โครงงานวิศวกรรมชลประทาน

(02207499)

ที่ 4/2556

การประดิษฐ์เครื่องแปลสัญญาณเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำ

The Invention of Transmitter of Current Meter

โดย

นายกำพล แสงสายออ

นายพชรพรรค์ พรมเหลา

เสนอ

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กำแพงแสน นครปฐม 73140

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา-ชลประทาน)

พุทธศักราช 2556

ใบรับรองโครงงานวิศวกรรมชลประทาน

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เรื่อง : การประดิษฐ์เครื่องแปลสัญญาณเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำ

The Invention of Transmitter of Current Meter

ผู้ทำโครงการ : นายกำพล แสงสายออ

นายพชรพรรค์ พรมเหลา

ได้รับความเห็นชอบโดย :

ประธานกรรมการ ……..……

(อ.ธัญดร ออกวะลา)

……../……../……...

กรรมการ …….

(อ.ดร.ยุทธนา ตาละลักษมณ์)

……../……../……..

หัวหน้าภาควิชา ……..……

(ผศ.นิมิตร เฉิดฉันท์พิพัฒน์)

……../……../……...

บทคัดย่อ

เรื่อง : การประดิษฐ์เครื่องแปลสัญญาณเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำ

โดย : นายกำพล แสงสายออ

นายพชรพรรค์ พรมเหลา

อาจารย์ที่ปรึกษา : .....

(อ.ธัญดร ออกวะลา)

...../...../.....

เนื่องจากเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำแบบใบพัดส่วนใหญ่ มักจะแสดงผลการวัดออกมาเป็นจำนวนรอบ การหาค่าความเร็วกระแสน้ำ จะต้องนำจำนวนรอบที่ได้ไปคำนวณค่าความเร็วของกระแสน้ำ ผู้ศึกษาจึงได้ประดิษฐ์เครื่องแปลสัญญาณเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ในการแปลงสัญญาณจากเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำที่แสดงผลเป็นจำนวนรอบ ให้แสดงผลเป็นหน่วยของความเร็ว (ระยะทาง/เวลา) ซึ่งจะสามารถนำค่าที่ได้ไปใช้งานได้สะดวกยิ่งขึ้น และเมื่อนำเครื่องแปลสัญญาณเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำที่ประดิษฐ์ขึ้น ไปทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานภาคสนาม โดยเปรียบเทียบกับเครื่องมือวัดความเร็วกระแสน้ำที่ได้มาตรฐาน ผลที่ได้มีความคลาดเคลื่อนของค่าความเร็วอยู่ในช่วง 0.0005-0.0082 เมตร/วินาที ความคลาดเคลื่อนคิดเป็นเปอร์เซ็นต์อยู่ในช่วง 0.108-1.282 เปอร์เซ็นต์ และมีเปอร์เซ็นต์ความคาดเคลื่อนเฉลี่ย 0.734 เปอร์เซ็นต์

Abstract

Title : The Invention of Transmitter of Current Meter

By : Mr.Khampol Sangsaior

Mr.Pacharapan Promlao

Project Advisor : ……

(Mr.Thundorn Okwala)

……../……../……...

As a current meter often shows a result by giving a number of cycles, the determination of velocity has to be calculated by using the number of cycles which is complicate to be used. The researcher has invented the transmitter of current meter using microcontroller to transform signals from the current meter showing the number of cycles to standard velocity unit instead (distance/time). The values can be easily used. When experimented in the field comparing with the standard one, the transmitter of current meter gives velocity error in the range of 0.0005 – 0.0082 m/s or 0.108 – 1.282%. The average error is 0.734%

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานวิศวกรรมชลประทานฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ธัญดร ออกวะลา ประธานกรรมการที่ปรึกษาโครงการ และอาจารย์อนุมัติ อิงคนินันท์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ที่ได้สละเวลาอันมีค่า ให้คำปรึกษาแนะนำ ในการจัดทำโครงงานวิศวกรรมชลประทานเล่มนี้ จนเสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้อุปกรณ์ในการทำงาน ซึ่งทำให้การดำเนินโครงงานเล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณนายปิยรัชต จุฑาธรรม ที่ได้ช่วยให้คำแนะนำ และช่วยประดิษฐ์เครื่องแปลสัญญาณเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำ ทั้งในส่วนโปรแกรมควบคุมการทำงาน และการประกอบเครื่อง

สุดท้ายเล่มนี้ ประโยชน์และความดีทั้งหลายอันพึงจะได้รับจากโครงงานวิศวกรรมเล่มนี้ ผู้จัดทำขอมอบให้แก่บิดา มารดา ผู้มีอุปการคุณ ที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาความรู้ และความสามารถต่างๆให้แก่ผู้จัดทำ จึงขอกราบขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย

นายกำพล แสงสายออ

นายพชรพรรค์ พรมเหลา

มีนาคม 2557

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อ		ก
ABSTRACT		ข
กิตติกรรมประกาศ		ค
สารบัญ		ง
สารบัญรูป		ฉ
สารบัญตาราง		ซ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ		ฌ
บทที่ 1	บทนำ	1
1.1	ความสำคัญ และที่มาของปัญหา	1
1.2	วัตถุประสงค์ของโครงงาน	2
1.3	ขอบเขตการศึกษาโครงงาน	2
บทที่ 2	การตรวจเอกสาร	3
2.1	เครื่องวัดความเร็วของกระแสน้ำ	3
2.2	การทำงานของ Photomicrosensor	6
2.3	การศึกษาที่ผ่านมา	7
2.4	หลักการทำงานของ Microcontroller MCS 51	8
บทที่ 3	ขั้นตอนการดำเนินงาน	11
3.1	ศึกษาเครื่องมือวัดความเร็วกระแสน้ำ	11
3.2	ออกแบบกลไกการทำงานของเครื่องแปลสัญญาณเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำ	12
3.3	การจัดสร้างเครื่องแปลสัญญาณเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำ	14

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
	3.4 การสอบเทียบเครื่องมือวัดความเร็วกระแสน้ำที่ประดิษฐ์ขึ้น กับเครื่องมือวัดความเร็วกระแสน้ำที่ได้มาตรฐาน	16
	3.5 การสอบเทียบเครื่องแปลสัญญาณเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำภาคสนาม	17
บทที่ 4	ผลการดำเนินงาน	18
	4.1 เครื่องแปลสัญญาณเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำ	18
	4.2 ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องแปลสัญญาณเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำ	19
บทที่ 5	สรุปผลและข้อเสนอแนะ	23
	5.1 สรุปผล	23
	5.2 ข้อเสนอแนะ	24
เอกสารอ้างอิง		25
ภาคผนวก		26
	ภาคผนวก ก วัสดุและอุปกรณ์	27
	ภาคผนวก ข โปรแกรมควบคุมการทำงาน และประมวลผลใน Microcontroller	29

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	เครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำชนิดใบจักร หรือใบพัด	3
2.2	เครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำแบบใบพัด	3
2.3	เครื่องมือวัดความเร็วกระแสน้ำแบบกรวยหมุน แบบวัดความเร็วไม่มาก และแบบวัดความเร็วกระแสน้ำในแม่น้ำ หรือคลองขนาดใหญ่	4
2.4	เครื่องมือวัดความเร็วชนิดกรวยหมุน	4
2.5	Electromagnetic Current Meter	5
2.6	Photomicrosenser	6
2.7	หลักการทำงานของ Photomicrosenser	6
2.8	ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนนับใน 10 วินาที กับ ความเร็วกระแสน้ำ	7
2.9	การเปรียบเทียบความเร็วจากเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำที่ประดิษฐ์ขึ้นกับ ความเร็วจาก เครื่องมือวัดความเร็วกระแสน้ำแบบ Electromagnetic	7
2.10	แสดงโครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	9
3.1	กลไกการทำงานของเครื่องแปลสัญญาณเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำ	12
3.2	ส่วนประกอบของเครื่องมือวัดความเร็วที่ประดิษฐ์ขึ้น	14
3.3	Program Keil uVision3	15
3.4	Program Flip 3.4.7	15
4.1	ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงาน	18
4.2	ตัวอย่างการบรรจุโปรแกรมภาษา C ลงในไมโครคอนโทรลเลอร์	18
4.3	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบใน 20 วินาทีกับความเร็วกระแสน้ำ	20
4.4	กราฟความสัมพันธ์ของความเร็วกระแสน้ำที่วัดได้จากเครื่องแปลสัญญาณเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำ และเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำแบบ Electromagnetic	22
ก-1	ใบพัดที่สามารถหาซื้อได้ตามท้องตลาดแบบต่างๆ	26
ก-2	MICROCONTROLLER BOARD JR51 WITH USB และขาต่างๆ	26
ก-3	LCD 16X2 CHARACTERS	26

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
ก-4	CAPSENSE KEY PAD 16KEYS	26
ก-5	เซนเซอร์ตัดแสงแบบกล้ามปู	27
ก-6	กล่องติดตั้งอุปกรณ์	27
ก-7	เครื่องวัดความเร็วน้ำแบบ Electromagnetic	27
ก-8	รางน้ำทดลอง (Flume)	27

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.1	ข้อมูลที่ใช้ในการสอบเทียบค่าความเร็วกระแสน้ำ	19
4.2	ผลการทดสอบการใช้งานภาคสนาม	21

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

V	แสดงถึง	ความเร็วที่อ่านได้จากเครื่องแปลสัญญาณเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำ และเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำแบบ Electromagnetic (เมตร/วินาที)
R	แสดงถึง	จำนวนครั้งที่ใบพัดตัดผ่านเซนเซอร์แสง ในเวลา 20 วินาที
N	แสดงถึง	ความเร็วที่คำนวณได้จากเครื่องแปลสัญญาณเครื่องวัดความเร็ว กระแสน้ำในหน่วย รอบ/วินาที
a , b	แสดงถึง	ค่าคงที่ของการสอบเทียบ

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญ และที่มาของปัญหา

เครื่องมือวัดความเร็วกระแสน้ำที่นิยมใช้กันปัจจุบันในแม่น้ำลำธาร หรือคลองชลประทาน มักจะใช้เครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำ (Current Meter) โดยเครื่องมือที่ใช้วัดความเร็วกระแสน้ำที่ใช้กันทั่วไปนั้นมีราคาค่อนข้างสูง เนื่องจากเป็นเครื่องมือที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ หรือสั่งซื้อผ่านตัวแทนผู้จำหน่ายภายในประเทศ และเมื่อเครื่องมือเกิดการชำรุด ในการซ่อมแซมจะต้องสั่งนำเข้าอะไหล่จากต่างประเทศ หรือส่งไปซ่อมยังบริษัทผู้ผลิตในต่างประเทศ ซึ่งจะทำให้เกิดค่าใช้จ่ายเพิ่มสูงขึ้น

