

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การออกแบบและสร้างชุดทดลองการควบคุมระดับน้ำ และอัตราไหล

DESIGN OF LEVEL AND FLOW PROCESS CONTROL LABORATORY



ปริญญาบัตรฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DESIGN OF LEVEL AND FLOW PROCESS CONTROL LABORATORY



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF INSTRUMENTATION ENGINEERING
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

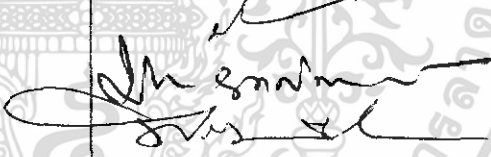
2005

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองปริญญาโท

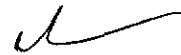
หัวข้อปริญญาโท การออกแบบและสร้างชุดทดลองการควบคุมระดับน้ำ และอัตราไหล
DESIGN OF LEVEL AND FLOW PROCESS CONTROL
LABORATORY

นักศึกษาผู้จัดทำ นายกรวุฒิ เถลิงมีกล รหัสประจำตัว 46015431
นายกฤษณะ พุทธิขจร รหัสประจำตัว 46015432

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมการวัดคุม
ปีการศึกษา 2548

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาโท	ลายมือชื่อ
รศ. ประสิทธิ์ จุลเสวีวงศ์	
รศ. ประภาพร อุดคกิตมาพันธุ์	
ผศ. พิทยา ปานนิล	

ภาควิชารับรองแล้ว



(รศ.ประสิทธิ์ จุลเสวีวงศ์)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การออกแบบและสร้างชุดทดลองการควบคุมระดับน้ำ และอัตราไหล
DESIGN OF LEVEL AND FLOW PROCESS CONTROL
LABORATORY

นักศึกษาผู้จัดทำ นายกรวุฒิ เฉลิมมีกมล
นายกฤษณะ พุทธิขจร
อาจารย์ที่ปรึกษา รศ. ประสิทธิ์ จุลเสวีวงศ์
รศ. ประภาส อุดคคิมาพันธุ์
ผศ. พิทยา ป่านนิล
ปีการศึกษา 2548

บทคัดย่อ

ในการควบคุมกระบวนการทางอุตสาหกรรมต่างๆ จะต้องใช้บุคลากรที่มีความรู้ความสามารถตลอดจนความเข้าใจเกี่ยวกับอุปกรณ์การวัดและการควบคุมชนิดต่างๆ เป็นอย่างมาก การพัฒนาบุคลากรให้สามารถเข้าใจเกี่ยวกับเทคนิควิธีการวัดและควบคุมชนิดต่างๆในระบบควบคุมกระบวนการทางอุตสาหกรรม ในทางด้านปฏิบัติจึงมีความจำเป็น วิทยานิพนธ์นี้จึงได้นำเสนอการออกแบบและสร้างชุดทดลองการควบคุมระดับและอัตราการไหล เพื่อใช้เป็นชุดทดลองเพื่อเสริมสร้างความเข้าใจและทักษะในการควบคุมกระบวนการดังกล่าว ตลอดจนเป็นการลดการซื้ออุปกรณ์วัดและควบคุมที่มีราคาแพงมาประกอบการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Design Of Level And Flow Process Control Laboratory	
Authors	Mr.Konwut	Chalermmekol
	Mr.Kitsana	Puttikajohn
Thesis Advisor	Assoc. Prof.Prasit	Julsereewong
	Assoc. Prof.prapart	Ukakimapran
	Asst.Prof Pittaya	pannil
Year	2005	

ABSTRACT

The control of industrial method must have the professionalism and the knowledge about measuring and controlling material. In the operation, that is the important things to develop the officer. So this thesis presents about design of flow and level process control laboratory to used to increase the knowledge and skill in the controllable process and reduce to buy the expensive material for test.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาบัตรฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเพราะได้รับความเมตตาจาก รองศาสตราจารย์ ประสิทธิ์ จุลเสวีวงศ์ รองศาสตราจารย์ ประภาส อุดคคกิมพันธ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พิทยา ปานนิล ที่ได้ให้คำแนะนำแก่ผู้วิจัยตลอดมา อีกทั้งยังเอื้อเฟื้อสถานที่ อุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ในการทำปริญญาบัตรนี้ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุมทุกท่าน ที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำ และความช่วยเหลือ อันเป็นประโยชน์ต่อการทำปริญญาบัตรฉบับนี้

ขอขอบคุณ เพื่อน ๆ ทุก ๆ คน ที่ให้คำแนะนำ ตี-ชม ความช่วยเหลือและกำลังใจให้ผู้วิจัย โดยตลอด

ขอขอบคุณ คุณวรินทิรา บัวเอี่ยม ที่คอยรับฟังเรื่องราวต่างๆ เรื่อง และให้กำลังใจเสมอมา
ท้ายที่สุดนี้ ขอขอบพระคุณ พ่อและแม่ ที่สนับสนุนและ เป็นแรงบันดาลใจในการทำปริญญาบัตรฉบับนี้

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญภาพ.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและแรงจูงใจในการทำปริญญานิพนธ์.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์.....	1
1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์.....	1
1.4 เนื้อหาของปริญญานิพนธ์.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ.....	3
2.1 กล่าวนำ.....	3
2.2 การควบคุมแบบป้อนกลับ โดยใช้ตัวควบคุมแบบ PID.....	5
2.2.1 กริยาการควบคุมแบบ ON-OFF.....	6
2.2.2 กริยาการควบคุมแบบ Proportional (P).....	7
2.2.3 กริยาการควบคุมแบบ Integral (I).....	8
2.2.4 กริยาการควบคุมแบบ Derivative (D).....	9
2.2.5 กริยาการควบคุมแบบ Proportional-Integral (PI).....	10
2.2.6 กริยาการควบคุมแบบ Proportional-Derivative (PD).....	11
2.2.7 กริยาการควบคุมแบบ Proportional-Integral-Derivative (PID).....	12
2.3 สมการ PID สำหรับการคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์.....	12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.4 การคำนวณค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุม PID จากผลตอบสนองของกระบวนการ...14	
2.4.1 การปรับค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุม PID ด้วยวิธี ของ Ziegler-Nichols.14	
2.4.1.1 การปรับค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี Process Reaction Curve.....15	
2.4.1.2 การปรับค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี Ultimate Method.....17	
2.4.1.3 การปรับค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี Damped Oscillation.....19	
2.5 ทฤษฎีการควบคุมระดับของเหลว.....20	
2.5.1 ค่าความต้านทานและค่าความจุของระบบที่เกี่ยวกับระดับของเหลว.....20	
2.5.2 กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับระดับของเหลว.....23	
2.5.3 ระบบเกี่ยวกับระดับของของเหลวที่มีปฏิกริยาซึ่งกันและกัน.....24	
บทที่ 3 การออกแบบและสร้างชุดทดลอง.....28	
3.1 กล่าวนำ.....28	
3.2 โครงสร้างโดยรวม.....28	
3.3 ส่วนประกอบต่างๆ ของกระบวนการ.....29	
3.3.1 ชุดอุปกรณ์การวัด.....29	
3.3.1.1 ชุดอุปกรณ์การวัดระดับ.....29	
3.3.1.2 ชุดอุปกรณ์วัดอัตราการไหล.....32	
3.3.2 ชุดอุปกรณ์ควบคุมสุดท้าย.....35	
3.3.3 ชุดอินเตอร์เฟส.....42	
3.3.3.1 ส่วนอินพุต.....43	
3.3.3.1 ส่วนรับ-ส่ง ข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์.....44	
3.3.3.1 ส่วนเอาต์พุต.....46	
3.3.4 ชุด Soft Ware.....48	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	50
4.1 กล่าวนำ.....	50
4.2 การทดลองส่วนอุปกรณ์.....	50
4.2.1 การทดลองอุปกรณ์วัดระดับ.....	50
4.2.2 การทดลองอุปกรณ์วัดอัตราการไหล.....	51
4.2.3 การทดลองวาล์วควบคุม.....	53
4.3 การทดลองส่วนของกระบวนการ.....	55
4.3.1 ผลการทดลองในกรณีควบคุมกระบวนการแบบ 1 ถึง.....	55
4.3.2 ผลการทดลองในกรณีควบคุมกระบวนการแบบ 2 ถึง.....	58
4.4 สรุปผลการทดลอง.....	60
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ.....	60
5.1 สรุป.....	60
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	61
บรรณานุกรม.....	61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมจากการคำนวณด้วยวิธี Process Reaction Curve.....	16
2.2 ค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมจากการคำนวณด้วยวิธีแบบ Ultimate Method.....	18
4.1 แสดงผลการทดลองอุปกรณ์วัฏจักรค้ำน้ำทั้ง 2 ตัว.....	50
4.2 แสดงผลการทดลองอุปกรณ์วัดการไหล.....	51
4.3 แสดงข้อมูลผลการทดลองวาล์วควบคุม.....	53



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมแบบป้อนกลับ โดยทั่วไป.....	3
2.2 แสดงกิริยาการควบคุมแบบ ON-OFF.....	6
2.3 แสดงคุณสมบัติของกิริยาการควบคุมแบบ Proportional.....	7
2.4 แสดงผลตอบสนองของกิริยาการควบคุมแบบ Integral.....	8
2.5 แสดงตัวอย่างผลตอบสนองของกิริยาการควบคุมแบบ Derivative.....	9
2.6 แสดงตัวอย่างผลตอบสนองของกิริยาการควบคุมแบบ PI (Direct action).....	10
2.7 แสดงตัวอย่างผลตอบสนองของกิริยาการควบคุมแบบ PD.....	11
2.8 แสดงตัวอย่างผลตอบสนองของกิริยาการควบคุมแบบ PID (Direct action).....	12
2.9 แสดงโครงสร้างของระบบควบคุมแบบ PID	15
2.10 แสดงผลตอบสนองของกระบวนการเมื่อมีการปรับค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี Ziegler-Nichols...15	15
2.11 แสดงวิธีการทดสอบหาค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี Process Reaction Curve.....	16
2.12 การคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี Process Reaction Curve.....	16
2.13 แสดงบล็อกไดอะแกรมการหาค่าพารามิเตอร์แบบ Ultimate Method.....	17
2.14 แสดงวิธีการหาค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมด้วยวิธี Ultimate Method.....	18
2.15 แสดง ผลตอบสนองของกระบวนการแบบวงปิดที่มีอัตราเลื่อน $\frac{1}{4}$	19
2.16 แสดงกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับระดับของเหลว.....	21
2.17 ระบบเกี่ยวกับระดับของเหลวที่มีปฏิกริยาซึ่งกันและกัน.....	25
2.18 การสร้างบล็อกไดอะแกรมและหาฟังก์ชันถ่ายโอนของระบบในภาพที่2.17.....	26
3.1 แสดงโครงสร้างโดยรวมของกระบวนการที่ออกแบบไว้.....	28
3.2 แสดงโครงสร้างโดยรวมของกระบวนการที่สร้างขึ้นจริง.....	29
3.3 แสดง Sensor ที่ใช้วัดระดับ.....	30
3.4 แสดงวงจร Instrument amplifier.....	30
3.5 แสดงวงจร ปรับ Zero-Span ของการวัดระดับ.....	30
3.6 แสดง Sensor ที่ใช้งาน.....	31
3.7 แสดงแผงวงจรของการวัดระดับที่สร้างขึ้น.....	31
3.8 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้วัดอัตราไหลที่คิด Hall Effect แล้ว.....	32
3.9 แสดงใบพัดที่ติดแม่เหล็ก.....	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.10 แสดงการจัดสัญญาณจาก Hall effect.....	33
3.11 แสดงการต่อวงจร F to V.....	34
3.12 แสดงวงจรปรับ Zero span ของการวัดอัตราไหล.....	34
3.13 แสดงแผงวงจรการวัดอัตราไหลที่สร้างขึ้น.....	35
3.14 แสดงภาพของวาล์วควบคุมที่จะสร้างขึ้น.....	36
3.15 แสดงบล็อกโคอะแกรมการควบคุมวาล์ว.....	37
3.16 แสดงบล็อกโคอะแกรมของวงจรที่สร้างขึ้น.....	37
3.17 แสดงวงจร I to V.....	38
3.18 แสดงวงจรวินโดว์ดีเทค.....	38
3.19 แสดงวงจร PID.....	39
3.20 แสดงวงจร เซอร์โวแอมพลิไฟร์ชนิดควบคุมกระแส.....	39
3.21 แสดงวงจรปรับ Zero-Span ของ Potentiometer.....	40
3.22 แสดงวาล์วควบคุมที่สร้างขึ้น (1).....	40
3.23 แสดงวาล์วควบคุมที่สร้างขึ้น (2).....	41
3.24 แสดงแผงวงจรของวาล์วควบคุมที่สร้างขึ้น (1).....	41
3.25 แสดงวาล์วควบคุมที่สร้างขึ้น (2).....	42
3.26 แสดงโครงสร้างโดยรวมในส่วนอินเทอร์เฟซ.....	43
3.27 แสดงช่องรับสัญญาณมาตรฐาน 1-5 โวลต์ทั้ง 4 ช่องสัญญาณ.....	44
3.28 แสดงการเชื่อมต่อระหว่างPCF 8591 กับ AT89C51.....	45
3.29 แสดงการต่อวงจรใช้งาน MAX 232.....	46
3.30 แสดงวงจร V to I ที่ใช้ในส่วนอินเทอร์เฟซ.....	46
3.31 แสดงชุดอินเทอร์เฟซที่สร้างขึ้น.....	47
3.32 แสดงไฟล์เวิร์คการทำงานของ PID ดิจิตอลบนคอมพิวเตอร์.....	48
3.33 แสดงหน้าจอ PID Parameter.....	49
3.34 แสดงหน้าจอกราฟ.....	49
4.1 แสดงกราฟอัตราไหลกับ ความถี่ จากข้อมูลในตารางที่ 4.2.....	52
4.2 แสดงกราฟอัตราไหลกับ แรงดันไฟฟ้า จากข้อมูลในตารางที่ 4.2.....	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.3 แสดงกราฟระหว่าง เปอร์เซ็นต์อินพุท เทียบกับ เปอร์เซ็นต์อัตราไหลจากข้อมูล ในตารางที่ 5.3.....	54
4.4 แสดงผลตอบสนองที่ได้จากการทดลองแบบลูปเปิดในกรณีควบคุมกระบวนการแบบ 1 ถึง...	55
4.5 แสดงผลตอบสนองของกระบวนการแบบ 1 ถึง โดยใช้ตัวควบคุมของบริษัท โยโกกาวา อิเล็กทรอนิกส์ ที่เป้าหมาย 30%,50%,75%ความเร็วในการบันทึก 600mm/Hr.....	56
4.6 แสดงผลตอบสนองของกระบวนการแบบ 1 ถึง โดยใช้ ตัวควบคุมที่สร้างขึ้นที่เป้าหมาย 30%,50%,75%.....	57
4.7 แสดงผลตอบสนองที่ได้จากการทดลองแบบลูปเปิดในกรณีควบคุมกระบวนการแบบ 2 ถึง...	58
4.8 แสดงผลตอบสนองของกระบวนการแบบ 2 ถึง ที่เป้าหมาย 10%, 20%, 30%, 40% ความเร็วในการบันทึก 600mm/Hr.....	58
4.9 แสดงผลตอบสนองของกระบวนการแบบ 2 ถึง โดยใช้ ตัวควบคุมที่สร้างขึ้น ที่เป้าหมาย 65 %.....	59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและแรงจูงใจในการทำปริญญานิพนธ์

ในปัจจุบัน การแข่งขันและการเปลี่ยนแปลงในด้านอุตสาหกรรมมีค่อนข้างสูงทำให้ต้องคำนึงถึง ประสิทธิภาพ และ ประสิทธิภาพของโรงงาน ซึ่งสามารถแสดงได้ด้วยต้นทุนการผลิตและคุณภาพของสินค้า อีกทั้งยังรวมไปถึงการปรับอัตราการผลิตให้เหมาะสมกับสภาวะ ความต้องการของตลาดซึ่งส่วนสำคัญในการดำเนินการให้ตรงตามเป้าหมายตามต้องการ จะต้องมีการควบคุมการผลิตให้เหมาะสม เมื่อสามารถเลือกวิธีการที่เหมาะสมได้ขึ้นคอนต่อไปก็จะเลือกเครื่องควบคุมที่จะนำมาใช้เป็นตัวทำการควบคุมกระบวนการการผลิต

ในโรงงานอุตสาหกรรมมีกระบวนการต่าง ๆ มากมายซึ่งการควบคุมกระบวนการเหล่านี้จะใช้ตัวควบคุมหลาย ๆ ตัวมาควบคุมกระบวนการหลาย ๆ ส่วน ทำให้การแยกแยะกระบวนการเพื่อศึกษาเป็นไปด้วยความยากลำบาก ซึ่งอาจเกิดการผิดพลาดได้ง่าย อีกทั้งยังให้ผลตอบสนองที่ล่าช้าในกรณีที่กระบวนการมีขนาดใหญ่ และทางภาคศึกษามีแบบจำลองกระบวนการเพื่อให้ศึกษาน้อย ดังนั้นทางคณะผู้จัดทำจึงมีแนวคิด ที่จะจัดทำแบบจำลองกระบวนการเพิ่ม โดยจะจำลองกระบวนการควบคุมระดับน้ำและอัตราการไหลขนาดเล็กเพื่อให้ง่ายต่อการศึกษาและให้ผลตอบสนองที่รวดเร็ว อีกทั้งกระบวนการที่สร้างขึ้นมาสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก เพื่อให้ผู้ที่เริ่มศึกษา มีความรู้ความเข้าใจก่อนที่จะเริ่มปฏิบัติงาน กับกระบวนการที่มีความซับซ้อนต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

1. ศึกษาการทำงานของกระบวนการ
2. ศึกษาการทำงาน และการใช้งานเครื่องควบคุม
3. ศึกษาการทำงานของ PID แบบดิจิทัล

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

1. ศึกษาการทำงาน และออกแบบกระบวนการ
2. ศึกษาฟังก์ชันการทำงาน และการใช้งานของเครื่องควบคุมที่มีใช้ในปัจจุบัน
3. ศึกษาการทำงาน และออกแบบส่วนของวงจรรีเลย์อินเตอร์เฟส
4. ศึกษาการทำงานและเขียน โปรแกรมของ PID ดิจิตอล โดยใช้โปรแกรม Visual Basic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ออกแบบกระบวนการ โดยมีรายละเอียดดังนี้
 - 5.1 แท็งก์น้ำจำนวน 2 แท็งก์ ต่อ Interact
 - 5.2 นำบอลวาล์วที่มีโดยทั่วไปมาใช้ในการควบคุมการไหล โดยสร้าง Actuator ขึ้นเอง
 - 5.3 ใช้ Pressure Sensor วัดความดันในการวัดระดับของเหลว
6. ออกแบบเครื่องควบคุม โดยใช้โปรแกรม Visual Basic เป็นตัวประมวลผล โดยมีรายละเอียดดังนี้
 - 6.1 สัญญาณอินพุต 1-5 VDC จำนวน 4 ช่องสัญญาณ
 - 6.2 สัญญาณเอาต์พุต 4-20 mA จำนวน 1 ช่องสัญญาณ
7. สร้างเครื่องต้นแบบ
8. ทดสอบสมรรถภาพของกระบวนการและตัวควบคุมที่สร้างขึ้น

1.4 เนื้อหาของปริิญาานิพนธ์

บทที่ 1 กล่าวถึงแนวคิดในการจัดทำโครงการ วัตถุประสงค์ในการจัดทำโครงการ ขอบเขตของโครงการ และเนื้อหาปริิญาานิพนธ์

บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีของการควบคุมกระบวนการ กริยาควบคุมต่าง ๆ ที่ใช้ในการควบคุมอัตโนมัติและ วิธีการหาค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการควบคุม

บทที่ 3 กล่าวถึงการออกแบบและสร้างชุดทดลอง โดยแสดงการออกแบบและสร้างอุปกรณ์เป็นส่วน ๆ

บทที่ 4 กล่าวถึงการทดลองซึ่งการทดลองจะมี 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นอุปกรณ์ และส่วนที่เป็นการควบคุมกระบวนการ

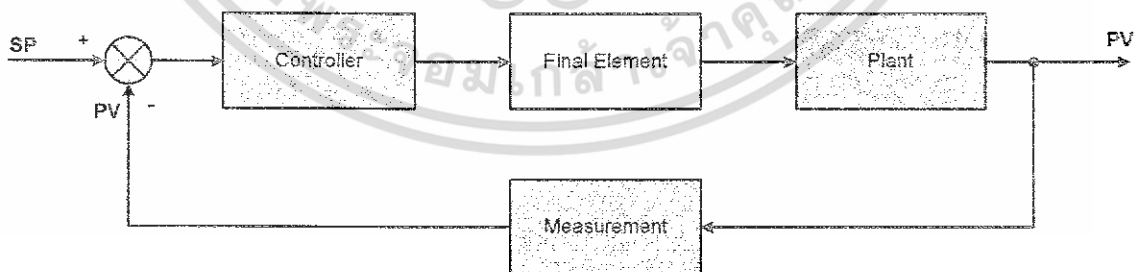
บทที่ 5 กล่าวถึง บทสรุปและแนวทางในการพัฒนาต่อไป

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 กล่าวนำ

โดยทั่วไปเป้าหมายของระบบควบคุมกระบวนการต่าง ๆ ในอุตสาหกรรม คือ การรักษาปริมาณทางฟิสิกส์ อันได้แก่อุณหภูมิ (Temperature) แรงดัน (Pressure) ระดับ (Level) และอื่น ๆ ให้มีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ต้องการมากที่สุด ซึ่งการควบคุมที่ดี ย่อมเริ่มจากการเลือก แบบควบคุมที่เหมาะสม บางโรงงานอาจใช้การควบคุมแบบง่าย ๆ ด้วยมือ (Manual Control) ซึ่งอาศัยพนักงาน (Operate) คอยทำหน้าที่เกี่ยวกับการตรวจวัดและปรับแต่งการควบคุมให้ผลตอบสนองเป็นไปตามต้องการ จะเห็นได้ว่าการควบคุมแบบนี้จำเป็นต้องอาศัยประสบการณ์ และความชำนาญของพนักงานเป็นหลัก แต่ในความเป็นจริงแล้วมนุษย์หรือพนักงาน ไม่สามารถทำงานให้ได้ดีเท่ากันตลอดเวลา จึงทำให้ประสิทธิภาพของการควบคุมลดลงปัจจุบัน โรงงานที่ต้องการการควบคุมที่มีความแม่นยำและประสิทธิภาพสูงจำเป็นต้องนำเครื่องควบคุมอัตโนมัติ (Automatic Control) มาใช้งาน โดยเครื่องควบคุมอัตโนมัติจะทำหน้าที่หลักในการคำนวณหาสัญญาณควบคุมที่เหมาะสม ตามกฎเกณฑ์การควบคุม (Control Law) ที่พนักงานได้กำหนดไว้ล่วงหน้า ซึ่งระบบควบคุมอัตโนมัติที่เราพบเห็นกันอยู่บ่อย ๆ ในโรงงานอุตสาหกรรม ก็คือ ระบบควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback Control System) ระบบควบคุมแบบป้อนกลับ โดยทั่วไป แสดงได้ดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมแบบป้อนกลับ โดยทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบควบคุมทางอุตสาหกรรมแบบป้อนกลับโดยทั่วไปประกอบไปด้วยอุปกรณ์ 4 ส่วน คือ

1. **ตัวควบคุม (Controller)** เป็นเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างสัญญาณควบคุมเพื่อทำหน้าที่ควบคุมให้ระบบหรือกระบวนการที่ต้องการควบคุมมีเอาต์พุตหรือผลตอบสนองเป็นไปตามต้องการ ตัวควบคุมมีหลายแบบ เช่นตัวควบคุมแบบ ON-OFF (ตัวควบคุมแบบสองตำแหน่ง) ตัวควบคุมแบบ Proportional (P) ตัวควบคุมแบบ Integral (I) ตัวควบคุมแบบ Derivative (D) หรือการใช้ตัวควบคุมหลาย ๆ แบบร่วมกัน เช่นตัวควบคุมแบบ PI ตัวควบคุมแบบ PD และตัวควบคุมแบบ PID เป็นต้น ซึ่งสัญญาณที่ออกจากตัวควบคุมคือตัวแปรปรับกระบวนการ

2. **อุปกรณ์ควบคุมสุดท้าย (Final Control Element)** คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ปรับสถานะของกระบวนการ ด้วยการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรปรับกระบวนการ ตามคำสั่งหรือสัญญาณควบคุมที่ได้รับจากตัวควบคุม อุปกรณ์ควบคุมสุดท้ายนั้นมีอยู่ด้วยกันหลายอย่างด้วยกัน เช่น วาล์วควบคุม (Control Valve) อินเวอร์เตอร์ (Inverter) และ ตัวกระทำ (Actuator) เป็นต้น แต่ที่มักพบเห็นกันมากคือ วาล์วควบคุม

3. **กระบวนการ (Plant or Process)** หมายถึง ระบบหรือกระบวนการทางฟิสิกส์ที่ต้องการควบคุมให้มีสถานะเป็นไปตามต้องการ เช่น การควบคุมระดับของเหลว กระบวนการเกี่ยวกับการควบคุมอุณหภูมิ เป็นต้น ซึ่งสถานะของกระบวนการแสดงด้วยตัวแปรกระบวนการ (Process Variable : pv)

4. **อุปกรณ์การวัด (Measurement)** หมายถึง อุปกรณ์ซึ่งอาจได้แก่ เซนเซอร์ (Sensor) ทรานสดิวเซอร์ (Transducer) , หรืออุปกรณ์แปลง (Transmitter) หรือเครื่องวัดสัญญาณอื่น ๆ ในกระบวนการเพื่อนำสัญญาณที่ได้ไปใช้เป็นตัวแปรการควบคุม โดยสัญญาณขาออกของอุปกรณ์วัดโดยทั่วไปจะเป็นสัญญาณมาตรฐานทางอุตสาหกรรม เช่นสัญญาณกระแสไฟฟ้า 4-20 มิลลิแอมป์ (4-20 mA dc.) สัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 1-5 โวลต์ (1-5V dc.) หรือสัญญาณลมขนาด 3-15 ปอนด์/ตารางนิ้ว (3-15 psi หรือ $0.2-1.0 \text{ kg/cm}^2$) เป็นต้น

2.2 การควบคุมแบบป้อนกลับโดยใช้ตัวควบคุมแบบ PID

ตัวควบคุมแบบ PID ถูกนำมาควบคุมกระบวนการการผลิตอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมมากกว่า 50 ปี ในปัจจุบันตัวควบคุม PID ก็ยังได้รับความนิยมอยู่เนื่องจาก รูปแบบของตัวควบคุมสามารถควบคุมกระบวนการได้อย่างกว้างขวาง ไม่ว่าจะกระบวนการนั้นจะมีผลตอบสนองต่อความถี่ต่ำ ความถี่กลาง ความถี่สูง ตัวควบคุมก็สามารถควบคุมกระบวนการได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตัวควบคุม PID ประกอบไปด้วยตัวควบคุมแบบ P (Proportional) ตัวควบคุมแบบ I (Integral) ตัวควบคุมแบบ D (Derivative) ซึ่งมีฟังก์ชันถ่ายโอน (Transfer function) ดังนี้

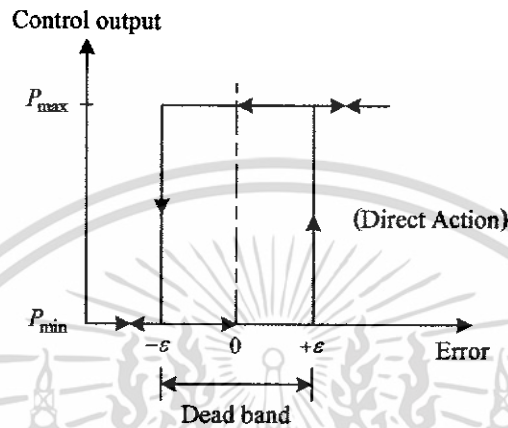
$$m(t) = K_p \left(e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_d \frac{de(t)}{dt} \right) \quad (2.1)$$

โดยที่ K_p = ค่าอัตราขยายของตัวควบคุมแบบ P (Proportional Gain)
 T_i = ค่าเวลา Integral (Integral Time)
 T_d = ค่าเวลา Derivative (Derivative Time)

จากสมการที่ 2.1 จะเห็นได้ว่าสัญญาณควบคุมหรือตัวแปรปรับกระบวนการ (mv) ที่ได้จากตัวควบคุม PID จะถูกกำหนดด้วยความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณขาเข้าตัวควบคุมกับตัวแปรกระบวนการ (pv) กับสัญญาณอ้างอิงหรือค่าเป้าหมาย (sp) โดยที่ความสัมพันธ์ดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับกฎเกณฑ์การควบคุมที่ผู้ควบคุมปรับแต่งไว้ล่วงหน้า (ค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุม PID) ซึ่งสัญญาณควบคุมของตัวควบคุมจะเป็นไปตามวิธีการควบคุมแบบต่างๆ ดังที่จะกล่าวต่อไป

2.2.1 ฏรียการควบคุมแบบ ON-OFF

การควบคุมแบบ ON-OFF เป็นการควบคุมที่ง่ายที่สุดและนิยมใช้ในการควบคุมกระบวนการที่ไม่ต้องการความเที่ยงตรงสูง โดยการควบคุมจะทำงานเพียง 2 สถานะ คือ เปิด (100%) กับปิด (0%) ฏรียการควบคุมแบบ ON-OFF ดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 แสดงฏรียการควบคุมแบบ ON-OFF

จากภาพที่ 2.2 จะเห็นว่าถ้าค่าความคลาดเคลื่อนมากกว่าค่าวิกฤต ($+\epsilon$) ค่าเอาต์พุทของตัวควบคุมจะเปลี่ยนจาก 0% เป็น 100% เมื่อค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าค่าวิกฤต ($-\epsilon$) ค่าเอาต์พุทของตัวควบคุมจะเปลี่ยนจาก 100% เป็น 0% ค่าเอาต์พุทที่อยู่ในช่วงเดธแบนด์ (Dead Band) จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงแต่อย่างใดซึ่งอาจจะเป็นผลมาจากการเสียดทานที่ไม่ได้คาดไว้ก่อน หรือบางครั้งก็จำเป็นต้องทำให้เกิดช่วงเดธแบนด์ขึ้นเพื่อป้องกันการ ON-OFF บ่อยเกินไปอันจะทำให้อุปกรณ์ควบคุมหรือกระบวนการได้รับความเสียหาย แต่ช่วงเดธแบนด์นี้ต้องไม่กว้างนักเพราะจะทำให้ค่าความเที่ยงตรงของการควบคุมลดลง ฏรียการควบคุมแบบ ON-OFF สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$m(t) = \begin{cases} 0\% & , e < -\epsilon \\ 100\% & , e > +\epsilon \end{cases} \quad (2.2)$$

$$\begin{aligned} \text{เมื่อ } m(t) &= \text{สัญญาณควบคุมหรือเอาต์พุทของตัวควบคุม} \\ e(t) &= \text{ค่าความคลาดเคลื่อน} \\ \epsilon &= \frac{1}{2} \text{ ของค่าเดธแบนด์} \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 กริยาการควบคุมแบบ Proportional (P)

