โครงงานวิศวกรรมชลประทาน

(02207499)

ที่ 21/2554

เรื่อง

การทดสอบอิทธิพลของอุณหภูมิต่อเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดัน

Test of Temperature Influence on Pressure – Type Water Level Gauge

โดย

นายอนิวรรต คงสกูล 51243624

นางสาวจินตหรา ผุดผ่อง 51243327

เสนอ

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา – ชลประทาน)

พุทธศักราช 2554

ใบรับรองโครงงานวิศวกรรมชลประทาน

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เรื่อง การทดสอบอิทธิพลของอุณหภูมิต่อเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดัน

Test of Temperature Influence on Pressure – Type Water Level Gauge

รายนามผู้ทำโครงการ นายอนิวรรต คงสกูล

นางสาวจินตหรา ผุดผ่อง

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

.....

(ผศ.ดร.เอกสิทธิ์ โฆสิตสกุลชัย)

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

กรรมการ

.....

(อ.ดร.จิระกานต์ ศิริวิญช์ไมตรี)

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

หัวหน้าภาควิชา

.....

(รศ.สันติ ทองพำนัก)

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

บทคัดย่อ

เรื่อง : การทดสอบอิทธิพลของอุณหภูมิต่อเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดัน

โดย : นายอนิวรรต คงสกูล

นางสาวจินตหรา ผุดผ่อง

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน :

.....

(ผศ.ดร.เอกสิทธิ์ โฆสิตสกลุชัย)

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

ในโครงงานวิศวกรรมนี้เป็นการทดสอบเครื่องมือวัดระดับน้ำแบบแรงดัน การดำเนินงานประกอบด้วยการทดสอบปรับเทียบเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดัน และการทดสอบอิทธิพลของอุณหภูมิที่มีผลต่อข้อมูลที่วัดได้จากเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดัน ซึ่งในการปรับเทียบเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดันจะนำไปทดสอบค่าระดับน้ำที่วัดได้เปรียบเทียบกับระดับน้ำจริง เพื่อพิจารณาค่าว่าระดับน้ำจริงและค่าระดับน้ำที่วัดได้มีความแตกต่างกันหรือไม่ แล้วจึงวัดกระแสไฟฟ้าเพื่อเปรียบเทียบกับระดับน้ำจริง ส่วนการทดสอบกับอุณหภูมิจะกำหนดระดับน้ำจริงคงที่ตลอด และทดสอบในช่วงอุณหภูมิ 5 ถึง 45 องศาเซลเซียส โดยจะทำการวัดค่ากระแสไฟฟ้าที่ช่วงอุณหภูมิเพื่อนำมาแปลงเป็นระดับน้ำจากสมการปรับเทียบ แล้วเปรียบเทียบกับระดับน้ำจริง

ผลการทดสอบปรับเทียบเครื่องวัดระดับน้ำ ปรากฏว่าระดับน้ำจริงกับค่าระดับน้ำที่วัดได้มีค่าแตกต่างกันไม่มาก จึงนำกระแสไฟฟ้าที่วัดได้กับระดับน้ำจริงไปเขียนกราฟจะได้สมการเส้นตรงเป็นสมการปรับเทียบซึ่งนำไปใช้งานในการทดสอบอิทธิพลของอุณหภูมิที่มีผลต่อข้อมูลที่วัดได้จากเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดัน ซึ่งผลการทดสอบปรากฏว่า ระดับน้ำที่วัดได้และระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณจะมีแนวโน้มลดลงที่อุณหภูมิสูงขึ้น นำความแตกต่างของระดับน้ำจริงและระดับน้ำที่วัดกับกระแสไฟฟ้ามาเขียนกราฟหาสมการ แล้วนำไปรวมกับสมการปรับเทียบเพื่อปรับแก้ค่าระดับน้ำ ค่าความคลาดเคลื่อนจะน้อยลง

Abstract

Title : **Test of Temperature Influence on Pressure – Type Water Level Gauge**

By : Mr.Aniwat Kongsakul

: Miss.Jintara Phudphong

Project Advisor :

.....

(Asst Prof Dr.Ekasit Kositsakulchai)

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

The purpose of this Irrigation Engineering project was to test the influence of temperature on water level measured by pressure transducer. The operations included pressure transducer calibration and study of the effect of temperature on the water level. The method of pressure transducer calibration included the comparison of measured water levels with the observed water levels. Then the electrical current was calibrated with observed water level. For the study of temperature influence, water level was fixed and water temperature was varied between 5°C and 45°C. After that the electrical current at each temperature step was measured and converted to water level by calibration equation.

The results of calibration show that observed water level and measured water level were slightly different. Linear relationship between electrical current and water level was found. The calibrated equation was used for studying the temperature influence on pressure-type water level gauge. Water levels measured by pressure probe tended to decrease when temperature increased. The relationship between measurement error and water temperature was obtained. Then the second equation was added to the calibrated equation. As a result, measurement accuracy from pressure probe was improved.

คำนิยม

ในการจัดทำโครงงานวิศวกรรมศาสตร์ชลประทานในครั้งนี้ผู้จัดทำโครงงานขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.เอกสิทธิ์ โฆสิตสกุลชัย ประธานกรรมการการปรึกษา และ อ.ดร.จิระกานต์ ศิริวิญช์ไมตรี ที่คอยให้คำปรึกษาและแนะนำในการจัดทำโครงงานวิศวกรรมชลประทานจนประสบความสำเร็จ

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมชลประทานที่คอยให้ความอนุเคราะห์สถานที่ และคอมพิวเตอร์ในการนำเสนอความก้าวหน้าของโครงงาน จึงทำให้การดำเนินงานของโครงงานสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ ประโยชน์และคุณความดีทั้งหลายอันพึงจะได้รับจากโครงงานวิศวกรรมชิ้นนี้ผู้จัดทำขอมอบให้แด่ บิดาและมารดา ที่ให้การอบรมเลี้ยงดูมาด้วยความรักอันยิ่งใหญ่ คณาจารย์ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ ความสามารถต่างๆ ให้แก่ผู้จัดทำ ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่าน จนประสบความสำเร็จในการศึกษา

ผู้จัดทำ

นายอนิวรรต คงสกูล

นางสาวจินตหรา ผุดผ่อง

มีนาคม 2555

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	**i**
Abstract	**ii**
คำนิยม	**iii**
สารบัญภาพ	**vii**
สารบัญ ตาราง	**xi**
บทที่ 1 บทนำ	**1**
1.1 บทนำ	**1**
1.2 วัตถุประสงค์	**2**
1.3 ขอบเขตการศึกษา	
2	
บทที่ 2 ตรวจเอกสาร	**3**
2.1 การตรวจวัดข้อมูลน้ำในแม่น้ำ	**3**
2.1.1 เครื่องวัดระดับน้ำแบบธรรมดา	**3**
เครื่องวัดระดับน้ำแบบตั้ง	4
เครื่องวัดระดับน้ำแบบเอียง	5
เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบใช้เส้นลวดและตุ้มน้ำหนัก	5

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.1.2 เครื่องวัดระดับน้ำแบบบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ	**6**
เครื่องวัดระดับน้ำแบบลูกลอย	6
บ่อวัดระดับน้ำเชื่อมโยง	10
แบบใช้ฟองอากาศ	11
แบบการใช้ความดันของน้ำ	12
2.1.3 เครื่องมือวัดระดับน้ำสูงสุด	**13**
2.2 การเลือกที่ตั้งสถานีวัดน้ำ	**14**
บทที่ 3 อุปกรณ์ที่ใช้และวิธีการ	**15**
3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ	**15**
3.2 วิธีการทดสอบ	**23**
3.2.1 การปรับเทียบเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดัน	**23**
3.2.2 อิทธิผลของอุณหภูมิน้ำที่มีผลต่อข้อมูลที่วัดได้จาก เครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดัน	**25**
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์	**28**

4.1 การปรับเทียบเครื่องวัดระดับน้ำ 28
การปรับเทียบเครื่องวัดระดับน้ำครั้งที่ 1 28
การปรับเทียบเครื่องวัดระดับน้ำครั้งที่ 2 33

สารบัญ(ต่อ)

4.2 การทดสอบอิทธิผลของอุณหภูมิน้ำที่มีผลต่อข้อมูลที่วัดได้จาก
เครื่องวัดระดับน้ำ
46

บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ 67

สรุป 67
ข้อเสนอแนะ 68
อ้างอิง 69
ภาคผนวก ก 70
ภาคผนวก ข 74

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบตั้ง 4
ภาพที่ 2 เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบเอียง 5
ภาพที่ 3 เครื่องวัดระดับน้ำแบบใช้เส้นลวดและตุ้มน้ำหนัก 6
ภาพที่ 4 เครื่องวัดระดับน้ำแบบลูกลอย 7
ภาพที่ 5 เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบลูกลอย แบบ Richard's Type 7
ภาพที่ 6 เครื่องมือวัดระดับน้ำอัตโนมัติแบบใช้ทุ่นลอยแบบ Fuss's Type 8
ภาพที่ 7 เครื่องมือวัดระดับน้ำอัตโนมัติแบบใช้ทุ่นลอยแบบ Roll's Type 9
ภาพที่ 8 สเก็ตของบ่อวัดระดับน้ำ 9
ภาพที่ 9 บ่อวัดระดับน้ำเชื่อมโยงแบบ USBR 10
ภาพที่ 10 เครื่องมือวัดระดับน้ำอัตโนมัติแบบใช้ทุ่นลอยแบบใช้ฟองอากาศ 11
ภาพที่ 11 เครื่องมือวัดระดับน้ำอัตโนมัติแบบการใช้ความดันของน้ำ 12
ภาพที่ 12 เครื่องมือวัดระดับน้ำสูงสุด 13
ภาพที่ 13 รายละเอียดการเจาะท่อเครื่องมือวัดระดับน้ำสูงสุด 14
ภาพที่ 14 เครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดัน 16
ภาพที่ 15 เครื่อง RTU800 16
ภาพที่ 16 แหล่งจ่ายไฟ 17
ภาพที่ 17 เครื่องวัดกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ 17
ภาพที่ 18 ถังน้ำสูงมากกว่า 6 เมตร 18
ภาพที่ 19 ถังน้ำสูง 30 เซนติเมตร 18
ภาพที่ 20 สายไฟ 19

