั้น เป็นการสุ่มเลือกค่าให้ครอบคลุมการทดสอบเนื่องจากการตั้งค่าเกนของ PID นั้น จะต้องสุ่มจนเจอค่าที่เหมาะสม ฉะนั้นผลการทดลองยังไม่ได้ค่าที่เหมาะสมแต่ค่าที่เลือกสามารถทำให้เห็นถึงพฤติกรรมจริงของระบบได้ในระดับหนึ่ง

บทที่ 6 บรรณานุกรม

[1]ระบบควบคุมอัตโนมัติ.(2551).[On-line].Availble: http://
158.108.47.10/project/project2550/EMME/การพัฒนาเครื่องตัดท่อต้นแบบในโรงงานคอยล์เย็น.
[2551, ตุลาคม 12]

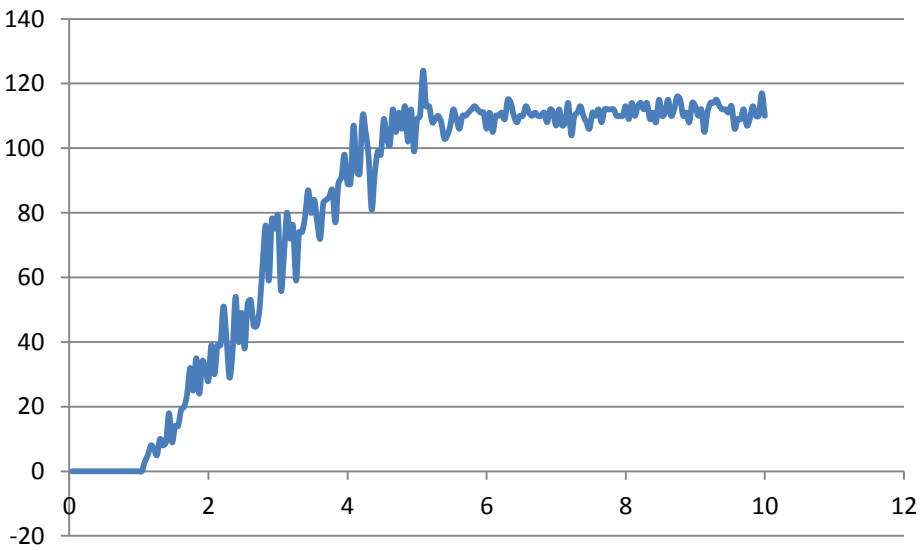
[2]ระบบควบคุมอัตโนมัติ.(2551).[On-line].Availble: http://pirun.ku.ac.th/~b4655145/new_page_9 htm.[2551, ตุลาคม 12]

[3]ระบบควบคุมอัตโนมัติ.(2551).[on-line].Availble:http://www.men.neu.ac.th/web%20%20control/ control1.html.[2551, ตุลาคม 12]

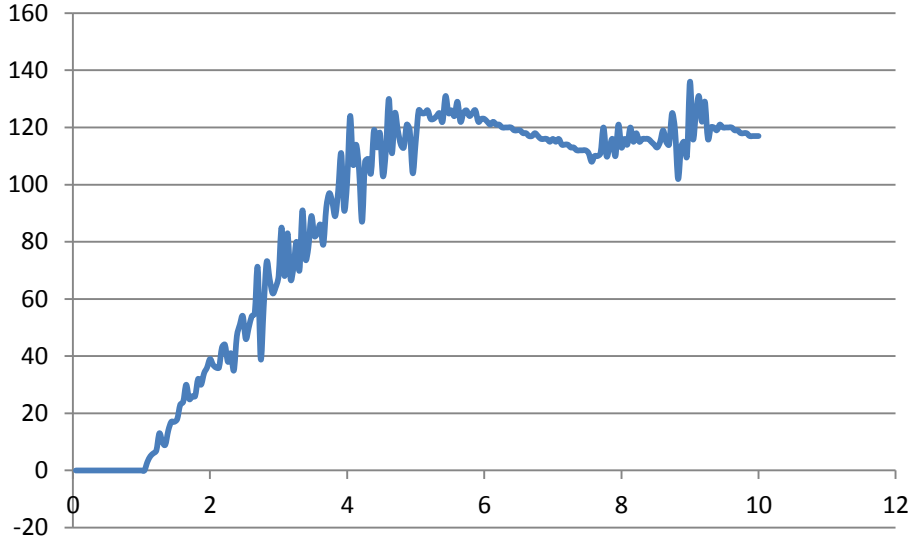
[4] ระบบควบคุมอัตโนมัติ.(2551).[Online].Availble: http://www.patkol.com/web/product_th/product_ electrical_autonation_department.php? Version=2.[2551, ตุลาคม 12]

[5] ระบบควบคุมอัตโนมัติและกระบวนการผลิต.(2551).[On-line].Availble: http://ecurriculum.mv. ac.th/techno/m6/sara3/unit3/know.doc.[2551, ตุลาคม 12]