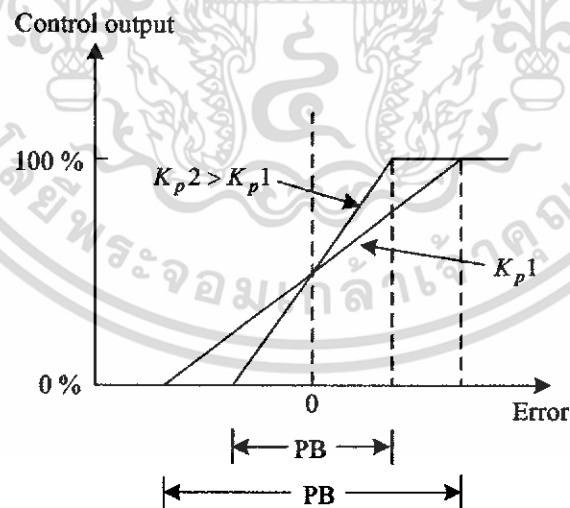
กริยาการควบคุมแบบ P นั้น ค่าเอาต์พุตของตัวควบคุมจะแปรผันตรงกับค่าความคลาดเคลื่อน กล่าวคือ ถ้าค่าความคลาดเคลื่อนมีค่ามากขึ้น ค่าเอาต์พุตของตัวควบคุมก็จะมีค่ามากขึ้นตาม และถ้าค่าความคลาดเคลื่อนมีค่าน้อยลง ค่าเอาต์พุตของตัวควบคุมก็จะมีค่าน้อยลงตาม กริยาการควบคุมแบบ P สามารถเป็นเขียนสมการได้ดังนี้

$$m_p(t) = K_p e(t) + \bar{m} \quad (2.3)$$

เมื่อ $m_p(t)$ = ค่าเอาต์พุตของตัวควบคุมแบบ Proportional
 K_p = อัตราขยายของตัวควบคุมแบบ Proportional
 \bar{m} = ค่าเอาต์พุตของตัวควบคุมที่ค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับศูนย์

ตัวควบคุมแบบ P บางตัวอาจใช้ค่า Proportional Band (PB) แทนการใช้ค่า K_p ซึ่ง PB คือ ช่วงของค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างที่เอาต์พุตของตัวควบคุมมีค่า 0-100% ดังสมการ (2.4)

$$PB = \frac{100\%}{K_p} \quad (2.4)$$



ภาพที่ 2.3 แสดงคุณสมบัติของกริยาการควบคุมแบบ Proportional

ข้อเสียของกริยาการควบคุมแบบ Proportional คือ ไม่สามารถกำจัดค่าออฟเซตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

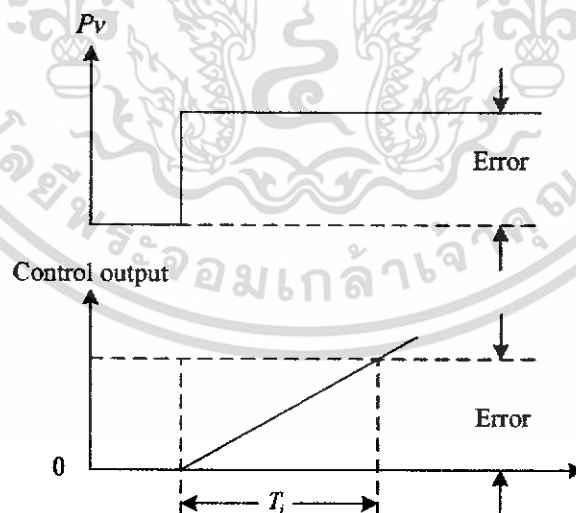
2.2.3 กริยาการควบคุมแบบ Integral (I)

กริยาการควบคุมแบบ I หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า การควบคุมแบบรีเซ็ต (Reset Control) โดยค่าเอาต์พุตของตัวควบคุมหาได้จากค่าพื้นที่ทั้งหมดภายใต้กราฟของค่าความคลาดเคลื่อนต่อเวลาคูณกับค่าคงที่ที่เรียกว่า อัตราขยายของตัวควบคุมแบบ I (Integral Gain) ดังสมการต่อไปนี้

$$m_I(t) = K_I \int_0^t e(t) dt + \bar{m}_I(0) \quad (2.5)$$

เมื่อ $m_I(t) =$ ค่าเอาต์พุตของตัวควบคุมแบบ Integral
 $K_I =$ อัตราขยายของตัวควบคุมแบบ Integral
 $\int_0^t e(t) dt =$ พื้นที่ทั้งหมดของค่าความคลาดเคลื่อน
 $\bar{m}_I(0) =$ ค่าเอาต์พุตของตัวควบคุมที่เวลา t เท่ากับศูนย์

ผลของกริยาการควบคุมแบบ I นี้จะทำให้ไม่เกิดออฟเซตขึ้นในระบบและลดค่าพุ่งเกิน (Overshoot) ของระบบลงได้ แต่ถ้ากริยาการควบคุมมีค่าสูงเกินไปจะทำให้ผลตอบสนองของกระบวนการช้าลง ผลตอบสนองของกริยาการควบคุมแบบ I แสดงดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.4 แสดงผลตอบสนองของกริยาการควบคุมแบบ Integral

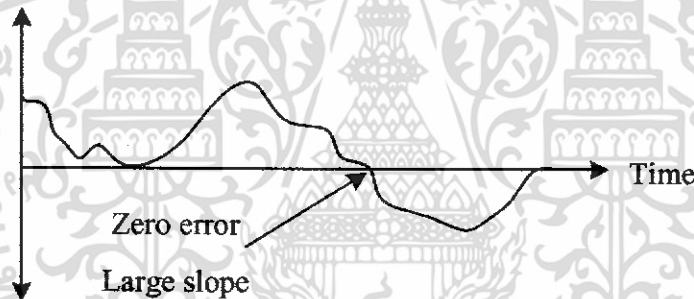
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 กริยาการควบคุมแบบ Derivative (D)

กริยาการควบคุมแบบ D เรียกอีกชื่อหนึ่งว่าการควบคุมแบบอัตราส่วน (Rate Action) โดยสัญญาณเอาต์พุตของตัวควบคุมจะขึ้นอยู่กับอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าความคลาดเคลื่อนต่อเวลา จะเห็นว่าค่าความคลาดเคลื่อนนี้มีโอกาสเป็นศูนย์ได้ และค่าเอาต์พุตก็สามารถเปลี่ยนแปลงให้มีค่าสูงขึ้น เมื่อความคลาดเคลื่อนเปลี่ยนแปลง ซึ่งเรียกการกระทำดังกล่าวว่า อัตราการกระทำ (Rate Action) ดังสมการต่อไปนี้

$$m_D(t) = K_D \frac{de(t)}{dt} \quad (2.6)$$

เมื่อ $m_D(t)$ = ค่าเอาต์พุตของตัวควบคุมแบบ Derivative
 K_D = อัตราขยายของตัวควบคุมแบบ Derivative
 $\frac{de(t)}{dt}$ = ค่าความคลาดเคลื่อนที่เวลา t



ภาพที่ 2.5 แสดงตัวอย่างผลตอบสนองของกริยาการควบคุมแบบ Derivative

2.2.5 ฏริยาการควบคุมแบบ Proportional-Integral (PI)

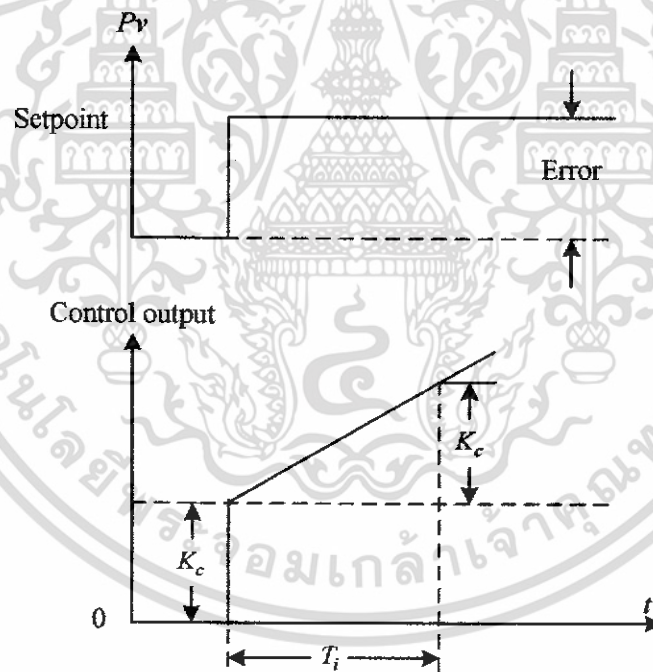
ตามทีกล่าวมาแล้วว่าฏริยาการควบคุมแบบ P นั้น จะมีออฟเซ็ทเกิดขึ้น ซึ่งการกำจัดค่าออฟเซ็ทนี้สามารถทำได้โดยการเพิ่มฏริยาการควบคุมแบบ I เข้าไป ดังนั้นสมการเอาท์พุทของตัวควบคุมแบบ PI นี้ ดังสมการ

$$m_{PI}(t) = \bar{m} + K_P e(t) + K_P K_I \int_0^t e(t) dt \quad (2.7)$$

หรือ

$$m_{PI}(t) = \bar{m} + K_c e(t) + \frac{K_c}{T_i} \int_0^t e(t) dt \quad (2.8)$$

เมื่อ $K_c = K_p$ และ $K_I = 1/T_i$
 $T_i =$ ค่าเวลา Integral



ภาพที่ 2.6 แสดงตัวอย่างผลตอบสนองของฏริยาการควบคุมแบบ PI (Direct action)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.6 กิริยาการควบคุมแบบ Proportional-Derivative (PD)

การประยุกต์ใช้กิริยาการควบคุมแบบ P ร่วมกับกิริยาการควบคุมแบบ D เพื่อให้ผลตอบสนองของระบบรวดเร็วขึ้น แต่จะไม่มีผลโดยตรงต่อผลตอบสนองของระบบที่สภาวะคงที่ ซึ่งสมการเอาต์พุตของกิริยาการควบคุมแบบ PD แสดงดังสมการต่อไปนี้

$$m_{PD}(t) = \bar{m} + K_P e(t) + K_P K_D \frac{de(t)}{dt} \quad (2.9)$$

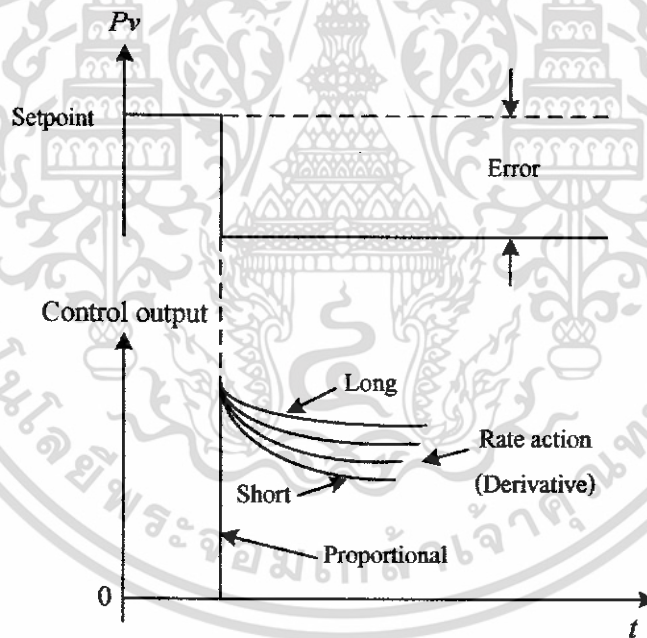
หรือ

$$m_{PD}(t) = \bar{m} + K_c e(t) + K_c T_d \frac{de(t)}{dt} \quad (2.10)$$

เมื่อ

$$K_D = T_d$$

T_d = ค่าเวลา Derivative



ภาพที่ 2.7 แสดงตัวอย่างผลตอบสนองของกิริยาการควบคุมแบบ PD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

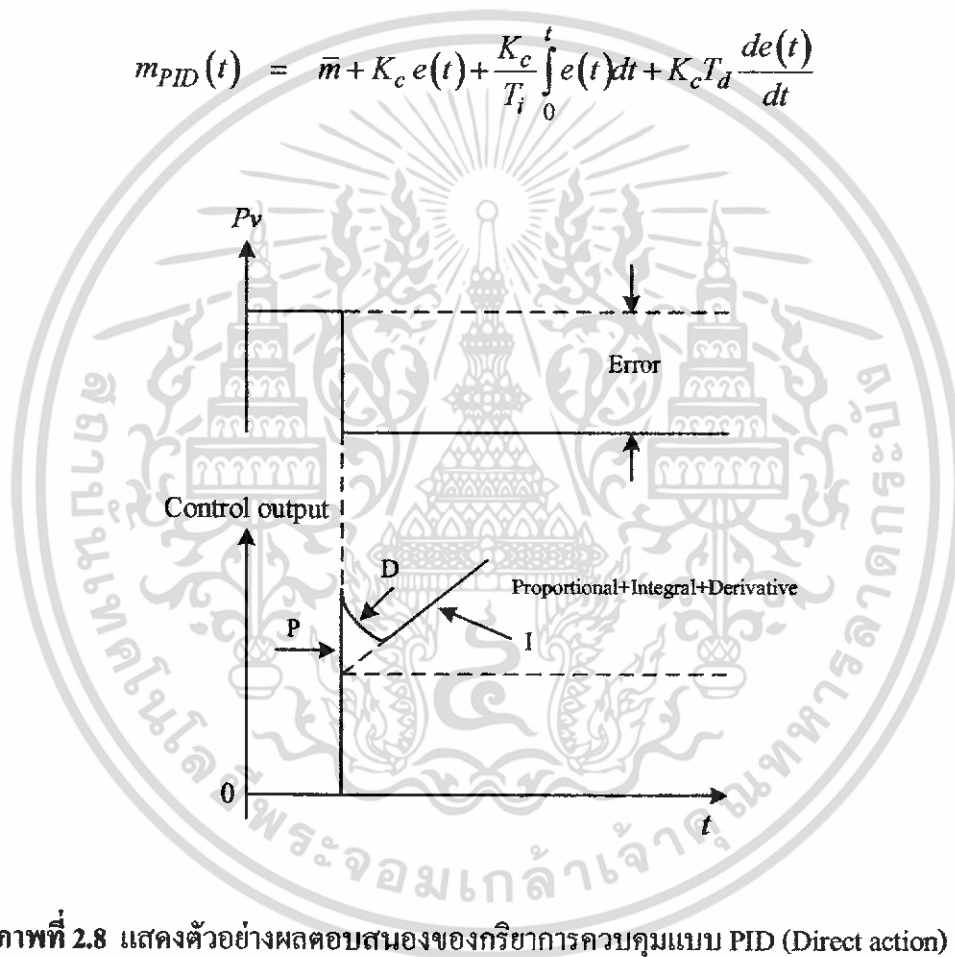
2.2.7 ฏรียการควบคุมแบบ Proportional-Integral-Derivative (PID)

จากที่ไดักล่าวมาแล้ว เพื่อให้ผลตอบสนองของระบบควบคุมมีสมรรถนะเป็นไปตามต้องการจึงใช้ฏรียการควบคุมทั้ง 3 แบบร่วมกัน ซึ่งจะทำให้ได้ฏรียการควบคุมแบบ PID ที่มีสมการดังต่อไปนี้

$$m_{PID}(t) = \bar{m} + K_P e(t) + K_P K_I \int_0^t e(t) dt + K_P K_D \frac{de(t)}{dt} \quad (2.11)$$

หรือ

$$m_{PID}(t) = \bar{m} + K_c e(t) + \frac{K_c}{T_i} \int_0^t e(t) dt + K_c T_d \frac{de(t)}{dt} \quad (2.12)$$



ภาพที่ 2.8 แสดงตัวอย่างผลตอบสนองของฏรียการควบคุมแบบ PID (Direct action)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 สมการ PID สำหรับการคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์

จากสมการที่ 2.12 คอมพิวเตอร์ไม่สามารถนำสมการนี้ไปใช้ในการประมวลผลได้โดยตรง จึงต้องทำการแปลงเป็นสมการดิฟเฟอเรนเชียลต่อเนื่องแบบย่อย (Discrete Differential Equation) เพื่อให้คอมพิวเตอร์ประมวลผลได้ดังนี้

สมการพื้นฐานของ PID คือ

$$m(t) = K_p \left(e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_d \frac{de(t)}{dt} \right) \quad (2.13)$$

จากสมการ (3.3) ได้อนุกรมอันดับหนึ่งคือ

$$\begin{aligned} \frac{dm(t)}{dt} &= K_p \left[\frac{de(t)}{dt} + \frac{1}{T_i} \frac{d}{dt} \int e(t) dt + T_d \frac{d}{dt} \left[\frac{de(t)}{dt} \right] \right] \\ &= K_p \left[\frac{de(t)}{dt} + \frac{1}{T_i} e(t) + T_d \frac{d^2 e(t)}{dt^2} \right] \end{aligned} \quad (2.14)$$

กำหนดให้

$$e(t) = e_n$$

$$\frac{dm(t)}{dt} = \frac{\Delta m}{\Delta t} = \frac{m_n - m_{n-1}}{\Delta t}$$

$$\frac{de(t)}{dt} = \frac{\Delta e}{\Delta t} = \frac{e_n - e_{n-1}}{\Delta t}$$

ดังนั้น

$$\frac{m_n - m_{n-1}}{\Delta t} = K_p \left[\frac{e_n - e_{n-1}}{\Delta t} + \frac{1}{T_i} e_n + T_d \frac{d}{dt} \left(\frac{e_n - e_{n-1}}{\Delta t} \right) \right]$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
&= K_p \left[\frac{e_n - e_{n-1}}{\Delta t} + \frac{1}{T_i} e_n + T_d \frac{(e_n - e_{n-1}) - (e_{n-1} - e_{n-2}))}{\Delta t^2} \right] \\
m_n - m_{n-1} &= K_p \left[(e_n - e_{n-1}) + \frac{1}{T_i} e_n \Delta t + T_d \frac{(e_n - 2e_{n-1} + e_{n-2}))}{\Delta t} \right] \\
m_n &= m_{n-1} + K_p \left[(e_n - e_{n-1}) + \frac{\Delta t}{T_i} e_n + \frac{T_d}{\Delta t} (e_n - 2e_{n-1} + e_{n-2}) \right] \quad (2.15)
\end{aligned}$$

เมื่อ $m(t)$ คือ ค่าตัวแปรปรับกระบวนการ (Manipulate Variable)

Δt คือ Sampling Time

2.4 การคำนวณค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุม PID จากผลตอบสนองของกระบวนการ

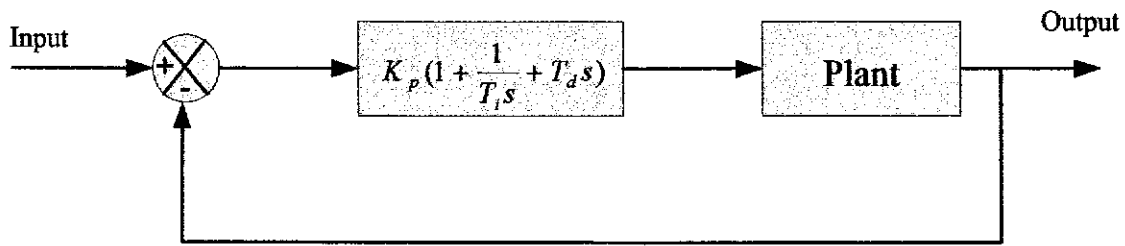
ค่าพารามิเตอร์ที่นำมาปรับใช้จะขึ้นอยู่กับผลตอบสนองที่ต้องการและคุณสมบัติทางพลศาสตร์ หรือคุณลักษณะของอุปกรณ์อื่น ๆ ในวงรอบการควบคุมของแต่ละกระบวนการหากกระบวนการไม่เป็นเชิงเส้นคุณลักษณะของกระบวนการก็จะแตกต่างกันไปในแต่ละสถานะการทำงานซึ่งหมายถึงการปรับค่าพารามิเตอร์จะให้ผลตอบสนองที่เหมาะสมในสถานะใดสถานะหนึ่งของการทำงานเท่านั้น แต่ตัวควบคุมป้อนกลับแบบมาตรฐานเป็นอุปกรณ์เชิงเส้นพื้นฐาน ซึ่งเมื่ออยู่ในช่วงของสถานะการทำงานการปรับค่าพารามิเตอร์ก็สามารถทำได้ โดยผลตอบสนองจะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างช้า ๆ เมื่อปรับใช้ค่าใดค่าหนึ่งของช่วงและจะเกิดการแกว่งเมื่อปรับใช้ค่าอื่น ๆ การปรับค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุม PID เป็นสิ่งจำเป็นเพื่อให้ได้การควบคุมที่ดีที่สุดซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี บางวิธีจะพิจารณาจากผลตอบสนองของระบบและอาศัยประสบการณ์ บางวิธีจะใช้ทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ แต่ส่วนใหญ่จะพิจารณาจากเงื่อนไขในโดเมนเวลามากกว่าในโดเมนความถี่

ถึงแม้ว่าวิธีการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมเพื่อนำมาปรับใช้ในตัวควบคุม มีด้วยกันหลายวิธี แต่ไม่สามารถสรุปได้ว่าวิธีการใดเป็นวิธีการที่ดีที่สุด เนื่องจากต้องขึ้นอยู่กับกระบวนการที่จะนำไปใช้และผลตอบสนองที่ต้องการด้วยเช่นกัน

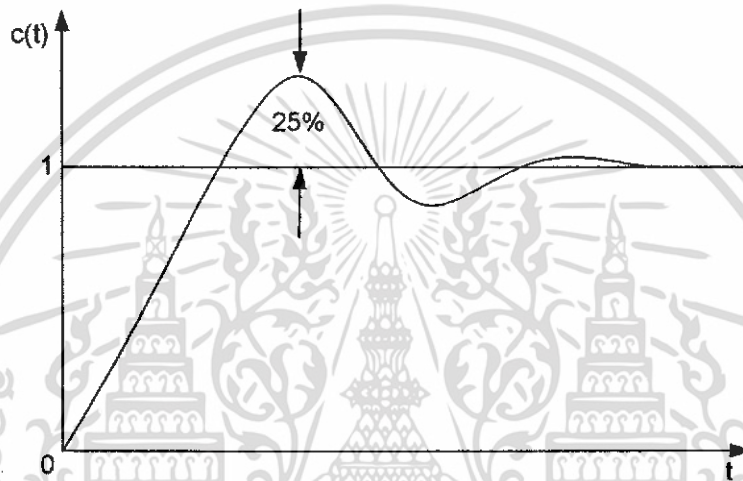
2.4.1 การปรับค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุม PID ด้วยวิธี ของ Ziegler-Nichols

ในปัจจุบันวิธีของ Ziegler-Nichols เป็นวิธีการที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยการหาค่า K_p, T_i, T_d จะขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของผลตอบสนองชั่วคราวของระบบที่ถูกควบคุม ซึ่งมีอยู่ 2 วิธี แต่ละวิธีมีจุดมุ่งหมายที่จะให้ผลตอบสนองของกระบวนการค่ออินพุตแบบขั้นบันไดมีค่าพุ่งเกินสูงสุดไม่เกิน 25 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.9 แสดงโครงสร้างของระบบควบคุมแบบ PID



ภาพที่ 2.10 แสดงผลตอบสนองของกระบวนการเมื่อมีการปรับค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี Ziegler-Nichols

2.4.1.1 การปรับค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี Process Reaction Curve

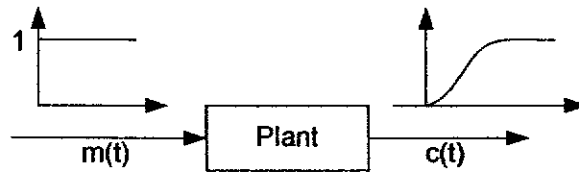
วิธีการนี้จะหาค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุม PID จากผลตอบสนองของกระบวนการเมื่อมีการป้อนอินพุตแบบขั้นบันได โดยที่ระบบไม่ได้ต่อร่วมกับตัวควบคุมและมีผลตอบสนองในลักษณะตัว S ซึ่งไม่สามารถใช้วิธีการนี้กับกระบวนการที่ไม่มีการตอบสนองในลักษณะตัว S ได้

วิธีการนี้จะแยกพิจารณาค่าคงที่ 2 ค่า คือ ค่าเวลาหน่วง(Delay time) t_0 และค่าเวลาคงที่ (Time Constant) τ โดยการลากเส้นสัมผัสสูงสุดที่มีอัตราการเบี่ยงเบนสูงสุด เส้นนี้จะตัดกับแกนเวลาและเส้นตรงของเอาร์ทพุต $c(t)$ ที่ $c(t) = K$

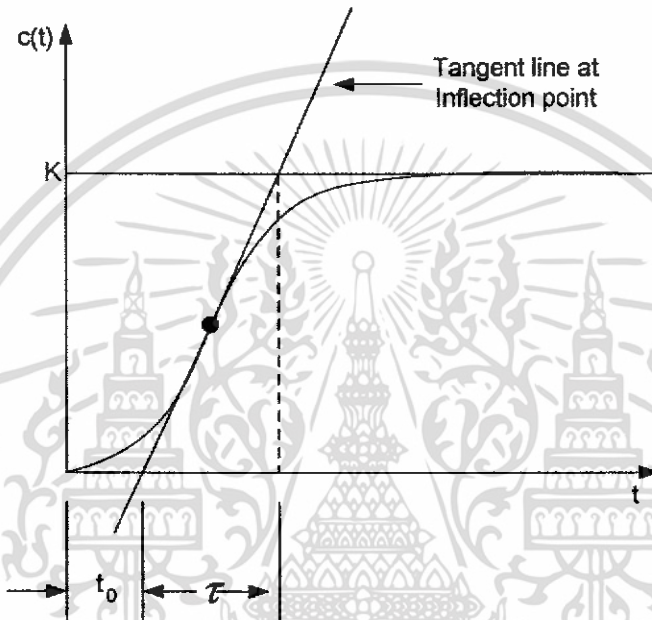
ดังนั้นฟังก์ชันถ่ายโอนจะประมาณ ได้ด้วยระบบอันดับหนึ่งที่มีการหน่วงเวลา คือ

$$\frac{C(s)}{M(s)} = \frac{Ke^{-t_0 s}}{\tau s + 1} \quad (2.16)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.11 แสดงวิธีการทดสอบหาค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี Process Reaction Curve



ภาพที่ .2.12 การคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี Process Reaction Curve

ตารางที่ 2.1 ค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมจากการคำนวณด้วยวิธี Process Reaction Curve

ชนิดของตัวควบคุม	K_p	T_i	T_d
P	$\frac{\tau}{t_0}$	-	-
PI	$0.9 \frac{\tau}{t_0}$	$\frac{t_0}{0.3}$	-
PID	$1.2 \frac{\tau}{t_0}$	$2t_0$	$0.5t_0$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดีของการใช้ Process Reaction Curve

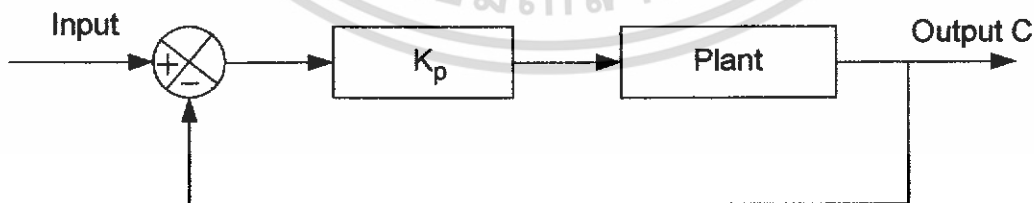
1. ทำการทดสอบเพียงครั้งเดียวเท่านั้น
2. ไม่จำเป็นต้องใช้การลองผิดลองถูก
3. การคำนวณหาค่าพารามิเตอร์สามารถทำได้ง่าย

แต่อย่างไรก็ตามวิธีการนี้ก็มีข้อเสียด้วยกันหลายข้อคือ

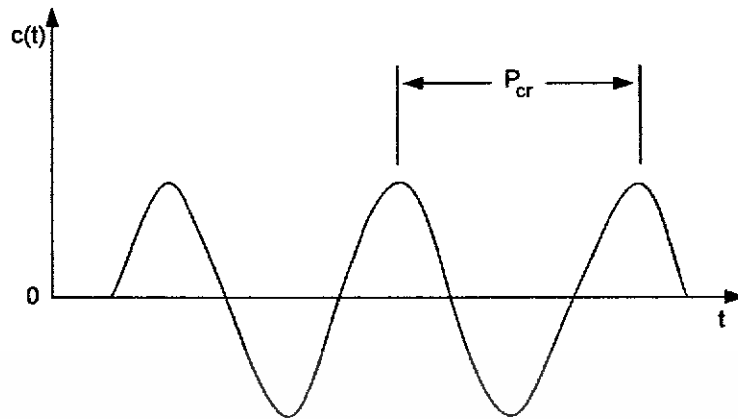
1. การทดสอบจะกระทำภายใต้สภาวะวงเปิด (Open-loop) ดังนั้นหากโหลดมีการเปลี่ยนแปลงขณะทำการทดสอบ ผลการทดสอบที่ได้ก็จะเกิดความผิดพลาด
2. ในการทดสอบ หากเครื่องมือวัดมีสัญญาณรบกวนหรือกราฟที่ได้จากการทดสอบมีขนาดเล็ก ดังนั้นการหาค่าความชันที่ถูกต้องจึงทำได้ยาก
3. วิธีการนี้มีแนวโน้มที่ไวต่อความผิดพลาดจากการสอบเทียบของตัวควบคุม
4. การใช้ค่าพารามิเตอร์ในตารางมีแนวโน้มที่จะทำให้ผลตอบสนองเกิดการแกว่ง
5. วิธีการนี้ไม่เหมาะสมกับกระบวนการที่มีผลตอบสนองแบบแกว่งในวงเปิด เนื่องจากค่าที่ได้จากการทดลองจะเกิดความผิดพลาด

2.4.1.2 การปรับค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี Ultimate Method

วิธีการนี้จะหาค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุม PID จากผลตอบสนองของกระบวนการที่ถูกควบคุมด้วยตัวควบคุมแบบ P ต่ออินพุตแบบขั้นบันได โดยจะทำการปรับค่าของ K_p จนกระทั่งผลตอบสนองเกิดการแกว่งอย่างต่อเนื่อง (Sustained Oscillations) ซึ่งวิธีการนี้จะไม่สามารถทำได้หากกระบวนการไม่เกิดการแกว่งอย่างต่อเนื่อง



ภาพที่ 2.13 แสดงบล็อกไดอะแกรมการหาค่าพารามิเตอร์แบบ Ultimate Method



ภาพที่ 2.14 แสดงวิธีการหาค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมด้วยวิธี Ultimate Method

ตารางที่ 2.2 ค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมจากการคำนวณด้วยวิธีแบบ Ultimate Method