ภาพที่ 21 สายยางระดับน้ำ 19
ภาพที่ 22 ตลับเมตร 20
ภาพที่ 23 ไม้บรรทัด 20
ภาพที่ 24 ดินน้ำมัน 21

สารบัญภาพ(ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 25 เทปกาว 21
ภาพที่ 26 เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิ 22
ภาพที่ 27 ต่อหัวเซนเซอร์วัดระดับน้ำกับเครื่อง RTU800 23
ภาพที่ 28 หัวเซนเซอร์เมื่อนำไปติดตั้งในท่อส่วนที่ยื่นออกมาจากถังน้ำ 23
ภาพที่ 29 วัดกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์จากมัลติมิเตอร์ 24
ภาพที่ 30 อ่านระดับน้ำที่วัดได้จากเครื่อง RTU800 24
ภาพที่ 31 การต่อเครื่องวัดระดับน้ำกับเครื่อง RTU800 25
ภาพที่ 32 นำหัวเซนเซอร์วัดระดับน้ำไปวัดระดับน้ำในถัง 26
ภาพที่ 33 วัดกระแสจากมัลติมิเตอร์ 26
ภาพที่ 34 วัดอุณหภูมิน้ำโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์ 27
ภาพที่ 35 เติมน้ำแข็งจนอุณหภูมิน้ำลดเหลือ 5 องศาเซลเซียส 27
ภาพที่ 36 สายยางระดับน้ำและสายตลับเมตรที่ติดข้างถังน้ำ 28
ภาพที่ 37 การต่อหัวเซนเซอร์กับเครื่อง RTU800 29
ภาพที่ 38 การวัดกระแสไฟฟ้า 29
ภาพที่ 39 กราฟระหว่างระดับน้ำจริงและระดับน้ำที่วัดได้การทดลองปรับเทียบเครื่องวัดระดับน้ำครั้งที่ 1 31
ภาพที่ 40 กราฟระหว่างระดับน้ำจริงและกระแสไฟฟ้าวัดได้การทดลองปรับเทียบเครื่องวัดระดับน้ำครั้งที่ 1 31
ภาพที่ 41 กราฟระหว่างระดับน้ำจริงและค่าความคลาดเคลื่อนจากข้อมูลที่วัดได้ จากการทดลองปรับเทียบครั้งที่ 1 32
ภาพที่ 42 ใช้แหล่งจ่ายไฟแยกจ่ายไฟตรงให้หัวเซนเซอร์วัดระดับน้ำ 33
ภาพที่ 43 การต่อแหล่งจ่ายไฟกับหัวเซนเซอร์วัดระดับน้ำและเครื่อง RTU800 34

ภาพที่ 44 กราฟระหว่างระดับน้ำจริงและระดับน้ำที่วัดได้การทดลองปรับเทียบเครื่องวัด
ระดับน้ำครั้งที่ 2 โดยใช้แหล่งจ่ายไฟแยกให้หัวเซนเซอร์ 37
ภาพที่ 45 กราฟระหว่างระดับน้ำจริงและกระแสไฟฟ้าวัดได้การทดลองปรับเทียบเครื่องวัด
ระดับน้ำครั้งที่ 2 โดยใช้แหล่งจ่ายไฟแยกให้หัวเซนเซอร์ 37

สารบัญภาพ(ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 46 กราฟระหว่างระดับน้ำที่วัดได้และกระแสไฟฟ้าที่วัดได้จากการทดลองปรับเทียบ
เครื่องวัด ครั้งที่ 2 โดยใช้แหล่งจ่ายไฟแยกให้หัวเซนเซอร์ 38
ภาพที่ 47 กราฟระหว่างระดับน้ำจริงและระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณจากสมการที่ 1 41
ภาพที่ 48 กราฟระหว่างระดับน้ำจริงและค่าความคลาดเคลื่อนจากข้อมูลที่วัดได้จากการทดลอง
ปรับเทียบครั้งที่ 2 โดยใช้แหล่งจ่ายไฟแยกให้หัวเซนเซอร์ 44
ภาพที่ 49 กราฟระหว่างระดับน้ำจริงและค่าความคลาดเคลื่อนของระดับน้ำที่คำนวณได้จาก
สมการที่ 1 โดยใช้แหล่งจ่ายไฟแยกให้หัวเซนเซอร์ 44
ภาพที่ 50 เครื่องทำน้ำอุ่นที่ใช้ในการปรับอุณหภูมิน้ำ 46
ภาพที่ 51 กราฟระหว่างระดับน้ำจริง 22 เซนติเมตร และระดับน้ำที่ได้วัดได้จากการ
ทดลองครั้งที่ 1 50
ภาพที่ 52 กราฟระหว่างระดับน้ำจริง 25.5 เซนติเมตร และระดับน้ำที่ได้วัดได้จากการ
ทดลองครั้งที่ 2 50
ภาพที่ 53 กราฟระหว่างระดับน้ำจริง 23 เซนติเมตร และระดับน้ำที่ได้วัดได้จากการ
ทดลองครั้งที่ 3 51
ภาพที่ 54 กราฟอุณหภูมิและและค่าความคลาดเคลื่อนของระดับน้ำที่วัดได้
จากการทดลองครั้งที่ 1ที่ระดับน้ำจริง 22 เซนติเมตร 52
ภาพที่ 55 กราฟอุณหภูมิและและค่าความคลาดเคลื่อนของระดับน้ำที่วัดได้
จากการทดลองครั้งที่ 2ที่ ระดับน้ำจริง 25.5 เซนติเมตร 52
ภาพที่ 56 กราฟอุณหภูมิและและค่าความคลาดเคลื่อนของระดับน้ำที่วัดได้
จากการทดลองครั้งที่ 2ที่ระดับน้ำจริง 23 เซนติเมตร 53
ภาพที่ 57 กราฟระหว่างระดับน้ำจริง 22 เซนติเมตร และระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณ
จากกระแสไฟฟ้าจากสมการที่ 1 57

ภาพที่ 58 กราฟระหว่างระดับน้ำจริง 25.5 เซนติเมตร และระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณ
จากกระแสไฟฟ้าจากสมการที่ 1 57

สารบัญภาพ(ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 59 กราฟระหว่างระดับน้ำจริง 23 เซนติเมตร และระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณ
จากกระแสไฟฟ้าจากสมการที่ 1 58
ภาพที่ 60 ค่าความคลาดเคลื่อนของระดับน้ำจริงและระดับน้ำจากสมการที่ 1 กับอุณหภูมิ
ที่ระดับน้ำจริง 22 เซนติเมตร 59
ภาพที่ 61 ค่าความคลาดเคลื่อนของระดับน้ำจริงและระดับน้ำจากสมการที่ 1 กับอุณหภูมิ
ที่ระดับน้ำจริง 25.5 เซนติเมตร 59
ภาพที่ 62 ค่าความคลาดเคลื่อนของระดับน้ำจริงและระดับน้ำจากสมการที่ 1 กับอุณหภูมิ
ที่ระดับน้ำจริง 23 เซนติเมตร 60
ภาพที่ 63 กราฟระหว่างความแตกต่างของระดับน้ำจริงกับระดับน้ำที่คำนวณได้จากสมการที่ 1
ที่ระดับ 22 ,23 และ 25.5 เซนตเมตร 62
ภาพที่ 64 กราฟระหว่างระดับน้ำจริงที่ 22 เ ซนติเมตร ระดับน้ำที่วัดได้ และระดับน้ำจาก
สมการที่ 2 กับอุณหภูมิน้ำ 65
ภาพที่ 65 กราฟระหว่างระดับน้ำจริงที่ 23 เ ซนติเมตร ระดับน้ำที่วัดได้ และระดับน้ำจาก
สมการที่ 2 กับอุณหภูมิน้ำ 65
ภาพที่ 66 กราฟระหว่างระดับน้ำจริงที่ 25.5 เซนติเมตร ระดับน้ำที่วัดได้ และระดับน้ำจาก
สมการที่ 2 กับอุณหภูมิน้ำ 66

สารบัญ ตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 พื้นที่หน้าตัดของบ่อวัดระดับน้ำ ในกรณีที่ท่อนอนยาวมากก็ให้เพิ่มพื้นที่หน้าตัด 10

ตารางที่ 2 ผลการทดลองปรับเทียบเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดันครั้งที่ 1 30

ตารางที่ 3 ผลการทดลองปรับเทียบเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดันครั้งที่ 2 35

ตารางที่ 4 ระดับน้ำจริง และระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณจากสมการที่ 1 39

ตารางที่ 5 ค่าความผิดพลาดระหว่างระดับน้ำจริงและระดับน้ำที่วัดได้กับค่าความผิดพลาด ระหว่างระดับน้ำจริงและระดับน้ำคำนวณได้จากสมการที่ 1 42

ตารางที่ 6 ผลการทดสอบอิทธิผลของอุณหภูมิน้ำที่มีผลต่อข้อมูลที่วัดได้จากเครื่องวัดระดับน้ำ แบบแรงดันครั้งที่ 1 ที่ระดับน้ำจริง 22 cm 47

ตารางที่ 7 ผลการทดสอบอิทธิผลของอุณหภูมิน้ำที่มีผลต่อข้อมูลที่วัดได้จากเครื่องวัดระดับน้ำ แบบแรงดัน ครั้งที่ 2 ที่ระดับน้ำจริง 25.5 cm 48

ตารางที 8 ผลการทดสอบอิทธิผลของอุณหภูมิน้ำที่มีผลต่อข้อมูลที่วัดได้จากเครื่องวัดระดับน้ำ แบบแรงดัน ครั้งที่ 3 ที่ระดับน้ำจริง 23 cm 49

ตารางที่ 9 ค่าความคลาดเคลื่อนระหว่าง ระดับน้ำจากการคำนวณกระแสไฟฟ้าจากสมการ ที่ 1 และระดับน้ำจริง 22 เซนติเมตร 54

ตารางที่ 10 ค่าความคลาดเคลื่อนระหว่าง ระดับน้ำจากการคำนวณกระแสไฟฟ้าจากสมการ ที่ 1 และระดับน้ำจริง 25.5 เซนติเมตร 55

ตารางที่ 11 ค่าความคลาดเคลื่อนระหว่าง ระดับน้ำจากการคำนวณกระแสไฟฟ้าจากสมการ ที่ 1 และระดับน้ำจริง 23 เซนติเมตร 56