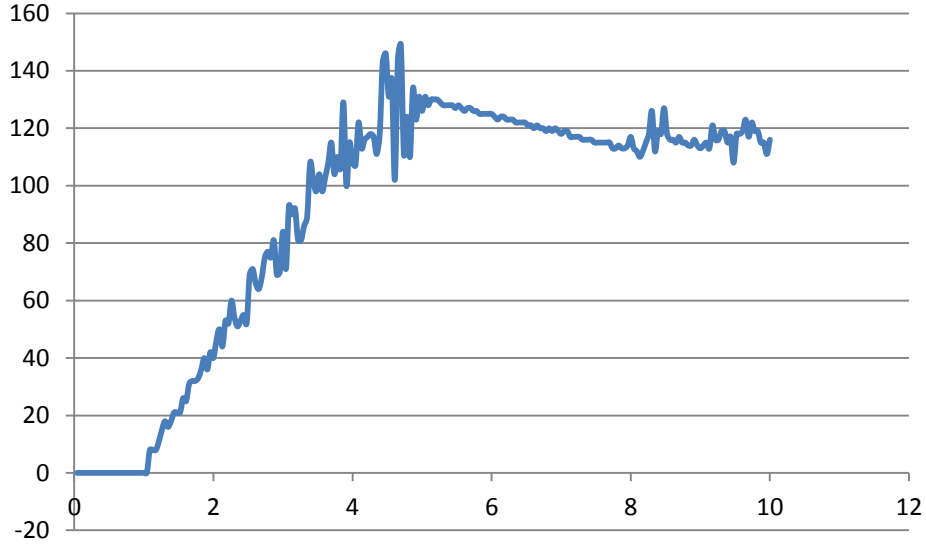
บทที่ 7 ภาคผนวก



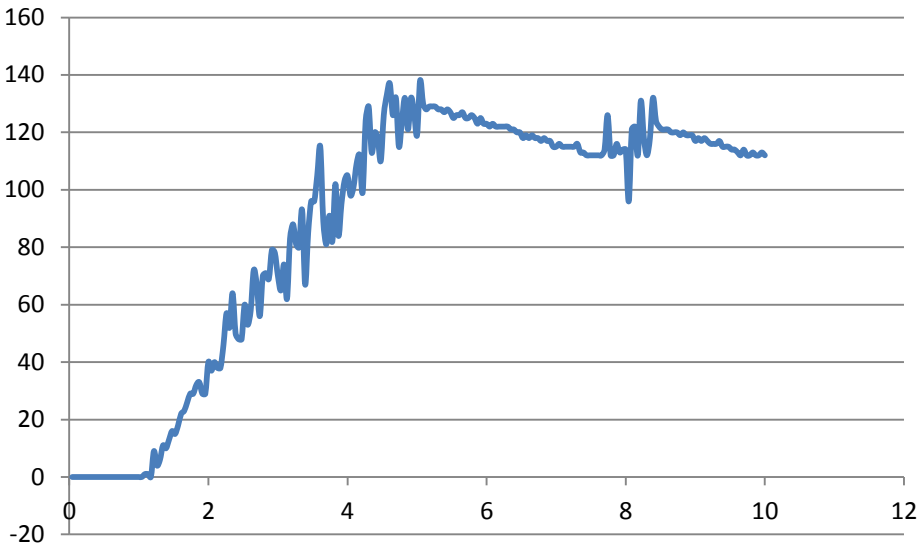
รูปภาคผนวก 1 แสดงการกำหนดค่าเป้าหมายและเกน P ในการควบคุม