ชนิดของตัวควบคุม	K_p	T_i	T_d
P	$0.5K_{cr}$	-	-
PI	$0.45K_{cr}$	$\frac{P_{cr}}{1.2}$	-
PD	$0.6K_{cr}$	$0.125P_{cr}$	-
PID	$0.6K_{cr}$	$0.5P_{cr}$	$0.125P_{cr}$

เมื่อ K_{cr} คืออัตราขยายที่ทำให้ผลตอบสนองเกิดการแกว่งอย่างต่อเนื่อง (Critical Gain)

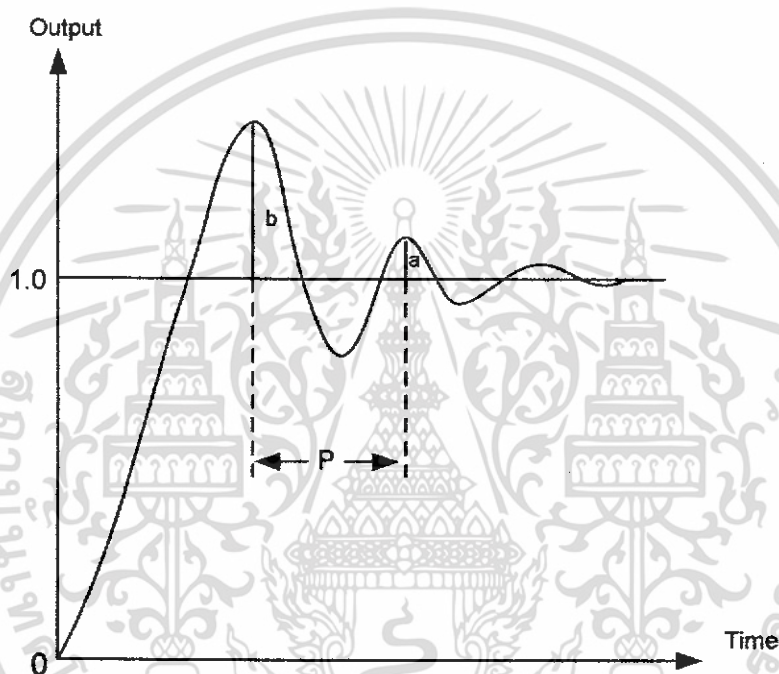
P_{cr} คือคาบเวลาของการแกว่งอย่างต่อเนื่อง (Oscillation Period)

วิธีการนี้ไม่เป็นที่นิยมมากนัก เนื่องจากระบบต้องทำงานใกล้กับความไม่มีเสถียรภาพและใช้เวลาค่อนข้างนาน โดยเฉพาะกับกระบวนการที่มีค่าเวลาดำเนินการหลายๆ เช่นกระบวนการควบคุมอุณหภูมิ เป็นต้น การคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุม PID ด้วยวิธีของ Ziegler-Nichols นั้นค่าพารามิเตอร์ที่ได้ไม่สามารถนำไปใช้งานได้ทันที เนื่องจากเป็นค่าที่ใกล้เคียงเท่านั้นและผลตอบสนองมีค่าพุ่งเกินสูงสุดถึง 25% จึงจำเป็นต้องทำการ ปรับละเอียดค่าพารามิเตอร์เหล่านี้ อีกครั้งหนึ่ง

2.4.1.3 การปรับค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี Damped Oscillation

Harriott ได้ปรับปรุงวิธีการนี้มาจากวิธี Ultimate Method เพื่อนำมาใช้ในกรณีที่ไม่ต้องการให้ผลตอบสนองเกิดการแกว่งอย่างต่อเนื่องเมื่อทำการปรับค่า K_p

วิธีการนี้จะทำการปรับค่า K_p ไปจนกระทั่งผลตอบสนอง ของกระบวนการ ในแบบวงปิดมีอัตราการเสื่อม $\frac{1}{4}$ ดังแสดงในภาพที่ 2.15 จากนั้นจะทำการวัดค่าของ P และใช้ค่าของ $\frac{1}{4}K_p$ คำนวณหาค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมที่เหมาะสมต่อไป



ภาพที่ 2.15 แสดง ผลตอบสนองของกระบวนการแบบวงปิดที่มีอัตราเสื่อม $\frac{1}{4}$

ค่าที่ได้จากการคำนวณด้วยวิธีการนี้คือ

$$k_p = \frac{1}{4}K_p \quad T_i = \frac{P}{1.5} \quad T_d = \frac{P}{6}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ทฤษฎีการควบคุมระดับของเหลว

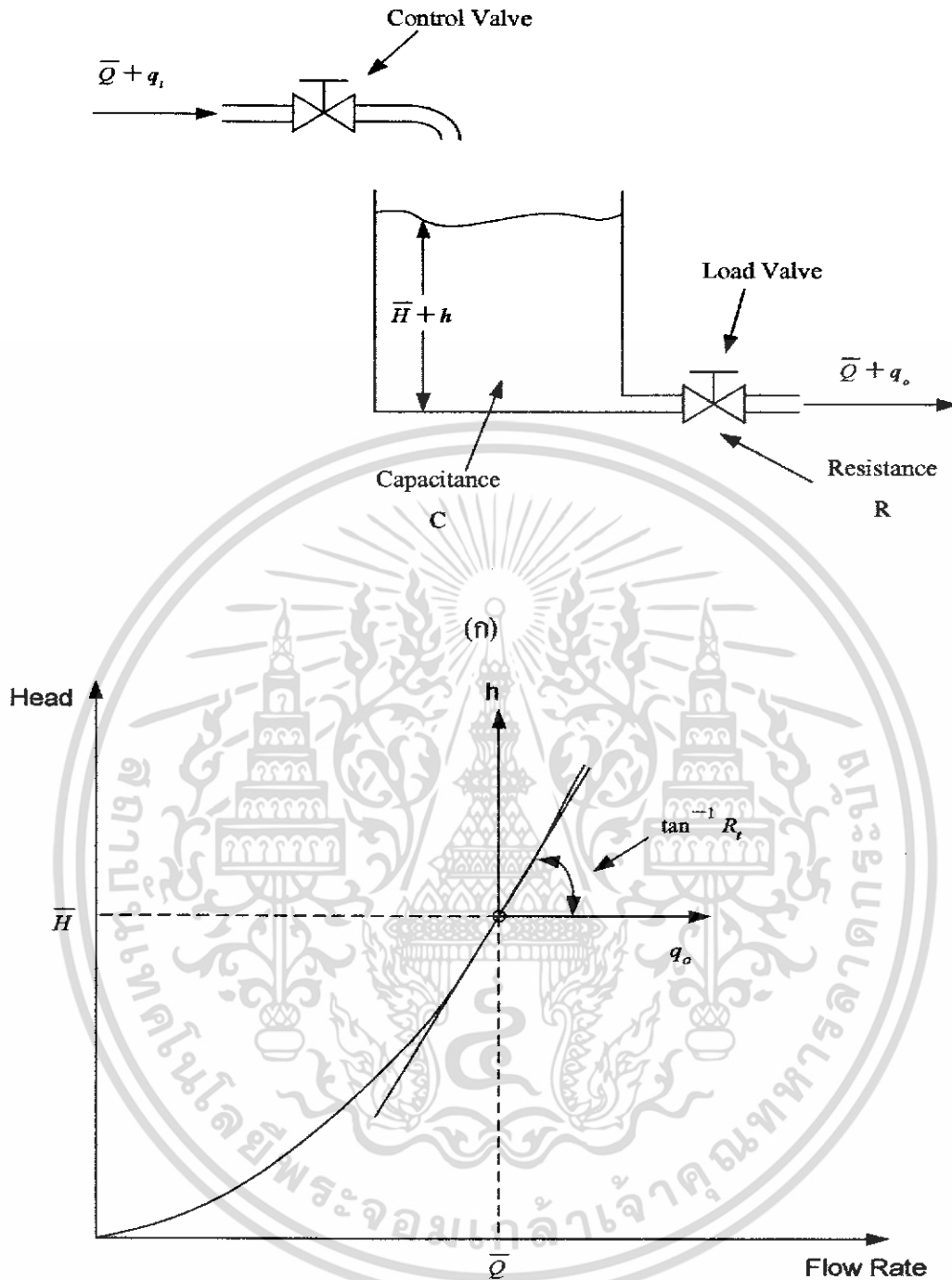
ในการวิเคราะห์ระบบที่เกี่ยวข้องกับของเหลวนั้นจะต้องเกี่ยวข้องกับการไหลของของไหลด้วย โดยทั่วไปแล้วการไหลของของไหลนั้นสามารถแบ่งออกได้เป็นสองแบบคือ การไหลแบบราบเรียบ (Laminar Flow) และการไหลแบบปั่นป่วน (turbulent Flow) ทั้งนี้จะพิจารณาจากค่า Reynolds number ของของไหล ถ้า Reynolds number มีค่ามากกว่า 3,000-4,000 แล้วการไหลจะเป็นการไหลแบบปั่นป่วน แต่ถ้า Reynolds number น้อยกว่า 2,000 การไหลนั้นจะเป็นการไหลแบบราบเรียบ ระบบที่เกี่ยวข้องกับการไหลแบบปั่นป่วนนั้นส่วนใหญ่จะแทนด้วยสมการคิฟเฟอร์นเซียลที่ไม่เป็นเชิงเส้นส่วนระบบที่มีการไหลแบบราบเรียบนั้น จะสามารถแสดงได้ด้วยสมการคิฟเฟอร์นเซียลเชิงเส้น

2.5.1 ค่าความต้านทานและค่าความจุของระบบที่เกี่ยวข้องกับระดับของเหลว

ในที่นี้จะพิจารณาค่าความต้านทาน(Resistance) และค่าความจุ (Capacitance) เพื่อที่จะอธิบายถึงคุณลักษณะไดนามิกส์ของระบบเกี่ยวกับระดับของเหลว โดยพิจารณาจากการไหลผ่านท่อสั้นๆ ที่ค่ออยู่ระหว่างภาชนะบรรจุ (tank) สองใบค่าความต้านทานการไหลของของเหลวจะกำหนดได้ว่า เป็นค่าการเปลี่ยนแปลงของความแตกต่างของระดับของเหลว (ความแตกต่างของระดับของของเหลวของภาชนะบรรจุทั้งสอง) อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของอัตราไหลนั้นคือการเปลี่ยนแปลงของของเหลวที่สะสมอยู่

$$R = \frac{\text{การเปลี่ยนแปลงของความแตกต่างของระดับของเหลว} (ft^3)}{\text{การเปลี่ยนแปลงของอัตราการไหล} (ft^3 / \text{sec})} \quad (2.17)$$

เนื่องจากว่าความสัมพันธ์ระหว่างอัตราไหลและความแตกต่างของระดับในกรณีของการไหลแบบราบเรียบและการไหลแบบปั่นป่วนไม่เหมือนกัน ดังนั้นจึงแยกพิจารณาออกเป็นสองกรณี



(จ)

ภาพที่ 2.16 แสดงกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับระดับของเหลว

(ก) ระบบเกี่ยวข้องกับระดับของเหลว

(ข) เส้นโค้งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงและอัตราการไหล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณาระบบที่เกี่ยวข้องกับระดับของเหลวในภาพที่ 2.16 ในระบบนี้ของเหลวจะไหลผ่าน load valve ออกจากภาชนะบรรจุ ถ้าการไหลผ่านสิ่งกีดขวางเป็นแบบราบเรียบ ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลที่ภาวะคงที่ (Steady state) และความสูง (head) ที่ภาวะคงที่ที่ระดับของสิ่งกีดขวางจะกำหนดได้จาก

$$Q = KH \quad (2.18)$$

โดยที่ Q = อัตราการไหลของของเหลวที่ภาวะคงที่ (ft^3/sec)

K = สัมประสิทธิ์ (ft^3/sec)

H = ความสูงที่ภาวะคงที่ (ft)

สังเกตดูว่า กฎที่เกี่ยวข้องกับการไหลแบบราบเรียบนี้จะคล้ายคลึงกันกับกฎของ Coulomb ที่กล่าวว่า กระแสจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความต่างศักย์

สำหรับการไหลแบบราบเรียบ ค่าความต้านทาน R_f จะหาได้ดังนี้

$$R_f = \frac{dH}{dQ} = \frac{H}{Q} \quad (2.19)$$

จะเห็นว่าค่าความต้านทานในกรณีของการไหลแบบราบเรียบนั้นจะเป็นค่าคงที่ซึ่งคล้ายคลึงกับค่าความต้านทานไฟฟ้า

ในกรณีที่การไหลผ่านสิ่งกีดขวางเป็นแบบปั่นป่วน อัตราการไหลที่ภาวะคงที่ที่จะหาได้จาก

$$Q = K\sqrt{H} \quad (2.20)$$

ค่าความต้านทานในกรณีของการไหลแบบปั่นป่วนจึงมีค่าเท่ากับ

$$R_f = \frac{dH}{dQ} = \frac{2H}{Q} \quad (2.21)$$

ดังนั้น ค่าความต้านทานในกรณีของการไหลแบบปั่นป่วนจึงขึ้นอยู่กับอัตราการไหลและความสูง

ความสัมพันธ์อย่างไม่เป็นเชิงเส้นระหว่าง Q และ H ในกรณีของการไหลแบบปั่นป่วนนั้นอาจทำให้เป็นเชิงเส้นได้โดยใช้ค่าความต้านทานที่หามาได้ ถ้าการประมาณให้เป็นเชิงเส้นเป็นจริงก็หมายถึงว่าการเปลี่ยนแปลงของความสูงและอัตราการไหลจะมีค่าน้อย และสัมพันธ์ที่ทำให้เป็นเชิงเส้นนี้จะมีค่าดังนี้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Q = \frac{2H}{R_i} \quad (2.22)$$

ค่าของ R_i ในกรณีของการไหลแบบปั่นป่วนนี้อาจจะถือได้ว่ามีค่าคงที่ ถ้าการเปลี่ยนแปลงของความสูงและอัตราการไหลมีค่าน้อย

ในทางปฏิบัติหลาย ๆ กรณีค่าของสัมประสิทธิ์ K ซึ่งขึ้นอยู่กับสัมประสิทธิ์การไหลและพื้นที่ของสิ่งกีดขวางนั้นเป็นสิ่งที่ไม่รู้ค่า ดังนั้นการหาค่าของความต้านทานจึงอาจทำได้โดยการสร้าง (Slope) ของเส้นโค้ง ที่ภาวการณ์ทำงานภาพที่ 2.12 (ข) แสดงถึงวิธีการที่กล่าวมานั้น

ค่าความจุ C (capacitance) ของภาชนะบรรจุนั้นกล่าวได้ว่าเป็นการเปลี่ยนแปลงของปริมาณของของเหลวที่สะสมอยู่อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของความสูง นั่นคือ

$$C = \frac{\text{การเปลี่ยนแปลงของของเหลวที่สะสมอยู่ (ft}^3 \text{)}}{\text{การเปลี่ยนแปลงของความสูง (ft)}} \quad (2.23)$$

จะต้องระวังว่าความจุ (Capacity; ft^3) นั้นต่างจากค่าความจุ (ft^2) ค่าความจุของภาชนะค่าเท่ากับพื้นที่หน้าตัดของภาชนะบรรจุ ถ้าพื้นที่หน้าตัดของภาชนะบรรจุมีค่าคงที่ ค่าความจุก็จะมีค่าคงที่ตลอดทุกระดับความสูง

2.5.2 กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับระดับของเหลว

พิจารณาระบบในภาพที่ 2.16 ซึ่งจะประกอบไปด้วยตัวแปรต่าง ๆ ดังนี้

\bar{Q} = อัตราการไหลที่ภาวะคงที่ (ก่อนมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น) (ft^3/min)

q_i = อัตราการไหลเข้าที่เปลี่ยนแปลงเล็กน้อยจากค่าที่ภาวะคงที่ (ft^3/min)

q_o = อัตราการไหลออกที่เปลี่ยนแปลงเล็กน้อยจากค่าที่ภาวะคงที่ (ft^3/min)

\bar{H} = ความสูงที่ภาวะคงที่ (ก่อนมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น) (ft)

h = ความสูงที่เปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อยจากค่าที่ภาวะคงที่ (ft)

ดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นแล้วว่า ระบบที่มีการไหลแบบราบเรียบจะถือว่าเป็นเชิงเส้นและแม้ว่าระบบจะมีการไหลแบบปั่นป่วน ระบบก็อาจทำให้เป็นเชิงเส้นได้ถ้าการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรมีค่าน้อยมากดังนั้น ในที่นี้จะถือว่าระบบที่นำมาพิจารณาเป็นเชิงเส้นซึ่งสามารถหาสมการคิฟเฟอร์เนเชี่ยลเชิงเส้นของระบบนี้ได้

เนื่องจากการไหลเข้าลบด้วยการไหลออกในช่วงเวลาสั้น ๆ (dt) นั้นจะเท่ากับจำนวนของของเหลวที่เข้าไปเพิ่มในภาชนะบรรจุ จะได้ว่า

$$C \frac{dh}{dt} = q_i - q_o \quad (2.24)$$

จากนิยามของความต้านทาน ความสัมพันธ์ระหว่าง q_o และ h คือ

$$q_o = \frac{h}{R} \quad (2.25)$$

แทนค่าลงในสมการ(2.21) สมการดิฟเฟอเรนเชียลของระบบเมื่อ R มีค่าคงที่คือ

$$RC \frac{dh}{dt} + h = Rq_i \quad (2.26)$$

จะเห็นว่า RC เป็นค่า Time constant ของระบบ นำสมการ (2.26) มาทำการแปลงลาปลาซ และกำหนดให้ค่าคงที่ที่สถานะเริ่มต้นเป็นศูนย์หมด จะได้

$$(RCs + 1)H(s) = RQ_i(s) \quad (2.27)$$

ถ้าให้ q_i เป็นอินพุต และ h เป็นเอาต์พุต ฟังก์ชันถ่ายโอนของระบบจะเป็นดังนี้

$$\frac{H(s)}{Q_i(s)} = \frac{R}{RCs + 1} \quad (2.28)$$

อย่างไรก็ตาม ถ้าให้ q_o เป็นเอาต์พุตแล้ว ฟังก์ชันถ่ายโอนจะเป็นดังนี้

$$\frac{Q_o(s)}{Q_i(s)} = \frac{1}{RCs + 1} \quad (2.29)$$

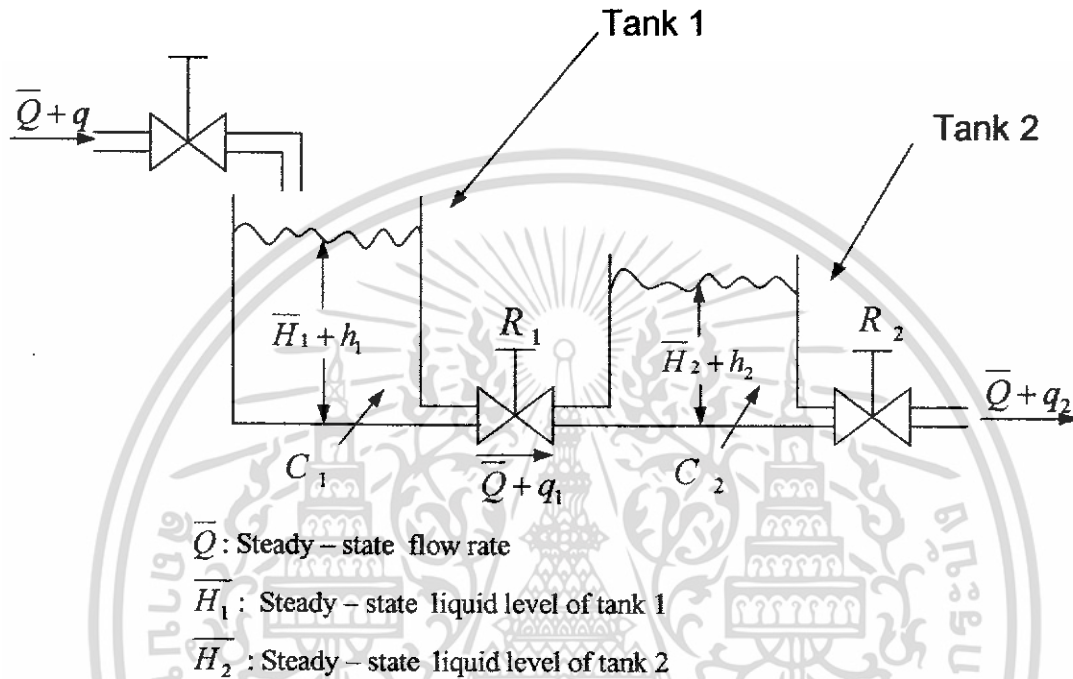
ทั้งนี้เพราะ

$$Q_o(s) = \frac{H(s)}{R} \quad (2.30)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3 ระบบเกี่ยวกับระดับของเหลวที่มีปฏิกริยาซึ่งกันและกัน

พิจารณาระบบในภาพที่ 2.17 ซึ่งเป็นระบบที่มีภาชนะบรรจสองภาชนะซึ่งต่ออย่างมีปฏิกริยาซึ่งกันและกัน ดังนั้นฟังก์ชันถ่ายโอนของระบบจะไม่เท่ากับผลคูณของฟังก์ชันถ่ายโอนอันดับหนึ่งสองชุดคูณกัน



ภาพที่ 2.17 ระบบเกี่ยวกับระดับของเหลวที่มีปฏิกริยาซึ่งกันและกัน

ในที่นี้สมมติว่าการแปรค่าที่ภาวะคงที่ของมันมีค่าน้อยมาก ดังนั้นจะหาสมการต่างๆ ของระบบในภาพที่ 2.17 ได้ดังนี้

$$\frac{h_1 - h_2}{R_1} = q_1 \quad (2.31)$$

$$C_1 \frac{dh_1}{dt} = q - q_1 \quad (2.32)$$

$$q_2 = \frac{h_2}{R_2} \quad (2.33)$$

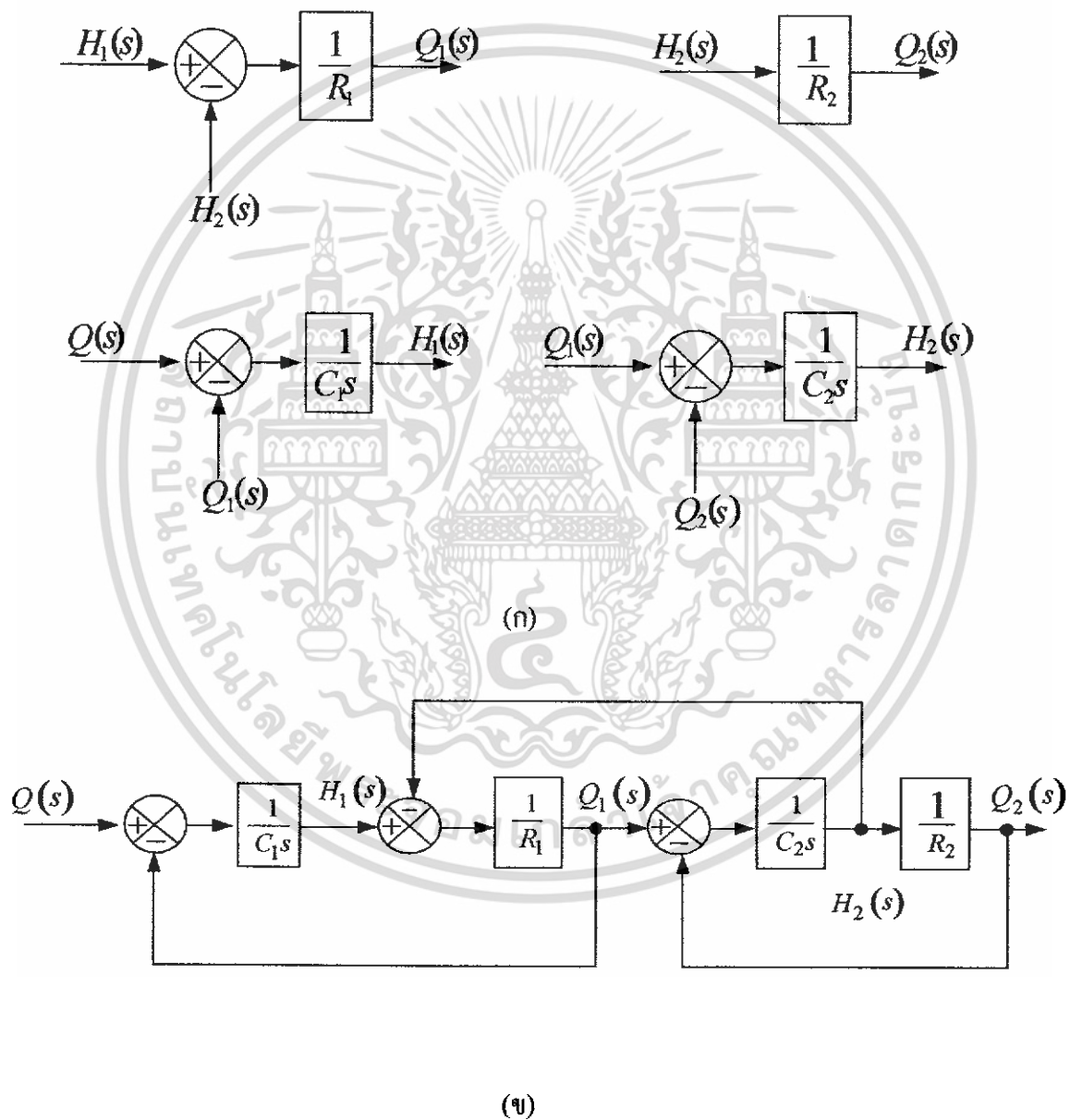
และ

$$C_2 \frac{dh_2}{dt} = q_1 - q_2 \quad (2.34)$$

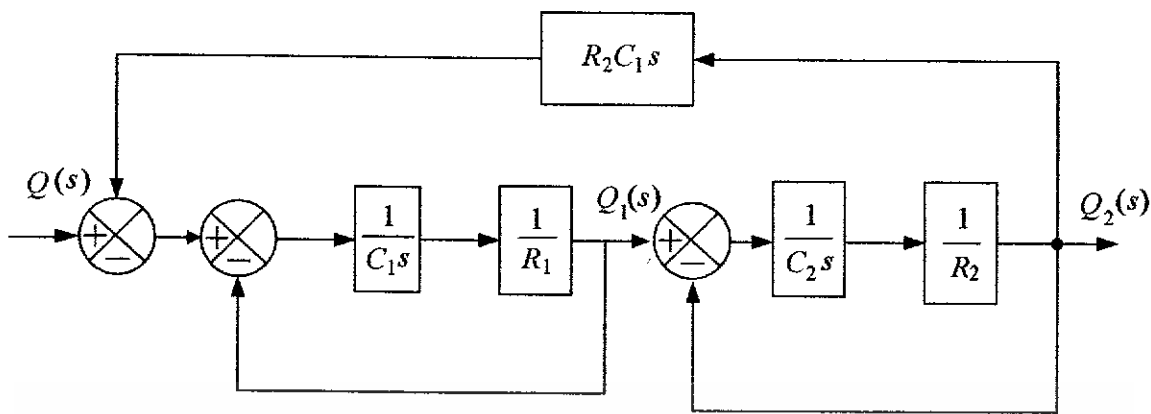
ถ้าให้ q เป็นอินพุทและ q_2 เป็นเอาต์พุทฟังก์ชันถ่ายโอนของระบบจะเป็นดังนี้ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\frac{Q_2(s)}{Q(s)} = \frac{1}{R_1 C_1 R_2 C_2 s^2 + (R_1 C_1 + R_2 C_2 + R_2 C_1) s + 1} \quad (2.35)$$

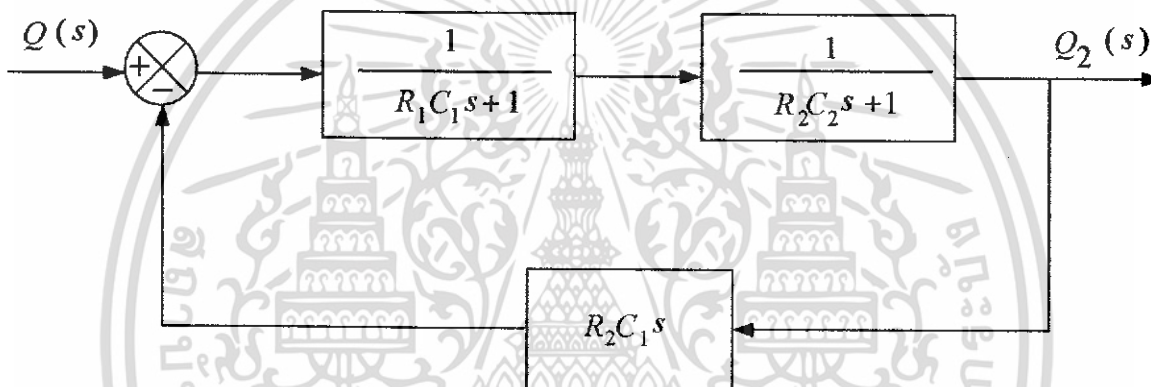
ภาพที่ 2.18 แสดงการหาฟังก์ชันถ่ายโอนของ $Q_2(s)/Q(s)$ โดยการสร้างบล็อกไดอะแกรมจากสมการ (2.31) ถึงสมการ (2.35) จากนั้นนำบล็อกไดอะแกรมมาต่อเข้าด้วยกัน และทำการชุบบล็อกจนเหลือเพียงบล็อกเดียว



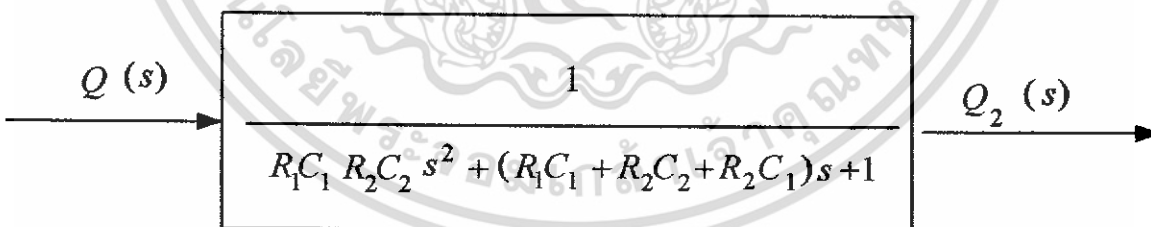
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ค)



(ง)



(จ)

ภาพที่ 2.18 การสร้างบล็อกไดอะแกรมและหาฟังก์ชันถ่ายโอนของระบบในภาพที่ 2.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