จากผลงานของ กิตติพงษ์ และสิริวัชร (2555) เครื่องมือวัดความเร็วกระแสน้ำแบบใบพัดขนาดเล็กที่ประดิษฐ์ขึ้น ในการวัดความเร็วกระแสน้ำจะแสดงผลความเร็วในรูปของจำนวนรอบที่ใบพัดตัดผ่านเซนเซอร์วัดแสง ในระยะเวลา 10 วินาที โดยใช้นาฬิกาในการจับเวลา จากนั้นต้องนำค่าความเร็วรอบที่ได้ไปคำนวณหาความเร็วกระแสน้ำ (เมตร/วินาที) โดยสมการความเร็วซึ่งได้จากการสอบเทียบระหว่างเครื่องมือวัดความเร็วกระแสน้ำแบบใบพัดขนาดเล็ก และเครื่องมือวัดความเร็วกระแสน้ำที่ได้มาตรฐาน ซึ่งขั้นตอนการหาความเร็วกระแสน้ำในหน่วยความเร็ว เมตร/วินาที จากเครื่องมือวัดความเร็วกระแสน้ำแบบใบพัดขนาดเล็กนั้น มีขั้นตอนที่ยุ่งยากต่อการนำไปใช้งาน

จากปัญหาข้างต้น ผู้ทำการศึกษาจึงได้ประดิษฐ์เครื่องแปลสัญญาณเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำที่ง่ายต่อการนำไปใช้งาน ซึ่งจะสร้างเครื่องแปลสัญญาณเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำ โดยจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCS51) ในการประมวลผล เพื่อแปลงมิติสัญญาณจำนวนการหมุนของใบพัดที่ได้รับสัญญาณจากเซนเซอร์แสง ให้เป็นหน่วยความเร็วมาตรฐาน (ระยะทาง/เวลา) ซึ่งสามารถนำค่าที่ได้ไปใช้งานได้สะดวกยิ่งขึ้น และเครื่องมือที่ประดิษฐ์ขึ้นนั้น จะต้องมีเกณฑ์ความน่าเชื่อถือที่ยอมรับได้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อออกแบบ และประดิษฐ์เครื่องแปลสัญญาณเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำ โดยแปลสัญญาณจำนวนรอบการหมุนของใบพัดที่ตัดผ่านเซนเซอร์แสง ให้เป็นความเร็วกระแสน้ำ (ระยะทาง/เวลา) โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCS51) ในการประมวลผล

1.2.2 เพื่อเปรียบเทียบผลการตรวจวัดค่าที่ได้จากเครื่องแปลสัญญาณเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำที่สร้างขึ้น กับเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำที่ได้มาตรฐาน

1.3 ขอบเขตการศึกษาโครงงาน

1.3.1 ผู้ศึกษาจะนำผลงานของ กิตติพงษ์ และสิริวัชร (2555) มาพัฒนา โดยสร้างเครื่องแปลสัญญาณเครื่องวัด ความเร็วกระแสน้ำให้สามารถรับค่าจำนวนรอบที่ใบพัดตัดผ่านเซนเซอร์แสง และนำค่าที่ได้ไป คำนวณหาค่าความเร็วกระแสน้ำ (เมตร/วินาที) โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการประมวลผล

1.3.2 ทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องแปลสัญญาณเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำ ในรางทดลองการไหลในทางน้ำเปิด กว้าง 15 เซนติเมตร ยาว 8 เมตร และ ลึก 20 เซนติเมตร โดยทดสอบในช่วงความเร็ว 0.20-0.75 เมตร/วินาที

บทที่ 2

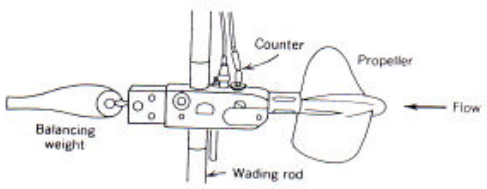
การตรวจเอกสาร

2.1 เครื่องวัดความเร็วของกระแสน้ำ

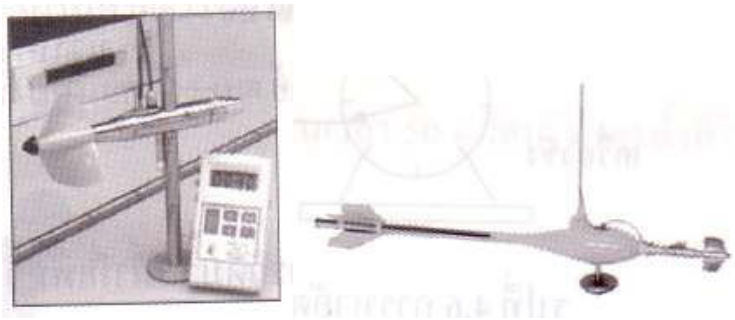
กีรติ (2548) การวัดอัตราการไหลในลำน้ำ (Measurement of Streamflow) ในลำน้ำขนาดใหญ่สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลและระดับน้ำได้โดยการใช้เครื่องมือวัดความเร็วกระแสน้ำ (current-meter) โดยการวัดความเร็วของการไหลมีด้วยกันหลายวิธี แต่วิธีที่นิยมใช้วัดความเร็วของการไหลในลำน้ำมีค่อนข้างจำกัด เนื่องจากสภาพการไหลเปลี่ยนแปรค่อนข้างสูง และมีปัญหาเกี่ยวกับตะกอนในลำน้ำเข้ามาเกี่ยวข้อง เครื่องวัดความเร็วของการไหลที่นิยมใช้ มีดังนี้

2.1.1 เครื่องวัดความเร็วของกระแสน้ำประเภทที่นิยมใช้งาน

- เครื่องมือวัดความเร็วน้ำแบบใบพัด (Propeller-type Current Meter) ดังรูปที่ 2.1 มีทั้งแบบที่ใช้วัดความเร็วน้ำไม่มาก จะมีใบพัดขนาดเล็กๆ และแบบที่ใช้วัดความเร็วน้ำมาก ดังรูปที่ 2.2 มีใบพัดหมุนรอบแกนเพลาที่วางอยู่ในแนวนอน และลักษณะโครงสร้างของเครื่องมือมีความทนทานกว่าเครื่องมือวัดความเร็วน้ำแบบกรวยหมุน



รูปที่ 2.1 เครื่องมือวัดความเร็วกระแสน้ำชนิดใบจักร หรือใบพัด



รูปที่ 2.2 เครื่องมือวัดความเร็วกระแสน้ำแบบใบพัด

หลักการทำงาน เมื่อหย่อนเครื่องมือวัดความเร็วน้ำแบบกรวยหมุนลงไปยังตำแหน่งที่ต้องการวัดความเร็วน้ำ ใบพัดจะหมุนรอบแกนเป็นจำนวน N รอบ/เวลา ซึ่งเครื่องมือวัดความเร็วน้ำแต่ละขนาด แต่ละรุ่น จะอ่านผลการวัดความเร็วกระแสน้ำในลักษณะต่างๆ เช่น บางเครื่องจะแสดงผลออกมาเป็นความเร็วรอบ/วินาที และบางเครื่องจะแสดงผลเป็นระยะทาง/วินาที ซึ่งจะมีสมการความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วน้ำ (เมตร/วินาที) กับจำนวนรอบต่อเวลา (รอบ/วินาที) ซึ่งโดยทั่วไปจะเป็นสมการเส้นตรงดังนี้

$$V = aN + b \quad \text{----------(2.1)}$$

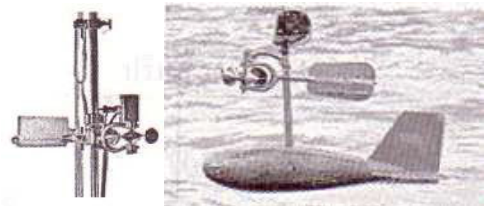
เมื่อ V คือ ความเร็วน้ำ (เมตร/วินาที)

N คือ จำนวนรอบต่อเวลา (รอบ/วินาที)

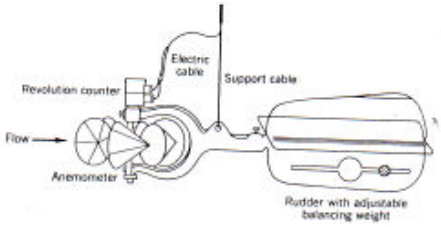
a ,b คือ ค่าคงที่ของการสอบเทียบ

- เครื่องมือวัดความเร็วน้ำแบบกรวยหมุน (Cup-type Current Meter) มีทั้งแบบที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ ใช้ในคลอง และร่องน้ำขนาดเล็กซึ่งใช้วัดความเร็วไม่มาก ดังรูปที่ 2.3 และแบบที่ใช้ในแม่น้ำหรือคลองขนาดใหญ่ ดังรูปที่ 2.4 ซึ่งจะมีทุ่นน้ำหนักถ่วง (Balancing Weight) เพื่อให้เครื่องมือวัดอยู่ในแนวดิ่งมากที่สุด ในกรณีลำน้ำตื้น จะติดตั้งเครื่องมือเข้ากับก้านหยั่ง (Wading Rod) ซึ่งใช้วัดความลึกของลำน้ำไปด้วยขณะวัดความเร็ว สำหรับลำน้ำตื้นมากๆ มีเครื่องมือวัด แบบถ้วยจิ๋ว (Pygmy Meter) ที่ใช้งานได้ในน้ำความลึกประมาณ 5 เมตร

โดยมีหลักการทำงานเช่นเดียวกันกับเครื่องมือวัดความเร็วน้ำแบบใบพัด (Propeller-type Current Meter)



รูปที่ 2.3 เครื่องมือวัดความเร็วกระแสน้ำแบบกรวยหมุน แบบวัดความเร็วไม่มาก และแบบวัดความเร็วกระแสน้ำในแม่น้ำ หรือคลองขนาดใหญ่



รูปที่ 2.4 เครื่องมือวัดความเร็วชนิดกรวยหมุน ที่มา: Martin

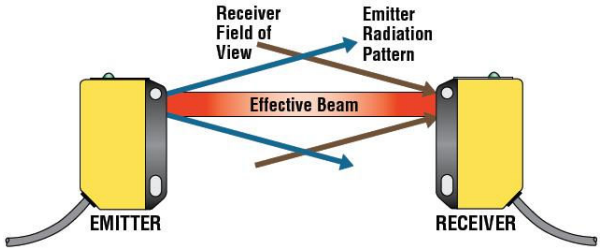
- Electromagnetic Current Meter ใช้หลักการทำงานของค่าความต่างศักย์ทางไฟฟ้า โดยจะปล่อยคลื่นที่มีค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า และตรวจจับคลื่นที่สะท้อนกลับผ่านกระแสน้ำ จึงสามารถหาความเร็วของกระแสน้ำได้

รูปที่ 2.5 Electromagnetic Current Meter

2.2 การทำงานของ Photomicrosensor

รูปที่ 2.6 Photomicrosenser

วศิน (2550) อุปกรณ์ตรวจจับด้วยแสง คือ การควบคุมแสงที่ใช้ในกระบวนการผลิตอัตโนมัติต่างๆ โดยทำงานตรวจจับแสงที่มองเห็น หรือแสงที่มองไม่เห็น และตอบสนองการทำงานตามการเปลี่ยนแปลงความเข้มของแสงที่ได้รับ