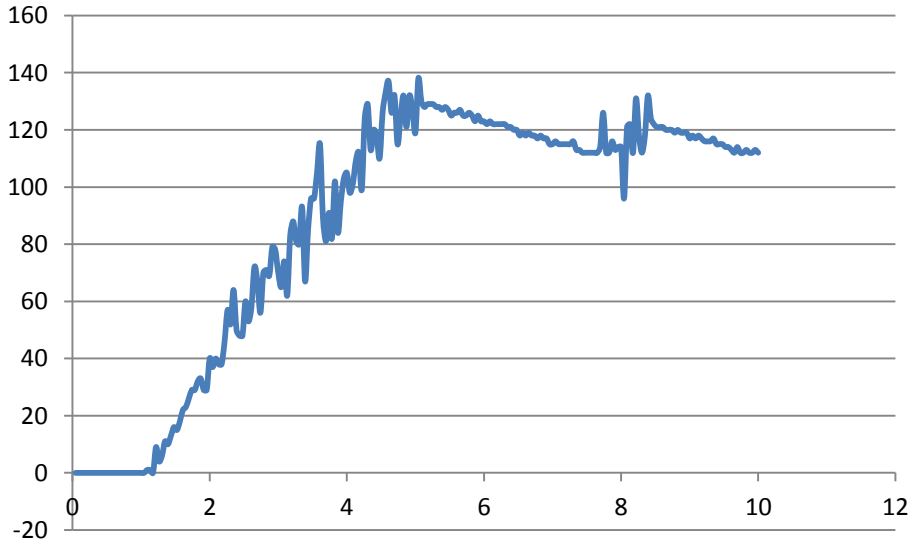
รูปภาคผนวก 2 แสดงค่าเกน P=1 ในการควบคุม



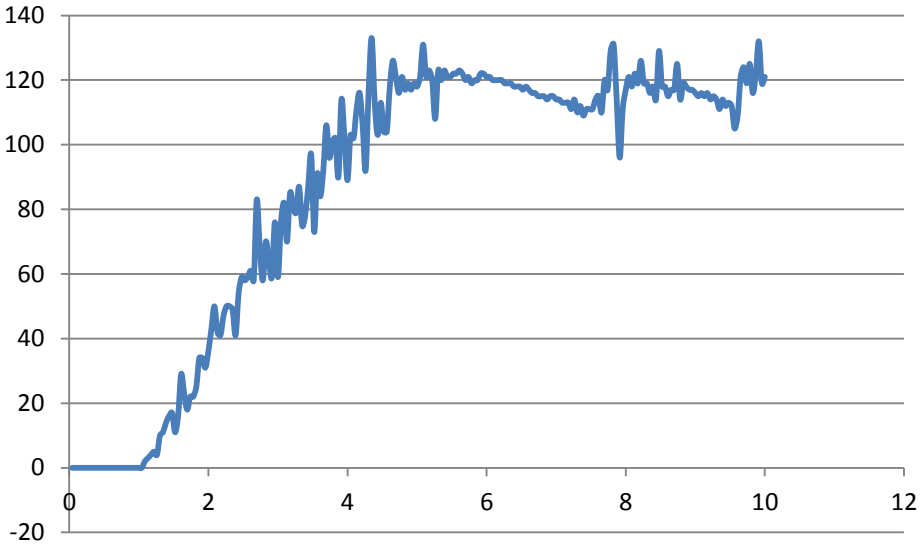
รูปภาคผนวก 3 แสดงค่าเกน P=10 ในการควบคุม



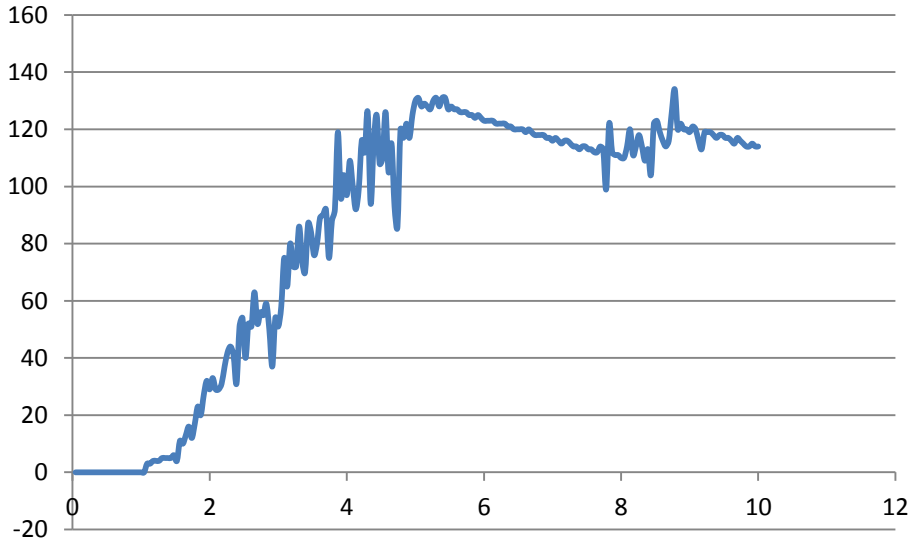
รูปภาคผนวก 4 แสดงค่าเกน P=100 ในการควบคุม



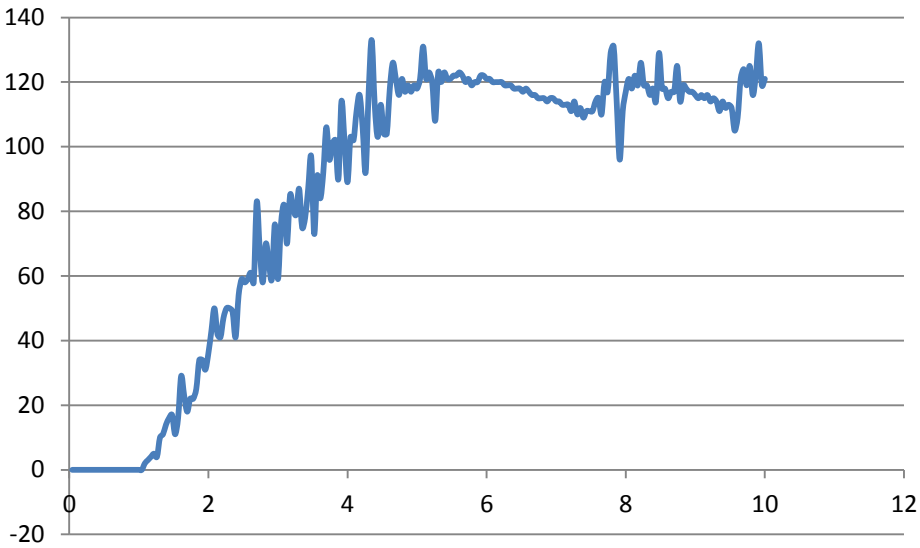
รูปภาคผนวก 5 แสดงค่าเกน P=1000 ในการควบคุม