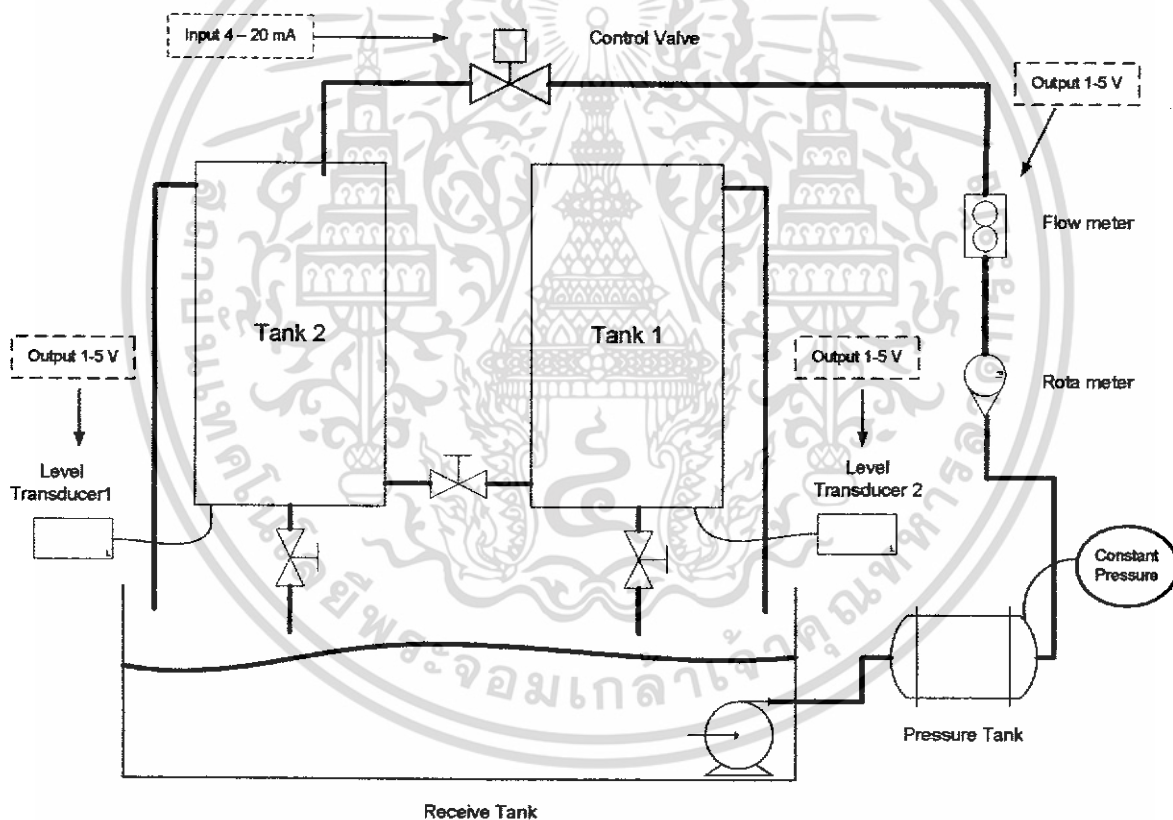
บทที่ 3

การออกแบบและสร้างชุดทดลอง

3.1 กล่าวนำ

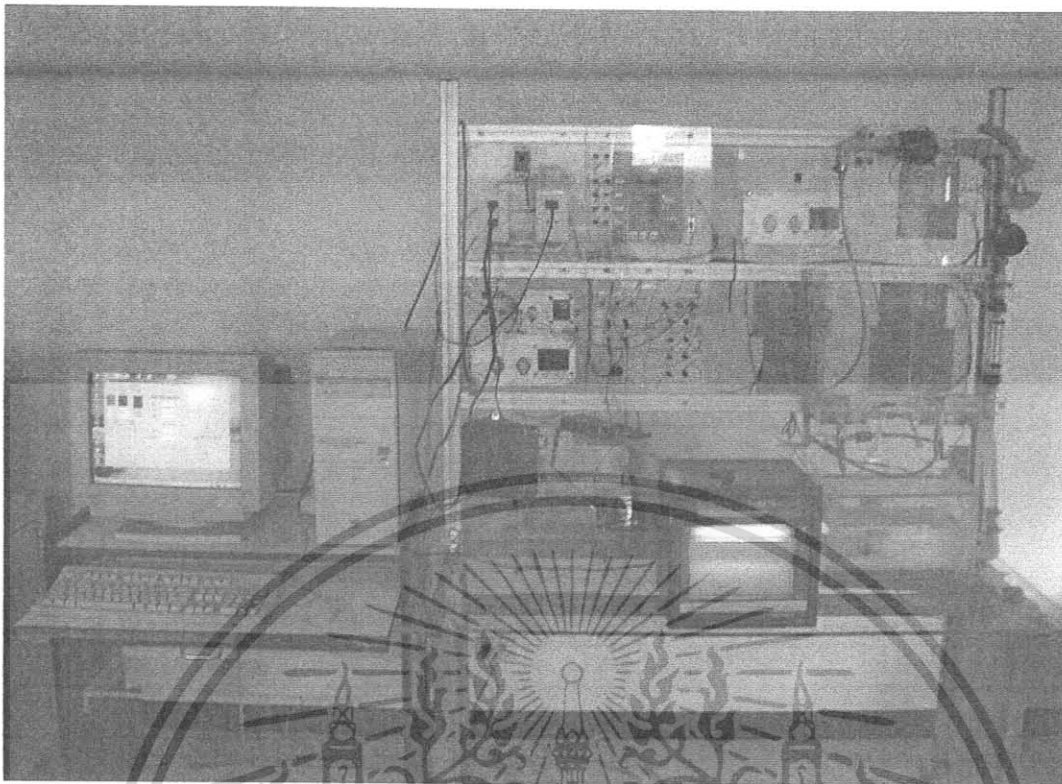
ในบทนี้จะแสดงการออกแบบและสร้างชุดทดลอง โดยจะแสดงให้เห็นภาพโดยรวมของกระบวนการที่จะสร้างขึ้น จากนั้นจะแสดงในแต่ละส่วนของกระบวนการ ซึ่งจะแสดงทั้งส่วนที่ออกแบบและส่วนที่สร้างขึ้นจริง

3.2 โครงสร้างโดยรวม



ภาพที่ 3.1 แสดงโครงสร้างโดยรวมของกระบวนการที่ออกแบบไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.2 แสดง โครงสร้างโดยรวมของกระบวนการที่สร้างขึ้นจริง

3.3 ส่วนประกอบต่างๆ ของกระบวนการ

ส่วนประกอบของกระบวนการสามารถแยกได้เป็นส่วนต่างๆ ดังนี้

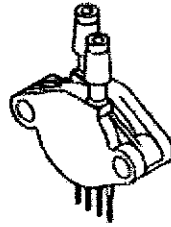
3.3.1 ชุดอุปกรณ์การวัด

ชุดอุปกรณ์การวัด จะแบ่งพิจารณาเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนของการวัดระดับ และ การวัดอัตราการไหล

3.3.1.1 ชุดอุปกรณ์การวัดระดับ

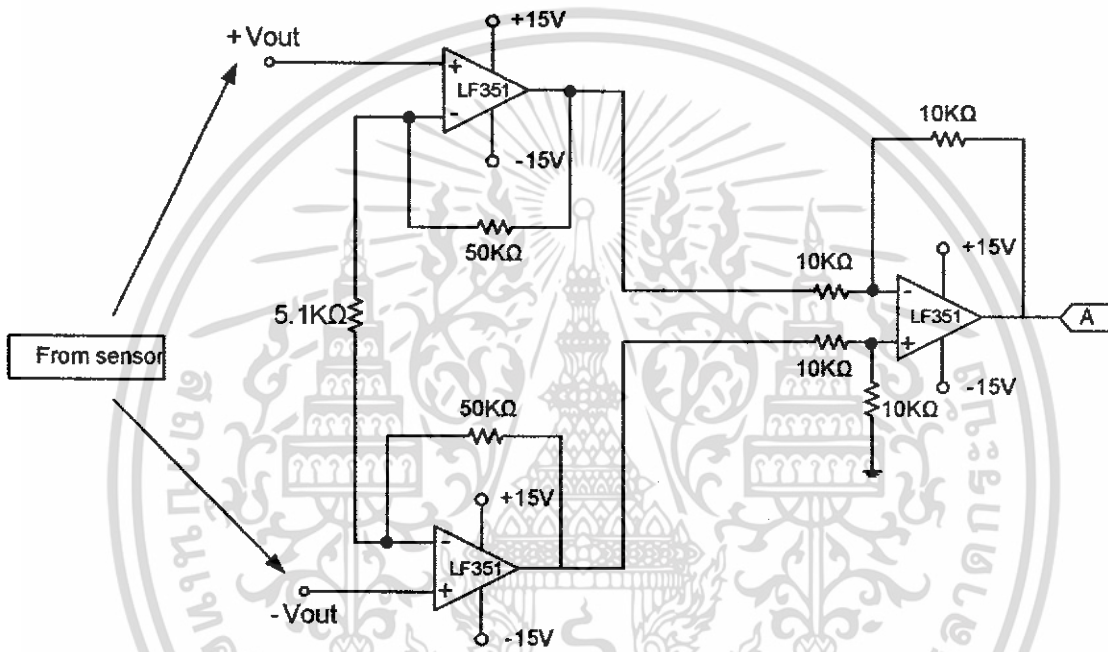
อุปกรณ์ที่ใช้วัดระดับจะใช้ Sensor เบอร์ MPX 2101 ของบริษัท Motorola ซึ่ง sensor เบอร์นี้สามารถวัดความดันได้สูงถึง 10 kPa โดยจะให้เอาต์พุตออกมาในรูปของผลต่างของแรงดันไฟฟ้าซึ่งมีหน่วยเป็นมิลลิโวลต์การนำค่าแรงดันที่ได้ไปใช้งานต้องผ่านวงจร Instrument amplifier จากนั้นจึงผ่านวงจรปรับ Zero-Span เพื่อให้ได้แรงดัน 1-5 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

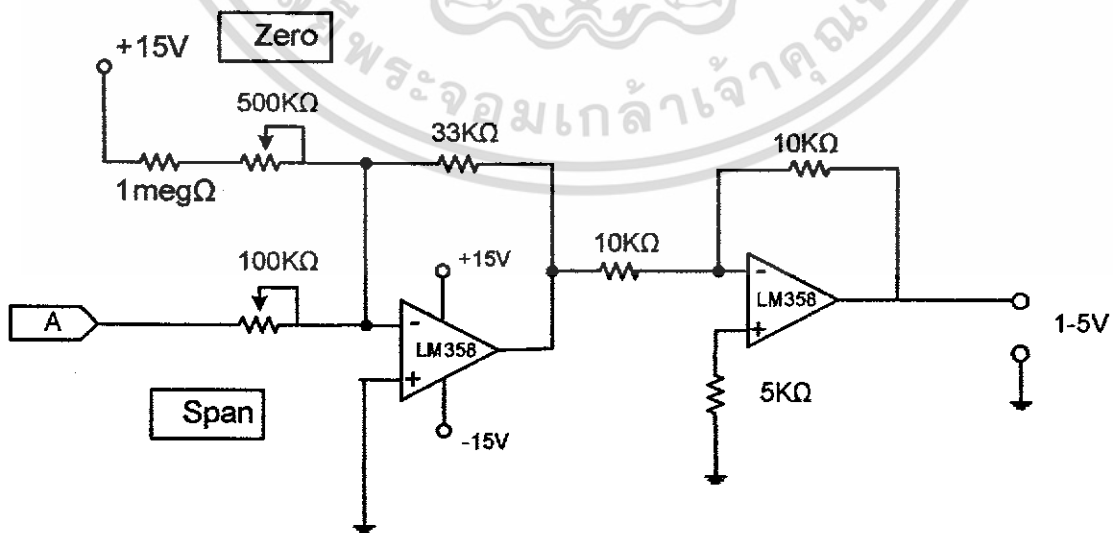


MPX2010DP
CASE 344C-01

ภาพที่ 3.3 แสดง Sensor ที่ใช้วัดระดับ

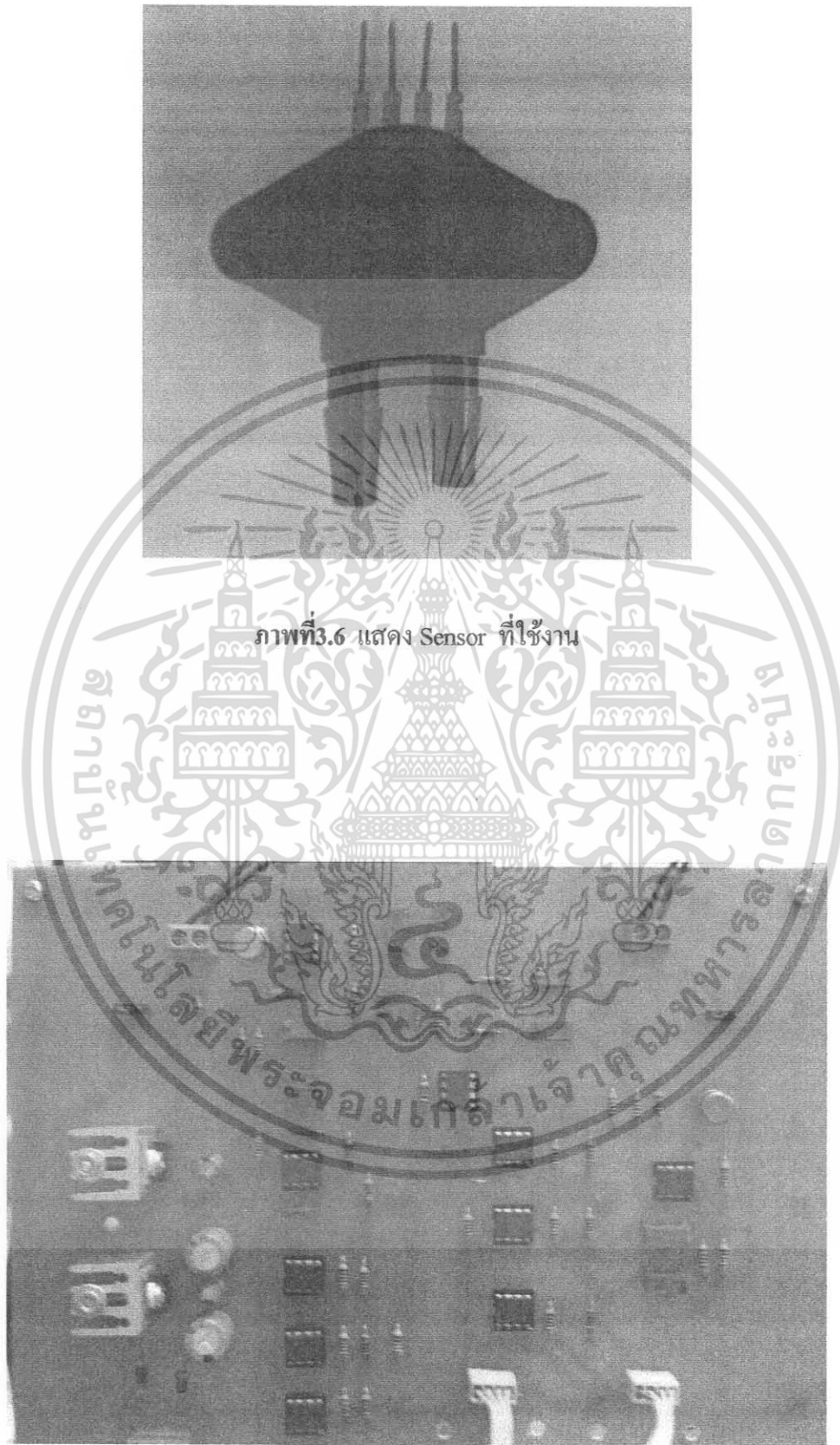


ภาพที่ 3.4 แสดงวงจร Instrument amplifier



ภาพที่ 3.5 แสดงวงจร ปรับ Zero-Span ของการวัดระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



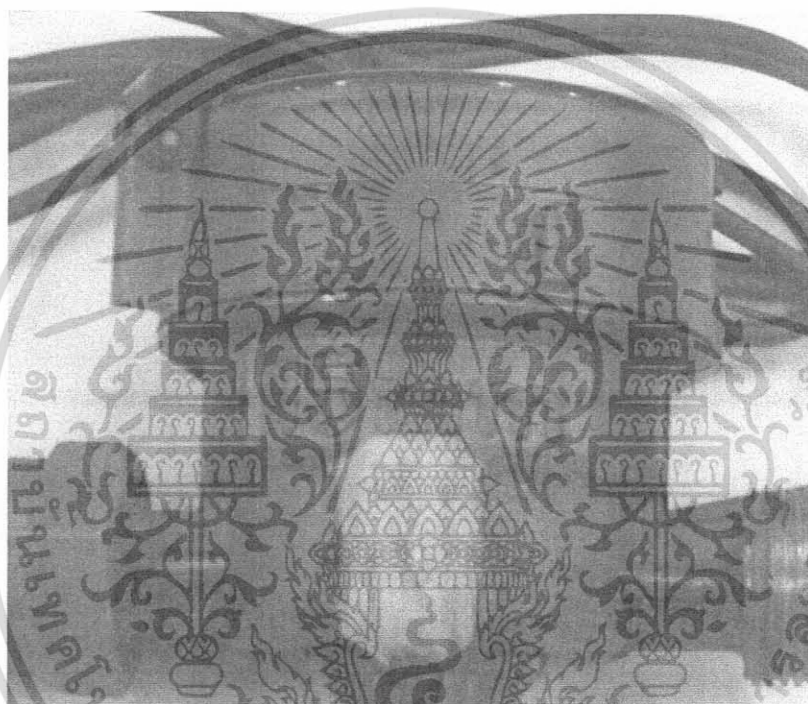
ภาพที่3.6 แสดง Sensor ที่ใช้งาน

ภาพที่3.7 แสดงแผงวงจรของการวัดระดับที่สร้างขึ้น

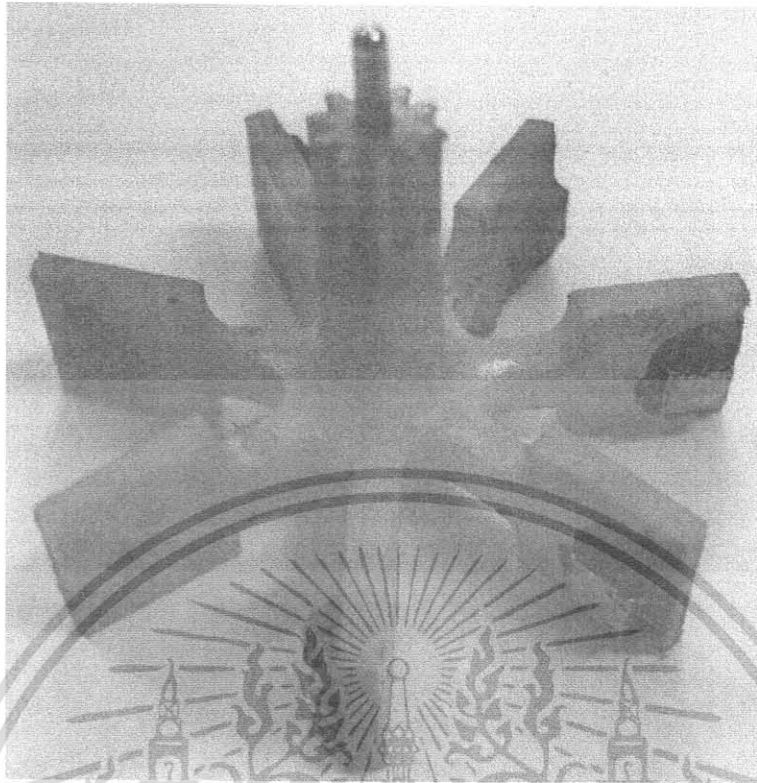
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1.1 ชุดอุปกรณ์วัดอัตราการใช้

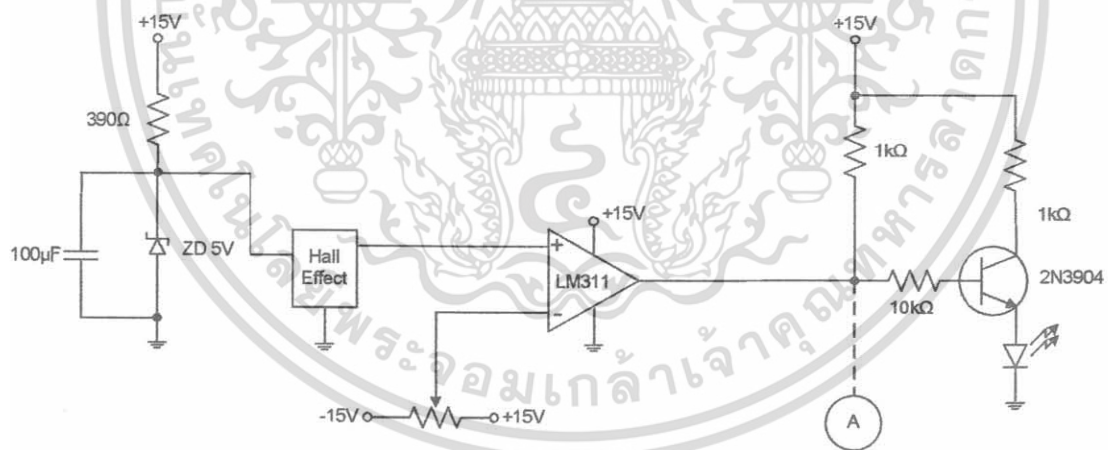
ในส่วนของการวัดอัตราใช้ จะใช้อุปกรณ์การวัดอัตราใช้ที่การประปาใช้ซื้อขาย นำให้กับบ้านเรือนทั่วไปซึ่งเป็นแบบ Positive Displacement ซึ่งภายในจะเป็นแบบใบพัด 7 แฉก นำมาติดแม่เหล็กที่ใบพัดแล้วใช้ Hall Effect วัสดุสัญญาณพัลส์ ที่ได้ต่อช่วงเวลา ซึ่งจะได้เป็น ค่าความถี่ออกมาแล้วจึงนำความถี่นั้นมาผ่านวงจร F to V ซึ่งจะใช้อิซีเบอร์ LM331 เปลี่ยนจากความถี่เป็นแรงดันไฟฟ้า ซึ่งแรงดันไฟฟ้าที่ได้จะนำมาผ่านวงจร Zero-Span เพื่อให้ได้แรงดันไฟฟ้า 1-5 โวลต์



ภาพที่ 3.8 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้วัดอัตราใช้ที่ติด Hall Effect แล้ว

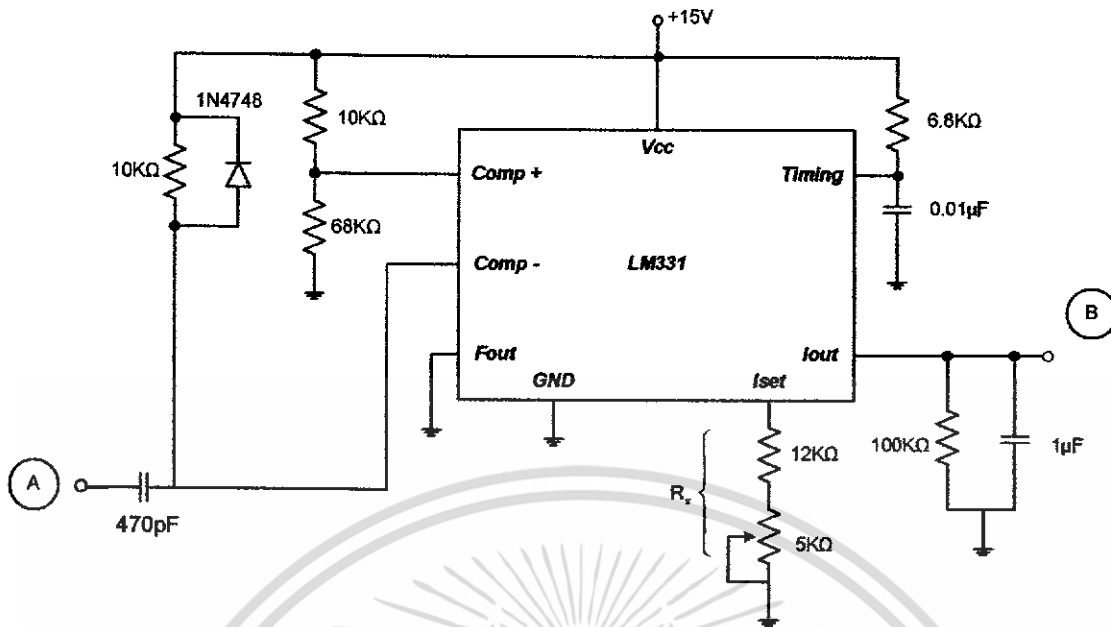


ภาพที่ 3.9 แสดงใบพัดที่ติดแม่เหล็ก

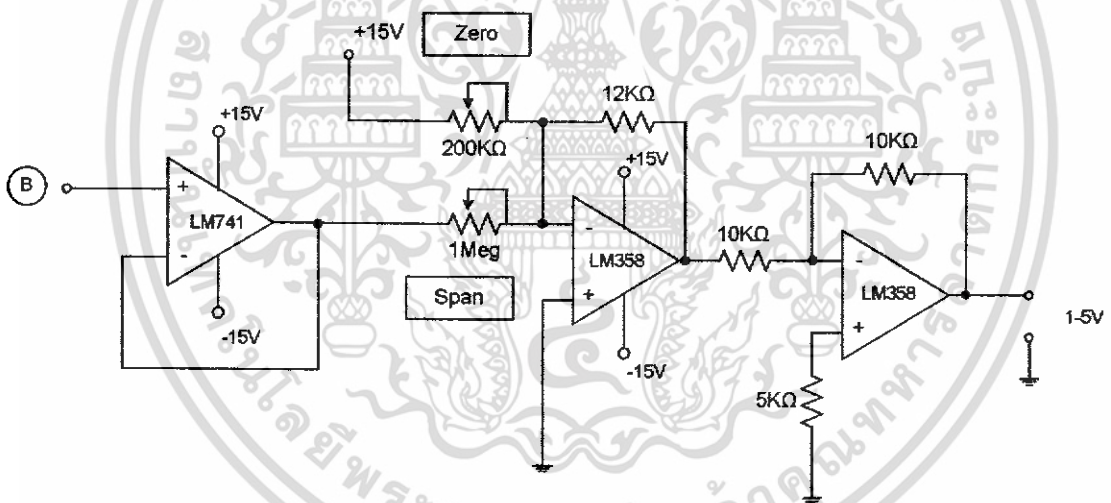


ภาพที่ 3.10 แสดงการจัดสัญญาณจาก Hall effect

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

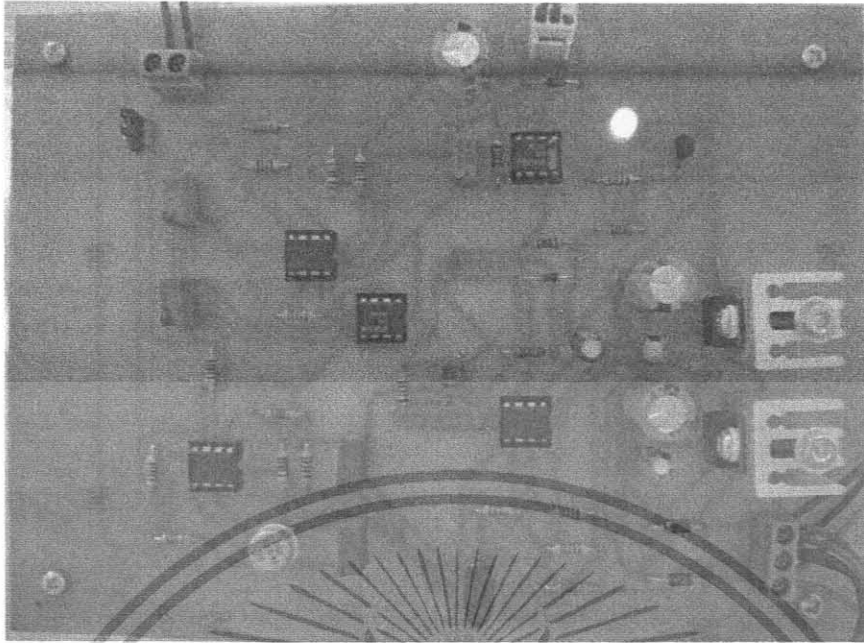


ภาพที่ 3.11 แสดงการต่อวงจร F to V



ภาพที่ 3.12 แสดงวงจรปรับ Zero span ของการวัดอัตราไหล

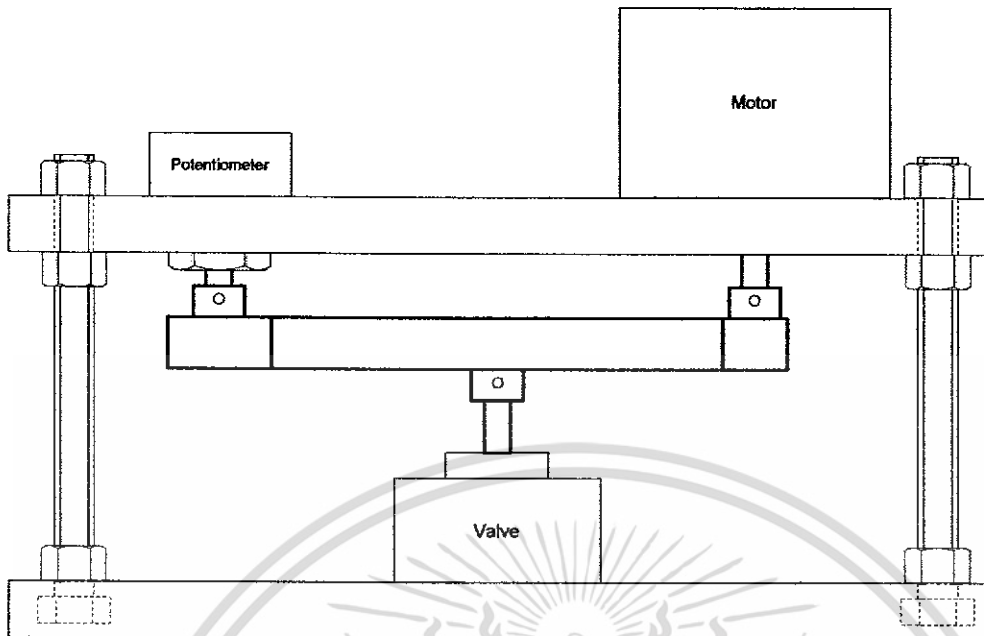
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.13 แสดงแผงวงจรการวัดอัตราไหลที่สร้างขึ้น

3.3.2 ชุดอุปกรณ์ควบคุมสุดท้าย

ในส่วนของอุปกรณ์ควบคุมสุดท้ายจะเป็นในส่วนของ การออกแบบและสร้างวาล์วควบคุม โดยใช้วาล์วที่มีขายทั่วไปนำมาสร้างเป็นวาล์วควบคุม โดยสร้าง Actuator ขึ้นมา ซึ่ง Actuator ที่สร้างขึ้นจะเป็นแบบไฟฟ้าโซลีนอยด์ในการขับเคลื่อน โดยรับสัญญาณควบคุม 4-20 mA ซึ่งมีรูปแบบในการออกแบบดังภาพที่ 3.14