รูปที่ 2.7 หลักการทำงานของ Photomicrosenser

Effective beam : แสงที่ใช้ในการตรวจจับ

Radiation pattern : พื้นที่ทั้งหมดของการส่งพลังงานออกมาเพื่อตรวจจับ

Field of view : พื้นที่ของการตอบสนองการทำงาน

2.2.1 ส่วนประกอบของ Sensor

- Emitter (ตัวส่งสัญญาณ) : ประกอบด้วยตัวกำเนิดแสง หลอด LED และตัวสร้างสัญญาณมอสดูเลตที่อัตราเร็วสูง ส่งเป็นแสงไปยังตัวรับสัญญาณ

- Receiver (ตัวรับสัญญาณ) : ประกอบด้วยตัวรับแสงเพื่อแปลงสัญญาณ และส่วนของสวิตซ์ทำหน้าที่เป็น Output

2.2.2 คุณลักษณะเด่นของ Photomicrosensor

- ประสิทธิภาพดี แม้สภาพแวดล้อมมีสภาวะปนเปื้อนต่างๆ เช่น ฝุ่น และควัน เป็นต้น

- มีฟังก์ชั่นป้องกันการรบกวนซึ่งกัน
- ความเร็วในการตอบสนองต่ำกว่า 1 มิลลิวินาที
- มีแสงแหล่งจ่ายไฟด้วย LED และการแสดงการทำงานด้วย LED สีแดง
- มีวงจรการป้องกันการกลับขั้ว และป้องกันกระแสเกิน

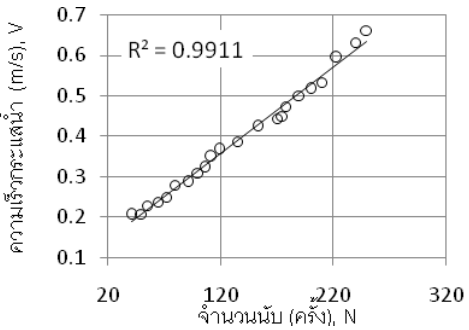
2.3 การศึกษาที่ผ่านมา

กิตติพงษ์ และสิริวัชร (2555) การศึกษาเรื่องเครื่องวัดความเร็วของกระแสน้ำแบบใบพัดขนาดเล็ก (Mini Propeller-Type Current Meter) จากผลการสอบเทียบเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำที่ประดิษฐ์ขึ้นกับเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำ แบบ Electromagnetic ที่ได้ผ่านการสอบเทียบจากกรมชลประทาน ได้ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนนับกับความเร็วกระแสน้ำ ดังนี้

$$V = 0.0021N + 0.1020 \quad \text{----------(2.2)}$$

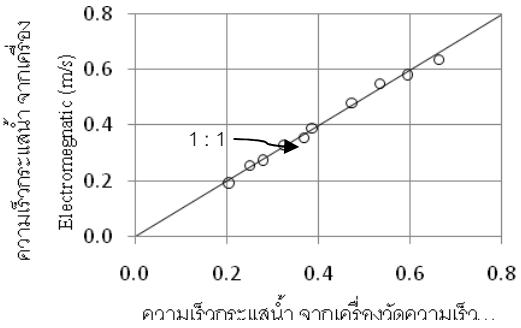
โดยที่ V = ความเร็วกระแสน้ำ (เมตร/วินาที)

N = จำนวนนับ จากวงจรควบคุมการนับ ใน 10 วินาที (รอบ/วินาที)



รูปที่ 2.8 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนนับใน 10 วินาที กับ ความเร็วกระแสน้ำ
จากผลการศึกษาของ กิตติพงษ์ และสิริวัชร (2555)

จากการเปรียบเทียบความเร็วกระแสน้ำที่ได้จากเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำที่ประดิษฐ์ขึ้นกับเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำแบบ Electromagnetic พบว่าผลที่ได้นั้นมีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย ± 0.011 เมตรต่อวินาที และความคลาดเคลื่อนสูงสุดไม่เกิน ± 0.024 เมตรต่อวินาที



รูปที่ 2.9 การเปรียบเทียบความเร็วจากเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำที่ประดิษฐ์ขึ้น กับความเร็วจากเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำ แบบ Electromagnetic จากผลการศึกษาของ กิตติพงษ์ และสิริวัชร (2555)

2.4 หลักการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS51

มาร์ค (2547) ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นอุปกรณ์ไอซี (IC: Integrated Circuit) ที่สามารถโปรแกรมการทำงานได้ซับซ้อน สามารถรับข้อมูลในรูปสัญญาณดิจิตอลเข้าไปทำการประมวลผลแล้วส่งผลลัพธ์ข้อมูลดิจิตอลออกมาเพื่อนำไปใช้งานตามที่ต้องการได้

ไมโครคอนโทรลเลอร์ภายในชิพจะมีหน่วยความจำ Port อยู่ในชิพเพียงตัวเดียวซึ่งอาจจะเรียกได้ว่าเป็นคอมพิวเตอร์ชิพเดี่ยว ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นไมโครโพรเซสเซอร์ชนิดหนึ่ง เช่นเดียวกับหน่วยประมวลผลกลาง (CPU: Central Processing Unit) ที่ใช้ในคอมพิวเตอร์ แต่ได้รับการพัฒนาแยกออกมาภายหลังเพื่อนำไปใช้ในวงจรทางด้านงานควบคุม คือ แทนที่ในการใช้งานจะต้องต่อวงจรภายนอกต่างๆ เพิ่มเติมเช่นเดียวกับไมโครโปรเซสเซอร์ ก็จะทำการรวมวงจรที่จำเป็น เช่น หน่วยความจำ ส่วนอินพุท/เอาท์พุท บางส่วนเข้าไปในตัวไอซีเดียวกัน และเพิ่มวงจรบางอย่างเข้าไปเพื่อให้มีความสามารถเหมาะสมกับการใช้ในงาน เช่น วงจรตั้งเวลา วงจรการสื่อสารอนุกรม และวงจรแปลงสัญญาณอนาลอคเป็นดิจิตอล เป็นต้น สรุปคือ

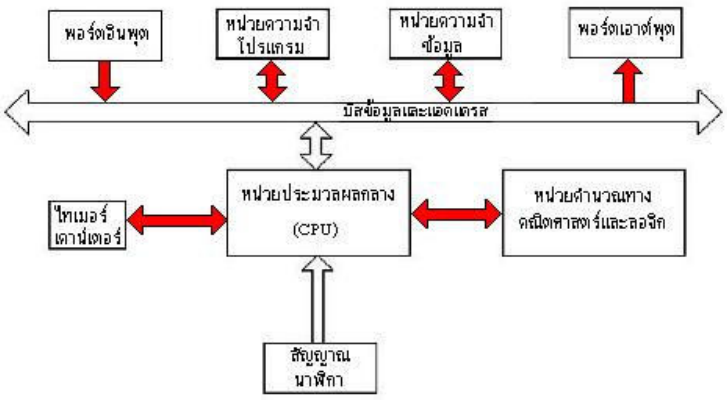
Microcontroller = Microprocessor + Memory + I/O

ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานอย่างกว้างขวาง โดยจะเป็นการนำไปใช้ฝังในระบบของอุปกรณ์อื่นๆ (Embeded Systems) เพื่อใช้ควบคุมการทำงานบางอย่าง เช่น ใช้ในรถยนต

เตาอบไมโครเวฟ เครื่องปรับอากาศ และเครื่องซักผ้าอัตโนมัติ เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์มีข้อดีเหมาะสมต่อการใช้ในงานควบคุมหลายประการ เช่น

- ชิพไอซีและระบบที่ได้มีขนาดเล็ก
- ระบบที่ได้มีราคาถูกกว่าการใช้ชิพไมโครโพรเซสเซอร์
- วงจรที่ได้จะมีความซับซ้อนน้อย ช่วยลดข้อผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในการต่อวงจร
- มีคุณสมบัติเพิ่มเติมสำหรับงานควบคุมโดยเฉพาะซึ่งใช้งานได้ง่าย
- ช่วยลดระยะเวลาในการพัฒนาระบบได้
-

2.4.1 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51



รูปที่ 2.10 แสดงโครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

2.4.2 โครงสร้างหน่วยความจำภายในไมโครคอนโครลเลอร์ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แยกการจัดการหน่วยความจำออกเป็นสองส่วนอย่างชัดเจน คือ หน่วยความจำโปรแกรม (Program Merory) และหน่วยความจำข้อมูล (Data Memory) หน่วยความจำทั้งสองนี้ มีหน้าที่แตกต่างไปจากกัน และใช้วิธีการอ้างแอดเดรสสัญญาณการติดต่อแยกออกจากกัน

- หน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เป็นบริเวณหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล และคำสั่งใช้งานต่างๆ ซึ่งแม้ว่าจะไม่มีการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับระบบข้อมูลเหล่านี้ก็ยังคงอยู่ไม่สูญหาย

- หน่วยความจำข้อมูล (Data Memory) ซึ่งโดยพื้นฐานแล้วเป็นหน่วยความจำแรมสามารถเขียนหรืออ่านข้อมูลได้ (Read or Write Memory) ใช้สำหรับเก็บข้อมูล หรือตัวแปรที่เกิดขึ้น ในขณะที่กำลังประมวลผลโปรแกรมไว้เป็นการชั่วคราว ซึ่งโดยพื้นฐานแล้วหน่วยความจำข้อมูลจัดเป็นหน่วยความจำแรมแบบสแตติก ดังนั้นเมื่อไม่มีการจ่ายไฟฟ้าให้กับระบบก็จะมีผลทำให้ข้อมูลที่จัดเก็บไว้ภายในหน่วยความจำนี้สูญไป

2.4.3 รีจิสเตอร์ที่เกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

รีจิสเตอร์ในกลุ่มนี้จะเป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิต ที่ใช้งานเพื่อเก็บข้อมูลของตัวแอดเดรสเป็นสำคัญโดยค่าที่อยู่ภายในแอด เดรสนี้จะนำไปเป็นค่าของข้อมูลที่ส่งออกไปทางบัสแอดเดรส ในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อบอกตำแหน่งที่ต้องการติดต่อ

2.4.4 ชุดคำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ประกอบด้วยคำสั่งทั้งหมดจำนวนมาก ซึ่งสามารถจะจัดกลุ่มคำสั่งเหล่านี้ตามลักษณะ และหน้าที่การทำงานที่คล้ายคลึงกัน เพื่อความสะดวกต่อการศึกษา ทำความเข้าใจ และใช้งาน ดังนี้

- กลุ่มการถ่ายเทข้อมูล คือ กลุ่มคำสั่งในการโอนย้ายข้อมูล ทำหน้าที่ในการโอนย้ายข้อมูลระหว่างรีจิสเตอร์ หรือหน่วยความจำภายในแรม

- กลุ่มคำสั่งทางคณิตศาสตร์ เช่น การบวก ลบ คูณ และหารข้อมูลภายในตัวรีจิสเตอร์ต่างๆ ช่วงเวลาการทำงานของแต่ละคำสั่งนั้น จะกำหนดที่ความถี่ของสัญญาณนาฬิกาที่ 12 เมกะเฮิรตซ์ คำสั่งทางคณิตศาสตร์ส่วนใหญ่ใช้เวลา 1 ms ยกเว้นคำสั่ง INC DPTR ซึ่งใช้เวลา 2 ms โดยที่คำสั่งการคูณและหารใช้เวลา 4 ms