ตารางที่ 12 ความแตกต่างระหว่างระดับน้ำจริงที่ระดับ 22 , 25.5 และ 23 เซนติเมตร
แลระดับน้ำที่คำนวณได้จากสมการที่ 2 61
ตารางที่ 13 ระดับน้ำจริง และระดับน้ำที่ได้จากสมการที่ 2 63

บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำ

ในระบบชลประทาน ที่มีความจำเป็นต้องควบคุมระดับน้ำด้านเหนือน้ำหรือด้านท้ายน้ำ จำเป็นต้องมีการติดตั้งเครื่องวัดระดับน้ำเพื่อทำการหาค่าระดับน้ำ แล้วแปลงค่าระดับนั้นไปเป็นปริมาณน้ำซึ่งเครื่องวัดระดับน้ำแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ เครื่องวัดระดับน้ำแบบธรรมดา และ เครื่องวัดระดับน้ำแบบอัตโนมัติ

โดยทั้งนี้ ได้ทำการศึกษาและทดสอบเป็นเครื่องวัดระดับน้ำแบบอัตโนมัติ ซึ่งเป็นเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดัน ซึ่งเครื่องมือดังกล่าวได้มีการติดตั้งใช้งานแต่เกิดปัญหาซึ่งมีบางช่วงเวลาที่ข้อมูลที่อ่านจากเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดันไม่แน่นอน ซึ่งต้องหาสาเหตุว่า อุณหภูมิน้ำ มีผลต่อข้อมูลที่วัดได้ของเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดันอย่างไรบ้าง

ดังนั้นจึงได้ทำการทดสอบปรับเทียบเครื่องวัดระดับน้ำ และทดสอบว่า อุณหภูมิน้ำมีผลต่อข้อมูลที่วัดได้จากเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดันหรือไม่ โดยออกแบบการทดลองเพื่อทดสอบเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดัน เพื่อปรับเทียบเครื่องวัดระดับน้ำและให้ได้ทราบว่าอุณหภูมิน้ำมีผลต่อข้อมูลที่วัดได้จากเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดันหรือไม่

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลจากการใช้งานเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดัน ด้วยการเปรียบเทียบค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือวัดกับค่าจริงของสิ่งที่ถูกวัด

2. เพื่อหาสาเหตุของอุณหภูมิน้ำ ว่ามีอิทธิพลต่อข้อมูลที่วัดได้ของเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดันหรือไม่

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1. ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ได้จากการวัดระดับน้ำโดยใช้เครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดันโดยการปรับเทียบอุปกรณ์วัดระดับน้ำแบบแรงดัน

2. ศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิน้ำที่มีผลต่อข้อมูลที่วัดได้จากเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดัน

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

2.1 การตรวจวัดข้อมูลน้ำในแม่น้ำ

ข้อมูลในระดับน้ำเป็นข้อมูลที่ตรวจวัดได้ง่าย เห็นได้จากในต่างประเทศมีการจดบันทึกข้อมูลระดับน้ำสูงสุดย้อนหลังไปได้หลายร้อยปี แม้แต่ในประเทศไทยก็มีข้อมูลระดับน้ำท่วมสูงสุดในสมัยกรุงศรีอยุธยา

ระดับน้ำที่ทำการบันทึกจะอ้างอิงอยู่กับระดับเฉลี่ยของน้ำทะเลปานกลาง เรียกระดับน้ำทะเลปานกลาง (รทก.) หรือ Mean Sea Level (MSL.) เครื่องมือที่ใช้มี 3 ลักษณะ คือ

1.เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบธรรมดา ได้แก่ เครื่องวัดระดับน้ำแบบตั้ง (Vertical staff gage) เครื่องวัดระดับน้ำแบบเอียง (Slope gage) เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบใช้เส้นลวดและตุ้มน้ำหนัก (Wire-weight gauge)

2.เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบอัตโนมัติ ได้แก่ เครื่องวัดระดับน้ำแบบลูกลอย (Float gage) เครื่องวัดระดับน้ำอัตโนมัติแบบ Pressure gage หรือ Pressure transducers เครื่องวัดระดับน้ำอัตโนมัติแบบ Water surface detector

3.เครื่องมือวัดระดับน้ำสูงสุด (Crest - stage gauge) เป็นเครื่องมือที่อ่านได้เฉพาะระดับน้ำสูงสุด ในแต่ช่วงเวลา (กีรติ, 2537)

2.1.1 เครื่องวัดระดับน้ำแบบธรรมดา

เป็นเครื่องมือวัดระดับน้ำที่ติดตั้งอยู่กับที่ หรือนำไปตรวจวัดเป็นครั้งคราว เพื่อต้องการทราบค่าสูง- ต่ำของระดับน้ำเปรียบเทียบกับจุดคงที่ใด ๆ ขณะที่ทำการตรวจวัดโดยปกติจะเปรียบเทียบกับค่าระดับน้ำทะเลกลาง (Mean Sea Level หรือใช้ตัวย่อ MSL.) หรือค่า รทก. หรือระดับสมมุติของสถานีนั้นๆ ซึ่งสามารถใช้เครื่องมือได้หลายชนิด ดังนี้

เครื่องวัดระดับน้ำแบบตั้ง (Vertical staff gauge)

เป็นแผ่นวัดระดับน้ำชนิดที่ใช้วัดระดับน้ำในแนวดิ่ง หรือแนวตั้ง นิยมทำด้วยแผ่นโลหะหรือแผ่นเหล็กเคลือบ (Enamel) ขนาดความยาวแผ่นละ 1.00 เมตร กว้าง 0.15 เมตร แบ่ง Scale สำหรับอ่านค่าทุก ๆ 1 หรือ 2 ซม. และเน้นระยะอ่านทุก ๆ 10 ซม. และให้สีพื้นของแผ่นแตกต่างจากสีขาวของ Scale โดยเด่นชัดของแผ่นเจาะรูสำหรับติดแผ่นตัวเลขบอกระดับน้ำเป็นเมตร ขนาดแผ่นตัวเลขประมาณ 3 ซม. X 10 ซม. ทำด้วยแผ่นโลหะหรือเหล็กเคลือบชนิดเดียวกับแผ่นวัดระดับ

<u>การใช้งาน</u>

อ่านค่าระดับในแนวดิ่งที่แน่นอน เมื่อเปรียบเทียบกับค่า MSL หรือระดับสมมุติของสถานีนั้น ๆ ทำได้โดยปักเสาบนตลิ่งแม่น้ำ อาจมีค้ำยันด้วนถ้าจำเป็นและอ่านค่าระดับน้ำได้โดยตรงจากแผ่นระดับที่ติดไว้กับเสา หากไม่สามารถอ่านระดับน้ำตั้งแต่ระดับน้ำต่ำสุด จนถึงระดับน้ำสูงสุดได้และในขณะเดียวกันที่ระดับน้ำขึ้นสูงยากต้อการอ่าน จะทำการติดตั้งเครื่องวัดไว้ ณ จุดต่าง ๆ ของลำน้ำ โดยให้เหลื่อมกันแผ่นละประมาณ 50 เซนติเมตร ในแนวรูปตัดขวางเดียวกัน ดังแสดงภาพ

(สำนักวิจัย พัฒนาและอุทกวิทยา กรมทรัพยากรน้ำ)

ภาพที่ 1 เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบตั้ง (Vertical staff gauge)

เครื่องวัดระดับน้ำแบบเอียง (Slope gage)

เป็นแผ่นวัดระดับน้ำที่ทำการติดตั้งตามความลาด ของแม่น้ำลำคลองโดยเฉพาะ ที่มีความลาดเอียง 1: 1.5 จะวัดความสูงของระดับน้ำ ในแนวตั้งได้ 0.50 เมตร ฉะนั้น จึงต้องติดตั้ง 2 แผ่น ต่อกันจึงจะอ่านค่า Scale ในแนวตั้งได้ 1.00 เมตร ส่วน Scale ที่เห็นจะใช้มาตรา 1: 1.5

<u>การใช้งาน</u>

อ่านค่าระดับในแนวดิ่งที่แน่นอน เมื่อเปรียบเทียบกับค่า MSL. หรือระดับสมมุติของสถานีนั้น ๆ เสาระดับน้ำต้องใช้คนอ่านค่าระดับน้ำ ใช้กับสถานีในลำน้ำขนาดใหญ่พอสมควร มีการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำแต่ละวันไม่มากนัก มีสภาพลำน้ำที่สามารถจะติดตั้งเสาระดับได้ และต้องมีคนอยู่อ่านค่าได้วันละหลายครั้ง แต่มาตรฐานที่ใช้อ่านกัน คือ วันละ 2, 3, 5, 16 และ 24 เวลา ขึ้นกับวัตถุประสงค์ (**สุเทพ , 2521**)

ภาพที่ 2 เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบเอียง (Slope gage)

เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบใช้เส้นลวดและตุ้มน้ำหนัก (Wire-weight gauge)

เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบนี้ ประกอบด้วยตุ้มน้ำหนักและเส้นลวดที่พันอยู่รอบดรัม (drum) ซึ่งมีเส้นรอบวงเท่ากับหนึ่งฟุต ดังแสดงในภาพ

การใช้งาน

การวัดระดับน้ำ จะปล่อยตุ้มน้ำหนักลงจากระดับอ้างอิง เช่น สะพาน ระดับตลิ่ง หรือระดับอาคาร ที่ยื่นเข้าไปในแม่น้ำลงมาสัมผัสผิวน้ำ จะสามารถอ่านระยะหย่อนตุ้มน้ำหนักได้ เมื่อนำระดับน้ำอ้างอิงมาลบด้วยระยะหย่อนตุ้มน้ำหนัก จะได้ระดับน้ำที่ต้องการ (นิตยา , 2551)

ภาพที่ 3 เครื่องวัดระดับน้ำแบบใช้เส้นลวดและตุ้มน้ำหนัก (Wire-weight gauge)

2.1.2 เครื่องวัดระดับน้ำแบบบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ

เครื่องมือวัดน้ำระดับน้ำแบบที่ใช้อ่านได้โดยตรงต้องมีคนไว้คอยอ่านระดับน้ำ ดังนั้นจึงไม่สามารถเก็บสถิติระดับน้ำ ซึ่งเปลี่ยนแปลงได้ต่อเนื่องกัน จึงต้องติดตั้งเครื่องวัดระดับน้ำอัตโนมัติเพื่อให้สามารถเก็บสถิติระดับน้ำได้อย่างได้อย่างต่อเนื่องกัน เช่น