ภาพที่ 3.14 แสดงภาพของวาล์วควบคุมที่จะสร้างขึ้น

เนื่องจากการเปิด-ปิดของวาล์ว ใช้การหมุนเพียง 90 องศา ถ้าใช้มอเตอร์ขับเคลื่อนวาล์ว โดยตรงมอเตอร์ก็จะหมุนเพียง 90 องศา ด้วยเช่นกัน ดังนั้นจึงต้องใช้เฟืองมาช่วยทดรอบเพื่อให้ มอเตอร์หมุนได้มากขึ้น โดยที่การหมุนของวาล์วก็ยังคงเป็น 90 องศา เหมือนเดิม

จากสมการอัตราทดเฟือง

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{\theta_2}{\theta_1} \quad (3.1)$$

โดยที่ N_1, N_2 คือ จำนวนฟันของเฟืองตัวที่ 1 และ 2

θ_1, θ_2 คือ ระยะแทนที่เชิงมุม ของเพลลาที่ 1 และ เพลลาที่ 2

ในกรณีนี้ต้องการให้มอเตอร์หมุน 2 รอบต่อการหมุนของวาล์ว $\frac{1}{2}$ รอบ และให้จำนวนฟันเฟือง ของมอเตอร์เท่ากับ 15 ฟัน จะได้

$$N_2 = \frac{(2)(15)}{\frac{1}{2}}$$

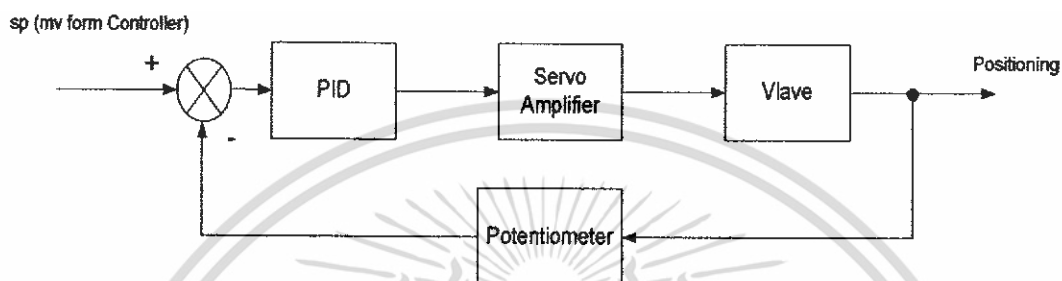
$$\therefore N_2 = 60 \quad \text{ฟัน}$$

จำนวนฟันเฟืองที่ต่อกับ Potentiometer จะใช้อัตราทด 2 เท่า ซึ่งจะได้ฟันเฟืองของ Potentiometer

เท่ากับ 20 ฟัน

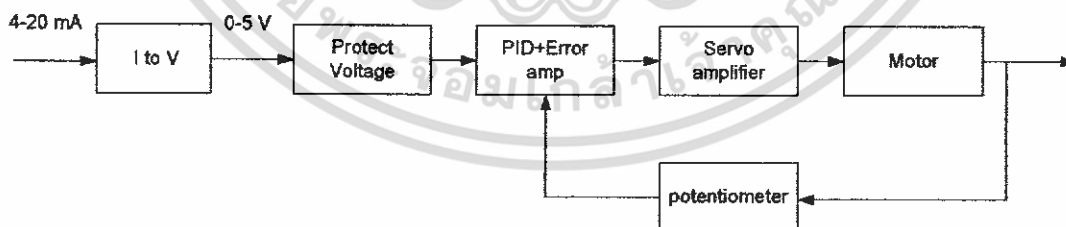
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของการควบคุมจะรับค่า Manipulate (mv) มาจากตัวควบคุม ซึ่งค่า mv จะเป็นค่า Setpoint ของการควบคุมตำแหน่งของวาล์ว ค่าที่ได้จาก PID จะส่งไปให้กับวงจรเซอร์โวแอมพลิไฟร์ ชนิดควบคุมกระแสในการขับเคลื่อนมอเตอร์ และใช้ Potentiometer ในการวัดตำแหน่งของวาล์วเพื่อนำมาป้อนกลับให้แก่การควบคุมตำแหน่งวาล์ว บล็อกไดอะแกรมแสดงการควบคุมวาล์วแสดงในภาพที่ 3.15



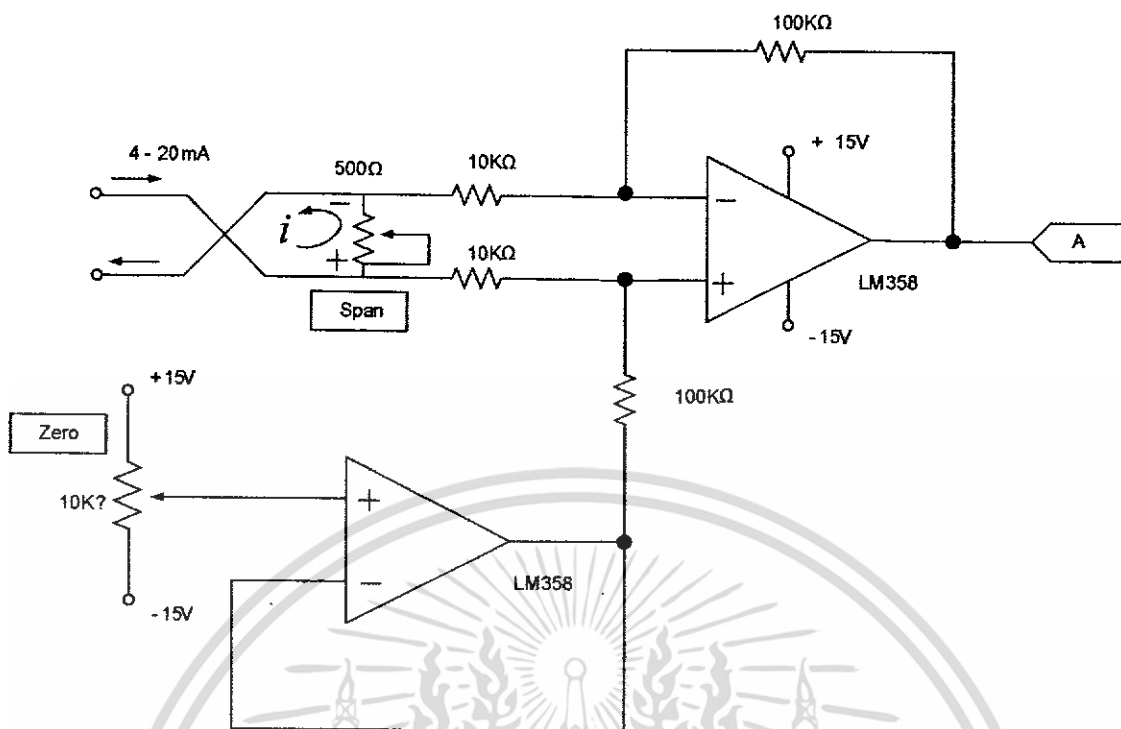
ภาพที่ 3.15 แสดงบล็อกไดอะแกรมการควบคุมวาล์ว

จากบล็อกไดอะแกรม วงจรที่สร้างขึ้นเพื่อควบคุมจะรับค่ากระแสไฟฟ้า 4-20 mA แล้วจึงจัดสัญญาณให้เป็นแรงดัน 0-5 V จากนั้นจึงผ่านวงจรวินโดว์คิเทค ซึ่งจะป้องกันในช่วงแรงดันเกิน 5 โวลต์ หรือ ต่ำกว่า 0 โวลต์ ซึ่งถ้าแรงดันเกินหรือน้อยกว่าวงจรจะตัดสัญญาณที่จะเข้าสู่วงจร PID ถ้าสัญญาณอยู่ในช่วงที่กำหนดสัญญาณจะผ่านเข้าสู่วงจร PID สัญญาณที่ออกจาก PID จะผ่านไปยังวงจรเซอร์โวแอมพลิไฟร์เพื่อขับเคลื่อนวาล์วและใช้ Potentiometer เป็นตัวตรวจจับตำแหน่งของวาล์วเพื่อทำการป้อนกลับ

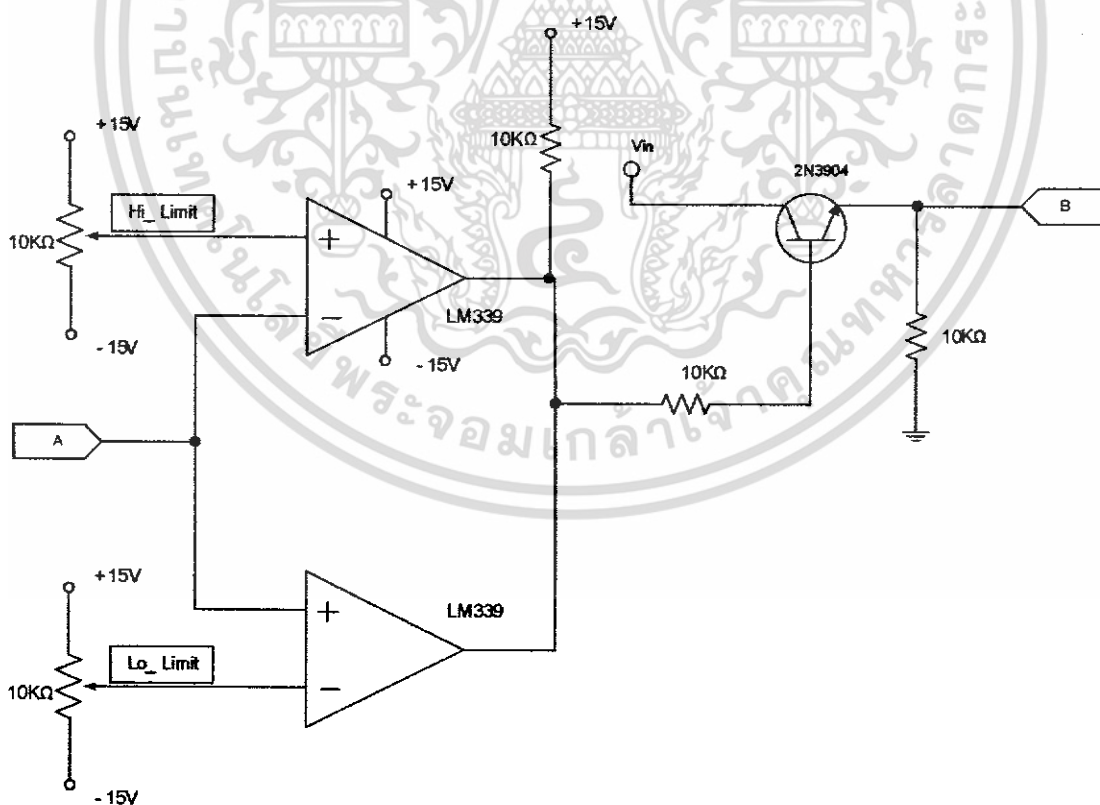


ภาพที่ 3.16 แสดงบล็อกไดอะแกรมของวงจรที่สร้างขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

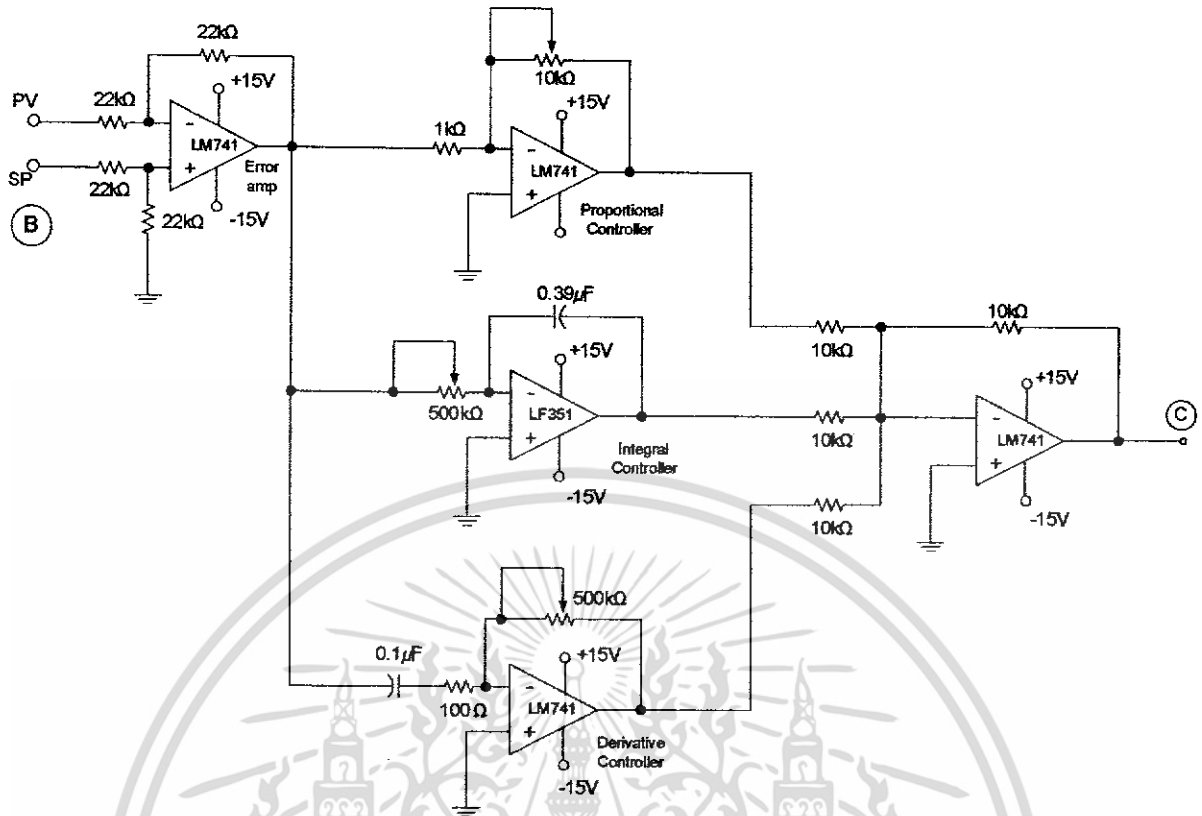


ภาพที่ 3.17 แสดงวงจร I to V

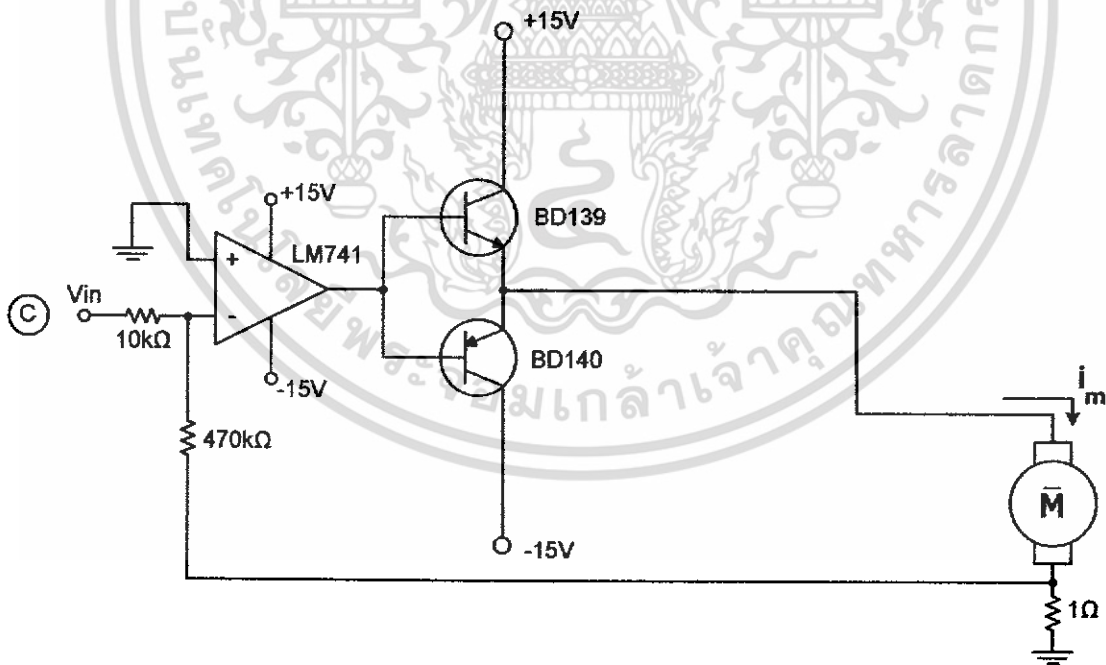


ภาพที่ 3.18 แสดงวงจรวินโดว์ดีเทค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

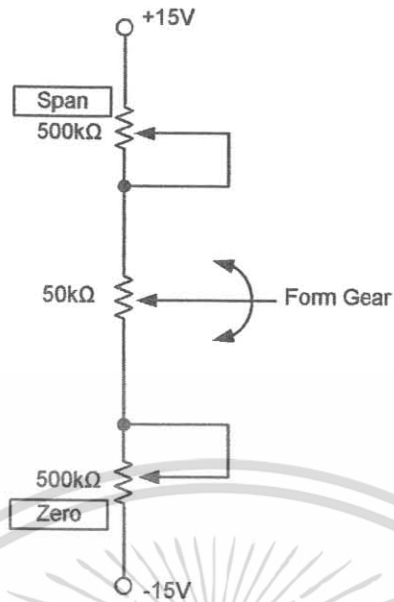


ภาพที่ 3.19 แสดงวงจร PID



ภาพที่ 3.20 แสดงวงจร เซอร์โวแอมพลิไฟร์ ชนิดควบคุมกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

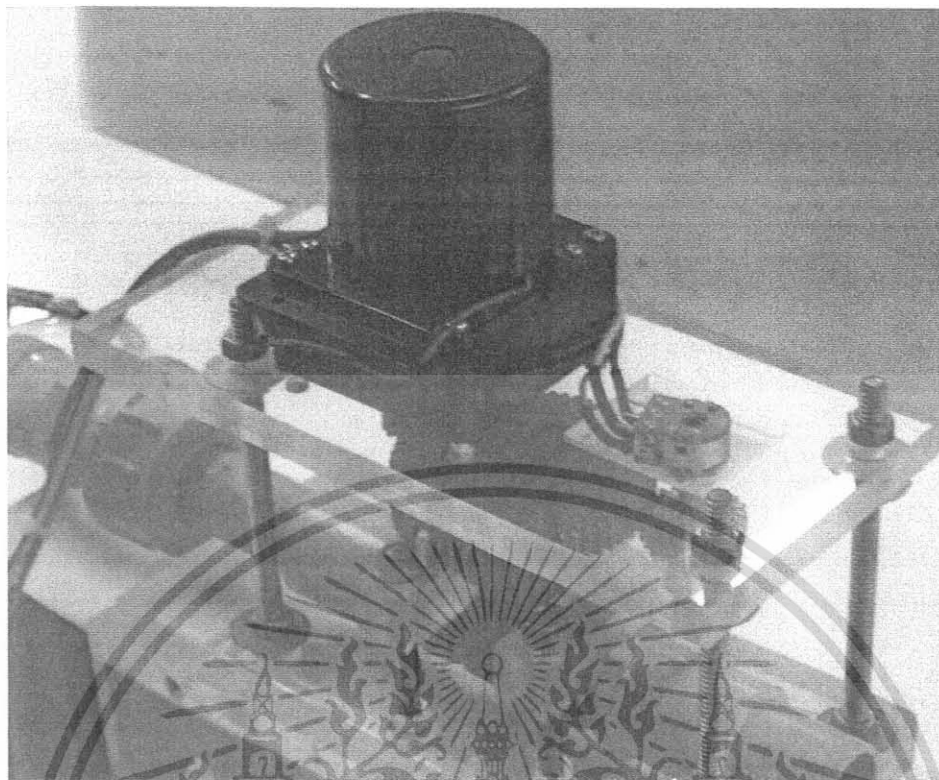


ภาพที่ 3.21 แสดงวงจรปรับ Zero-Span ของ Potentiometer

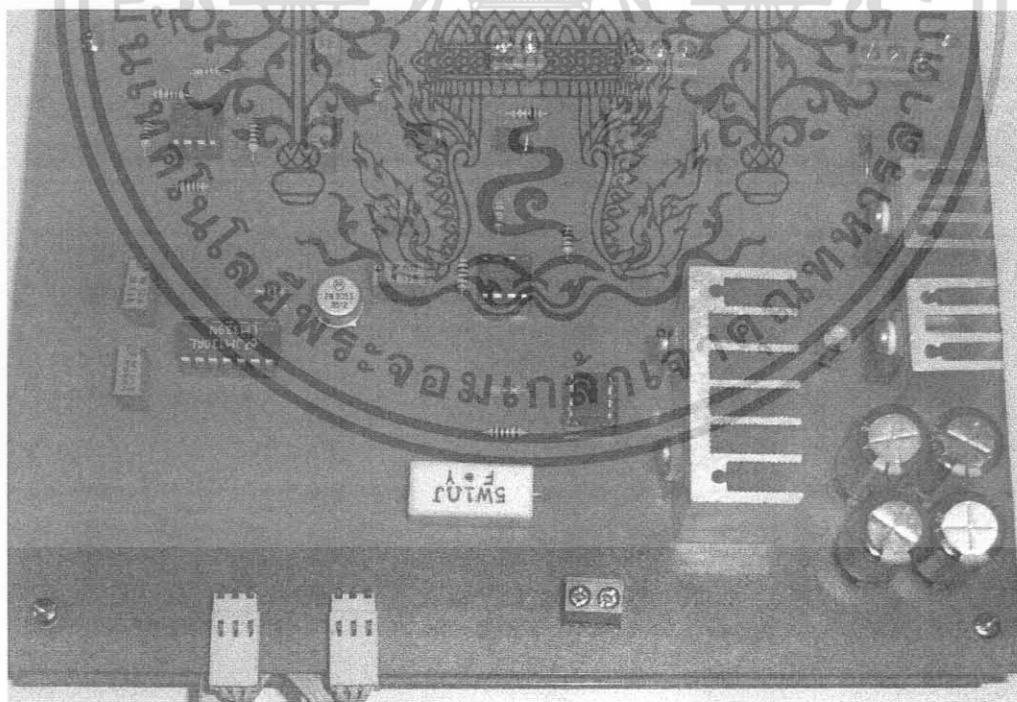


ภาพที่ 3.22 แสดงวาล์วควบคุมที่สร้างขึ้น (1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

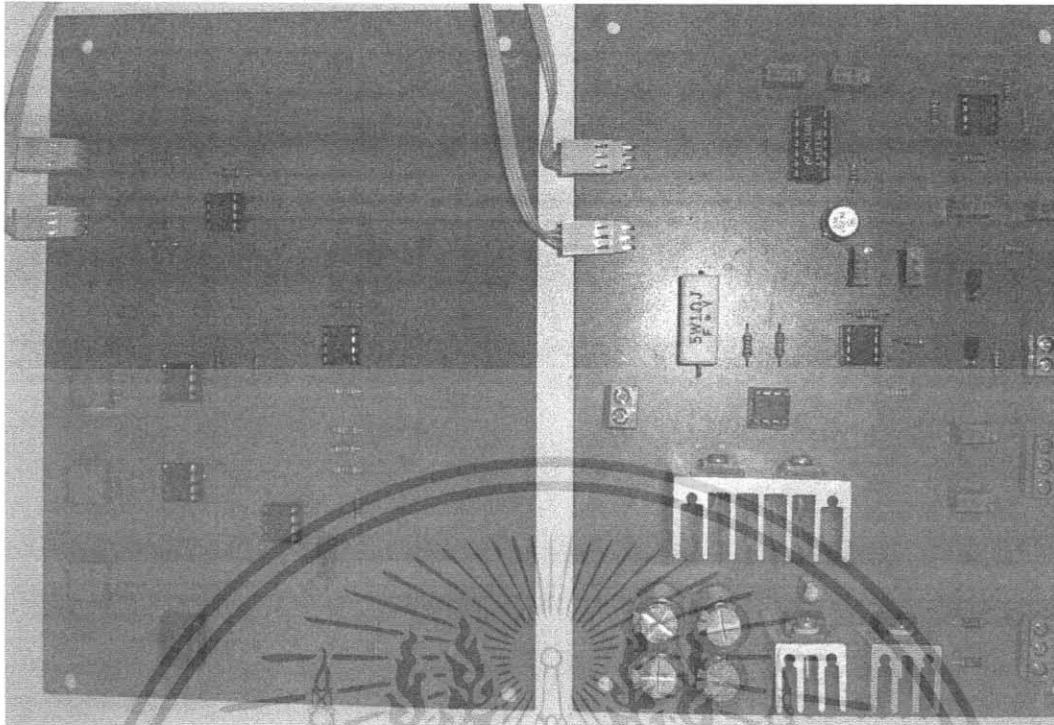


ภาพที่ 3.23 แสดงวาล์วควบคุมที่สร้างขึ้น (2)



ภาพที่ 3.24 แสดงแผงวงจรของวาล์วควบคุมที่สร้างขึ้น(1)

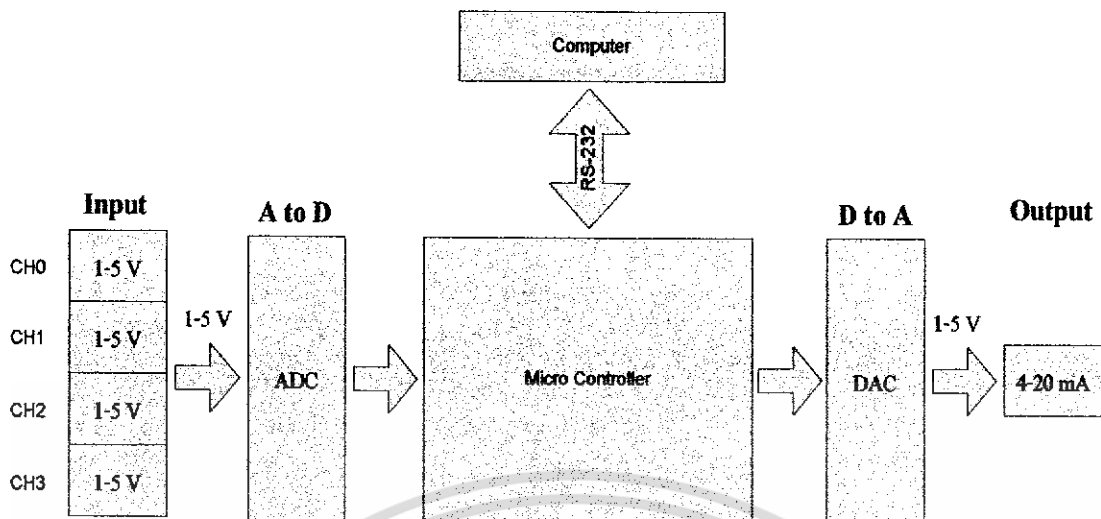
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.25 แสดงแผงวงจรของวาล์วควบคุมที่สร้างขึ้น (2)

3.3.3 ชุดอินเทอร์เฟต

ชุดอินเทอร์เฟตที่สร้างขึ้นจะเป็นการควบคุมการรับ-ส่งข้อมูล ซึ่งการรับ-ส่งข้อมูลจากกระบวนการสู่ตัวควบคุมที่เป็นคอมพิวเตอร์ จะต้องใช้การแปลงสัญญาณจากอนุภาคสู่ดิจิทัลและดิจิทัลสู่ออนุภาค ในโครงการนี้จะใช้ไอซี PCF8591 ซึ่งเป็น ไอซีที่มีวงจรแปลงสัญญาณอนุภาคสู่ดิจิทัล 4 ช่องสัญญาณ และมีวงจรแปลงสัญญาณจากดิจิทัลสู่ออนุภาค 1 ช่องสัญญาณ โดยทั้ง 2 วงจรมีความแยกชัด 8 บิต และใช้โปรโตคอลในการคิดแบบ I^2C ซึ่งใช้สายสัญญาณเพียง 2 เส้นทำให้สะดวกในการใช้งานมาก ชุดอินเทอร์เฟตนี้จะรับค่าจากกระบวนการเป็นแรงดันมาตรฐาน 1-5 โวลต์ ทั้ง 4 ช่องสัญญาณ และ ส่งสัญญาณออกเป็นกระแสไฟฟ้ามาตรฐาน 4-20 mA แต่สัญญาณที่ได้จากวงจรดิจิทัลสู่ออนุภาคจะเป็นแรงดันไฟฟ้า 1-5 โวลต์ จึงต้องผ่านวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้าอีกครั้งหนึ่ง โดยที่หัวใจหลักอยู่ที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ AT89C51 ของบริษัท Atmel ซึ่งจะทำหน้าที่ ติดต่อกับไอซี PCF 8591 ในการแปลงสัญญาณและรับ-ส่งสัญญาณที่ได้ไปสู่คอมพิวเตอร์โดยใช้การส่งข้อมูลแบบอนุกรมแบบ RS-232



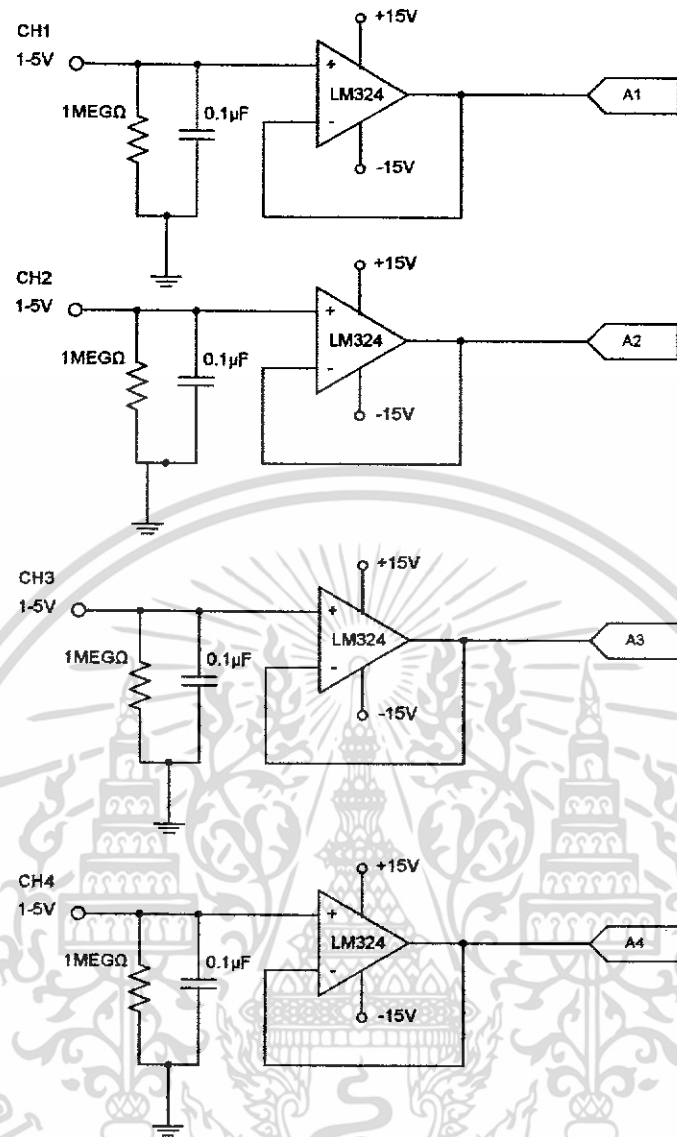
ภาพที่ 3.26 แสดงโครงสร้างโดยรวมในส่วนอินเตอร์เฟส