- กลุ่มคำสั่งทางตรรกศาสตร์ หรือแบบลอจิก ทำหน้าที่เกี่ยวกับการประมวลผลแบบลอจิกต่างๆ

- กลุ่มคำสั่งแบบบูลีน หรือแบบบิต ซึ่งเป็นความสามารถของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ที่จะดำเนินการประมวลผลแบบบิต แทนที่จะเป็นข้อมูลทั้งไบต์เช่นปกติ โดยมีชุดคำสั่งที่จัดการโดยตรง ทุกคำสั่งจะเข้าถึงข้อมูลโดยตรงในระดับบิต

- กลุ่มคำสั่งในการกระโดดไปยังตำแหน่งต่างๆภายในโปรแกรม ซึ่งจะเปลี่ยนลำดับของการประมวลผลภายในโปรแกรมไปยังส่วนต่างๆแทนที่จะดำเนินการไปเป็นลำดับต่อเนื่อง

2.4.5 การรีเซต

โดยความหมายของการรีเซตเป็นการบังคับให้มีการเริ่มต้นใหม่อีกครั้งหนึ่ง ซึ่งจะกระทำโดยการกำหนดสภาวะของสัญญาณที่ขารีเซตของไอซี MCS-51 ให้เป็นระดับลอจิกที่เหมาะสมเท่านั้น การรีเซตด้วยวิธีนี้ถือว่าเป็นการอินเตอร์รัปต์อย่างหนึ่งได้ แต่จะมีลักษณะต่างออกไปจากการอินเตอร์รัปต์ของสัญญาณนี้ได้ ซึ่งมีศัพท์เฉพาะเรียกว่า Non-Maskale Interrupt นอกจากนี้การดำเนินการของโปรแกรมก็แตกต่างออกไป โดยจะไม่มีการเก็บค่าของคำสั่งที่กำลังจะไปทำในลำดับต่อไปภายในรีจิสเตอร์ PC เมื่อมีการรีเซตเกิดขึ้น โปรแกรมจะถูกสั่งให้กระโดดไปยังแอดเดรส 0000 ทันที ซึ่งตำแหน่งนี้ จะเป็นตำแหน่งเริ่มต้นของการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เมื่อเริ่มจ่ายไฟให้กับระบบเมื่อใดก็ตามที่มีการรีเซตเกิดขึ้น ค่าสภาวะต่างๆภายในไมโครคอนโทรลเลอร์จะถูกกำหนดกลับไปเป็นค่าเริ่มต้นใหม่อีกครั้ง

บทที่ 3
ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 ศึกษาเครื่องมือวัดความเร็วกระแสน้ำ

เครื่องมือวัดความเร็วน้ำแบบใบพัด (Propeller-type Current Meter) หลักการทำงาน เมื่อหย่อนเครื่องมือวัดความเร็วกระแสน้ำไปยังตำแหน่งที่ต้องการวัดความเร็ว ใบพัดจะหมุนรอบแกน ซึ่งเครื่องมือวัดความเร็วน้ำแต่ละแบบ จะให้ผลในลักษณะต่างกัน เช่น บางเครื่องจะให้ผลออกมาเป็นมิติของความเร็ว ระยะทาง/เวลา บางเครื่องจะให้ผลออกมาเป็นมิติของความเร็ว รอบ หรือ รอบ/เวลา โดยจะต้องอาศัยสมการความเร็วซึ่งได้จากความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบ และความเร็วกระแสน้ำ เพื่อแปลงค่าความเร็วจากมิติความเร็วรอบ (รอบ/เวลา) ให้เป็นมิติความเร็ว (ระยะทาง/เวลา) ซึ่งโดยทั่วไปจะอยู่ในรูปสมการเส้นตรง ดังแสดงในสมการที่ 2.1

$$V = aN + b$$

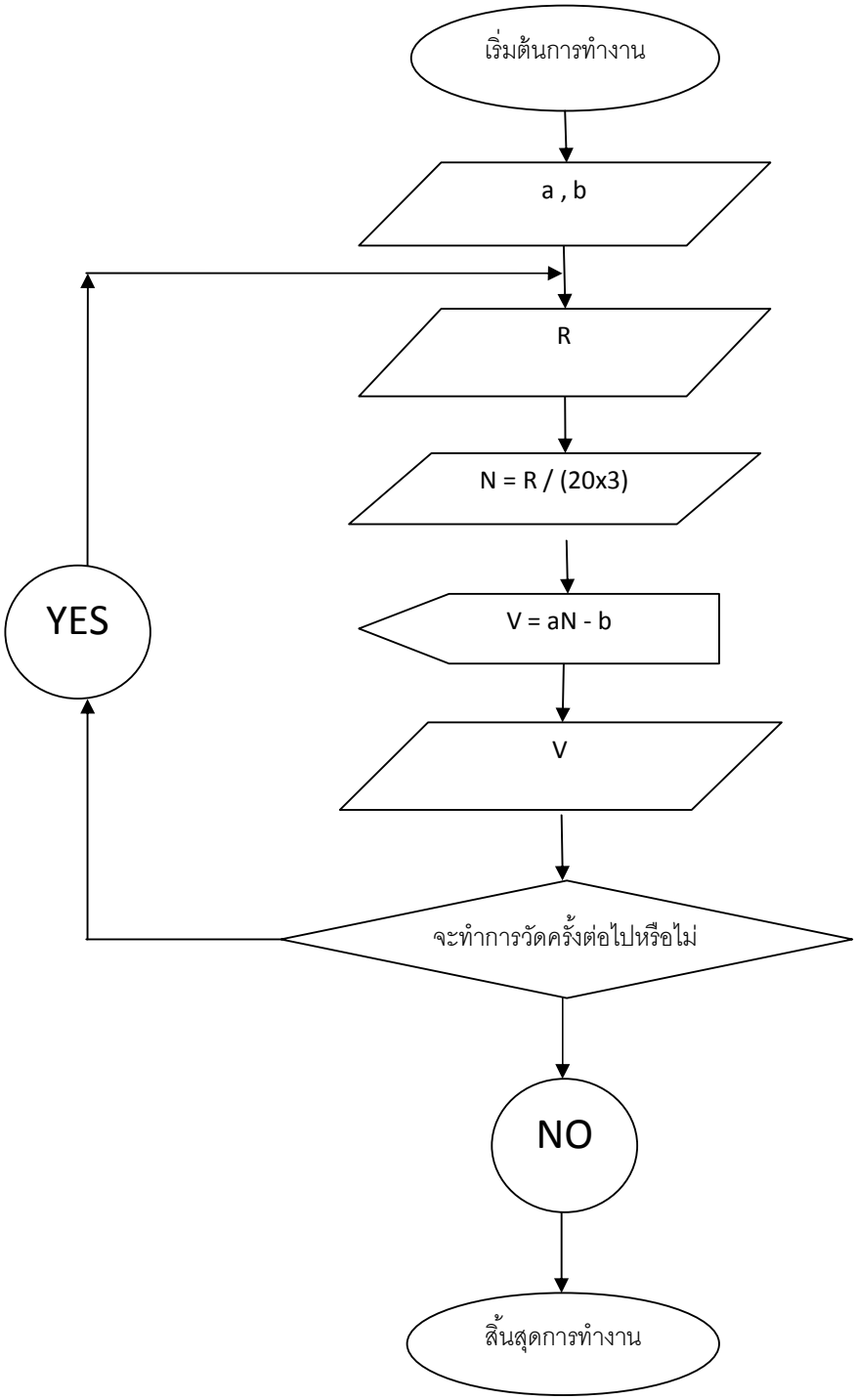
เมื่อ V คือ ความเร็วกระแสน้ำ (เมตร/วินาที)

N คือ ความเร็วรอบ (รอบ/วินาที)

a ,b คือ ค่าคงที่ของการสอบเทียบ

เครื่องแปลสัญญาณเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำที่ประดิษฐ์ขึ้น จะใช้หลักการข้างต้นในการออกแบบกระบวนการทำงานของเครื่องแปลสัญญาณเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำ ซึ่งเป็นหลักการที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย

3.2 กลไกการทำงานของเครื่องแปลสัญญาณเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำ



รูปที่ 3.1 กลไกการทำงานของเครื่องแปลสัญญาณเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำ

จากหลักการในหัวข้อ 3.1 เมื่อนำมาใช้กับเครื่องแปลสัญญาณเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำ ไมโครคอนโทรเลอร์จะนำค่าที่ได้ไปใช้ในสมการความเร็ว โดยมีกระบวนการทำงานดังนี้

จากรูปที่ 3.1 เมื่อเริ่มต้นการทำงานของเครื่องแปลสัญญาณเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งการให้รับค่าคงที่ของการสอบเทียบ ผู้ใช้จะกำหนดค่าคงที่ของการสอบเทียบ a และ b จากนั้นระบบจะสั่งการให้นับจำนวนครั้งที่ใบพัดตัดเซนเซอร์แสงในเวลา 20 วินาที และนำจำนวนครั้งที่นับใน 20 วินาที ไปคำนวณเป็นความเร็วรอบ ดังนั้นความเร็วรอบจะสามารถคำนวณได้ดังสมการ

$$N = R / (20xn) \quad \text{----------(3.1)}$$

โดยที่ R คือ จำนวนครั้งที่ใบพัดตัดเซนเซอร์แสงในเวลา 20 วินาที

N คือ ความเร็วรอบ (รอบ/วินาที)

N คือ จำนวนใบของฉากตัดแสง (ในการศึกษาครั้งนี้ n=3)

ซึ่งระบบจะต้องแสดงผลจำนวนครั้งที่ใบพัดตัดผ่านเซนเซอร์แสง เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถนำค่าที่ได้ไปใช้ในการสอบเทียบ และเครื่องแปลสัญญาณเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำจะนำความเร็วรอบที่คำนวณได้จากสมการที่ 3.1 ไปคำนวณเป็นความเร็วกระแสน้ำ (เมตร/วินาที) โดยสมการ

$$V = aN - b \quad \text{----------(3.2)}$$

เมื่อ V คือ ความเร็วกระแสน้ำ (เมตร/วินาที)

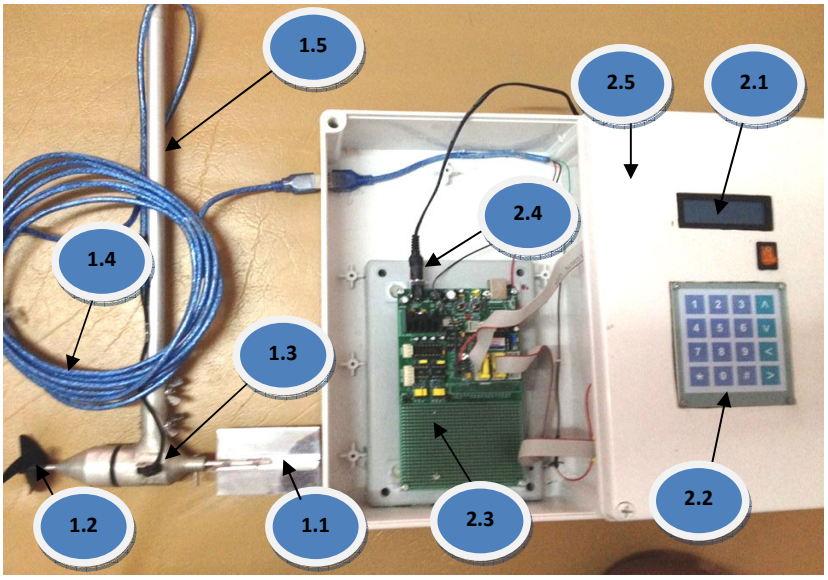
N คือ ความเร็วรอบ (รอบ/วินาที)

a , b คือ ค่าคงที่ของการสอบเทียบ

ซึ่งจะแสดงผลค่าความเร็ว V ในหน่วย (เมตร/วินาที) จากนั้นจะมีเงื่อนไขในการทำงาน 2 เงื่อนไข คือ เงื่อนไขแรก เมื่อแสดงค่าความเร็วกระแสน้ำแล้วจะทำการวัดค่าครั้งต่อไป เงื่อนไขที่สอง เมื่อแสดงค่าความเร็วกระแสน้ำแล้ว จะจบการทำงานของโปรแกรม