เครื่องวัดระดับน้ำแบบลูกลอย (Float gage)

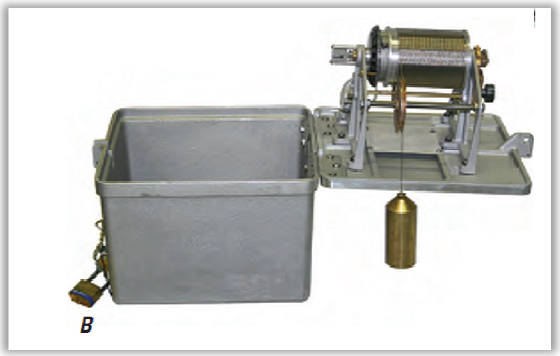
เครื่องวัดระดับน้ำแบบลูกลอย (Float gage) จะถูกปล่อยให้ลอยบนผิวน้ำ การขึ้นลงของระดับน้ำจะถูกบันทึกหรือเขียนไว้บนกระดาษบันทึกระดับน้ำ เมื่อระดับน้ำเปลี่ยนแปลงไปด้วยอาการขึ้นลงของระดับน้ำเป็นการหมุนของปากกาที่ใช้เขียนหรือบันทึกระดับน้ำหรือ เป็นการเคลื่อนไหลผ่านลวดเส้นเล็ก ๆ

กระดาษบันทึกจะถูกหมุนไปรอบ ๆ แกนด้วยความเร็วสม่ำเสมอโดยใช้นาฬิกาจึงจะสามารถทราบระดับน้ำที่เวลาใด ๆ ก็ได้

ภาพที่ 4 เครื่องวัดระดับน้ำแบบลูกลอย (Float gage)

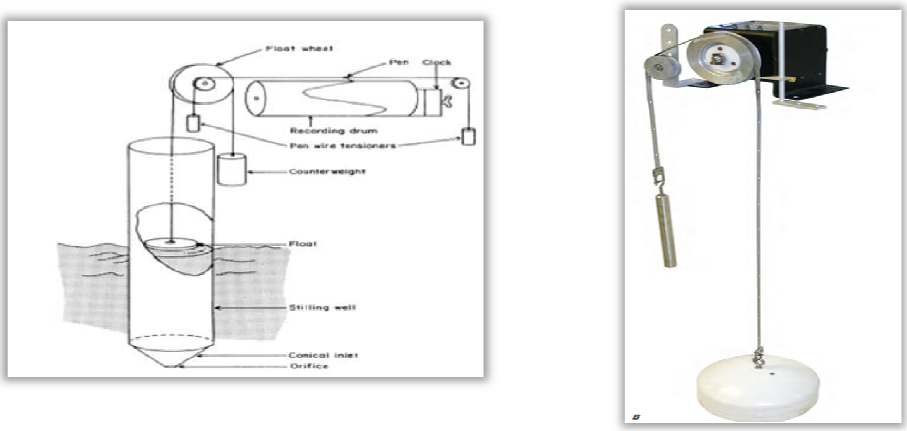
เครื่องมือระดับน้ำอัตโนมัติแบบใช้ทุ่นลอยแบ่งออกเป็นดังนี้

1.แบบ **Richard ’s Type** แบบนี้มีกลไกซึ่งการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำจะถูกเขียน หรือบันทึกลงกระดาษที่พันไว้รอบแท่งทรงกระบอกที่มีแกนทำให้ทรงกระบอกหมุนในแนวตั้งด้วยนาฬิกา โดยการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำจะถูกเปลี่ยนเป็นการหมุนรอบแกนปากกาที่ใช้บันทึกระดับน้ำ ดังแสดงในภาพ



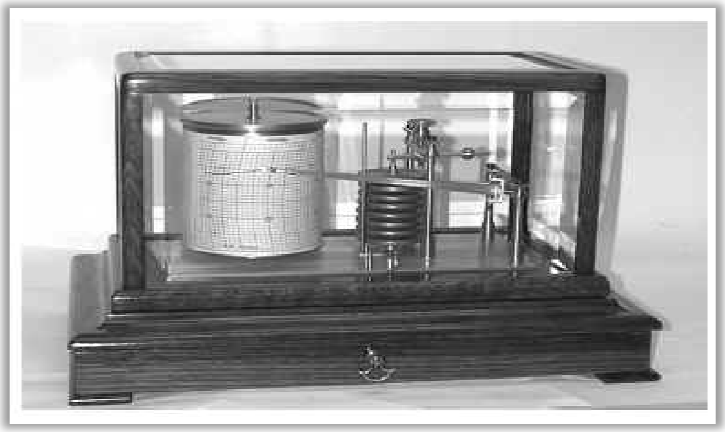
ภาพที่ 5 เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบลูกลอย แบบ Richard ’s Type

2. แบบ **Fuss 's Type** แบบนี้มีกลไกซึ่งการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำจะถูกเขียน หรือบันทึกลงกระดาษที่พันไว้รอบแท่งทรงกระบอกโดยกระดาษที่ใช้บันทึกระดับน้ำ ถูกยึดติดกับลูกกรอก ซึ่งเคลื่อนที่เป็นอัตราส่วนกับการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำ เมื่อเปรียบเทียบแบบนี้กับ Richard ' Type แล้วจะบันทึกระดับน้ำในทิศทางเดียวกันกับการขึ้นลงของระดับน้ำ ซึ่งทำให้อ่านได้ง่าย และสามารถเลือกช่วงที่จะบันทึกระดับน้ำได้ ดังแสดงในภาพ



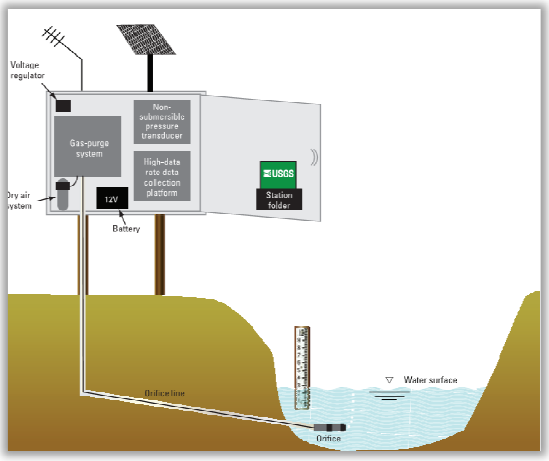
ภาพที่ 6 เครื่องมือวัดระดับน้ำอัตโนมัติแบบใช้ทุ่นลอยแบบ Fuss **'s** Type

3. แบบ **Roll 's Type** แบบนี้มีกลไกซึ่งการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำที่ทำให้ลูกรอกหมุนรอบแกนนั้นจะถูกส่งไปโดยเฟืองตัวหนอน โดยปากาจะเคลื่อนที่ไปในแนวราบ และบันทึกการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำ ลงบนกระดาษที่พันไว้รอบแท่งทรงกระบอกที่มีแกนอยู่ในแนวราบ Suikin type ก็รวมอยู่ในแบบนี้มีปากกา 2 ตัว ตัวหนึ่งมีช่วงบันทึกระดับน้ำ โดยย่อเหลือ 1 เมตร และสามารถบันทึกกลับไปกลับมาได้ในช่วงเวลา 1 เมตร โดยไม่จำกัด ปากกาตัวที่สองมีช่วงบันทึกน้ำถึง 10 เมตร เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำถูกบันทึกไว้ด้วยปากกา 2 ครั้ง จึงสามารถบันทึกระดับน้ำที่มีการเปลี่ยนแปลงมากและมีความแม่นยำมากอีกด้วย ดังแสดงในภาพ



ภาพที่ 7 เครื่องมือวัดระดับน้ำอัตโนมัติแบบใช้ทุ่นลอยแบบ Roll 's Type

4. บ่อวัดระดับน้ำ ทุ่นลอยเครื่องวัดระดับน้ำต้องได้รับการป้องกันจากคลื่นและกระแสน้ำด้วยการสร้างบ่อวัดระดับน้ำ บ่อนี้นอกจากจะมีขนาดแข็งแรงพอแล้วยังต้องมีเส้นผ่านศูนย์กลางโตพอสำหรับ ขนาดทุ่นของลอยน้ำหนักถ่วง และช่องว่างเผื่อไว้อีกเล็กน้อย(ประมาณ 10 เซนติเมตร) ในกรณีบ่อวัดระดับน้ำเอียง ถึงแม้จะจะมีช่องว่างเผื่อไว้สำหรับทุ่นลอยกับผนังบ่อขณะ ที่ระดับน้ำต่ำอยู่แล้วก็ตาม ปรากฏว่า เมื่อระดับน้ำสูงขึ้นทุ่นลอยจะแตะกับผนังบ่อได้ ฉะนั้นต้องระมัดระวังเอาไว้ด้วย ดังแสดงในภาพที่ 8



ภาพที่ 8 สเก็ตของบ่อวัดระดับน้ำ

บ่อวัดระดับน้ำเชื่อมโยง

บ่อวัดระดับน้ำเชื่อมโยง ให้ต่อเนื่องกับแม่น้ำได้โดยท่อนอนอีกอันหนึ่ง ถ้าท่อนอนมีขนาดโตเกินไปแท้แต่ระดับน้ำเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย (เช่น คลื่น) ก็จะถูกบันทึกลงกระดาษหมด ทำให้อ่านค่าระดับน้ำเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเกินไป ทำให้อุดตันได้ง่าย และทำให้น้ำในแม่น้ำไหลเข้ามาในบ่อวัดระดับน้ำช้าเกินไป U.S.B.R. ใช้พื้นที่หน้าตัดของท่อเท่ากับ 1/1000 ของพื้นที่หน้าตัดของบ่อวัดระดับน้ำ ในกรณีที่ท่อนอนยาวมากก็ให้เพิ่มพื้นที่หน้าตัด ตามตารางที่ 1