ในส่วนของชุดอินเตอร์เฟสสามารถแยกได้เป็น 3 ส่วนคือ

1. ส่วนอินพุท
2. ส่วนรับ-ส่ง ข้อมูล ไปยังคอมพิวเตอร์
3. ส่วนเอาต์พุท

3.3.3.1 ส่วนอินพุท

ส่วนอินพุทจะแบ่งเป็น 4 ช่องสัญญาณ โดยจะเป็นช่องรับสัญญาณแรงดันมาตรฐาน 1-5 V ทั้ง 4 ช่องสัญญาณ ก่อนสัญญาณจะแรงดันที่เข้ามาทางด้านอินพุทจะผ่าน Buffer ซึ่งมี R,C ไรต์คสัญญาณรบกวน ก่อนที่จะส่งไปยังไอซี PCF 8591 ดังภาพที่ 3.26

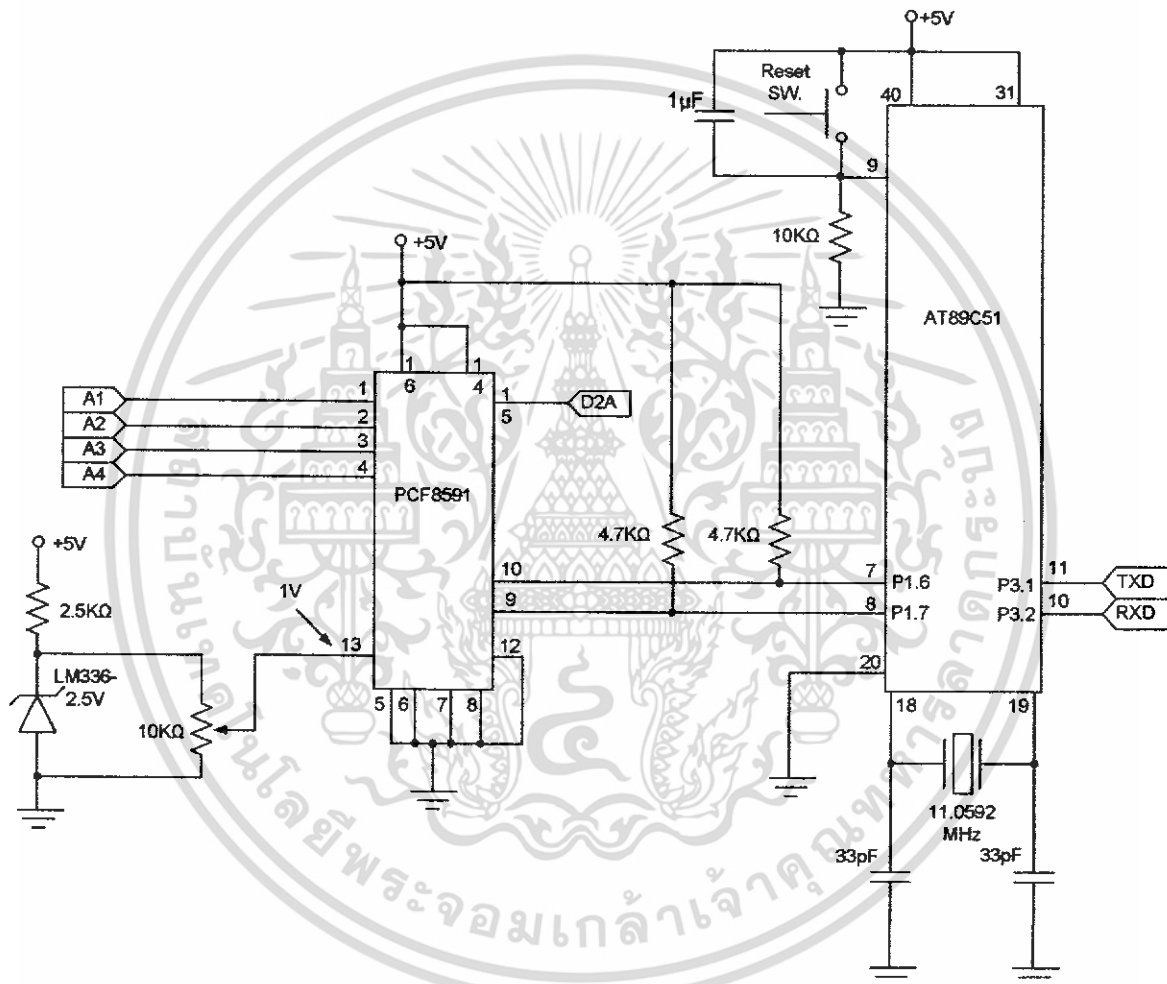


ภาพที่ 3.27 แสดงช่องรับสัญญาณมาตรฐาน 1-5 โวลต์ทั้ง 4 ช่องสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

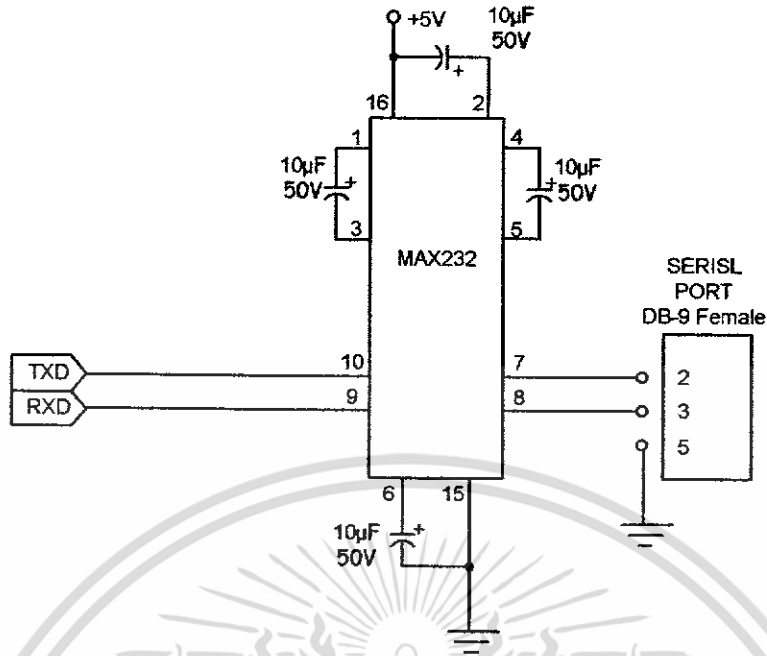
3.3.3.2 ส่วนรับ-ส่ง ข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์

ส่วนรับ-ส่ง ข้อมูลจะมีหน้าที่รับค่าดิจิทัลจากส่วนอินพุท ในแต่ละช่องสัญญาณ แล้วนำมาส่งข้อมูลให้คอมพิวเตอร์ และรับค่าที่ได้จากการประมวลผลของคอมพิวเตอร์ ส่งไปยัง ส่วนเอาต์พุท ซึ่งหน้าที่ในการจัดการรับและส่งข้อมูลจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ AT89C51 ของบริษัท Atmel โดยจะ รับ-ส่ง ข้อมูลแบบอนุกรมโดยใช้ไอซี MAX323 ช่วยในการ รับ-ส่งข้อมูล



ภาพที่ 3.28 แสดงการเชื่อมต่อระหว่างPCF 8591 กับ AT89C51

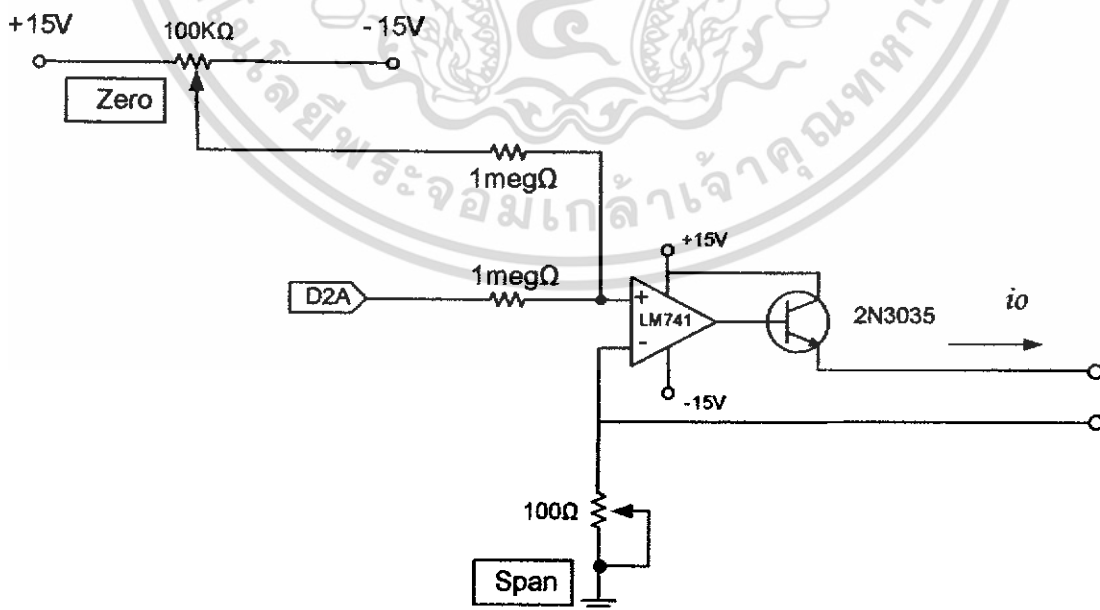
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.29 แสดงการต่อวงจรใช้งาน MAX 232

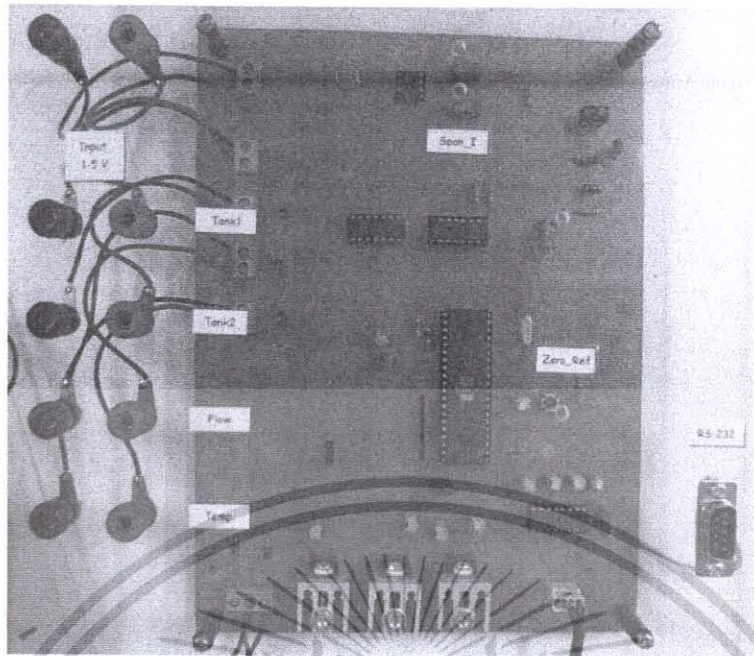
3.3.3.3 ส่วนเอาต์พุต

ในส่วนของเอาต์พุตจะรับค่าดิจิตอลจาก ไมโครคอนโทรลเลอร์แล้วนำมาแปลงเป็นสัญญาณอนาลอก 1-5 V โดยมีความละเอียดในการแปลงสัญญาณ 8 บิต แรงดันที่ได้จะถูกแปลงเป็นสัญญาณ กระแส 4-20 mA เพื่อส่งไปควบคุมกระบวนการที่ต้องการ



ภาพที่ 3.30 แสดงวงจร V to I ที่ใช้ในส่วนอินเวอร์เฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่อผู้ผู้ใดเห็นนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



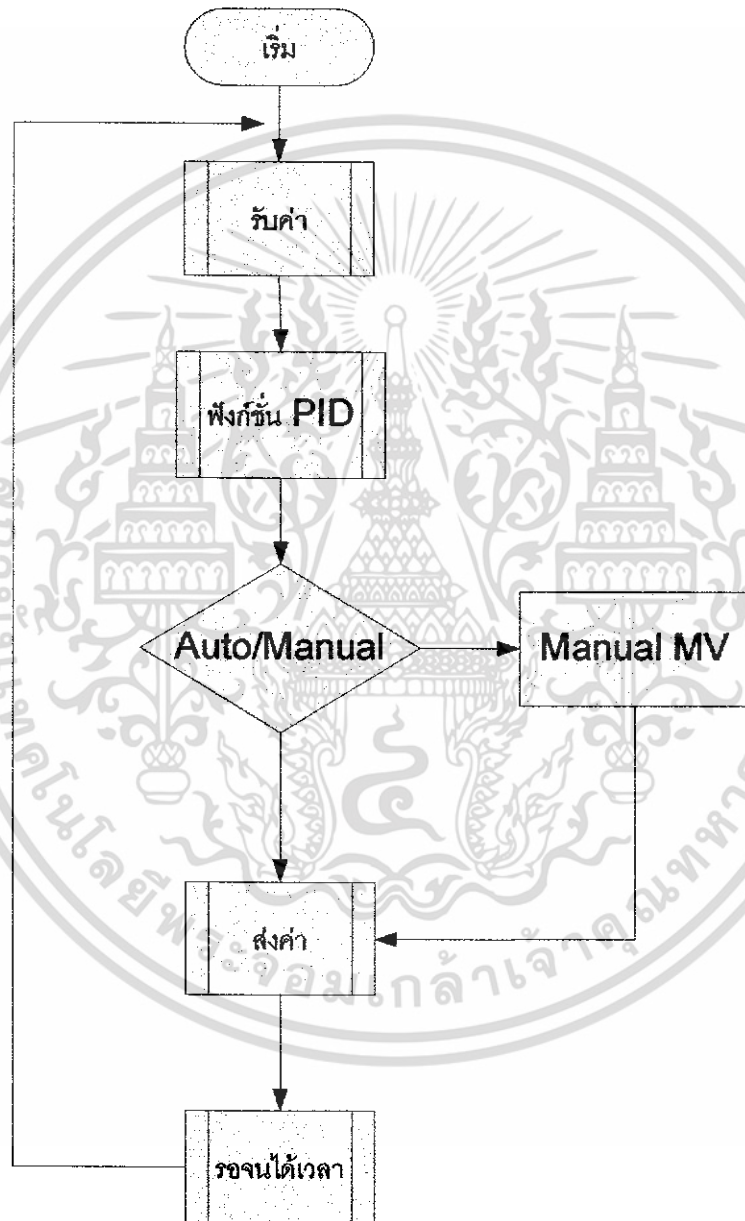
ภาพที่ 3.31 แสดงชุดอินเทอร์เฟสที่สร้างขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 ส่วนของ Soft Ware

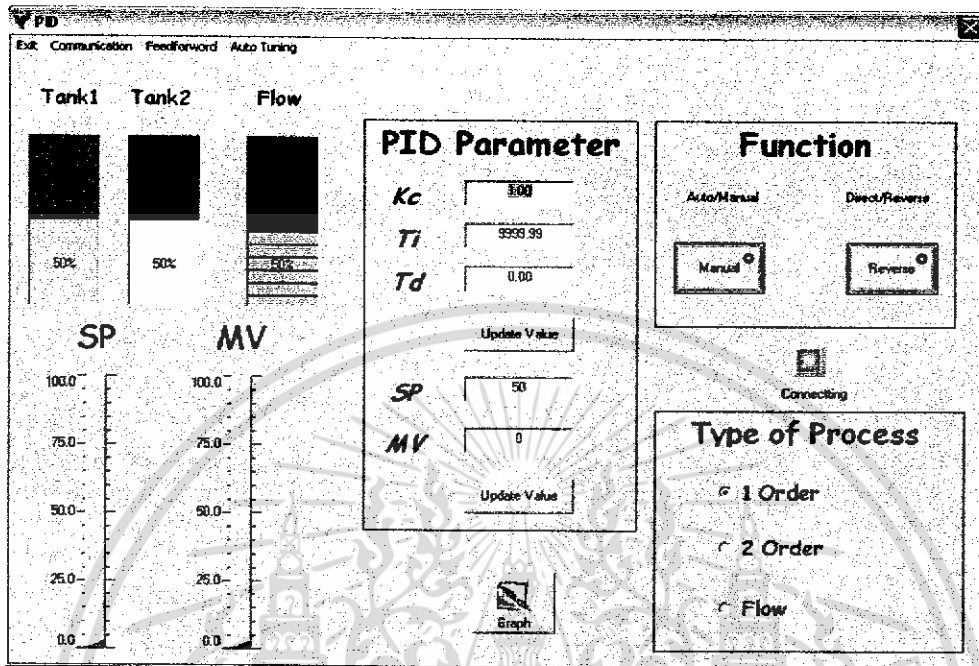
ในส่วนของ Soft Ware จะใช้โปรแกรม Visual Basic ในการสร้างตั้งควบคุมคิติดอลบนคอมพิวเตอร์ซึ่งจะแสดงการทำงานของโปรแกรมโดยโฟลว์ชาร์คภาพที่ 3.31



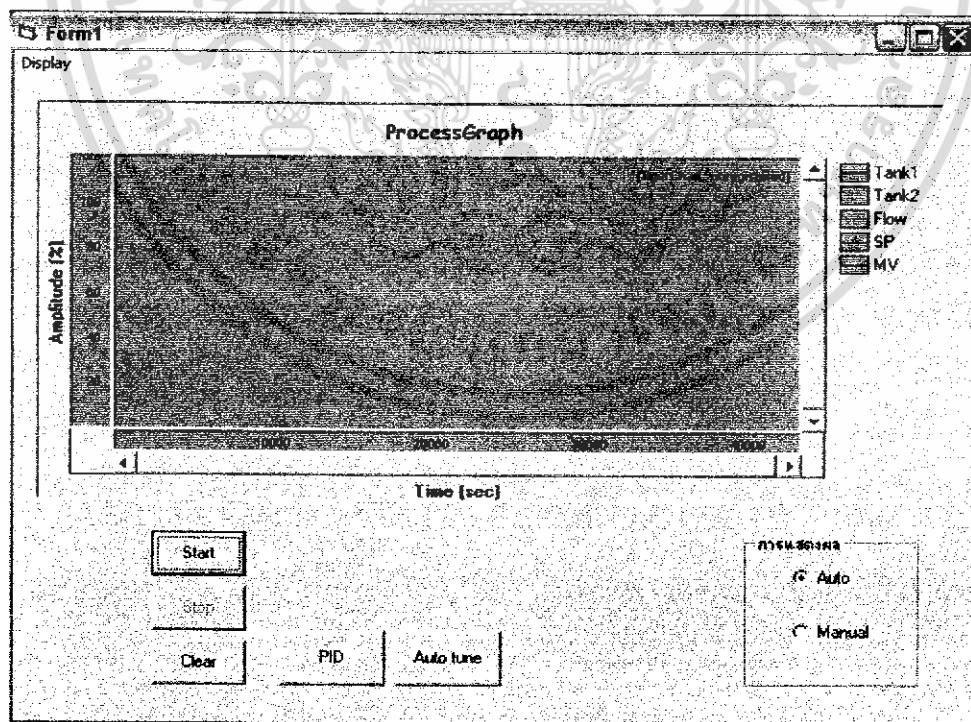
ภาพที่ 3.32 แสดงโฟลว์ชาร์คการทำงานของ PID คิติดอลบนคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าตาของ Soft Ware จะมี 2 ส่วนหลัก ๆ คือ ส่วนที่ปรับแต่งค่า PID และส่วนที่เป็นกราฟดังภาพที่ 3.32 และภาพที่ 3.33



ภาพที่ 3.33 แสดงหน้าจอ PID Parameter



ภาพที่ 3.34 แสดงหน้าจอกราฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 กล่าวนำ

ในบทนี้การทดลองจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่เป็นทดลองอุปกรณ์ต่าง ๆ พร้อมทั้งบันทึกผลไว้ และส่วนที่เป็นการทดสอบกระบวนการและบันทึกผลที่ได้ในรูปของกราฟ

4.2 การทดลองส่วนของอุปกรณ์

การทดลองในส่วนของอุปกรณ์สามารถแบ่งการทดลองได้เป็นส่วนต่าง ๆ ดังนี้

4.2.1 การทดลองอุปกรณ์วัดระดับ

การทดลองการวัดระดับจะทำการเปรียบเทียบระดับน้ำที่ค่าต่าง ๆ กับแรงดันไฟฟ้าที่ได้ ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดลองอุปกรณ์วัดระดับน้ำทั้ง 2 ตัว

ตัวที่ 1		ตัวที่ 2	
ระดับน้ำ (cm)	แรงดันไฟฟ้า (V)	ระดับน้ำ (cm)	แรงดันไฟฟ้า (V)
0	1.001	0	1.002
1.5	1.19	1.5	1.19
3	1.4	3	1.4
4.5	1.62	4.5	1.6
6	1.79	6	1.81
7.5	1.99	7.5	1.98
9	2.2	9	2.2
10.5	2.4	10.5	2.39
12	2.6	12	2.6
13.5	2.81	13.5	2.79
15	3	15	2.99
16.5	3.2	16.5	3.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) แสดงผลการทดลองอุปกรณ์วัดระดับทั้ง 2 ตัว

ตัวที่ 1		ตัวที่ 2	
ระดับน้ำ (cm)	แรงดันไฟฟ้า (V)	ระดับน้ำ (cm)	แรงดันไฟฟ้า (V)
18	3.39	18	3.4
19.5	3.6	19.5	3.6
21	3.81	21	3.81
22.5	4	22.5	4
24	4.2	24	4.2
25.5	4.4	25.5	4.4
27	4.6	27	4.6
28.5	4.79	28.5	4.81
30	5.01	30	5

4.2.2 การทดลองอุปกรณ์วัดอัตราการไหล

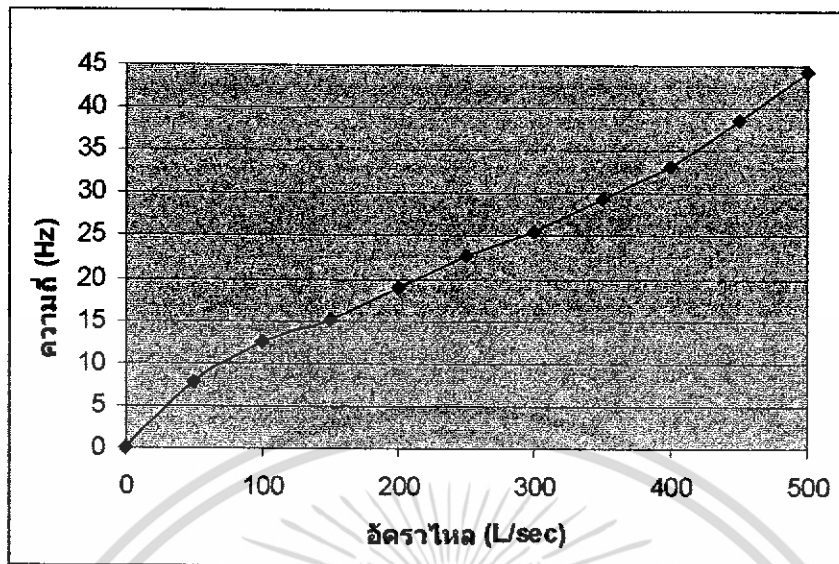
การทดลองอุปกรณ์การวัดอัตราการไหล จะเป็นการทดลองเปรียบเทียบอัตราไหลที่ค่าต่าง ๆ ในตาราง กับความถี่ และ แรงดันที่ได้

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดลองอุปกรณ์วัดการไหล

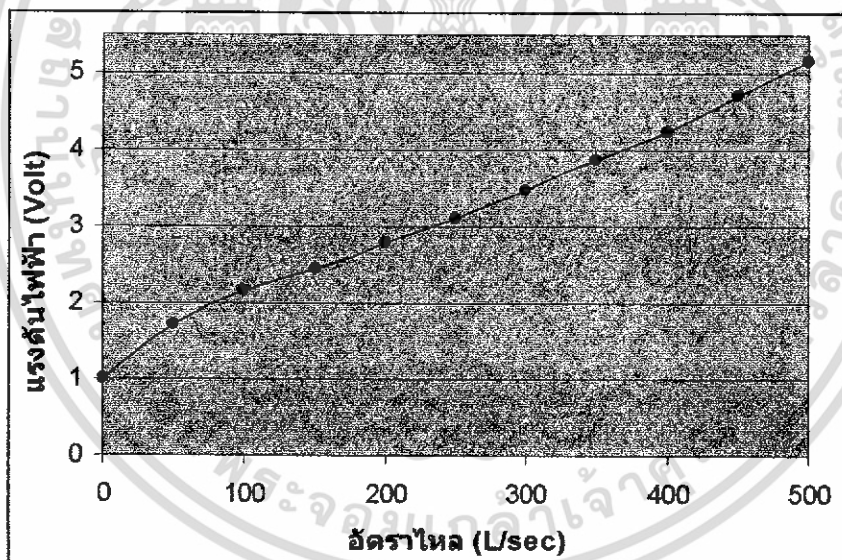
อัตราไหล (L / sec)	ความถี่ (Hz)	แรงดัน (Volt)
0	0	1
50	7.73	1.70
100	12.51	2.16
150	16.2	2.46
200	18.93	2.78
250	22.63	3.10
300	25.63	3.485
350	29.27	3.86
400	33.21	4.25
450	38.5	4.70
500	44.2	5.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการศึกษาวิจัยเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.1 แสดงกราฟอัตราไหลกับความถี่ จากข้อมูลในตารางที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 แสดงกราฟอัตราไหลกับแรงดันไฟฟ้า จากข้อมูลในตารางที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 การทดลองวาล์วควบคุม

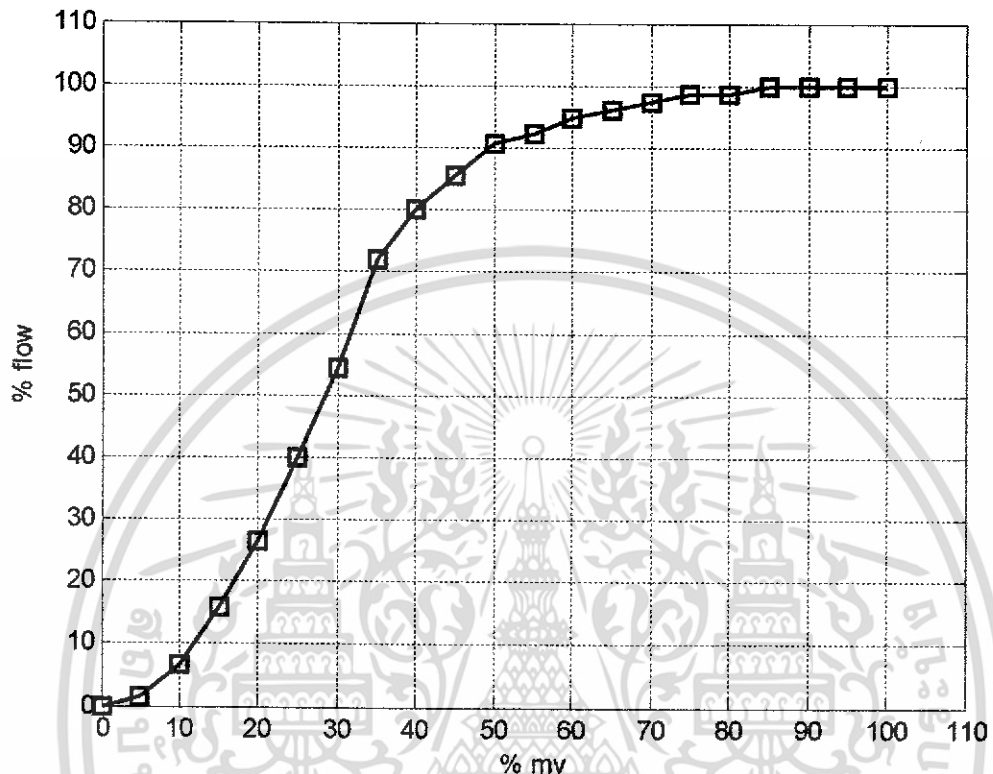
การทดลองในส่วนของวาล์วควบคุมจะเป็นการทดสอบคุณลักษณะของวาล์วโดยการป้อนค่า % *mv* ต่าง ๆ แล้ววัดอัตราการไหลที่ได้

ตารางที่ 4.3 แสดงข้อมูลผลการทดลองวาล์วควบคุม

Flow (%)	mv (%)
0.000	0
1.3333	5
6.6667	10
16.0000	15
26.6667	20
40.000	25
54.6667	30
72.0000	35
80.0000	40
85.3333	45
90.6667	50
92.0000	55
94.6667	60
96.0000	65
97.333	70
98.6667	75
98.66667	80
100.000	85
100.000	90
100.000	95
100.000	100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากข้อมูลในตารางที่ 4.3 นำมาเขียนกราฟแสดงผลระหว่าง เปอร์เซ็นต์อินพุต เทียบกับ เปอร์เซ็นต์ อีตราไหล ดังแสดงในภาพที่ 4.3



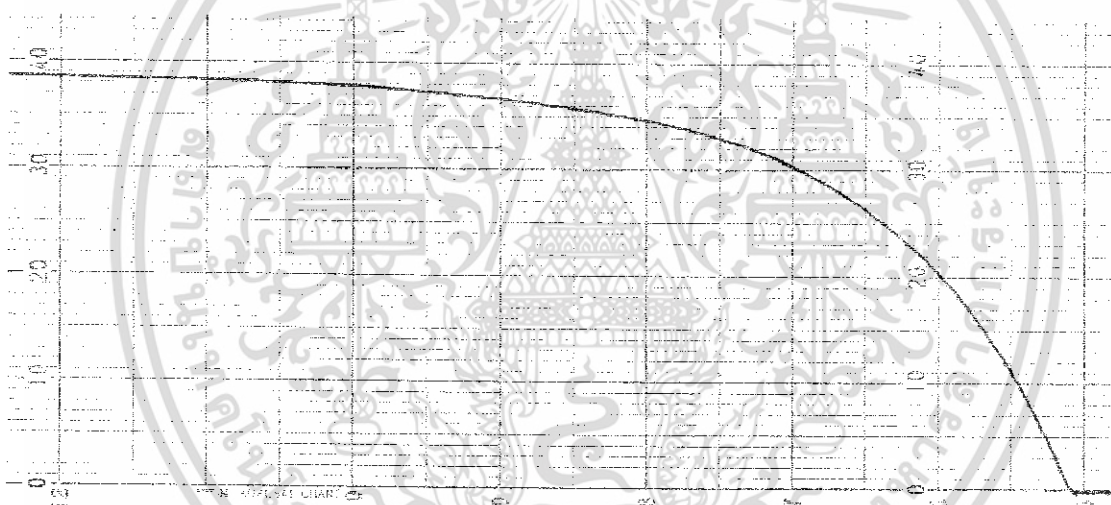
ภาพที่ 4.3 แสดงกราฟระหว่าง เปอร์เซ็นต์อินพุต เทียบกับ เปอร์เซ็นต์อีตราไหล จากข้อมูลในตารางที่ 5.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การทดลองส่วนของกระบวนการ