3.3 การจัดสร้างเครื่องแปลสัญญาณเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำ

จากการศึกษาผลงานของกิตติพงษ์ และสิริวัชร (2555) เครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำแบบใบพัดขนาดเล็ก ซึ่งอ่านค่าความเร็วในหน่วย รอบ/วินาที ผู้ศึกษาได้ทำการพัฒนาต่อโดยใช้ Microcontroller ชนิด MCS-51 ในการประมวลผล และใช้ภาษา C ในการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องแปลสัญญาณเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำ ดังหัวข้อที่ 3.2 ให้สามารถวัดความเร็วกระแสน้ำออกมาในหน่วย เมตร/วินาที ผู้ศึกษาจึงได้ทำการประดิษฐ์เครื่องแปลสัญญาณเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำขึ้น



รูปที่ 3.2 ส่วนประกอบของเครื่องมือวัดความเร็วที่ประดิษฐ์ขึ้น

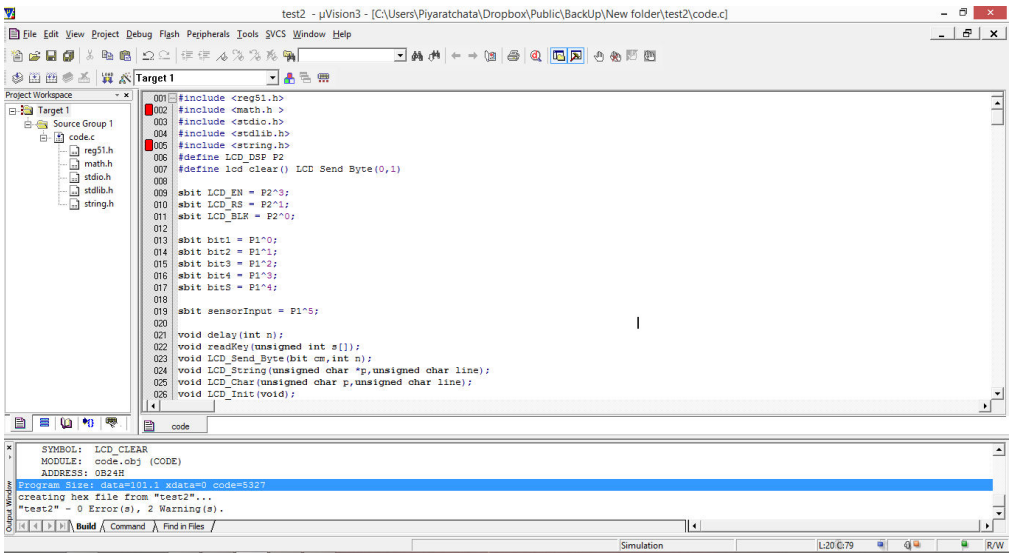
3.3.1 ส่วนประกอบของเครื่องแปลสัญญาณเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำ และเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำแบบใบพัดขนาดเล็ก

1) เครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำแบบใบพัด
   - 1.1) หางเสือ
   - 1.2) ใบพัดชนิด 3 ใบพัด
   - 1.3) เซนเซอร์แสงแบบก้ามปู
   - 1.4) สาย USB ส่งสัญญาณระหว่าง เซนเซอร์แสงกับ ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51
   - 1.5) ก้านหยั่งอะลูมิเนียมยาว 125 cm.

2) เครื่องแปลสัญญาณเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำ
   - 2.1) จอ LCD
   - 2.2) แป้นพิมพ์ (Key Pad)
   - 2.3) Microcontroller ชนิด MCS-51
   - 2.4) Adepter 12 v. 500 mA. 6 w.
   - 2.5) กล่องพลาสติกสำหรับติดตั้งอุปกรณ์

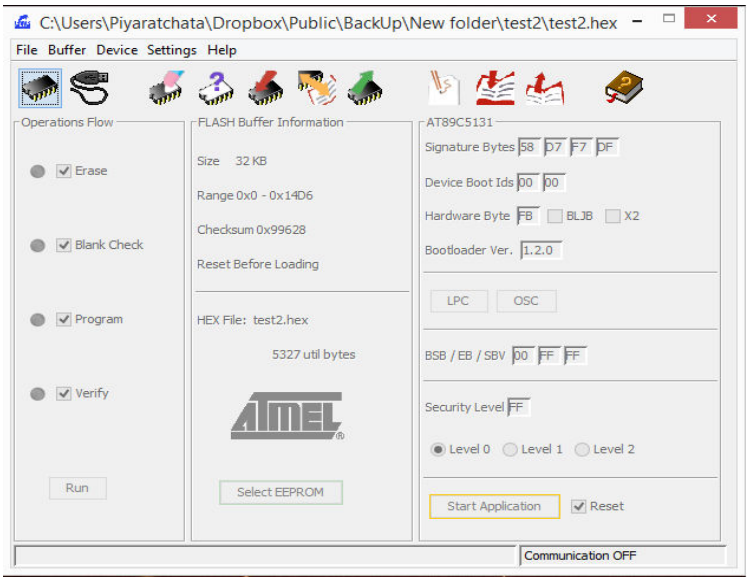
3.3.2 การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของ Microcontroller MCS51

1.) ใช้โปรแกรม Keil uVision3 เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของ Microcontroller โดยใช้ภาษา C ในการเขียนโปรแกรม (ภาคผนวก ข)



รูปที่ 3.3 Program Keil uVision3

2.) ใช้โปรแกรม Flip 3.4.7 ในการบรรจุโปรแกรมที่ได้เขียนไว้ลงบนไมโครคอนโทรเลอร์ เพื่อให้เครื่องแปลสัญญาณเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำ ได้ทำงานตามโปรแกรมควบคุมการทำงานที่เขียน



รูปที่ 3.4 Program Flip 3.4.7

3.4 การสอบเทียบเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำที่ประดิษฐ์ขึ้นกับเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำที่ได้มาตรฐาน

ผู้ศึกษาจะทำการสอบเทียบเครื่องแปลสัญญาณเครื่องแปลสัญญาณเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำที่ประดิษฐ์ขึ้น กับเครื่องมือวัดความเร็วความเร็วกระแสน้ำที่ได้มาตรฐาน ซึ่งจะใช้เครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำแบบ Electromagnetic ซึ่งผ่านการสอบเทียบจากกรมชลประทาน (Lab.No.HD. 4/2551) โดยมีขั้นตอนการสอบเทียบดังนี้

1) ทำการวัดความเร็วกระแสน้ำด้วยเครื่องมือวัดความเร็วกระแสน้ำที่ได้มาตรฐาน จากนั้นทำการวัดความเร็วกระแสน้ำที่ระดับความลึกเดียวกันด้วยเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำที่ประดิษฐ์ขึ้น

2) นำค่าความเร็วที่วัดได้จากเครื่องมือทั้งสองชนิด มาหาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบที่ได้จากเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำที่ประดิษฐ์ขึ้น (แกน X) กับ ความเร็วกระแสน้ำที่ได้จากเครื่องมือวัดความเร็วกระแสน้ำที่ได้มาตรฐาน (แกน Y)

3) หาค่าคงที่ของการสอบเทียบ a และ b จากความสัมพันธ์ในขั้นตอนที่ 2 โดย a คือค่าความชันของสมการเส้นตรง และ b คือค่าคงที่ของสมการเส้นตรง (ดังสมการที่ 3.2)

3.5 การสอบเทียบเครื่องแปลสัญญาณเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำภาคสนาม

จากการสอบเทียบเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำ ค่าคงที่ของการสอบเทียบที่ได้ จะนำมาใช้งานในเครื่องแปลสัญญาณเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำที่ประดิษฐ์ขึ้น โดยนำไปทดสอบประสิทธิภาพการทำงานได้ดังนี้

1) เริ่มต้นการทำงานของเครื่องแปลสัญญาณเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำ จอ LCD จะแสดงสมการความเร็ว $v = aN - b$ จากนั้นเครื่องแปลสัญญาณเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำ จะแสดงคำสั่งให้ทำการบันทึกค่าคงที่ของการสอบเทียบ a และ b ลงในสมการความเร็ว

2) บันทึกค่าคงที่ของการสอบเทียบ a และ b ตามที่ได้สอบเทียบจากหัวข้อ 3.4

3) เริ่มการวัดความเร็วกระแสน้ำ โดยเครื่องแปลสัญญาณเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำที่ประดิษฐ์ขึ้น ซึ่งจะแสดงผลออกมาเป็นจำนวนครั้งที่ใบพัดตัดผ่านเซนเซอร์แสง และค่าความเร็วกระแสน้ำ

4) ทำการวัดความเร็วกระแสน้ำโดยเครื่องมือวัดความเร็วกระแสน้ำที่ได้มาตรฐาน ที่ความลึกเดียวกัน

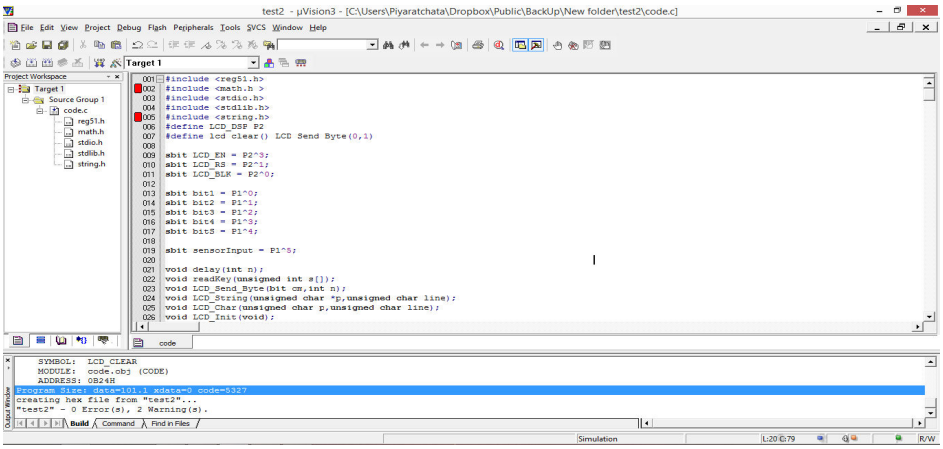
5) วิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนของความเร็วกระแสน้ำที่ได้จากเครื่องแปลสัญญาณเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำที่ประดิษฐ์ขึ้น กับความเร็วกระแสน้ำที่ได้จากเครื่องมือวัดความเร็วกระแสน้ำที่ได้มาตรฐาน