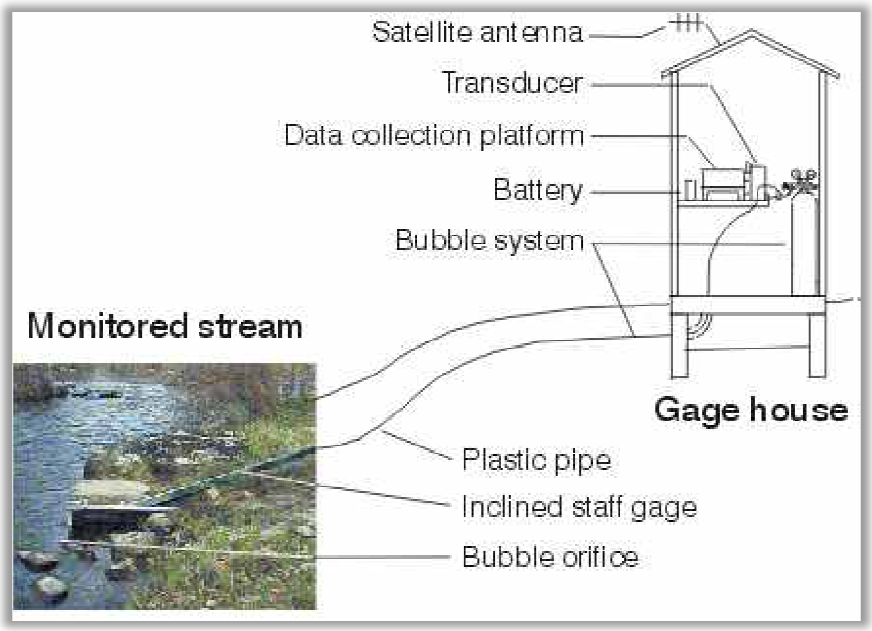
ตารางที่ 1 พื้นที่หน้าตัดของบ่อวัดระดับน้ำ ในกรณีที่ท่อนอนยาวมากก็ให้เพิ่มพื้นที่หน้าตัด

ขนาดชองบิวัดระดับน้ำ (ซม.)	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรูรับน้ำ (ซม.)	ขนาดของท่อรับน้ำ (ซม.) ยาว 5-10 ม.
เส้นผ่าศูนย์กลาง 30	1.2	1.2
40	1.2	2.0
50	1.5	2.0
60	2.0	2.5
75	2.5	4.0
90	3.0	5.0
รูปสี่เหลี่ยม 0.9x0.9 ม.	3.0	5.0
1.2x0.9 ม.	4.0	7.5
1.2x1.5 ม.	5.0	10

ภาพที่ 9 บ่อวัดระดับน้ำเชื่อมโยงแบบ USBR

แบบใช้ฟองอากาศ (Bubble type)

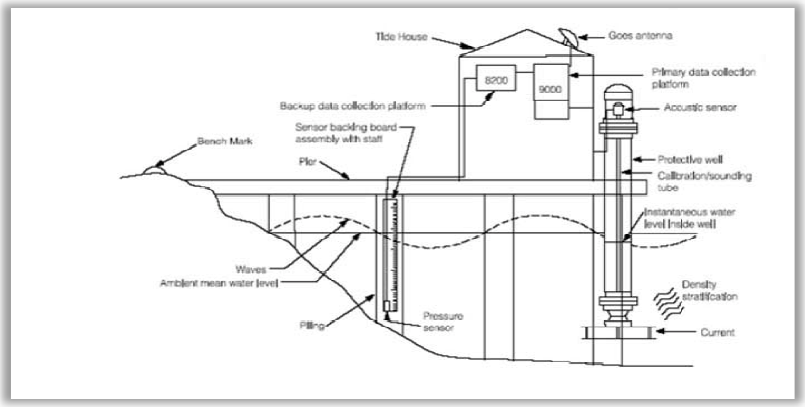
แบบใช้ฟองอากาศ (Bubble type) ก๊าซเป็นต้นว่าอากาศภายใต้ความดันถูกปล่อยออกทางปลายของท่อเล็กใต้ผิวน้ำ สามารถหาค่าระดับน้ำได้จากการเปลี่ยนแปลงความดันของก๊าซ ซึ่งขึ้นอยู่กับความดันของน้ำที่ปลายท่อนั้น ดังที่แสดงในรูปเป็นของ Neypric เป็นแบบเก่า แรงดันแก๊สด้านต่อเข้าเครื่องวัดนำไปต่อเข้ากับ Manometer ที่ใช้ปรอทส่วนกระบอกท่อของ Manometer จะมีความยาวสอดคล้องกับช่วงระดับน้ำที่ต้องการวัด แรงดันของน้ำจะเท่ากับแรงดันเนื่องจากความสูงของปรอทในกระบอกของ Manometer .ในกระบอกของ Manometer จะมีลูกลอยต่อด้วยสายสลิงไปยังลูกถ่วงน้ำหนักคล้องพาดอยู่บนปูเลย์ เช่นเดียวกับเครื่องวัดระดับน้ำแบบ Float การขึ้น-ลงของระดับน้ำจะส่งแรงดันทำให้ปรอทใน Manometer ขึ้น-ลงตามไปด้วย ซึ่งจากปูเลย์จะถูกเปลี่ยนโดยระบบ Machine ไปยังเข็มบันทึก ซึ่งมีระบบขับเคลื่อนกระดาษกราฟรองรับด้วยปากกาบันทึกโดยระบบนาฬิกาเป็นระบบขับเคลื่อน (สุเทพ , 2521)



ภาพที่ 10 เครื่องมือวัดระดับน้ำอัตโนมัติแบบใช้ทุ่นลอยแบบใช้ฟองอากาศ (Bubble type)

แบบการใช้ความดันของน้ำ (Water pressure type)

แบบการใช้ความดันของน้ำ (Water pressure type) ถ้าไม่คลื่นและอื่นๆ แล้วความดันของน้ำเปลี่ยนแปลงโดยตรงกับระดับน้ำจึงทำให้วัดการเปลี่ยนแปลงของวัดระดับน้ำได้ โดยการติดตั้งเครื่องมือวัดความดันไว้ที่ท้องน้ำ ส่วนประกอบที่ใช้วัดความดันไม่กีดขวางการไหลของน้ำ และสามารถถ่ายเทความดันของน้ำมาตามท่อความดันได้เนื่องจากเราสามารถติดตั้งเครื่องวัดความดันไว้ที่บริเวณที่ลึกที่สุดของลำน้ำได้จึงใช้เครื่องมือชนิดนี้ลำน้ำขนาดเล็ก ในบริเวณที่เป็นภูเขาซึ่งในหน้าแล้งมีน้ำน้อยมาก ถ้าเปรียบเทียบกับแบบทุ่นลอยแล้ว เครื่องมือแบบนี้ไม่จำเป็นต้องใช้บ่อวัดระดับน้ำและค่าใช้จ่ายทั้งหมดก็น้อยกว่าด้วย



ภาพที่ 11 เครื่องมือวัดระดับน้ำอัตโนมัติแบบการใช้ความดันของน้ำ (water pressure type)

เครื่องวัดระดับน้ำแบบความดัน เป็นเครื่องมือที่อาศัยหลักการที่เมื่อระดับน้ำเปลี่ยนแปลง จะทำให้ความกดดันของน้ำเปลี่ยนแปลง ทำให้ Transducer เปลี่ยนแปลงค่าสัญญาณทางไฟฟ้าของสถานีที่ทำการตรวจวัด จากหลักการนี้ทำให้มีการนำไปทำ Transducer ที่แตกต่างกันได้หลายแบบแต่ก็จะมีหลักการที่นำเอาความกดดันของน้ำนี้มาแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้า Transducer ของค่าความกดดันทางไฟฟ้าจะมีหลักการทำงานที่สำคัญอยู่ 2 ประการคือ ความกดดันซึ่งจะผันแปรกับค่าระดับน้ำ และการแปลงค่าความกดดันเป็นค่าสัญญาณทางไฟฟ้า ซึ่งค่าสัญญาณทางไฟฟ้านี้จะนำไปต่อเข้ากับเครื่องบันทึกข้อมูลอีกทีหนึ่ง ยกตัวอย่าง Transducer ที่แตกต่างกันมี 3 แบบ คือ

1. แบบช่องอากาศ จะอาศัยเทียบกับความกดดันของบรรยากาศ
2. แบบช่องอากาศปิด จะอาศัยเทียบกับค่าความกดดันที่คงที่
3. แบบ Absolute จะอาศัยสุญญากาศ

เครื่องวัดระดับน้ำแบบนี้ ใช้หลักการที่ระดับน้ำเปลี่ยนแปลง จะทำให้ความดันของน้ำเปลี่ยนแปลง เหมาะสมกับการใช้งานวัดระดับน้ำผิวดิน เช่น แม่น้ำ ลำคลอง หรือลำน้ำปิด สามารถวัดกระแสน้ำได้ในช่วงเวลาต่าง ๆ คือ 0-4 m , 0-10 m, 0-20 m, และ 0-40 m, มีความถูกต้อง **±**0.05**%** ตัวหัววัดสามารถวัดอุณหภูมิได้ในช่วง -25°C ถึง 70°C มีระบบชดเชยอุณหภูมิในขณะทำงานอัตโนมัติ หัววัดเป็นชนิด Ceramic ที่ออกแบบมาให้ใช้งานได้ทนทาน และชดเชยกับค่าอุณหภูมิได้เป็นอย่างดี สามารถเชื่อมกับการส่งสัญญาณได้หลากหลายเช่น 4-20 mA, SDI-12, RS-485 **(สุเทพ, 2521)**

2.1.3 เครื่องมือวัดระดับน้ำสูงสุด (Crest-stage gauge)

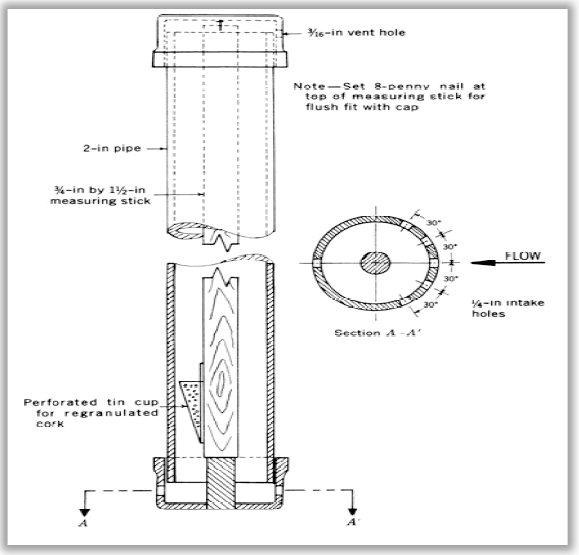
เครื่องมือวัดระดับน้ำสูงสุดประกอบด้วยไม้วัดระดับน้ำทั่วไป (Ordinary staff gauge) ที่มีความกว้างและความยาวที่พอเหมาะในการตรวจวัดระดับน้ำสูงสุดในท่อเหล็กอาบสังกะสี ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 2 นิ้ว โดยท่อเหล็กอาบสังกะสีจะมีหน้าแปลนท่อที่ปลายทั้ง 2 ด้าน และมีการเจาะรูเล็กๆขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.25 นิ้ว หลายๆรูรอบท่อด้านล่าง