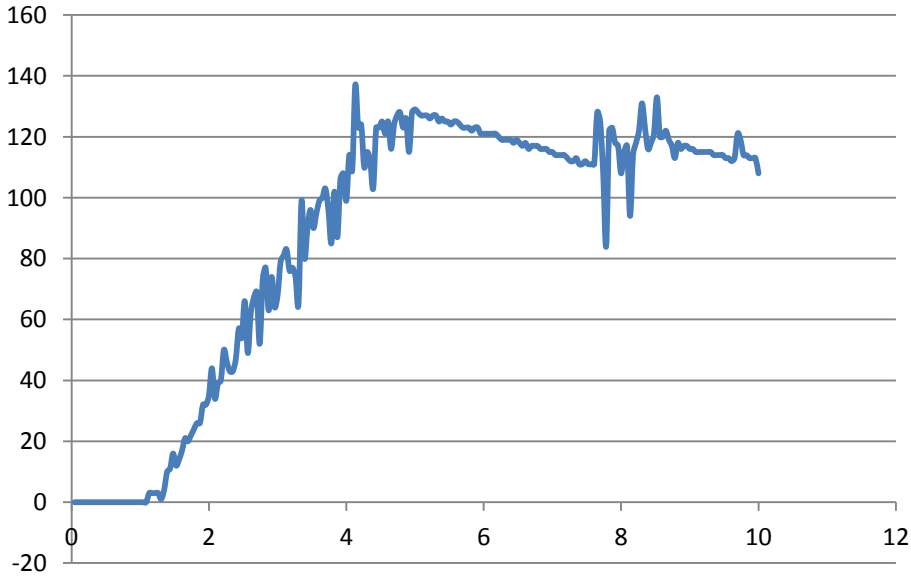
รูปภาคผนวก 6 แสดงค่าเกน P=2000 ในการควบคุม



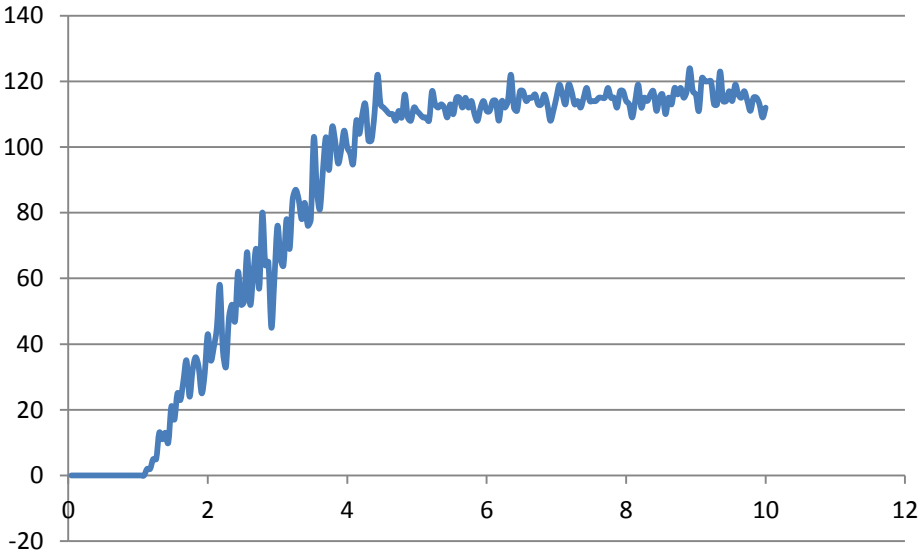
รูปภาคผนวก 7 แสดงค่าเกน P=5000 ในการควบคุม



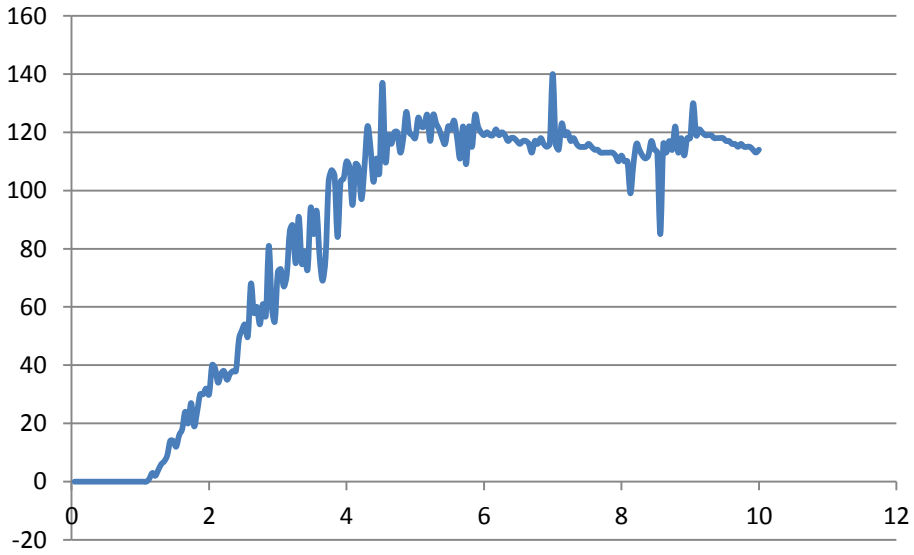
รูปภาคผนวก 8 แสดงค่าเกน P=7500 ในการควบคุม