บทที่ 4

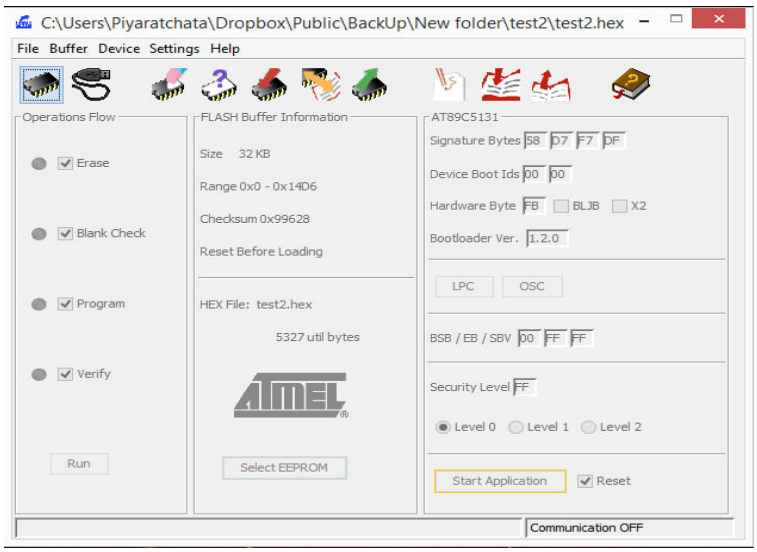
ผลการดำเนินงาน

4.1 เครื่องแปลสัญญาณเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำ

เครื่องแปลสัญญาณเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำที่ประดิษฐ์ขึ้น มีกลไกการทำงานเป็นไปตามที่ได้ออกแบบไว้ในหัวข้อที่ 3.2 โดยเครื่องแปลสัญญาณเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำจะถูกควบคุม และประมวลผลการทำงานโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ชนิด MCS-51 และใช้ภาษา C ในการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงาน ซึ่งโปรแกรมที่ใช้ในการเขียนภาษา C คือ โปรแกรม Keil uVision 3 และใช้โปรแกรม Flip 3.4.7 ในการบรรจุโปรแกรมภาษา C ที่เขียนไว้ลงในไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 4.1 ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงาน



รูปที่ 4.2 ตัวอย่างการบรรจุโปรแกรมภาษา C ลงในไมโครคอนโทรลเลอร์

4.2 ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องแปลสัญญาณเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำ

4.2.1 การทดสอบเครื่องมือวัดความเร็วกระแสน้ำที่ประดิษฐ์ขึ้น กับเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำที่ได้มาตรฐาน

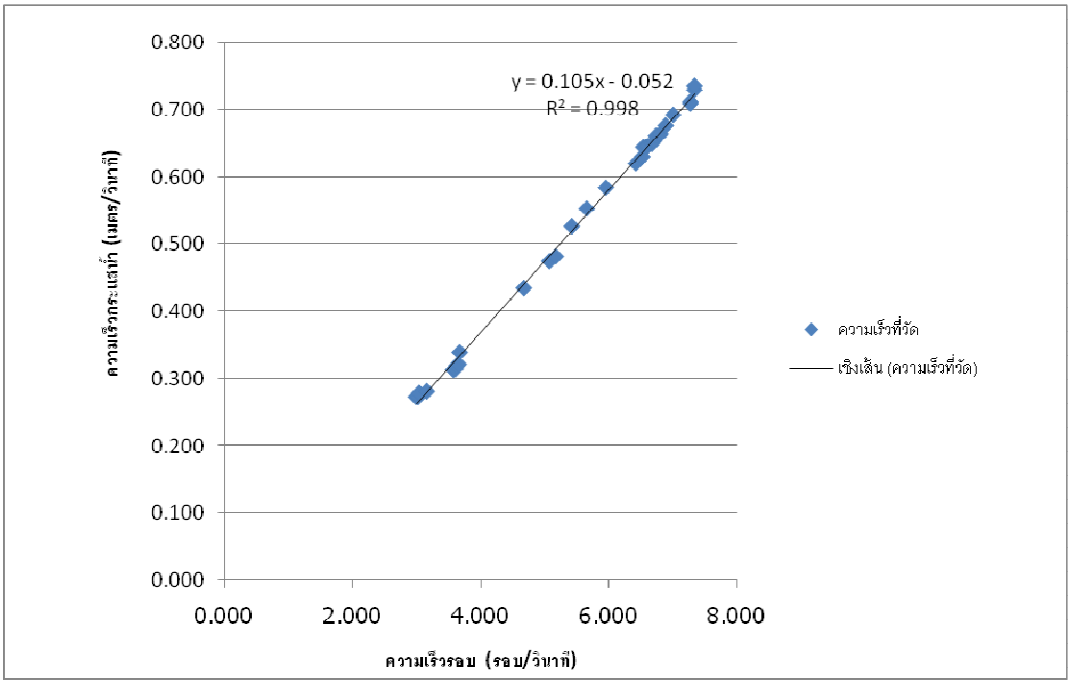
จากค่าความเร็วกระแสน้ำที่อ่านได้จากเครื่องแปลสัญญาณเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำ และเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำแบบ Electromagnetic ที่ความเร็วต่างๆ บันทึกค่าได้ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลที่ใช้ในการสอบเทียบค่าความเร็วกระแสน้ำ

จำนวนนับของใบพัด R (ครั้ง)	ความเร็วรอบ N (รอบ/วินาที)	ความเร็วกระแสน้ำ Ve (เมตร/วินาที)
179	2.983	0.274
181	3.017	0.274
182	3.033	0.279
182	3.033	0.279
189	3.150	0.282
214	3.567	0.314
216	3.600	0.315
217	3.617	0.320
219	3.650	0.322

220	3.667	0.340
280	4.667	0.435
304	5.067	0.475
310	5.167	0.482
325	5.417	0.527
339	5.650	0.553
357	5.950	0.584
385	6.417	0.620
391	6.517	0.630
392	6.533	0.644
395	6.583	0.645
396	6.600	0.646
400	6.667	0.649
402	6.700	0.653
404	6.733	0.661
407	6.783	0.662
408	6.800	0.664
413	6.883	0.676
420	7.000	0.692
436	7.267	0.709
436	7.267	0.711
440	7.333	0.729
440	7.333	0.735

ทำการหาความสัมพันธ์ของความเร็วรอบ N (แกนx) ที่อ่านค่าได้จากเครื่องแปลสัญญาณเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำ กับความเร็วกระแสน้ำ v (แกนy) ที่อ่านค่าได้จากเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำแบบ Electromagnetic ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบใน 20 วินาทีกับความเร็วกระแสน้ำ

จากความสัมพันธ์ข้างต้น สามารถสร้างสมการความเร็วได้ดั้งนี้

$$V = 0.105N - 0.052 \quad \text{----------(4.1)}$$

โดยที่ V = ความเร็วกระแสน้ำ (เมตร/วินาที)

N = ความเร็วรอบ (รอบ/วินาที)

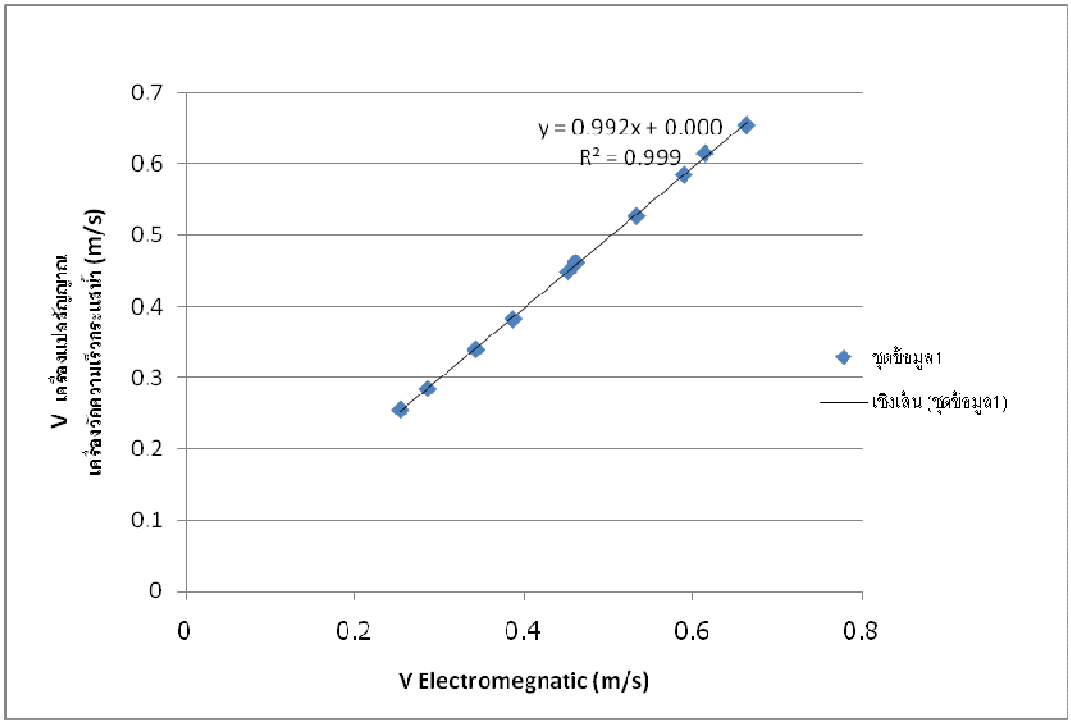
ซึ่งเมื่อเทียบกับสมการความเร็วที่ (2.1) ค่าคงที่ของการสอบเทียบที่ได้ คือ a = 0.105 และ b = 0.052

4.2.2 ทดสอบการใช้งานภาคสนาม

จากค่าคงที่ของการสอบเทียบ a = 0.105 และ b = 0.052 ได้ใช้เครื่องแปลสัญญาณเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำ วัดความเร็วกระแสน้ำเปรียบเทียบกับเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำแบบ Electromagnetic ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบการใช้งานภาคสนาม

เครื่องแปลสัญญาณ เครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำ	**V Electromegnatic**	**ความคลาดเคลื่อน (เมตร/วินาที)**	**%Error**
0.2547	0.254	0.0007	0.275
0.2841	0.286	0.0019	0.669
0.3394	0.343	0.0036	1.061
0.3821	0.387	0.0049	1.282
0.4487	0.452	0.0033	0.735
0.4615	0.461	0.0005	0.108
0.5274	0.533	0.0056	1.062
0.5852	0.589	0.0038	0.649
0.6155	0.614	0.0015	0.244
0.6548	0.663	0.0082	1.252



รูปที่ 4.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกระแสน้ำที่วัดได้จากเครื่องแปลสัญญาณเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำ และเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำแบบ Electromagnetic