ในส่วนของการควบคุมกระบวนการนั้นก่อนที่เราจะสามารถควบคุมกระบวนการได้นั้นเราจำเป็นต้องทราบค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของกระบวนการเพื่อนำไปคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ PID ที่เหมาะสมในการควบคุมกระบวนการ ซึ่งวิธีในการหาค่าพารามิเตอร์ของกระบวนการนั้นมีหลายวิธีซึ่งในปฏิญานิพนธ์นี้จะใช้วิธีการของ Ziegler-Nichols แบบ Process reaction Curve (การทดสอบแบบลูปเปิด) ที่นิยมใช้กันมากในโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งการทดสอบกระบวนการจะมี 2 ส่วนคือ การควบคุมแบบ 1 ถึง และการควบคุมแบบ 2 ถึง จากนั้นจึงนำค่าที่ได้ไปควบคุมกระบวนการโดยใช้ตัวควบคุมของบริษัท โยโกกาว่า อิเล็กทริก เปรียบเทียบกับ ตัวควบคุมที่ได้สร้างขึ้นมา

4.3.1 ผลการทดลองในกรณีควบคุมกระบวนการแบบ 1 ถึง

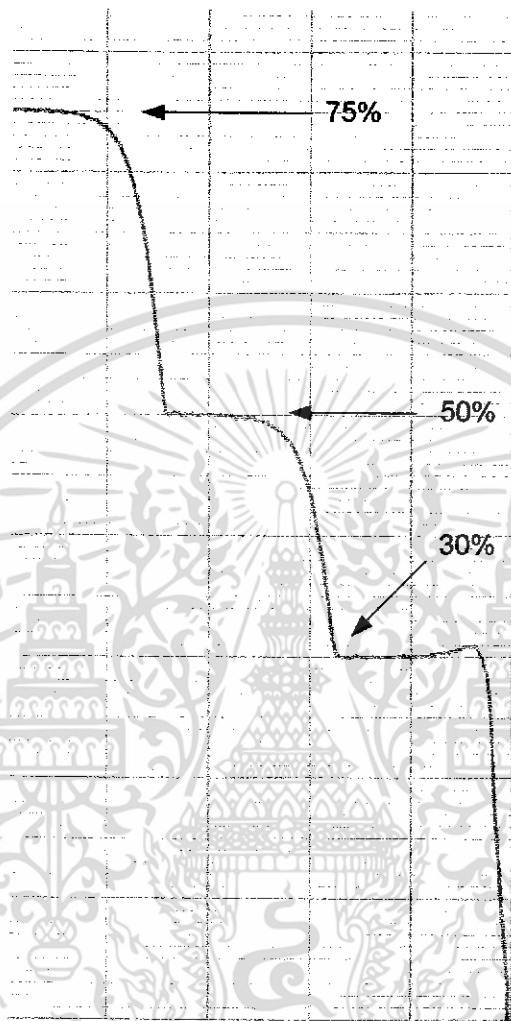


ภาพที่ 4.4 แสดงผลตอบสนองที่ได้จากการทดลองแบบลูปเปิดในกรณีควบคุมกระบวนการแบบ 1 ถึง

กราฟที่ได้ใช้ความเร็วในการบันทึกค่า 600 mm/Hr และใช้ Step Test 18 % ค่า Δp_v ที่ได้คือ 39 %
 ค่า พารามิเตอร์ของกระบวนการ $K=2.166$ $t_o=9$ sec $\tau=204$ sec
 ค่า PID ที่ได้คือ $K_c=12.557$ $T_i=18$ sec $T_d=4.5$ sec

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

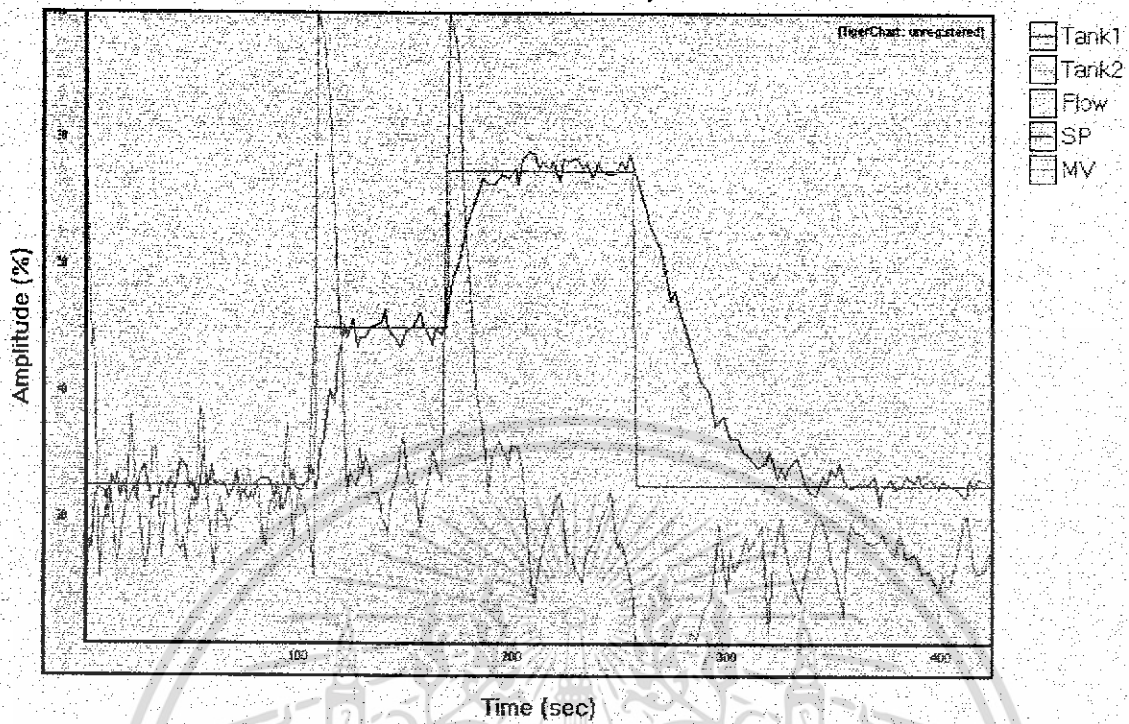
ผลตอบสนองเมื่อใช้ค่า PID ที่คำนวณได้โดยใช้ ตัวควบคุมของบริษัท โยโกกาวา อิเล็กทริก
ได้ผลตอบสนองดังภาพที่ 4.5 ที่เป้าหมาย 30%,50%,75%



ภาพที่ 4.5 แสดงผลตอบสนองของกระบวนการแบบ 1 ถึง โดยใช้ตัวควบคุมของบริษัทโยโกกาวา
อิเล็กทริก ที่เป้าหมาย 30%,50%,75%ความเร็วในการบันทึก 600mm/Hr

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

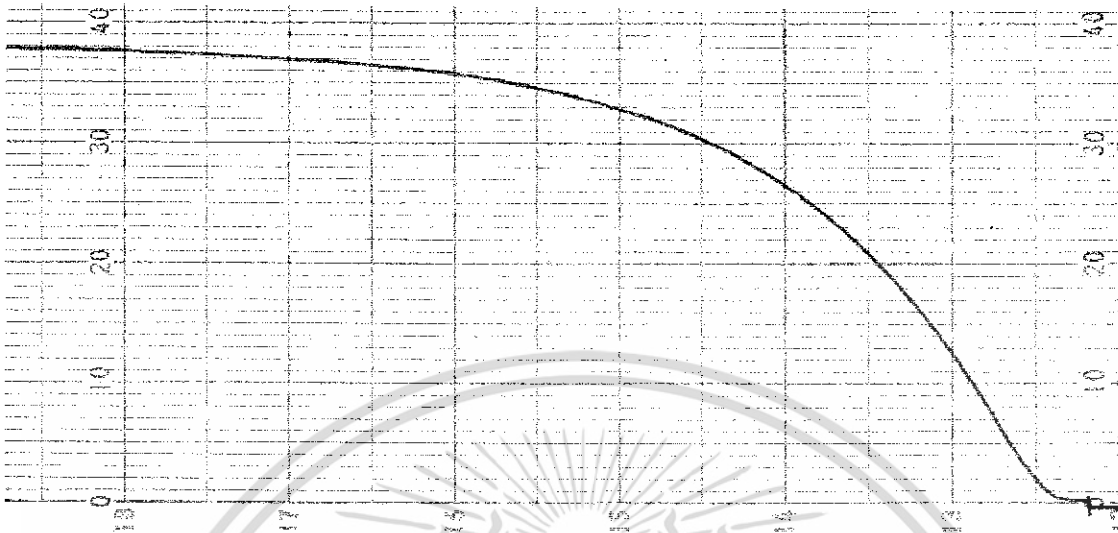
ProcessGraph



ภาพที่ 4.6 แสดงผลตอบสนองของกระบวนการแบบ 1 ถึง โดยใช้ ตัวควบคุมที่สร้างขึ้น
ที่เป้าหมาย 30%,50%,75%

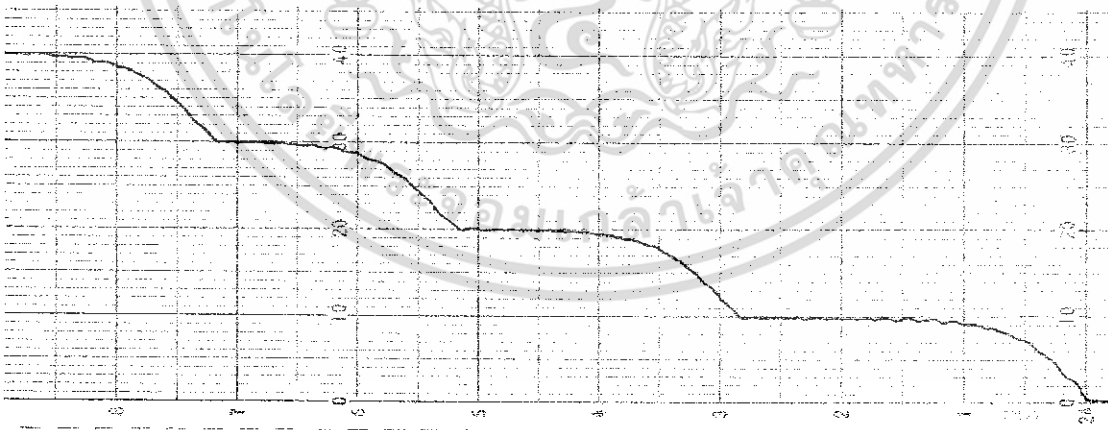
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 ผลการทดลองในกรณีควบคุมกระบวนการแบบ 2 ถึง



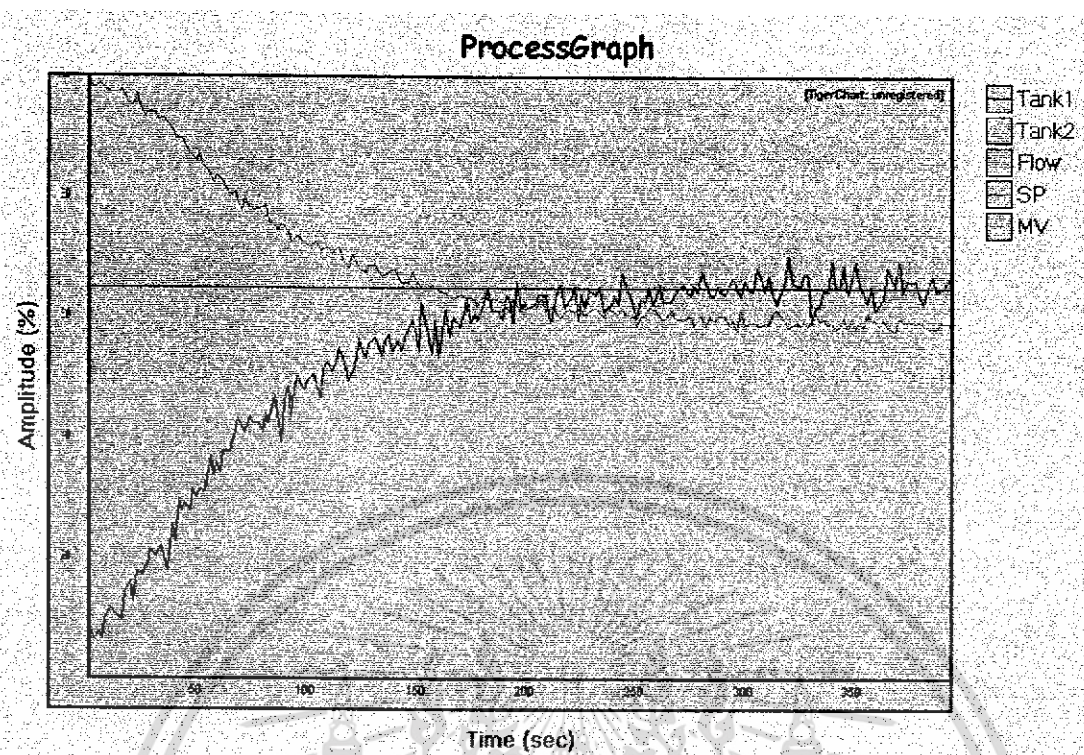
ภาพที่ 4.7 แสดงผลตอบสนองที่ได้จากการทดลองแบบลูปเปิดในกรณีควบคุมกระบวนการแบบ 2 ถึง

กราฟที่ได้ใช้ความเร็วในการบันทึกค่า 600 mm/Hr และใช้ Step Test 25 % ค่า Δp_v ที่ได้คือ 38 %
 ค่า พารามิเตอร์ของกระบวนการ $K=1.52$ $t_o=39$ sec $\tau=261$ sec
 ค่า PID ที่ได้คือ $K_c=5.28$ $T_i=78$ sec $T_d=19.5$ sec



ภาพที่ 4.8 แสดงผลตอบสนองของกระบวนการแบบ 2 ถึง ที่เป้าหมาย 10%, 20%, 30%, 40%
 ความเร็วในการบันทึก 600mm/Hr

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.9 แสดงผลตอบสนองของกระบวนการแบบ 2 ถัง โดยใช้ ตัวควบคุมที่สร้างขึ้น
ที่เป้าหมาย 65 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองในแต่ละส่วน ได้ผลการทดลองเป็นที่น่าพอใจแต่ในบางส่วนจะพบปัญหาบ้างเล็กน้อย โดยจะอธิบายเป็นส่วน ๆ ดังนี้

1. คุณลักษณะของวาล์วควบคุมที่สร้างขึ้นนั้นมีคุณลักษณะที่ไม่เป็นเชิงเส้นเมื่อทำการเปลี่ยนเป้าหมายแล้ว บางจุดไม่สามารถควบคุมกระบวนการได้
2. สมการ PID ที่เขียนลงในคอมพิวเตอร์ต้องมีค่าไบแอสค่ากำหนดหนึ่ง ไม่เช่นนั้นเมื่อใช้การควบคุมแบบ P จะทำให้กิริยาควบคุมของ P ผิดเพี้ยนไป
3. เวลาในการสุ่มค่าของสมการ PID มีผลในการควบคุมกระบวนการมาก ถ้าปรับเวลาในการสุ่มค่าช้าลงจะทำให้ไม่สามารถควบคุมกระบวนการได้ซึ่งอาจเป็นผลของความไม่เป็นเชิงเส้นของวาล์วควบคุมจึงทำให้ต้องใช้เวลาในการสุ่มค่าเร็วขึ้น



บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุป

ปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นเรื่องของการออกแบบ และ สร้าง กระบวนการควบคุมระดับและ อัตราไหล ซึ่งอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ได้สร้างขึ้นมา สามารถทำงาน ได้ตรงตามความต้องการได้ระดับหนึ่ง เมื่อนำอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ได้สร้างขึ้นมารวมกันเป็นกระบวนการและใช้ตัวควบคุมที่ใช้ในโรงงาน อุตสาหกรรมเปรียบเทียบกับตัวควบคุมที่สร้างขึ้น โดยใช้คอมพิวเตอร์ปรากฏว่าตัวควบคุมทั้ง 2 ตัว สามารถควบคุมกระบวนการได้เป็นที่น่าพอใจและผลตอบสนองของกระบวนการมีความรวดเร็ว พอสมควร ดังนั้นถ้านำกระบวนการที่สร้างขึ้นมานำมาเป็นอุปกรณ์ในการทดลอง จะช่วยให้ผู้ที่ ทำการทดลองมีความรู้ความเข้าใจในกระบวนการการควบคุมระดับและอัตราไหลมากยิ่งขึ้น

5.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางพัฒนาต่อ

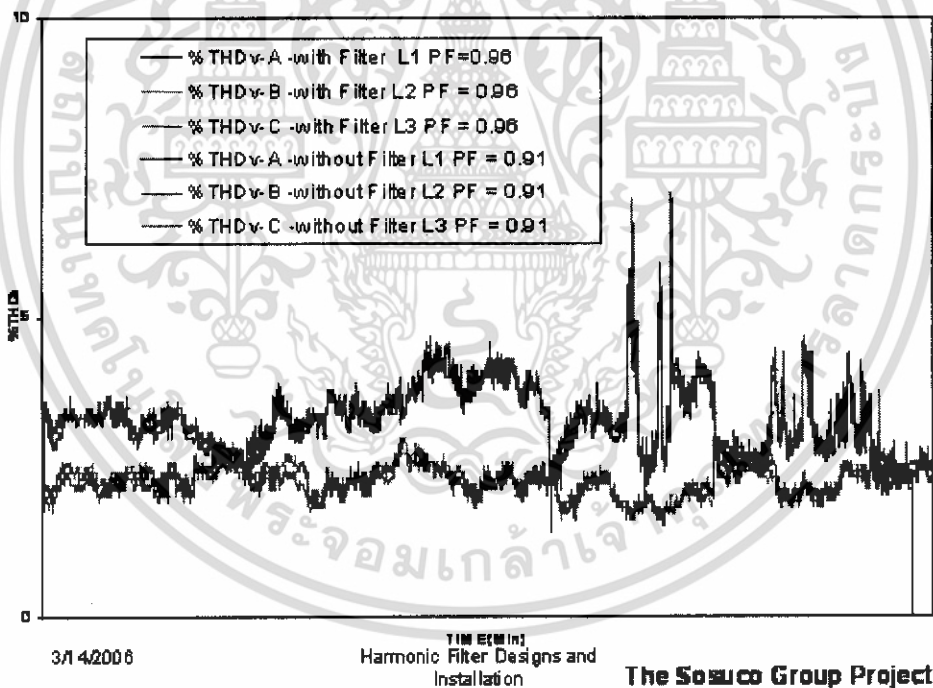
ผู้ที่ใช้กระบวนการที่สร้างขึ้นมานี้ควรมีความรู้ความเข้าใจในส่วนประกอบต่าง ๆ บ้าง เนื่องจากอาจต้องมีการปรับแต่งค่าบางส่วนและการใช้งานควรตรวจสอบจุดต่าง ๆ ให้เรียบร้อยก่อน ที่จะทำการทดลองเนื่องจากบางจุดถ้ามีปัญหาแล้วอาจเกิดอันตรายได้

แนวทางในการพัฒนาต่อ เนื่องจากวงจรที่ใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ ออกแบบและ สร้างมาโดยใช้วงจรพื้นฐาน เช่น ออปแอมป์ , ทรานซิสเตอร์ เป็นต้น ในการพัฒนาอาจใช้ไอซีที่เป็นวงจรสำเร็จเพื่อลดขนาด ออกแบบวงจรที่สามารถป้องกันสัญญาณรบกวนให้ดียิ่งขึ้น เพิ่มความ สบายงามของชุดควบคุม และอาจจะพัฒนา Soft ware ที่เป็นตัวควบคุมแบบ อื่น ๆ ในการควบคุม กระบวนการที่สร้างขึ้น

บทที่ 6

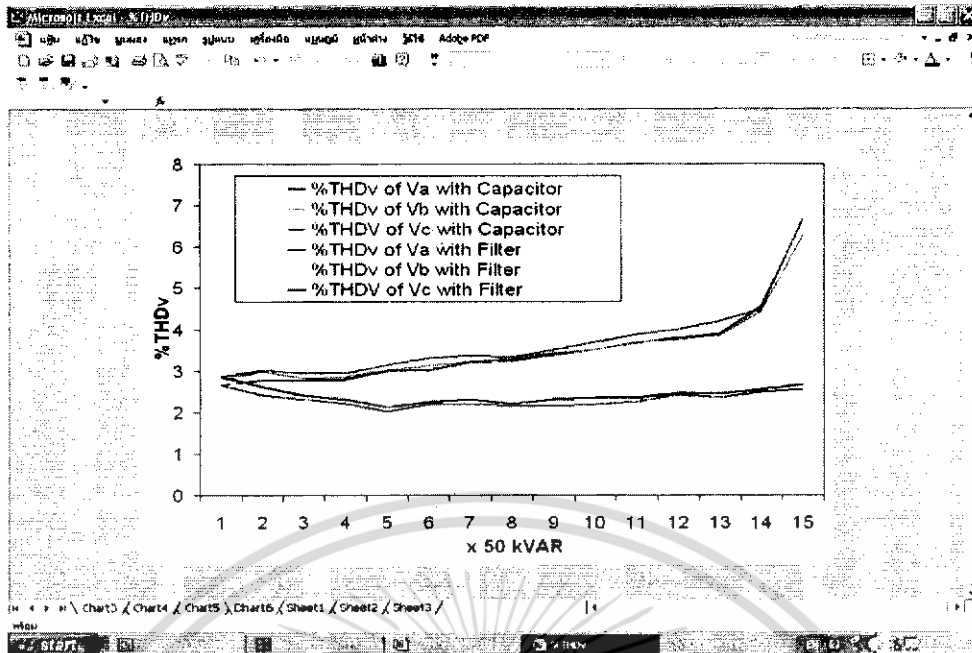
สรุปและข้อเสนอแนะ

ในปฏิญานิพนธ์เล่มนี้เสนอวิธีการวิเคราะห์หาขนาดของตัวกรองฮาร์โมนิกส์ชนิดที่ใช้ฟิลเตอร์ร่วมกับคาปาซิเตอร์ ที่เหมาะสมกับการนำไปใช้งานในระบบ เพื่อลดกำลังสูญเสีย และเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้แก่ระบบ ซึ่งการวิเคราะห์ในปฏิญานิพนธ์เล่มนี้เป็นการวิเคราะห์เฉพาะแห่ง เพราะจะเป็นการวิเคราะห์ในโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งใช้แบบจำลองตามที่เสนอในปฏิญานิพนธ์ หลังจากการทำงานของโปรแกรมจะทำการพิจารณาออกแบบตัวกรองกระแสฮาร์โมนิกส์ที่ต้องการทำการติดตั้งในระบบให้สามารถรักษาระดับกระแสฮาร์โมนิกส์ให้อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้ โดยที่ผู้ใช้กรอกข้อมูลของอุปกรณ์ต่างๆ ตามไดอะแกรมของโรงงานที่จะทำการวิเคราะห์ และโปรแกรมคำนวณผลลัพธ์ออกมา ความสามารถของโปรแกรมวิเคราะห์ได้ดังนี้



รูปที่ 6.1 กราฟแสดงค่า %THDv ขณะใส่ Filter ที่เฟสต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

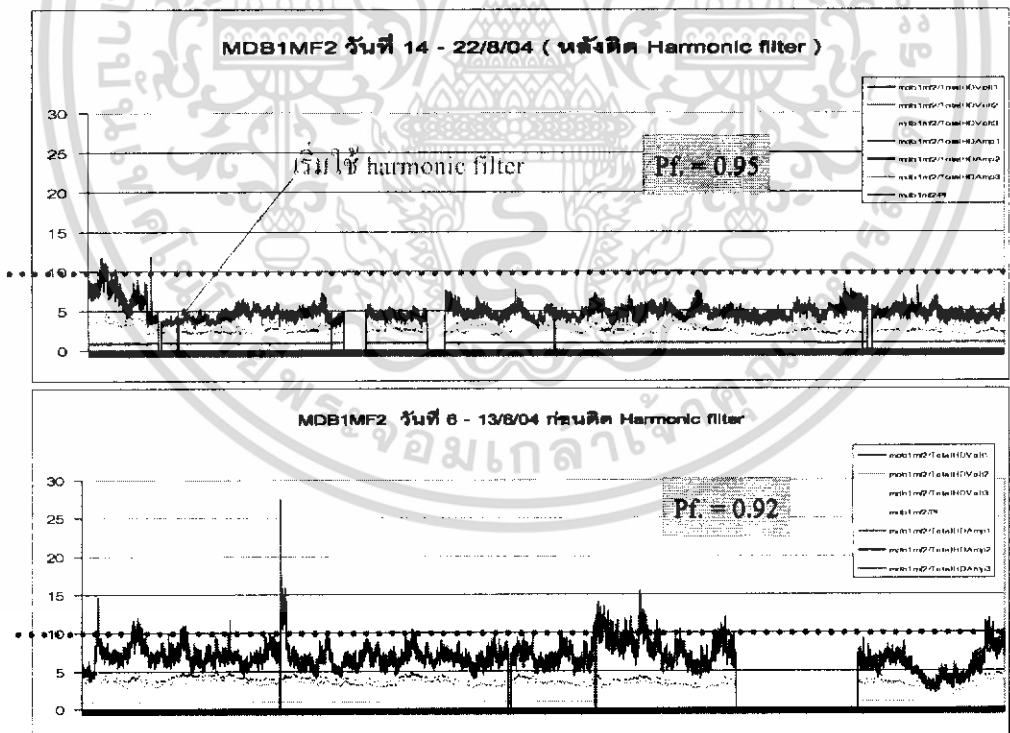


3/14/2006

Harmonic Filter Designs and Installation

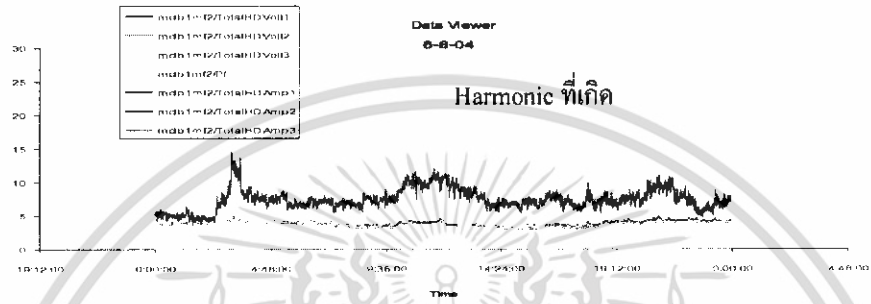
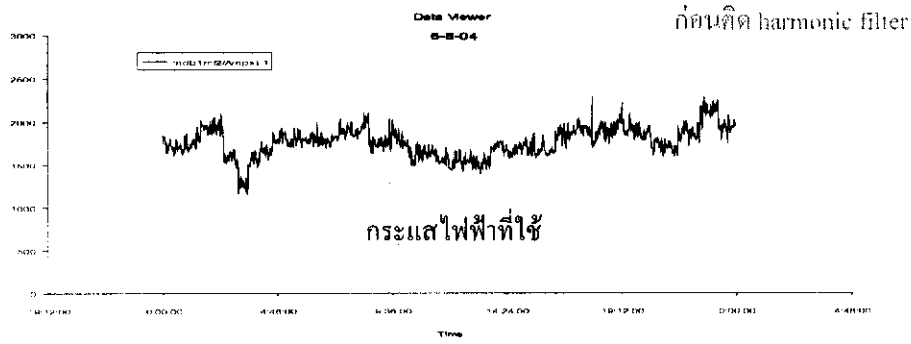
The Sосуco Group Project 37

รูปที่ 6.2 การเปรียบเทียบระหว่างก่อนใส่และหลังใส่ Harmonic Filter

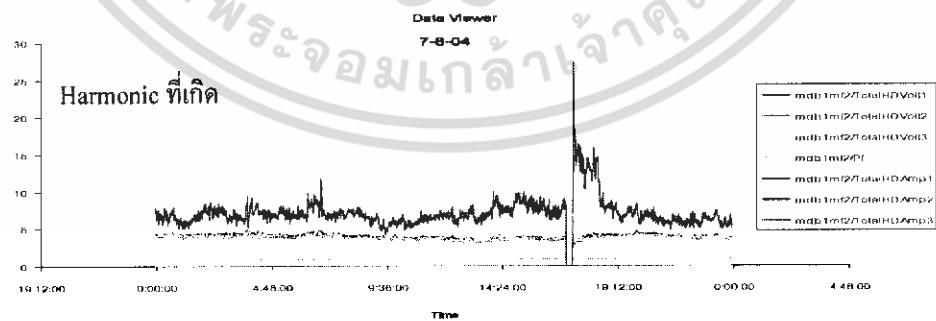
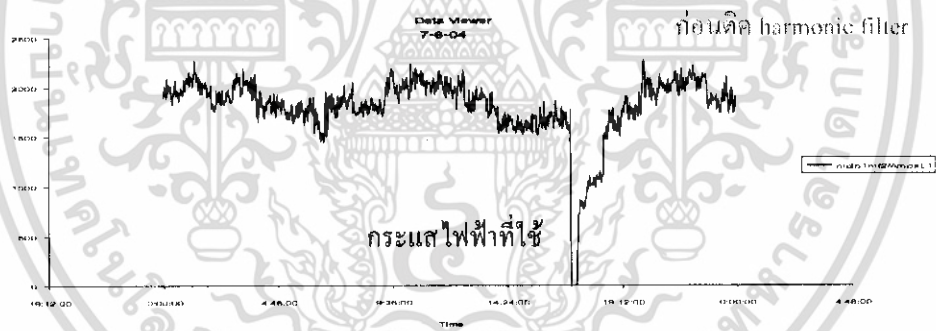


รูปที่ 6.3 ผลของการเพิ่ม Power Factor ขณะที่มี Harmonic Filter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

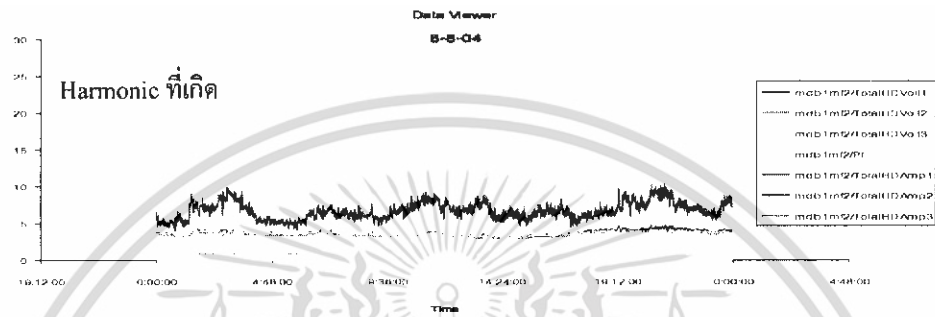
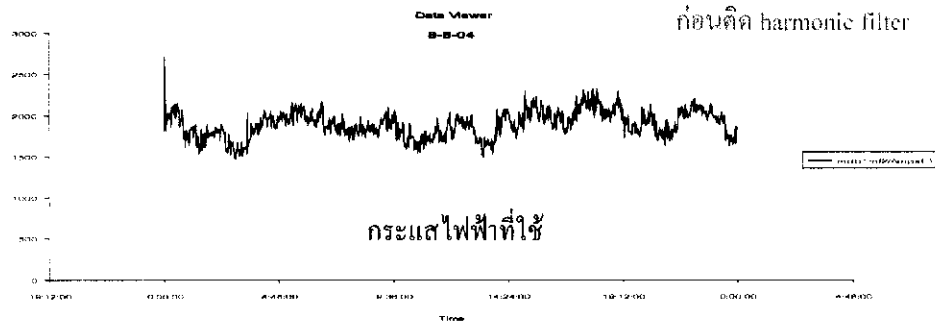