<u>การใช้งาน</u>

การติดตั้งเครื่องมือวัดระดับน้ำสูงสุดจะเริ่มจากการนำท่อเหล็กอาบสังกะสีไปติดตั้งในลำน้ำ โดยด้านล่างอยู่ที่ระดับอ้างอิงของลำน้ำ (Stream datum) หรือระดับที่เทียบกับระดับน้ำอ้างอิงของลำน้ำ จากนั้นก็นำไม้วัดระดับน้ำใส่ลงไปในท่อ แล้วจึงนำเศษไม้ก๊อก (cork) เมื่อเหตุการณ์น้ำหลาไหลผ่าน น้ำในลำน้ำจะไหลเข้าตามรูเล็กๆ ทำให้เศษไม้ก๊อกหรือผงเศษไม้ลอยขึ้นและไปเกาะที่ไม้วัดระดับน้ำ ทำให้สามารถอ่านระดับน้ำสูงสุดได้ตามต้องการ และเมื่อต้องการวัดระดับน้ำครั้งต่อไป ก็ทำได้โดยล้างไม้วัดระดับน้ำให้สะอาด แล้วนำไม้วัดระดับน้ำและเศษไม้ก๊อกหรือเศษไม้ใส่ลงไปในท่อเหล็กอาบสังกะสีเพื่อวัดระดับน้ำสูงสุดต่อไป

(กีรติ , 2537)

ภาพที่ 12 เครื่องมือวัดระดับน้ำสูงสุด (Crest-stage gauge)



ภาพที่ 13 รายละเอียดการเจาะท่อเครื่องมือวัดระดับน้ำสูงสุด

2.2 การเลือกที่ตั้งสถานีวัดน้ำ (Gauging station)

ข้อมูลอัตราการไหลและระดับน้ำเป็นสิ่งจำเป็นในการทำงานอุทกวิทยา ซึ่งสถานีวัดน้ำที่ดีต้องมีลักษณะดังนี้

1. การเข้าถึง (Accessibility) สถานีที่ดีควรจะเข้าไปตรวจวัดข้อมูลระดับน้ำ และอัตราการไหลได้ในทุกสภาพอากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเวลาที่มีฝนตกหนัก หรือเกิดน้ำท่วม เป็นต้น
2. ความเพียงพอ (Adequacy) สถานีวัดน้ำควรจะสามารถวัดระดับน้ำและอัตราการไหลที่ระดับความสูงน้ำต่างๆ
3. การมีเสถียรภาพ (Stability) สถานีวัดน้ำควรจะอยู่ในบริเวณหน้าตัดทางน้ำที่มั่นคง รีเสถียรภาพ ไม่เกิดการกัดเซาะหรือการตกตะกอนในลำน้ำ มีความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับระดับน้ำคงที่หรือไม่เปลี่ยนแปลงได้ง่าย และควรจะอยู่บริเวณลำน้ำที่ไหลตรง
4. ความถาวร (Permanency) สถานีวัดน้ำควรตั้งอยู่ในบริเวณที่ไม่ถูกรบกวนจากเหตุใดๆ ที่จะมีผลทำให้ข้อมูลผิดพลาดหรือข้อมูลสูญหาย (กีรติ , 2537)

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

ในการทดลองการปรับเทียบเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดันและผลของอุณหภูมิที่มีต่อข้อมูลที่วัดได้จากเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดันมีอุปกรณ์ที่ใช้ดังนี้

1. เครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดัน (Transmitter for hydrostatic level)ยี่ห้อ SIEMENS รุ่น MPS series (ภาพที่ 14)
2. เครื่อง RTU (Remote terminal init) ยี่ห้อ EMBES รุ่น RTU800 (ภาพที่ 15)
3. แหล่งจ่ายไฟ (Power supply) ยี่ห้อ ANALAB รุ่น APS-1 (ภาพที่ 16)
4. เครื่องวัดกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ (Multimeter) ยี่ห้อ Agilent รุ่น U1241A (ภาพที่ 17)
5. ถังน้ำสูง 6 เมตร (ภาพที่ 18)
6. ถังน้ำสูง 30 เซนติเมตร (ภาพที่ 19)
7. สายไฟ (ภาพที่ 20)
8. สายยางระดับน้ำยาวมากกว่า 6 เมตร (ภาพที่ 21)
9. ตลับเมตร (ภาพที่ 22)
10. ไม้บรรทัด (ภาพที่ 23)
11. ดินน้ำมัน (ภาพที่ 24)
12. เทปกาว (ภาพที่ 25)
13. เทอร์โมมิเตอร์วันอุณหภูมิ (ภาพที่ 26)

ภาพที่ 14 เครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดัน

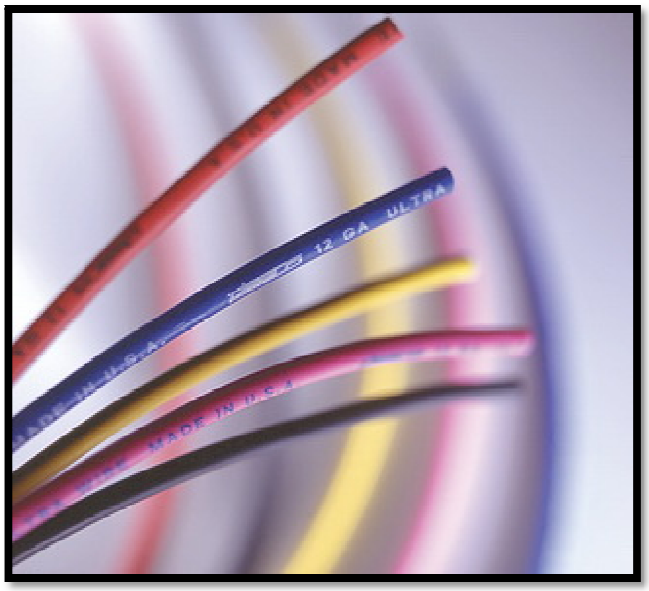
ภาพที่ 15 เครื่อง RTU800

ภาพที่ 16 แหล่งจ่ายไฟ (Power supply)

ภาพที่ 17 เครื่องวัดกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ (Multimeter)