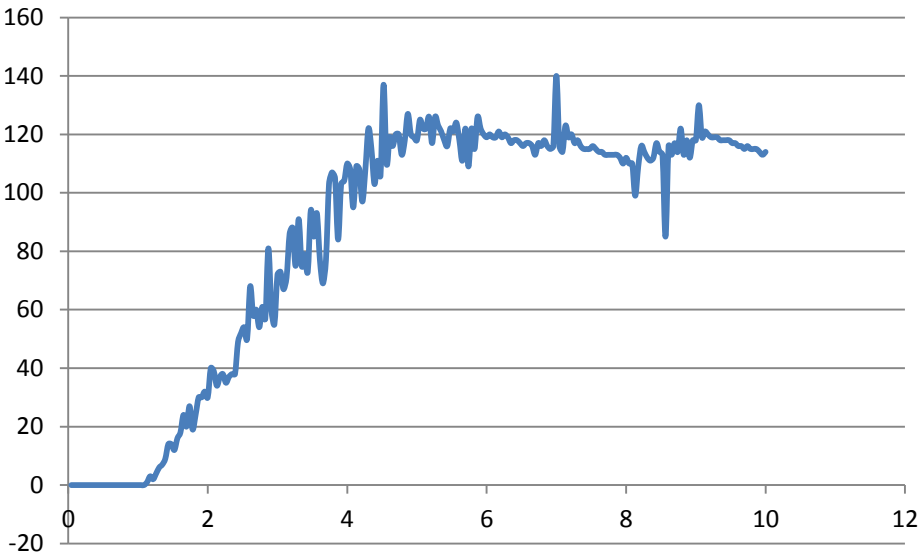
รูปภาคผนวก 9 แสดงค่าเกน PI=1 ในการควบคุม



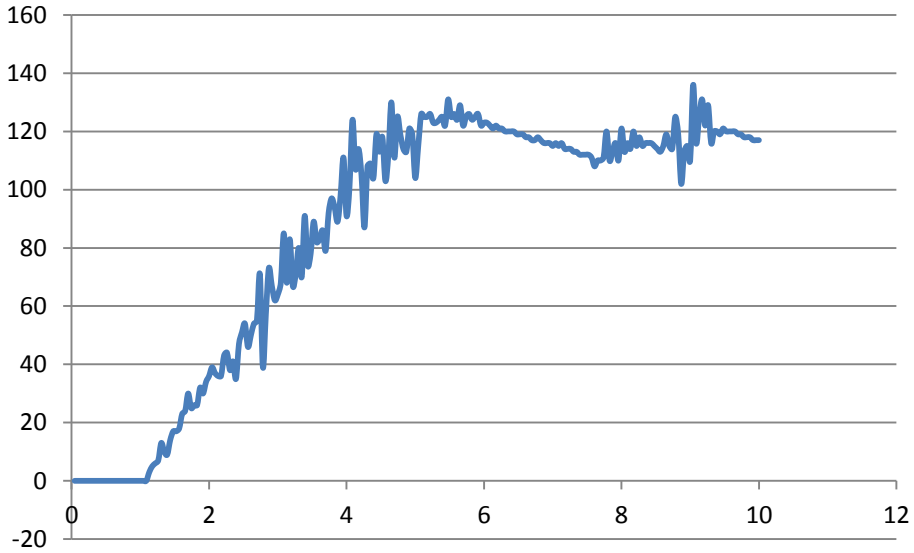
รูปภาคผนวก 10 แสดงค่าเกน PI=10 ในการควบคุม



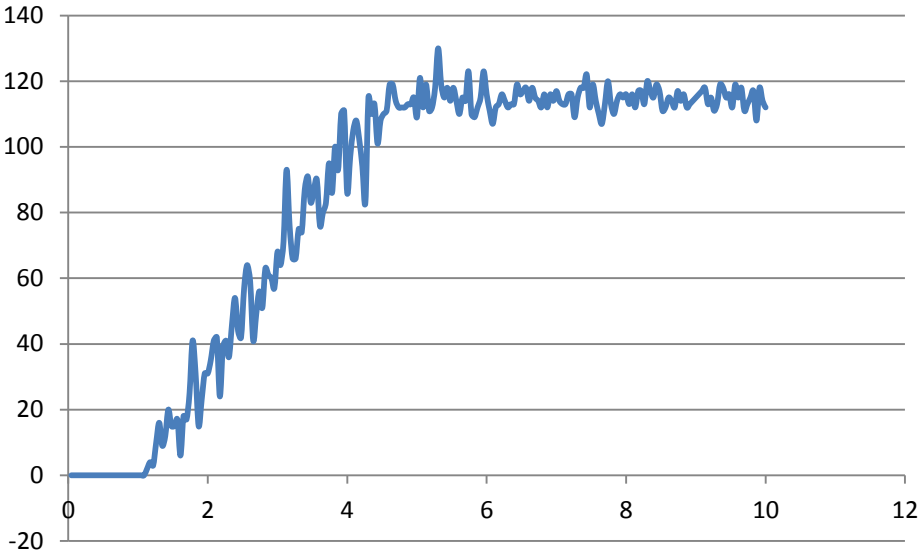
รูปภาคผนวก 11 แสดงค่าเกน PI=100 ในการควบคุม