รูปที่ 6.4 ผลของฮาร์โมนิกส์ที่เกิดขึ้นในระบบไฟฟ้า ณ วันที่ 6/8/04

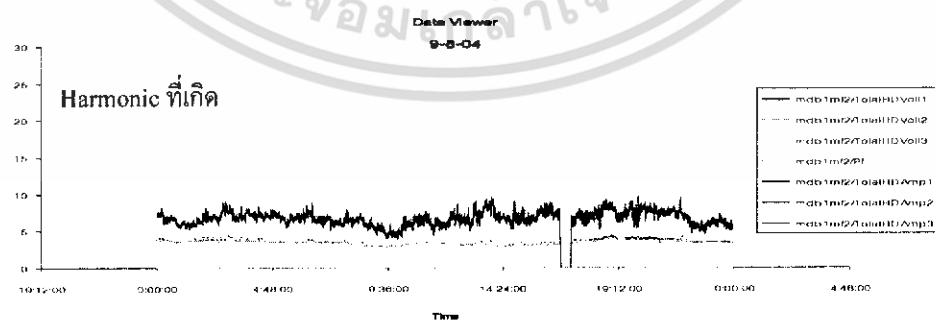
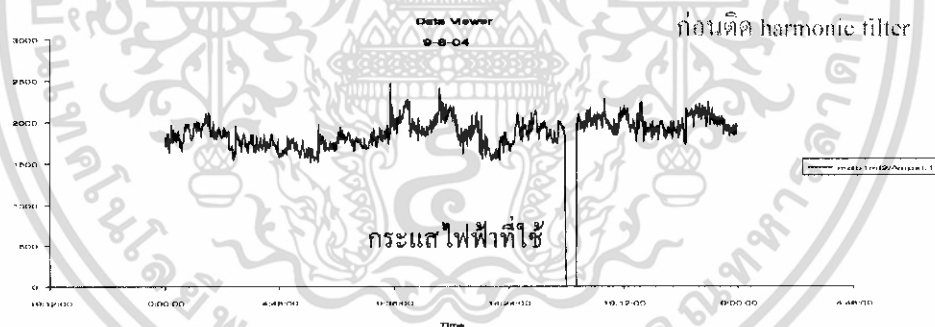


รูปที่ 6.5 ผลของฮาร์โมนิกส์ที่เกิดขึ้นในระบบไฟฟ้า ณ วันที่ 7/8/04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

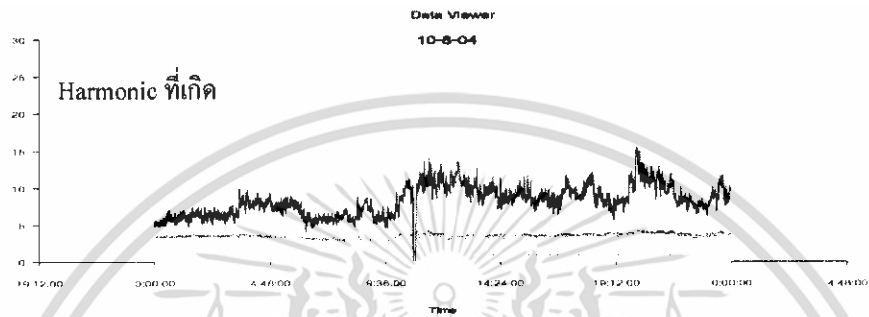
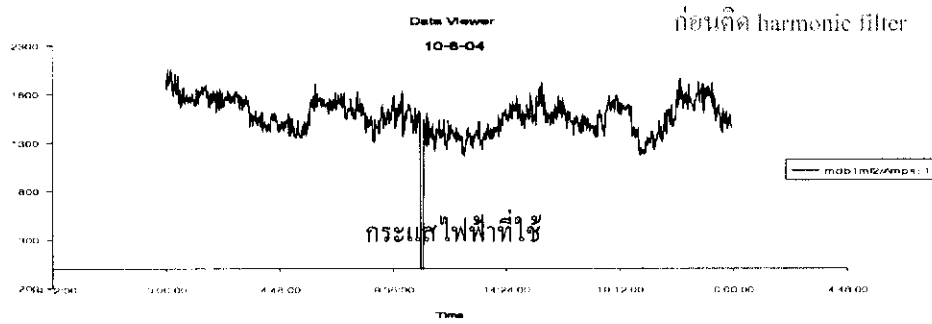


รูปที่ 6.6 ผลของฮาร์โมนิกส์ที่เกิดขึ้นในระบบไฟฟ้า ณ วันที่ 8/8/04

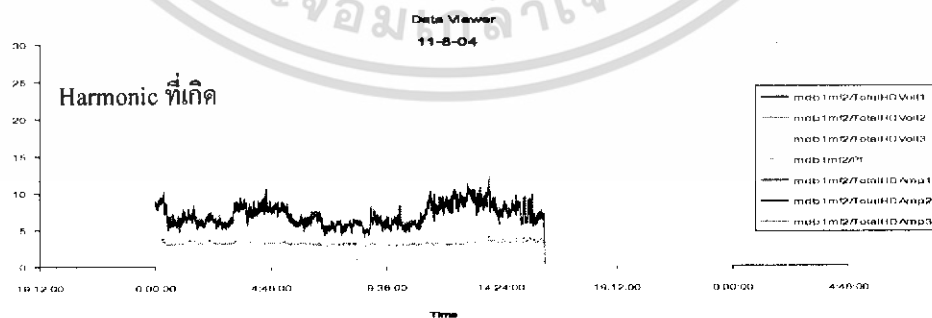
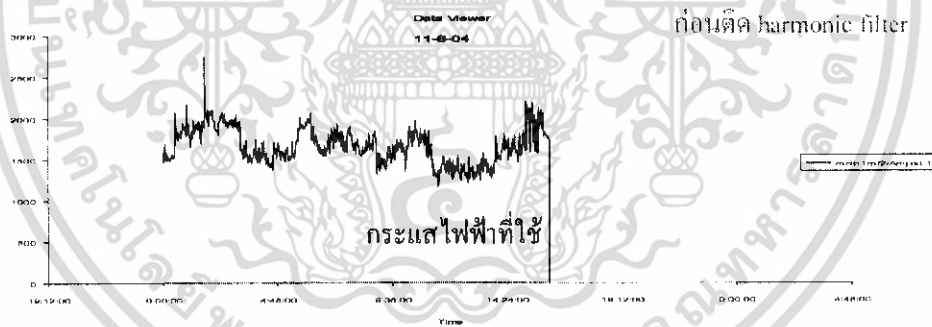


รูปที่ 6.7 ผลของฮาร์โมนิกส์ที่เกิดขึ้นในระบบไฟฟ้า ณ วันที่ 9/8/04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

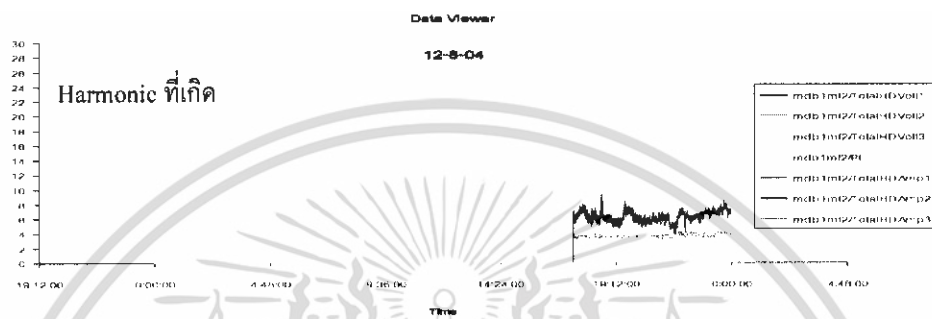
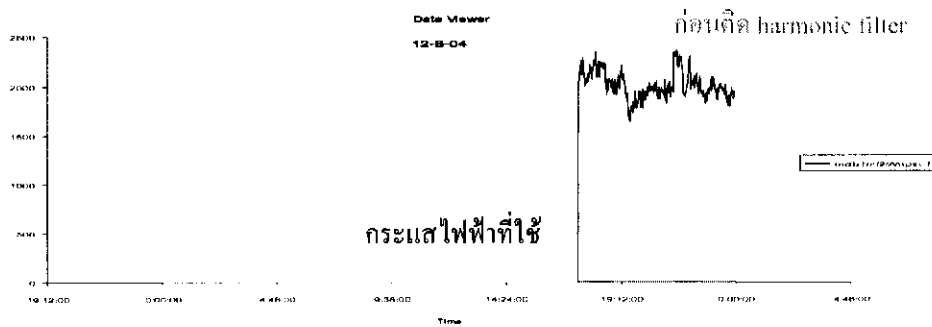


รูปที่ 6.8 ผลของฮาร์โมนิกส์ที่เกิดขึ้นในระบบไฟฟ้า ณ วันที่ 10/8/04

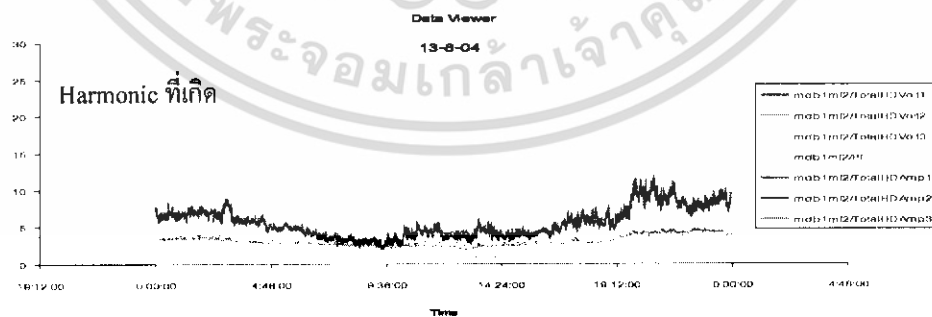


รูปที่ 6.9 ผลของฮาร์โมนิกส์ที่เกิดขึ้นในระบบไฟฟ้า ณ วันที่ 11/8/04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

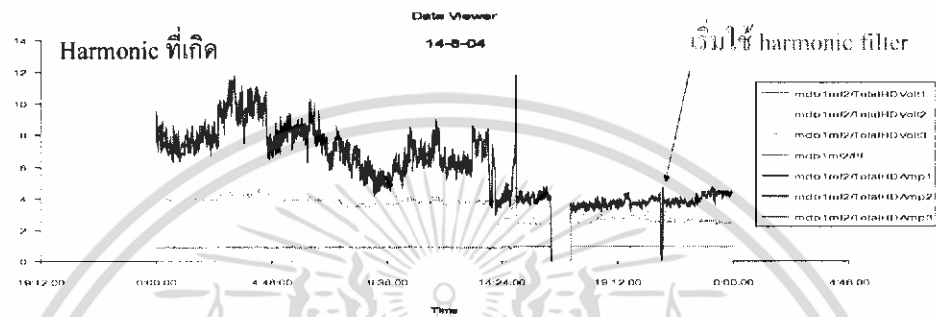
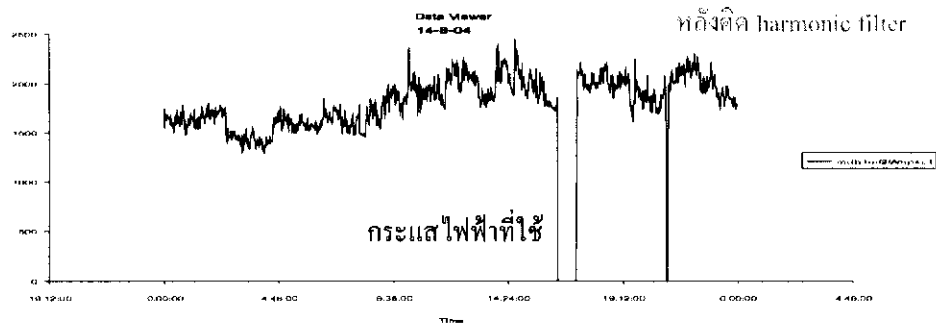


รูปที่ 6.10 ผลของฮาร์โมนิกส์ที่เกิดขึ้นในระบบไฟฟ้า ณ วันที่ 12/8/04

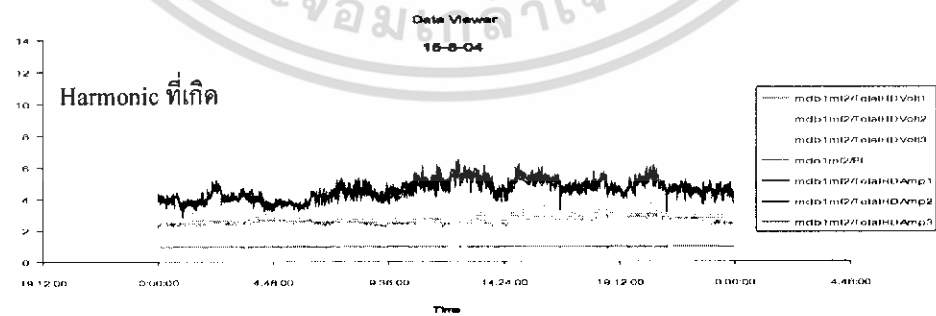
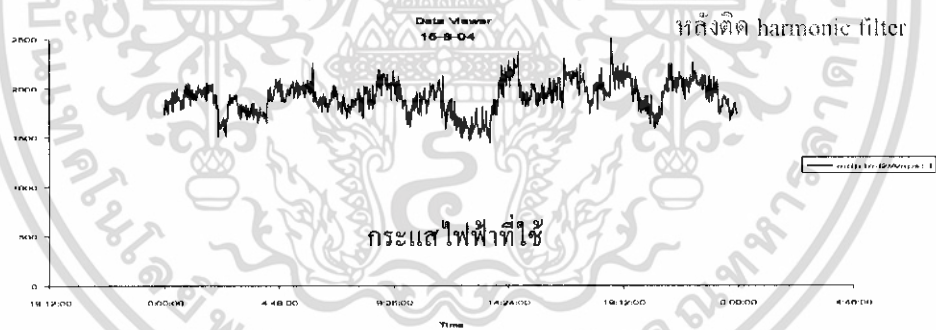


รูปที่ 6.11 ผลของฮาร์โมนิกส์ที่เกิดขึ้นในระบบไฟฟ้า ณ วันที่ 13/8/04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

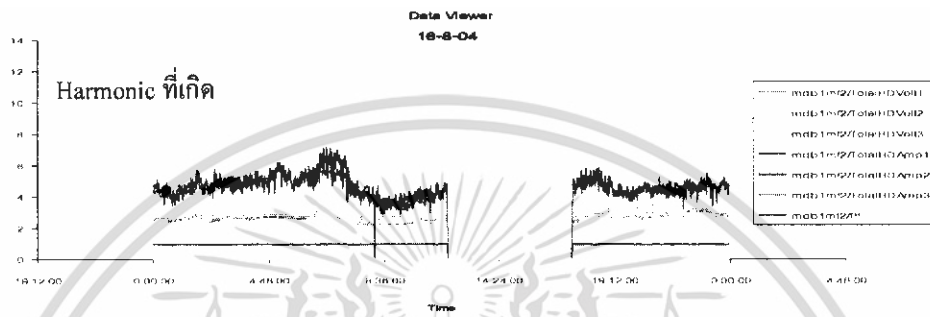
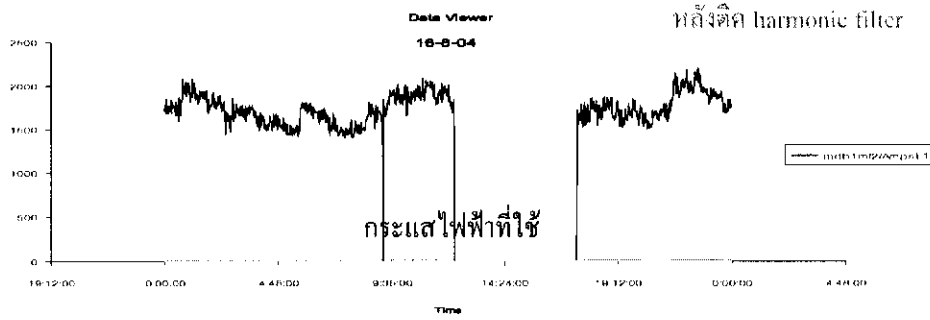


รูปที่ 6.12 ผลของฮาร์โมนิกส์ที่เกิดขึ้นในระบบไฟฟ้า ณ วันที่ 14/8/04

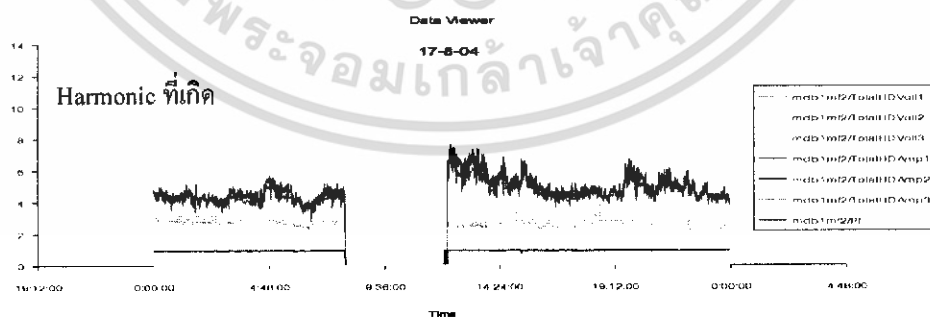
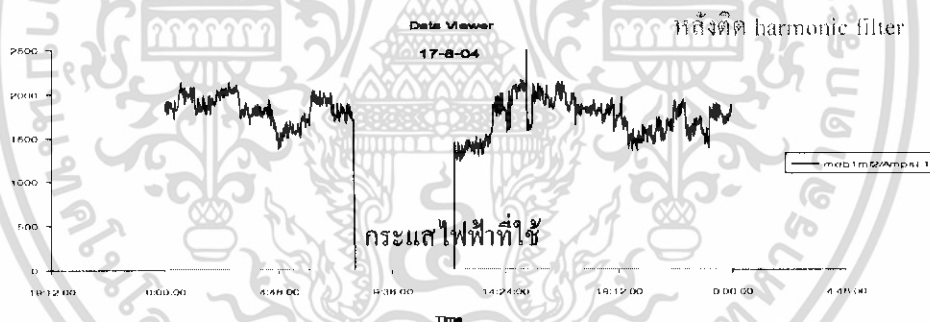


รูปที่ 6.13 ผลของฮาร์โมนิกส์ที่เกิดขึ้นในระบบไฟฟ้า ณ วันที่ 15/8/04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

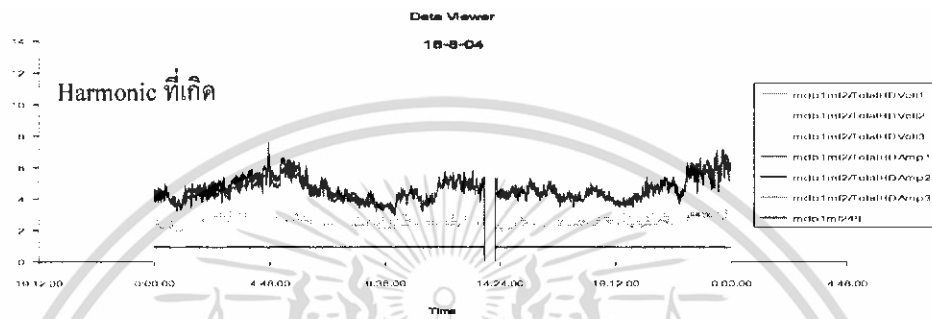
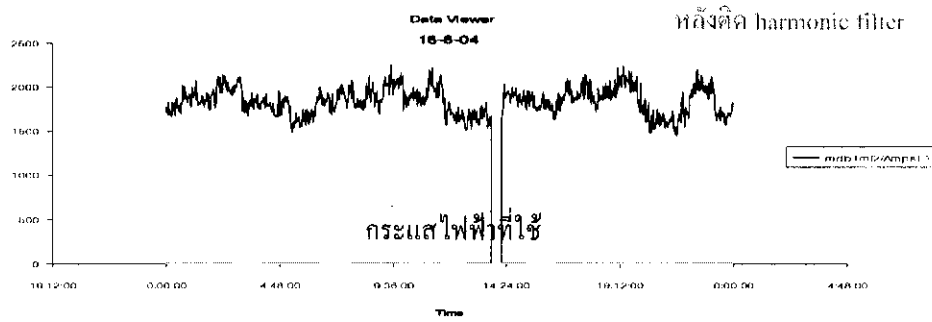


รูปที่ 6.14 ผลของฮาร์โมนิกส์ที่เกิดขึ้นในระบบไฟฟ้า ณ วันที่ 16/8/04

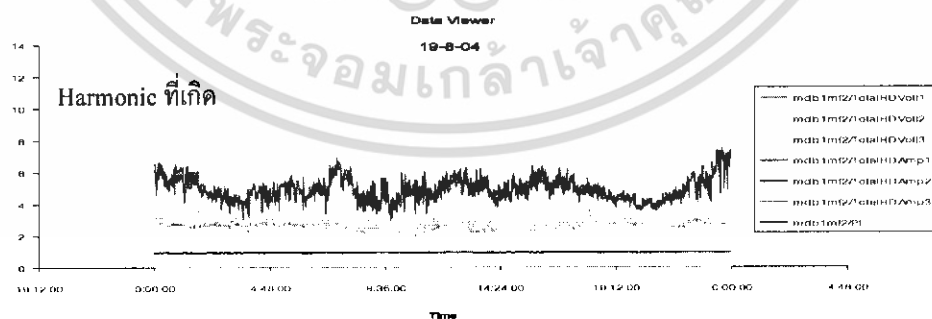
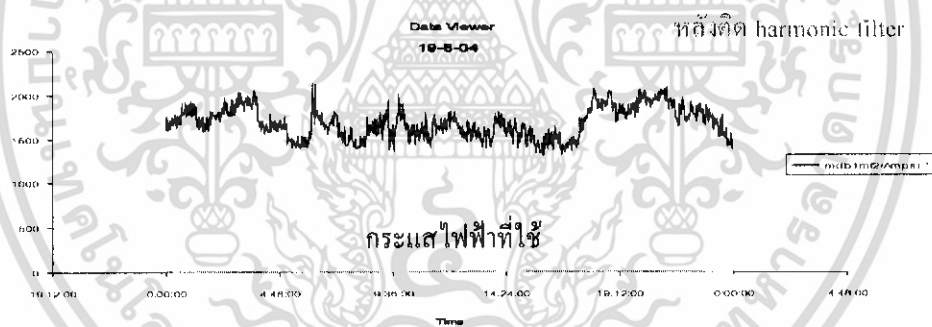


รูปที่ 6.15 ผลของฮาร์โมนิกส์ที่เกิดขึ้นในระบบไฟฟ้า ณ วันที่ 17/8/04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

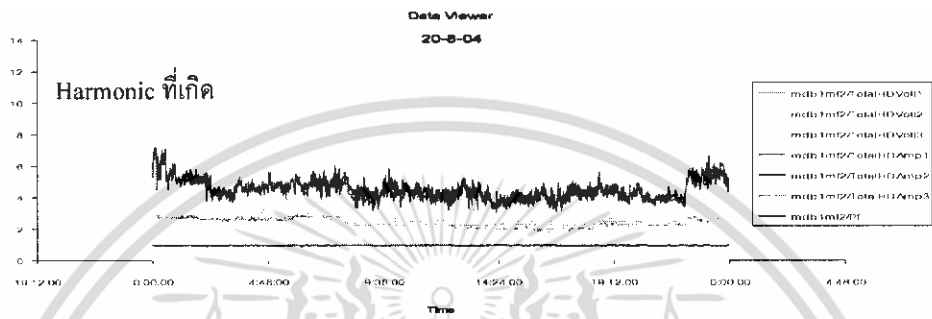
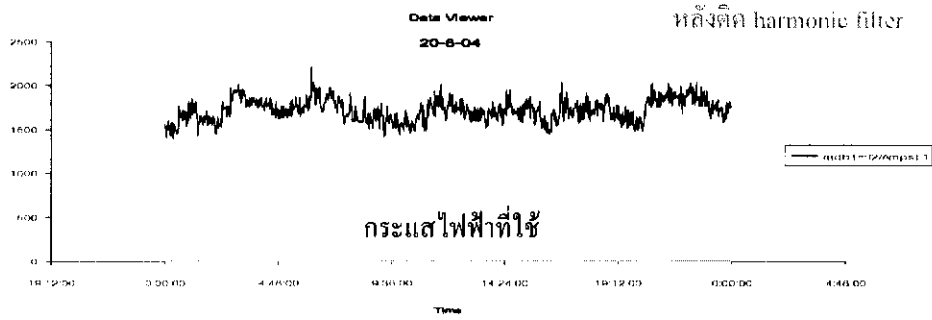


รูปที่ 6.16 ผลของฮาร์โมนิกส์ที่เกิดขึ้นในระบบไฟฟ้า ณ วันที่ 18/8/04

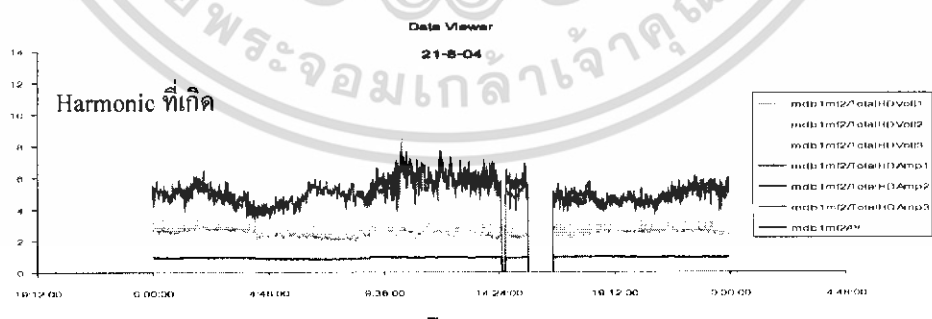
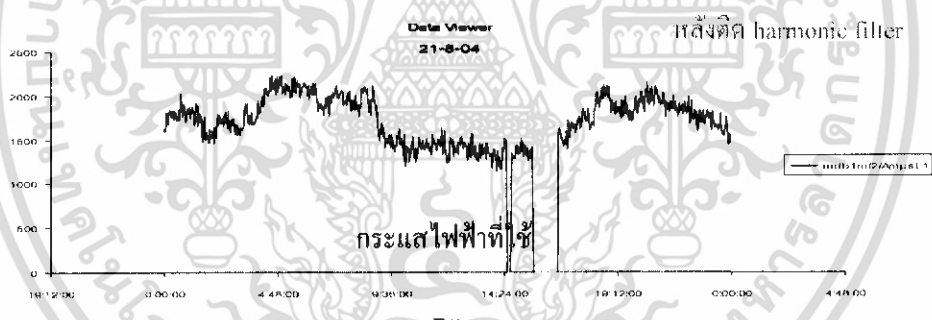


รูปที่ 6.17 ผลของฮาร์โมนิกส์ที่เกิดขึ้นในระบบไฟฟ้า ณ วันที่ 19/8/04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

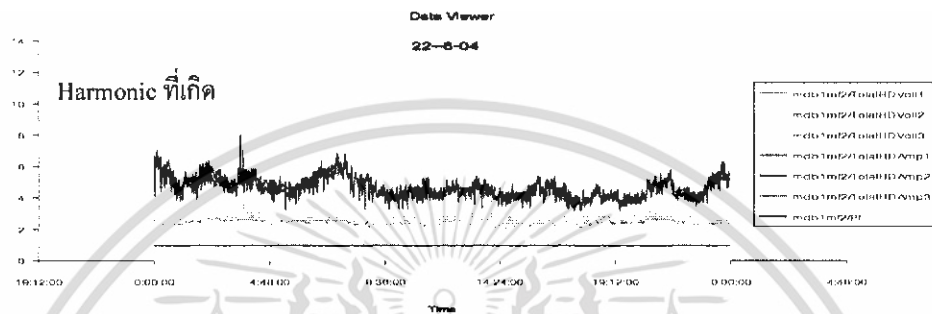
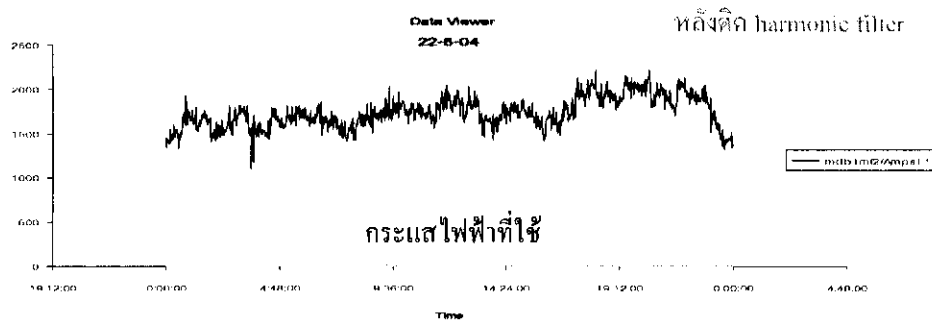


รูปที่ 6.18 ผลของฮาร์โมนิกส์ที่เกิดขึ้นในระบบไฟฟ้า ณ วันที่ 20/8/04



รูปที่ 6.19 ผลของฮาร์โมนิกส์ที่เกิดขึ้นในระบบไฟฟ้า ณ วันที่ 21/8/04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.20 ผลของฮาร์โมนิกส์ที่เกิดขึ้นในระบบไฟฟ้า ณ วันที่ 22/8/04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. “ **Industrial control electronics : applications and design** ” J. Michael Jacob
London : Prentice-Hall International, c1989
2. “ **ปฏิบัติการวิศวกรรมการวัดคุม 1** ” ผศ.วิสูตร ศรีรัตนะ อ.อัมพวัน ใจกล้า อ.พิทยา ปานนิล.
ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้า
คุณทหารลาดกระบัง
3. “ **หลักการและการใช้งาน เครื่องมือวัดอุตสาหกรรม** ” สมศักดิ์ กীরตวิมุติเศรษฐ์ กรุงเทพฯ: ศ.ศ.ท.
,2545
4. “ **คู่มือเรียน Visual Basic 6(ฉบับปรับปรุง)** ” ฉันทวุฒิ พีชผล พิชิต สันติภูพานนท์ พร้อมเลิศ หล่อ
วิจิตร กรุงเทพฯ: โปรวิชั่น, 2547
5. “ **คู่มือการเขียนโปรแกรมและใช้งาน Visual Basic 6.0** ” สัจจะ รุ่งรวีวร กรุงเทพฯ : อินโฟเพรส ,
2544
6. “ **เครื่องวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ของตั้งควบคุม PID แบบอัตโนมัติ** ” พิทยา ปานนิล
วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย สถาบัน
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้