จากการเปรียบเทียบความเร็วกระแสน้ำที่ได้จากเครื่องแปลสัญญาณเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำที่ประดิษฐ์ขึ้นหลังจากการสอบเทียบ กับเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำแบบ Electromagnetic พบว่าผลที่ได้มีค่าความคลาดเคลื่อนของความเร็วอยู่ในช่วง 0.0005 - 0.0082 เมตร/วินาที ความคลาดเคลื่อนคิดเป็นเปอร์เซ็นต์อยู่ในช่วง 0.108 - 1.282 เปอร์เซ็นต์ และมีเปอร์เซ็นต์ความคาดเคลื่อนเฉลี่ย 0.734เปอร์เซ็นต์

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

5.1.1 ได้ทำการออกแบบกลไกการทำงานของเครื่องแปลสัญญาณเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ชนิด MCS51 ในการประมวลผล และใช้ภาษา C ในการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงาน ให้เครื่องแปลสัญญาณเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำสามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้

5.1.2 จากการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องแปลสัญญาณเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำ ได้ทำการสอบเทียบความเร็วกระแสน้ำระหว่าง ความเร็วรอบ/วินาที ที่อ่านค่าได้จากเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำที่ประดิษฐ์ขึ้น กับความเร็วกระแสน้ำ เมตร/วินาที ที่อ่านค่าได้จากเครื่องมือวัดความเร็วกระแสน้ำแบบ Electromagnetic ได้ค่าคงที่ของการสอบเทียบ $a = 0.105$ และ $b = 0.052$ เมื่อทำการวัดค่าความเร็วกระแสน้ำจากเครื่องแปลสัญญาณเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำเปรียบเทียบกับเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำแบบ Electromagnetic มีความคาดเคลื่อนของความเร็วอยู่ในช่วง 0.005 - 0.0082 เมตร/วินาที ความคาดเคลื่อนคิดเป็นเปอร์เซ็นต์อยู่ในช่วง 0.108 - 1.282 เปอร์เซ็นต์ และมีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 0.734 เปอร์เซ็นต์

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 เมื่อเครื่องแสดงผลของสมการจากการสอบเทียบออกมา aN ± b ตัวอย่างเช่น ผู้ศึกษาได้ทำการสอบเทียบค่าได้สมการความเร็ว คือ 0.105N - 0.052 และได้เขียนโปรแกรมให้ค่า b มีค่าเป็นลบ ควรเขียนโปรแกรมให้สามารถเปลี่ยนเครื่องหมายของค่าตัวแปร b ได้ทั้งค่าลบ และค่าบวก เนื่องจากผู้ที่มาศึกษาต่อ อาจนำเครื่องมือที่ประดิษฐ์ขึ้นไปทำการสอบเทียบ ซึ่งผลการสอบเทียบที่ได้อาจทำให้ค่า ตัวแปร b มีค่าเป็นบวก

5.2.2 จากหลักการทำงานของเครื่องแปลสัญญาณเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำ สามารถนำไปพัฒนาใช้กับเครื่องมือวัดอื่นๆได้ เช่น เครื่องมือวัดความเร็วลม (Anemometer) เป็นต้น

5.2.3 เครื่องแปลสัญญาณเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำที่ประดิษฐ์ขึ้น มีข้อจำกัดในการทดสอบภาคสนาม เมื่อต้องการนำไปวัดความเร็วการไหลในพื้นที่อื่นๆ นอกจากห้องปฏิบัติการทดลอง เนื่องจากเครื่องแปลสัญญาณเครื่องวัดความเร็วที่ประดิษฐ์ขึ้น ยังไม่ได้พัฒนาให้สามารถใช้ไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ได้

เอกสารอ้างอิง

กิตติพงษ์ ตุมกูล และสิริวัชร บุญวิชัย. 2555. **เครื่องวัดความเร็วของกระแสน้ำแบบใบพัดขนาดเล็ก (Mini Propeller-Type Current Meter)**. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กีรติ ลีวัจนกุล. 2548. **อุทกวิทยา**. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต

มาร์ค. 2547. **หลักการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์**. แหล่งที่มา : www.reocities.com/p-pirat/mcs51.html. 31 มีนาคม 2557

วศิน สุดตาชาติ. 2550. **Sensors.** แหล่งที่มา : www.compomax.co.th/product/basis-of-photoelectric-Sensing/. 4 กุมภาพันธ์ 2556

ภาคผนวก

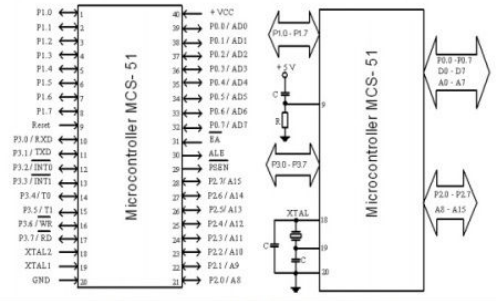
ภาคผนวก ก

วัสดุและอุปกรณ์

1. ใบพัดที่สามารถหาซื้อได้ตามท้องตลาด

รูปที่ 1 ใบพัดที่สามารถหาซื้อได้ตามท้องตลาดแบบต่างๆ

2.MICROCONTROLLER BOARD JR51 WITH USB

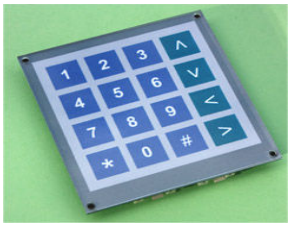


รูปที่ 2 MICROCONTROLLER BOARD JR51 WITH USB และขาต่างๆ

3. LCD 16X2 CHARACTERS เป็นอุปกรณ์ที่ใช้แสดงผลที่ซึ่งเป็นที่นิยมอีกประเภทหนึ่งเพราะมีความสามารถแสดงได้ทั้งตัวเลข ตัวอักษร และแบบกราฟิกที่ดูสวยงาม

รูปที่ 3 LCD 16X2 CHARACTERS

4.CAPSENSE KEY PAD 16KEYS สำหรับป้อนค่าลงในไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 4 CAPSENSE KEY PAD 16KEYS

5เซนเซอร์แสงแบบกล้ามปู

รูปที่ 5 เซนเซอร์ตัดแสงแบบกล้ามปู

6. กล่องติดตั้งอุปกรณ์

รูปที่ 6 กล่องติดตั้งอุปกรณ์

7. เครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำที่ผ่านการสอบเทียบจากหน่วยงานที่ได้มาตรฐาน เพื่อใช้ในการสอบเทียบหาค่าคงที่ของสมการความเร็ว ของเครื่องแปลสัญญาณเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำ

รูปที่ 7 เครื่องวัดความเร็วน้ำแบบ Electromagnetic

8. รางทดลอง (flume) เพื่อใช้ในการสอบเทียบค่าหาสมการความเร็ว และทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องแปลสัญญาณเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำที่สร้างขึ้น

รูปที่ 8 รางน้ำทดลอง (Flume)

ภาคผนวก ข

โปรแกรมควบคุมการทำงานและประมวลผลที่ใช้ใน Microcontroller MCS-51

```
#include <reg51.h>
#include <math.h >
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>
#define LCD_DSP P2
#define lcd clear() LCD Send Byte(0,1)
```

กำหนดการเรียกใช้ library ของโปรแกรม

```
sbit LCD_EN = P2^3;
sbit LCD_RS = P2^1;
sbit LCD_BLK = P2^0;
```

กำหนดตัวแปล ให้กับ port ของ LCD เช่น

การเรียกใช้ตัวแปล LCD_EN จะเป็นการใช้แทน P2.3 หรือ พอร์ท 2 ตำแหน่งที่ 3

```
sbit bit1 = P1^0;
sbit bit2 = P1^1;
sbit bit3 = P1^2;
sbit bit4 = P1^3;
sbit bitS = P1^4;
```

กำหนดตัวแปล ให้กับ port ของ keypad หรือ ปุ่มกดตัวเลข

```
sbit sensorInput = P1^5;
```

กำหนดตัวแปล ให้กับ port ของ เซ็นเซอร์แสง

```
void delay(int n);
void readKey(unsigned int s[]);
void LCD_Send_Byte(bit cm,int n);
void LCD_String(unsigned char *p,unsigned char line);
void LCD_Char(unsigned char p,unsigned char line);
void LCD_Init(void);
void init_t0();
```

ประกาศรายชื่อฟังก์ชันทั้งหมด ในโปรแกรม

```
unsigned int key[]={0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF},key2[]={0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF},Ans[]={0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF},Ans2[]={0xFF,0xFF,0xFF};
unsigned int m,i,j,y,t,msec,sec,ip,chk=0;
unsigned long int num1=1,num2=1;
float q,sum,n=0;
```

ประกาศและกำหนดค่าตัวแปลต่าง ๆ ใน

```
void delay(int n)
{
        for(i=0;i<n;i++)
                for(j=0;j<500;j++);
}
```

ฟังก์ชันการหน่วงเวลา

ฟังก์ชันการอ่านค่าจาก keypad หรือปุ่มกดตัวเลข หลักการคือ

ถ้าเรากดเลข 0 keypad จะส่งเลขฐานสองมาคือ 0000 เราจะทราบว่า กดเลข 0

ถ้าเรากดเลข 9 keypad จะส่งเลขฐานสองมาคือ 1001 เราจะทราบว่า กดเลข 9

```
void readKey(unsigned int s[])
{

        if((bit1==0)&&(bit2==0)&&(bit3==0)&&(bit4==0)&&(bitS==1))
        {
           delay(100);
                if(m<5&&y==0)
                {
                        s[m]=0;

                        LCD_String("0",0x88+m);

                        m++;
                }

        }
        else if((bit1==1)&&(bit2==0)&&(bit3==0)&&(bit4==0)&&(bitS==1))
        {
           delay(100);
                if(m<5&&y==0)
                {
                        s[m]=1;

                        LCD_String("1",0x88+m);

                        m++;
```

```
                }
}
        else if((bit1==0)&&(bit2==1)&&(bit3==0)&&(bit4==0)&&(bitS==1))
        {
           delay(100);
                if(m<5&&y==0)
                {
                        s[m]=2;


                        LCD_String("2",0x88+m);


                        m++;
                }


        }
        else if((bit1==1)&&(bit2==1)&&(bit3==0)&&(bit4==0)&&(bitS==1))
        {
           delay(100);
                if(m<5&&y==0)
                {
                        s[m]=3;


                        LCD_String("3",0x88+m);


                        m++;
                }
```

```
}
else if((bit1==0)&&(bit2==0)&&(bit3==1)&&(bit4==0)&&(bitS==1))
{
   delay(100);
          if(m<5&&y==0)
          {
                    s[m]=4;

                    LCD_String("4",0x88+m);

                    m++;
          }

}
else if((bit1==1)&&(bit2==0)&&(bit3==1)&&(bit4==0)&&(bitS==1))
{
   delay(100);
          if(m<5&&y==0)
          {
                    s[m]=5;

                    LCD_String("5",0x88+m);

                    m++;
          }
```

```
}
else if((bit1==0)&&(bit2==1)&&(bit3==1)&&(bit4==0)&&(bitS==1))
{
   delay(100);
          if(m<5&&y==0)
          {
                    s[m]=6;

                    LCD_String("6",0x88+m);

                    m++;
          }

}
else if((bit1==1)&&(bit2==1)&&(bit3==1)&&(bit4==0)&&(bitS==1))
{
   delay(100);
          if(m<5&&y==0)
          {
                    s[m]=7;

                    LCD_String("7",0x88+m);

                    m++;
          }
```

```
}
else if((bit1==0)&&(bit2==0)&&(bit3==0)&&(bit4==1)&&(bitS==1))
{
   delay(100);
          if(m<5&&y==0)
          {
                    s[m]=8;

                    LCD_String("8",0x88+m);

                    m++;
          }

}
else if((bit1==1)&&(bit2==0)&&(bit3==0)&&(bit4==1)&&(bitS==1))
{
   delay(100);
          if(m<5&&y==0)
          {
                    s[m]=9;

                    LCD_String("9",0x88+m);

                    m++;
          }
```

```
        }
        else if((bit1==0)&&(bit2==1)&&(bit3==1)&&(bit4==1)&&(bitS==1))
        {
           delay(100);
                if(m<5&&y==0)
                {
                        s[m]='.';
                        LCD_String(".",0x88+m);

                        m++;
                }

        }
        else if((bit1==1)&&(bit2==0)&&(bit3==1)&&(bit4==1)&&(bitS==1))
        {
           delay(100);
                if(m==0&&y==2)
                {
                        m=1;
                        y=1;
                }

        }
}
```

```
void LCD_Send_Byte(bit cm,int n)
{
        unsigned char buff;
        LCD_BLK=1;
        buff = n & 0xF0;
        LCD_RS = cm;
        LCD_EN =1;
        P2 = (P2 & 0x0F) |buff;
        delay(1);
        LCD_EN = 0;
        delay(1);
        buff = (n & 0x0F) <<4;
        LCD_RS = cm;
        LCD_EN = 1;
        P2 = (P2 & 0x0F) |buff;
        delay(1);
        LCD_EN =0;
        LCD_BLK =1;
        delay(1);
}
```