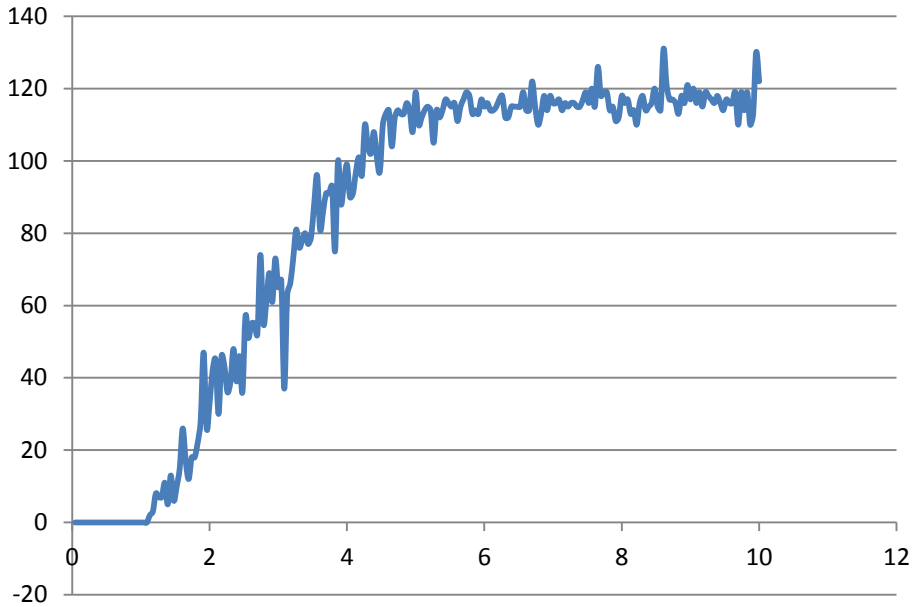
รูปภาคผนวก 12 แสดงค่าเกน PI=1000 ในการควบคุม



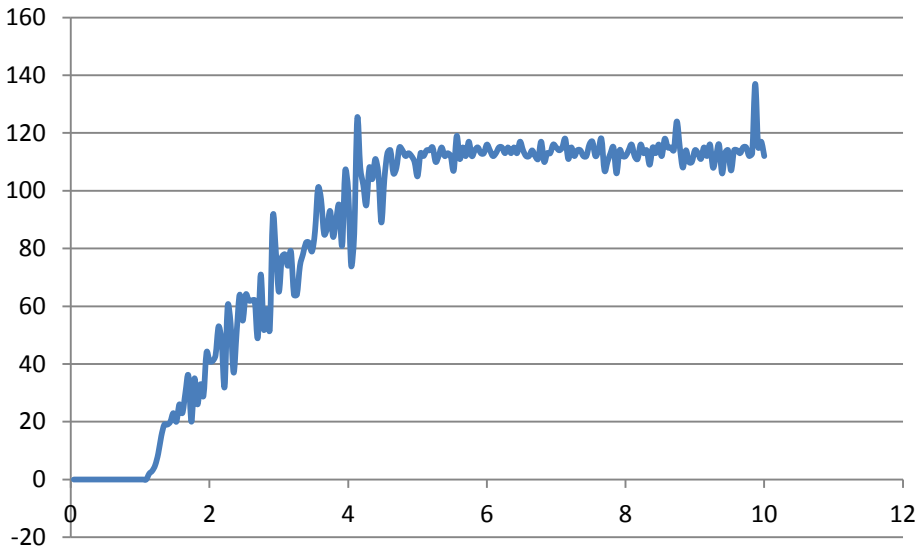
รูปภาคผนวก 13 แสดงค่าเกน PI=2000 ในการควบคุม



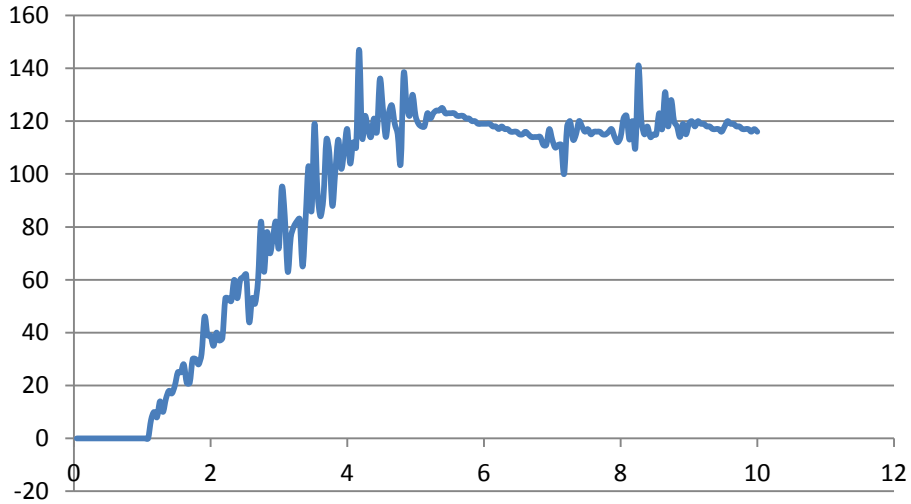
รูปภาคผนวก 14 แสดงค่าเกน PI=5000 ในการควบคุม