ภาพที่ 18 ถังน้ำสูงมากกว่า 6 เมตร

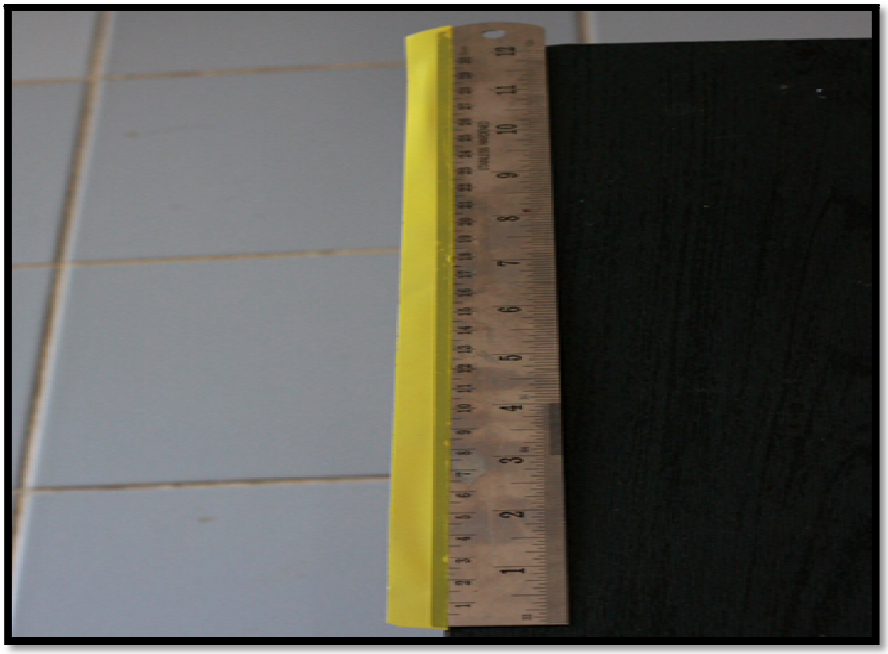
ภาพที่ 19 ถังน้ำสูง 30 เซนติเมตร



ภาพที่ 20 สายไฟ

ภาพที่ 21 สายยางระดับน้ำ

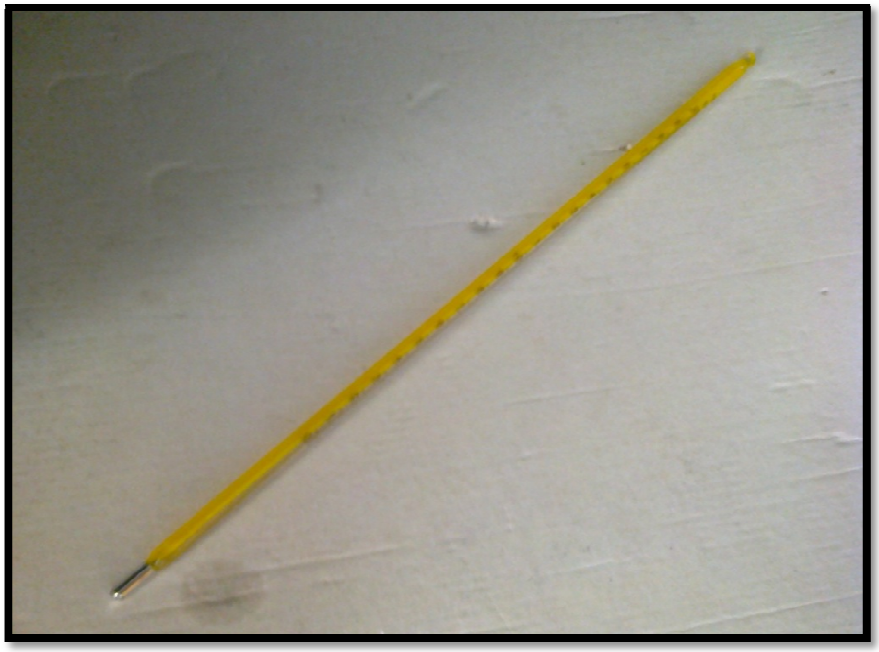
ภาพที่ 22 ตลับเมตร



ภาพที่ 23 ไม้บรรทัด

ภาพที่ 24 ดินน้ำมัน

ภาพที่ 25 เทปกาว

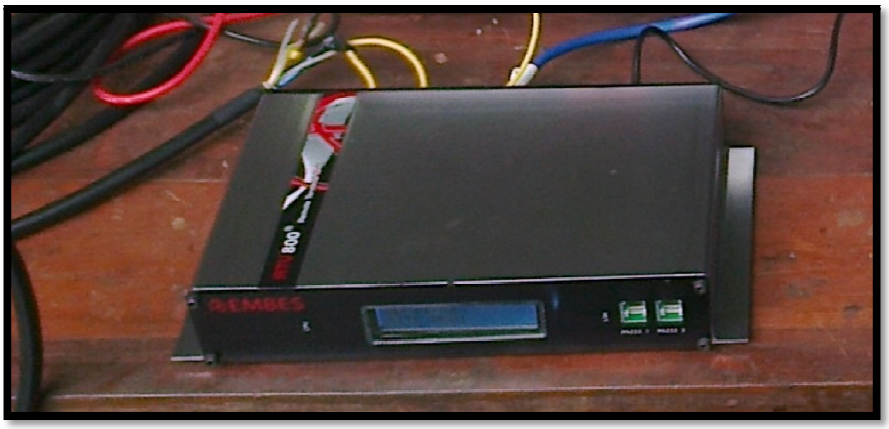


ภาพที่ 26 เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิ

3.2 วิธีการทดสอบ

3.2.1 การปรับเทียบเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดัน

1. ทำการติดตั้งหัวเซนเซอร์วัดระดับน้ำโดยต่อกับเครื่อง RTU800



ภาพที่ 27 ต่อหัวเซนเซอร์วัดระดับน้ำกับเครื่อง RTU800

2. นำหัวเซนเซอร์ไปใส่ลงในท่อ PVC ที่ต่อยื่นมาจากถังน้ำ โดยใช้ดินน้ำมันปิดบริเวณที่มีช่องว่างไม่ให้อากาศผ่านเข้าออกได้และนำเทปกาวมาพันไว้เพื่อไม่ให้แรงดันน้ำดันหัวเซนเซอร์พุ่งขึ้นมา

ภาพที่ 28 หัวเซนเซอร์เมื่อนำไปติดตั้งในท่อส่วนที่ยื่นออกมาจากถังน้ำ

3. วัดกระแสไฟฟ้าที่เครื่องวัดระดับน้ำปล่อยออกมา และระดับน้ำที่อ่านได้จากเครื่อง RTU ที่ระดับน้ำจริงเริ่มต้นที่ 0 เซนติเมตร แล้วเพิ่มระดับน้ำทีละประมาณ 50 เซนติเมตร จนถึง 600 เมตรและลดลดทีละ 50 เซนติเมตร จนเหลือ 0 เซนติเมตร

ภาพที่ 29 วัดกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์จากมัลติมิเตอร์

ภาพที่ 30 อ่านระดับน้ำที่วัดได้จากเครื่อง RTU800

3.2.2 อิทธิผลของอุณหภูมิน้ำที่มีผลต่อข้อมูลที่วัดได้จากเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดัน

1. ทำการติดตั้งหัวเซนเซอร์วัดระดับโดยต่อกับเครื่อง RTU800 โดยหัวเซนเซอร์ใช้ไฟจาก แหล่งจ่ายไฟ

ภาพที่ 31 การต่อเครื่องวัดระดับน้ำกับเครื่อง RTU800

2. นำหัวเซนเซอร์วัดระดับน้ำไปวัดระดับน้ำในถัง พร้อมทั้งวัดกระแสไฟฟ้าที่อุณหภูมิน้ำปกติ และเพิ่มอุณหภูมิที่อุณหภูมิน้ำ 45 องศาเซลเซียส และวัดเมื่ออุณหภูมิน้ำลดลงทีละ 5 องศาเซลเซียส จนถึงอุณหภูมิน้ำปกติโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิน้ำ

ภาพที่ 32 นำหัวเซนเซอร์วัดระดับน้ำไปวัดระดับน้ำในถัง

ภาพที่ 33 วัดกระแสจากมัลติมิเตอร์

ภาพที่ 34 วัดอุณหภูมิน้ำโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์

3. เติมน้ำแข็งให้อุณหภูมิน้ำลดเหลือ 5 องศาเซลเซียส แล้วทำการวัดกระแสไฟฟ้า และระดับน้ำ วัดเมื่ออุณหภูมิน้ำเพิ่มขึ้นทีละ 5 องศาเซลเซียส จนถึงอุณหภูมิน้ำปกติ

ภาพที่ 35 เติมน้ำแข็งจนอุณหภูมิน้ำลดเหลือ 5 องศาเซลเซียส

บทที่ 4

ผลและวิจารณ์

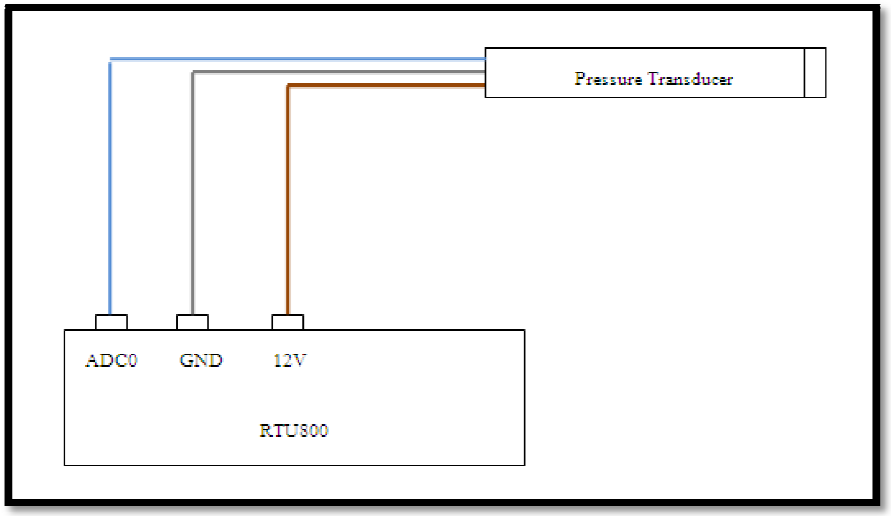
4.1 การปรับเทียบเครื่องวัดระดับน้ำ

การปรับเทียบเครื่องวัดระดับน้ำครั้งที่ 1

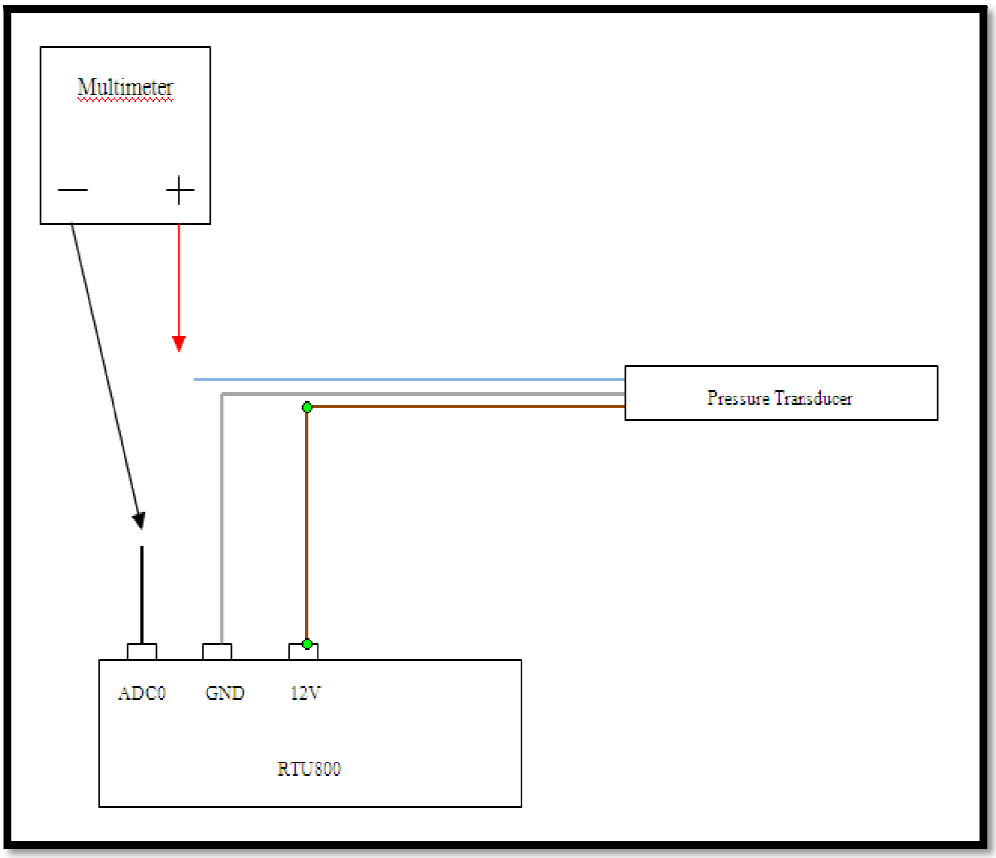
จากการทดสอบการปรับเทียบเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดันค่าระดับน้ำจริงเราสามารถอ่านได้จากสายยางระดับน้ำที่ติดข้างถังน้ำคู่กับสายตลับเมตร ดังภาพที่ 36

ภาพที่ 36 สายยางระดับน้ำและสายตลับเมตรที่ติดข้างถังน้ำ

ในการติดตั้งเครื่องวัดระดับน้ำ จะติดตั้งโดยการต่อสายไฟสามเส้นของหัวเซนเซอร์เข้ากับเครื่อง RTU800 ซึ่งระดับน้ำที่วัดได้จะอ่านจากเครื่อง RTU800 โดยสายสีฟ้าต่อช่อง ADC0 สายสีน้ำตาลต่อช่อง 12V และสายสีเทาต่อช่อง GND ดังภาพที่ 37 ซึ่งในการวัดกระแสไฟฟ้านั้นให้ถอดสายไฟเส้นสีฟ้าของเครื่องวัดระดับน้ำที่ต่อกับช่อง ADC0 ด้านหลัง RTU800 แล้วน้ำสายไฟธรรมดามาเสียบไว้แทน แล้วนำขั้วบวกของมัลติมิเตอร์วัดที่สายไฟเส้นสีฟ้าที่ถอดออกมา และขั้วลบวัดที่สายไฟที่ต่อกับช่อง ADC0 ดังภาพที่ 38