ฟังก์ชันการจัดการของ LCD

```
void lcd_String(unsigned char *p, unsigned char line)
{
        LCD_Send_Byte(0,line);

        while(*p)
```

ฟังก์ชันการแสดงผลของ LCD ในรูปแบบ ข้อความ

```
        {
         LCD_Send_Byte(1,*p);
         p++;
        }
}

void lcd_Char(unsigned char p, unsigned char line)
{
        LCD_Send_Byte(0,line);
        LCD_Send_Byte(1,p);

}

void counter0_isr(void) interrupt 1
{
        TH0             =       0xb1;
        TL0             =       0xe5;
        msec  +=  1;
        if(msec >= 50)                                  //500 mSec
        {
                msec = 0;
                sec++;
```

ฟังก์ชันการแสดงผลของ LCD ในรูปแบบ ตัวอักษร

ฟังก์ชันอินเตอร์รัพของการนับเวลา

```
                if(sec >= 40)                                   //30 Sec
                {
                        t=1;
                }
        }
}

void LCD_Init(void)                             ฟังก์ชันการตั้งค่าเริ่มต้นของหน้าจอ LCD
{
        m=0,i=0,j=0,y=0,t=0,msec=0,sec=0,ip=0;
        n=0,num1=1,num2=1;
        q=0,sum=0;



        delay(500);
        LCD_Send_Byte(0,0x33);
        LCD_Send_Byte(0,0x32);
        LCD_Send_Byte(0,0x28);
        LCD_Send_Byte(0,0x0E);
        LCD_Send_Byte(0,0x01);
}

void init_t0()                          ฟังก์ชันการตั้งค่าเริ่มต้นของโปรแกรม
{
        EX0     =       1;
        IT1             =       0;
```

```
        TMOD        =       1;

        //TR0       =       1;
        //Turn On timer

        ET0         =       1;
        //Enable T0

        EA          =       1;
        //Enable All Interrupt

        TH0         =       0xb1;

        TL0         =       0xe5;

}


void main(void)

{

        LCD_Init();

        init_t0();

                        LCD_String("A*N-B = V",0x83);

                        delay(3000);


                        m=0;

                        y=0;

                        LCD_String(" A =     ",0x83);

                        while(1)

                        {

                                readKey(key);

                                if(m==5)

                                {
```

ฟังก์ชันการทำงานหลัก โดยการทำงานของโปรแกรมจะเริ่มจากจุดนี้

แสดงบน LCD สมการ A*N-B โดยเรียกใช้ฟังก์ชันการแสดงผลข้อความ

แสดงบน LCD ว่า A = โดยเรียกใช้ฟังก์ชันการแสดงผลข้อความ

วนลูป รับค่าตัวเลข โดยครบ 5 ตัวจะทำการออก

```
                    m=0;
                    y=0;
                    break;
                }
}
delay(1000);

LCD_String("          ",0x80);
////////////////////////////////
```

Clear หน้าจอ

```
j=1;
for(i=0;i<5;i++)
{
    if(i==1)
        continue;
    else
      num1=num1+(key[i]*(pow(10,4-i)));
}
////////////////////////////////
m=0;
y=0;
```

วนลูป นำค่าจากที่เป็นตัวอักษร คือเลข 9 เลข 8 ให้เป็น 98 เก้าสิบแปด

แสดงบน LCD ว่า B = โดยเรียกใช้ฟังก์ชันการแสดงผลข้อความ

```
LCD_String(" B =     ",0x83);
while(1)
{
                readKey(key2);
                if(m==5)
                {
                        m=0;
                        y=0;
                        break;
                }
}

delay(1000);

////////////////////////////////

j=1;
for(i=0;i<5;i++)
{
        if(i==1)
                continue;
        else
           num2=num2+(key2[i]*(pow(10,4-i)));
}
////////////////////////////////
```

วนลูป รับค่าตัวเลข โดยครบ 5 ตัวจะทำการออกจาก ลูป

วนลูป นำค่าจากที่เป็นตัวอักษร คือเลข 9 เลข 8 ให้เป็น 98 เก้าสิบแปด

Clear หน้าจอ

```
                LCD_String("            ",0x80);


while(1)
{
                TH0             =       0xb1;
                TL0             =       0xe5;
                LCD_String(" Start press > ",0x80);
                while(1)
                {
                        y=2;
                        readKey();
                        if(m==1&&y==1)
                        {
                                m=0;
                                y=0;
                                LCD_String("            ",0x80);
                                break;
                        }
                }


                ////////////////////////////
                sum=0;
                t=0;
                n=0;
                q=0;
```

ตั้งว่าเวลาในการจับ 20 วินาที

แสดงบน LCD ว่า Start press > โดยเรียกใช้ฟังก์ชันการแสดงผลข้อความ

วนลูป รอการกดปุ่ม >

Clear หน้าจอ

```
LCD_String("  wait 20 sec  ",0x80);
chk=0;
sec=0;
TH0             =       0xb1;
TL0             =       0xe5;
TR0             =       1;

while(1)
{
                if(sensorInput==1)
                {
                        chk=1;
                }
                if(sensorInput==0&&chk==1)
                {
                                chk=0;
                                n++;
                }
                if(t==1)
                {
                  sum=(num1*(n/3));
                        sum=sum/20;
                        sum=sum-num2;
                        sum=sum*10;
```

แสดงบน LCD ว่า wait 20 sec โดยเรียกใช้ฟังก์ชันการแสดงผลข้อความ

คำสั่งเริ่มการจับเวลา

วนลูป การนับสัญญาณ จากเซ็นเซอร์ โดยการนับสัญญาณ เมื่อมีการตัดของแสง จะส่งค่า 0 เข้ามา และ ค่า n จะเพิ่มขึ้น 1 และรอสัญญาณให้กลับเป็น 1 ถึงจะเริ่มทำการรอสัญญาณการตัดของแสงอีกรอบ

นำค่า n หาร 3 แล้วคูณ ค่า A เก็บไว้ใน

นำค่า sum หาร 20 วินาที

นำค่า sum ลบ B

นำค่า sum คูณ 10 เพื่อจะได้แสดงผลทศนิยม 4 หลักได้

```
                        break;
                    }
        }
        ////////////////////////////
        LCD_String("          ",0x80);
        j=0;
        for(i=0;i<6;i++)
        {
            if(i==2)j=1;
            Ans[i+j]=sum/(pow(10,5-i));
            sum=sum-(Ans[i+j]*(pow(10,5
        }
        Ans[2]='.';
        ////////////////////  n ////////////////////
        for(i=0;i<2;i++)
        {
            Ans2[i]=n/(pow(10,2-i));
          n=n-(Ans2[i]*(pow(10,2-i)));
        }
        Ans2[2]=n;
////////////////////////////
        LCD_String(" n = ",0x83);
        LCD_Char(Ans2[0]+48,0x88);
```

Clear หน้าจอ

วนลูป ตัดตัวเลข คำตอบของ V เช่น จาก 9,8133
ให้อยู่ในตัวอักษรแยกกัน 9 -8 – 1 -3 -3

แยกตัวเลข เพราะ แสดงผลแบบ ตัวเลขไม่ได้

ต้องแสดงผลแบบตัวอักษรหรือ char โดยการแยกแล้วจะเก็บใน อาเรย์ ชื่อ Ans

วนลูป ตัดตัวเลข ค่าของ n เช่น จาก 123
ให้อยู่ในตัวอักษรแยกกัน 1 -2 -3

แยกตัวเลข เพราะ แสดงผลแบบ ตัวเลขไม่ได้

ต้องแสดงผลแบบตัวอักษรหรือ char โดยการแยกแล้วจะเก็บใน อาเรย์ ชื่อ Ans2

แสดงบน LCD ว่า n = โดยเรียกใช้ฟังก์ชันการแสดงผลข้อความ

แสดงบน LCD ว่าตัวเลขจาก Ans2 ที่แยกไว้และเรียกใช้ฟังก์ชันการแสดงผลข้อความ

```
LCD_Char(Ans2[1]+48,0x89);
LCD_Char(Ans2[2]+48,0x8A);

while(1)
{
        y=2;
        readKey();
        if(m==1&&y==1)
        {
            m=0;
            y=0;
            break;
        }
}

LCD_String("          ",0x80);

LCD_String("V =",0x81);

LCD_Char(Ans[0]+48,0x85);
LCD_Char(Ans[1]+48,0x86);
LCD_Char(Ans[2],0x87);
LCD_Char(Ans[3]+48,0x88);
LCD_Char(Ans[4]+48,0x89);
LCD_Char(Ans[5]+48,0x8A);
```

วนลูป รอการกดปุ่ม >

แสดงบน LCD ว่าตัวเลขจาก Ans ที่แยกไว้ และเรียกใช้ฟังก์ชันการแสดงผลข้อความ

```
LCD_Char(Ans[6]+48,0x8B);


LCD_String("m/s",0x8D);
while(1)
{
        y=2;
        readKey();
        if(m==1&&y==1)
        {
            m=0;
            y=0;
            break;
        }
}
LCD_String("          ",0x80);

    }
}
```

วนลูป รอการกดปุ่ม >

Clear หน้าจอ

อาเรย์ Ans จะเก็บตัวอักษร ค่า V ไว้เพื่อแสดงผล

อาเรย์ Ans2 จะเก็บตัวอักษร ค่า n ไว้เพื่อแสดงผล