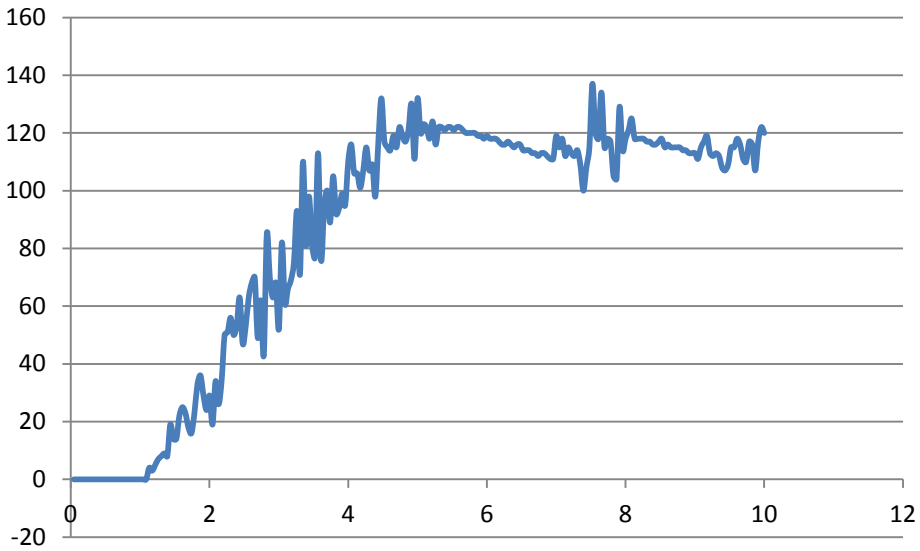
รูปภาคผนวก 15 แสดงค่าเกน PI=7500 ในการควบคุม



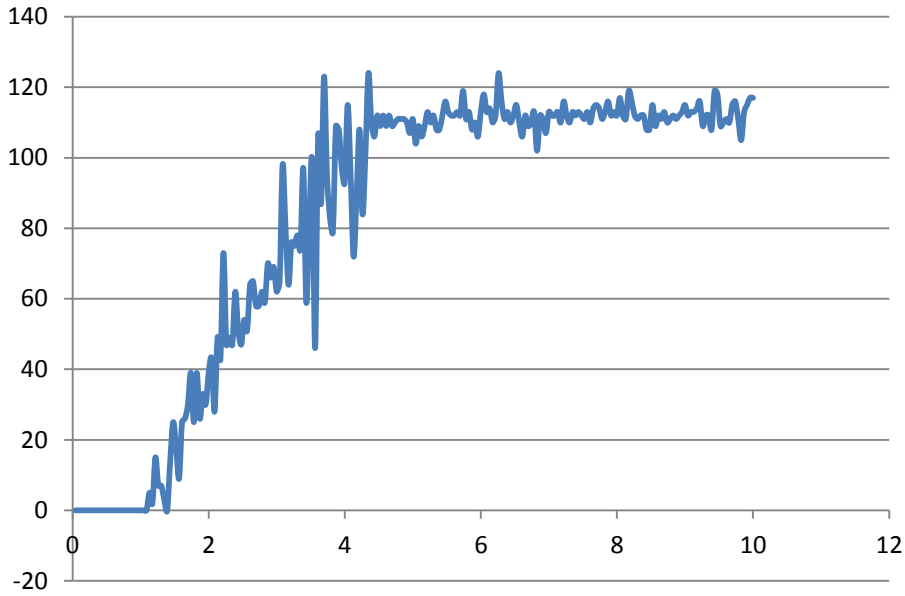
รูปภาคผนวก 16 แสดงค่าเกน P=100 I=1 ในการควบคุม



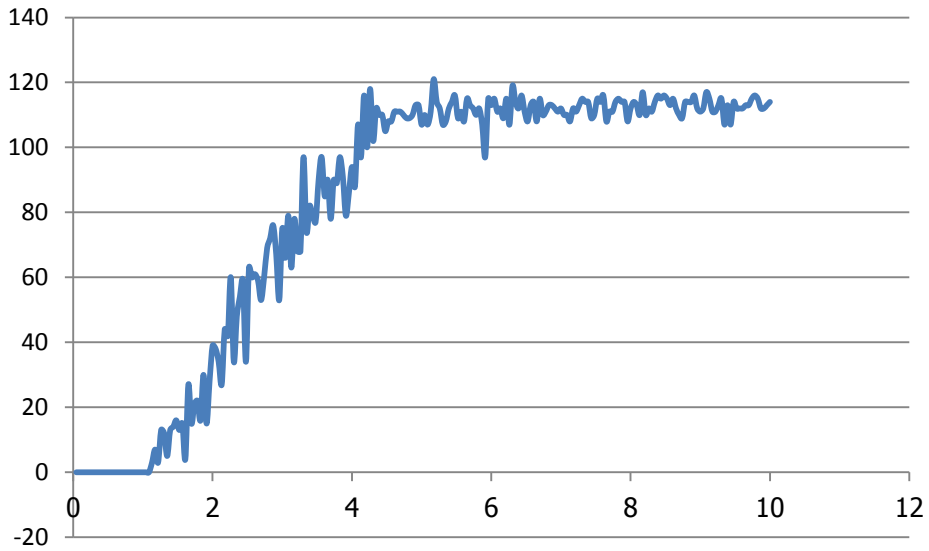
รูปภาคผนวก 17 แสดงค่าเกน P=100 I=10 ในการควบคุม



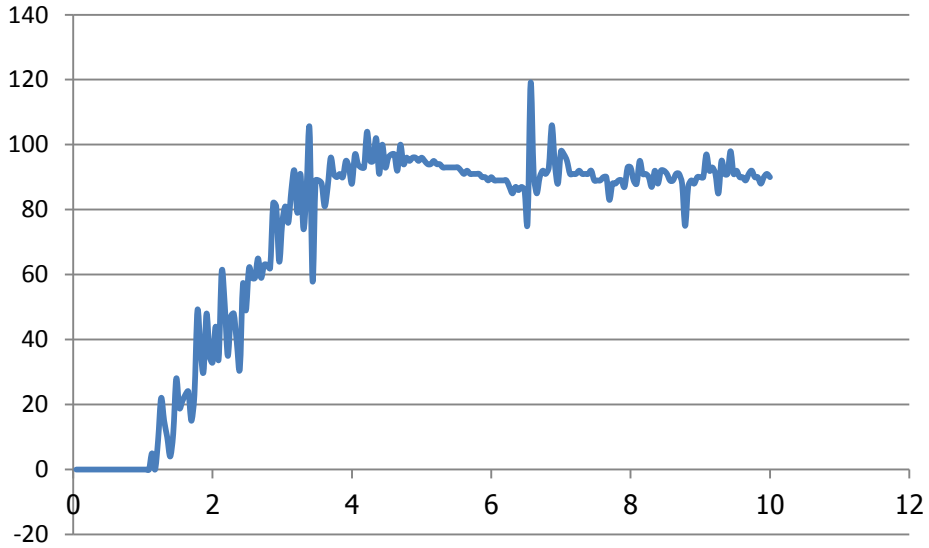
รูปภาคผนวก 18 แสดงค่าเกน P=100 I=100 ในการควบคุม



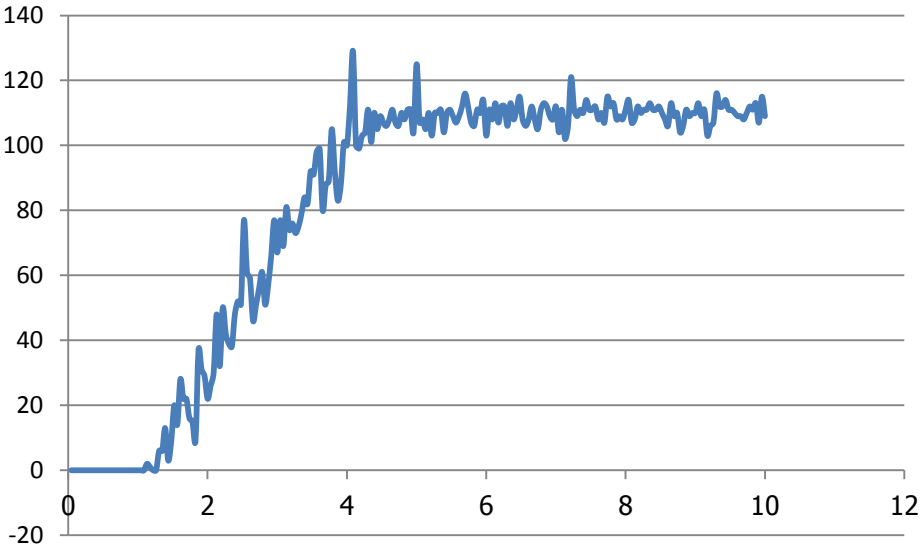
รูปภาคผนวก 19 แสดงค่าเกน P=100 I=1000 ในการควบคุม



รูปภาคผนวก 20 แสดงค่าเกน P=100 I=100 D=100 ในการควบคุม



รูปภาคผนวก 21 แสดงค่าเกน P=10 I=10 D=10 ในการควบคุม



รูปภาคผนวก 22 แสดงค่าเกน P=1 I=1 D=1 ในการควบคุม