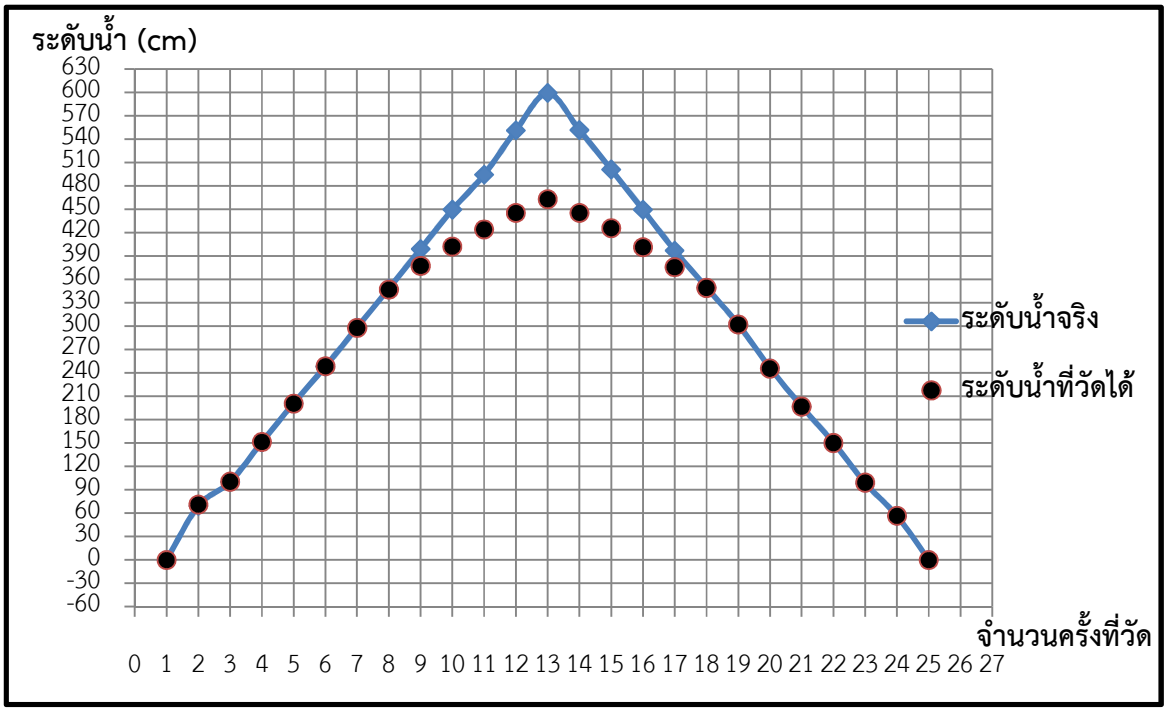
ภาพที่ 37 การต่อหัวเซนเซอร์กับเครื่อง RTU800



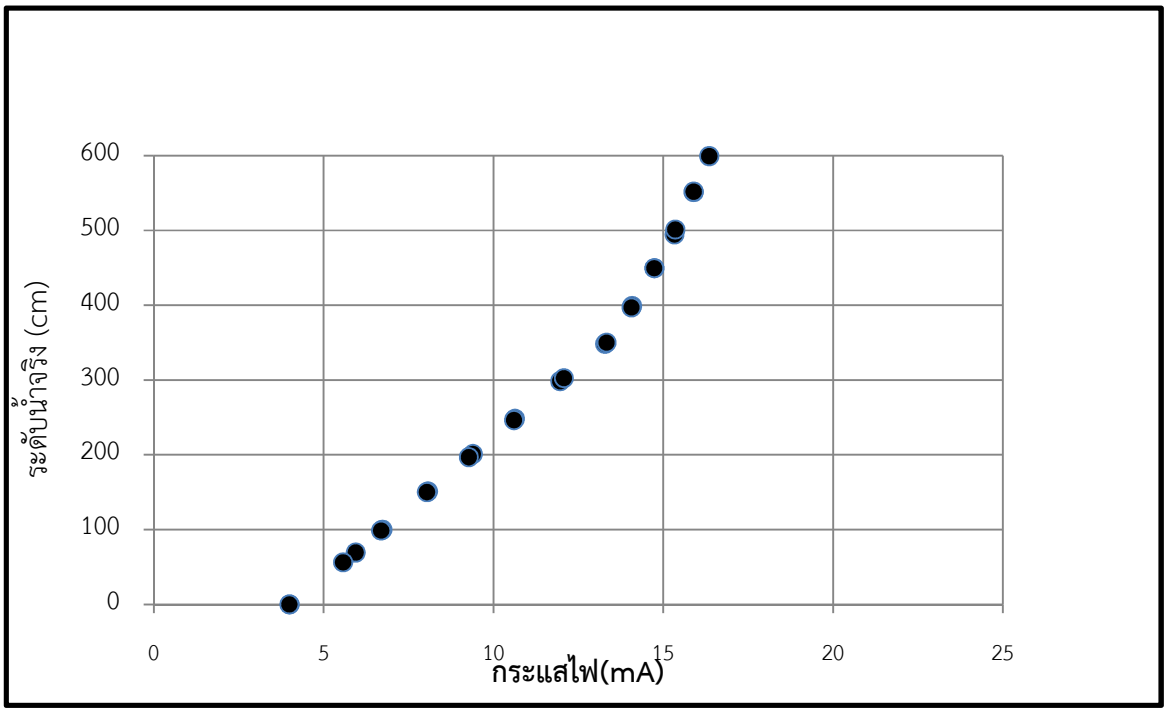
ภาพที่ 38 การวัดกระแสไฟฟ้า

ตารางที่ 2 ผลการทดลองปรับเทียบเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดันครั้งที่ 1

ระดับน้ำจริง (cm)	ระดับน้ำที่วัดจากเครื่อง(cm)	ค่าความคลาดเคลื่อน (%)	กระแสไฟฟ้า (mA)
0	-0.02	-	4.00
69.3	71.2	2.74	5.94
100	100.5	0.50	6.73
151	151.5	0.33	8.07
201	200.7	0.15	9.39
248.2	248.5	0.12	10.63
298.5	297.7	0.27	11.96
348.4	347.0	0.40	13.28
399.1	377.3	5.46	14.08
449.6	402.3	10.52	14.74
494.5	424.2	14.22	15.33
551.3	445.4	19.21	15.89
599.3	462.9	22.76	16.35
551.8	445.4	19.28	15.89
501.1	425.7	15.05	15.35
449.5	401.5	10.68	14.73
397.1	375.7	5.39	14.06
349.8	349.2	0.17	13.33
302.3	302.3	0	12.07
246.4	245.6	0.32	10.6
196.8	196.9	0.05	9.27
150.1	150	0.07	8.04
98.6	99.2	0.61	6.69
56.2	56.8	1.07	5.57
0	-0.04	-	3.99
Average		5.62	



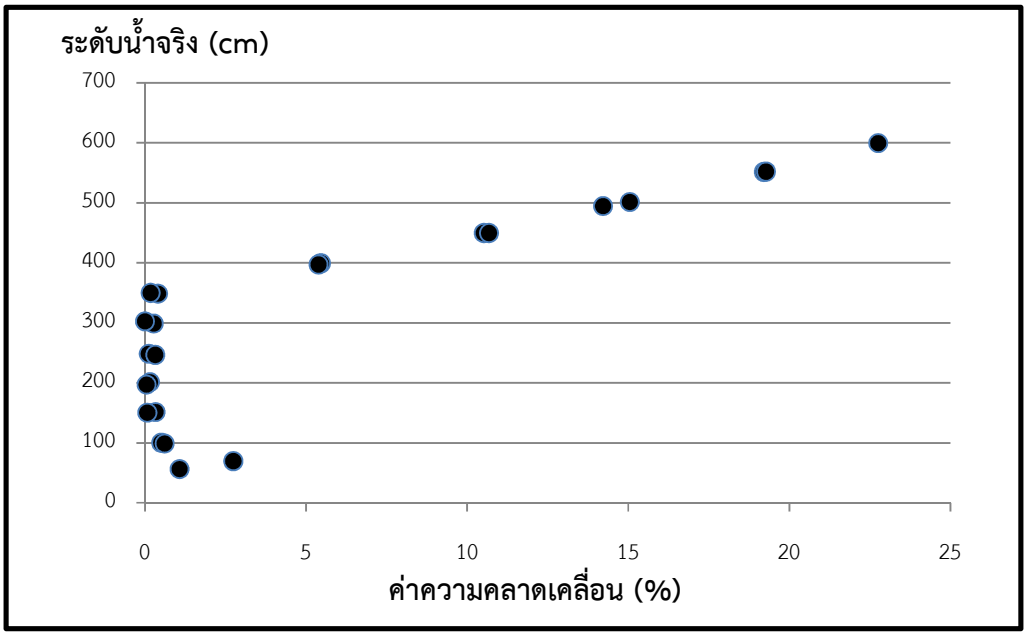
ภาพที่ 39 กราฟระหว่างระดับน้ำจริงและระดับน้ำที่วัดได้การทดลองปรับเทียบเครื่องวัดระดับน้ำครั้งที่ 1



ภาพที่ 40 กราฟระหว่างระดับน้ำจริงและกระแสไฟฟ้าวัดได้การทดลองปรับเทียบเครื่องวัดระดับน้ำครั้งที่ 1

เมื่อนำค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนและระดับน้ำจริงที่วัดมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ โดยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน คำนวณได้จาก

{ | ระดับน้ำที่วัดได้จากเครื่อง (cm) – ระดับน้ำจริง (cm) | } / ระดับน้ำจริง (cm) จะได้กราฟดังภาพที่ 41



ภาพที่ 41 กราฟระหว่างระดับน้ำจริงและค่าความคลาดเคลื่อนจากข้อมูลที่วัดได้ จากการทดลองปรับเทียบครั้งที่ 1

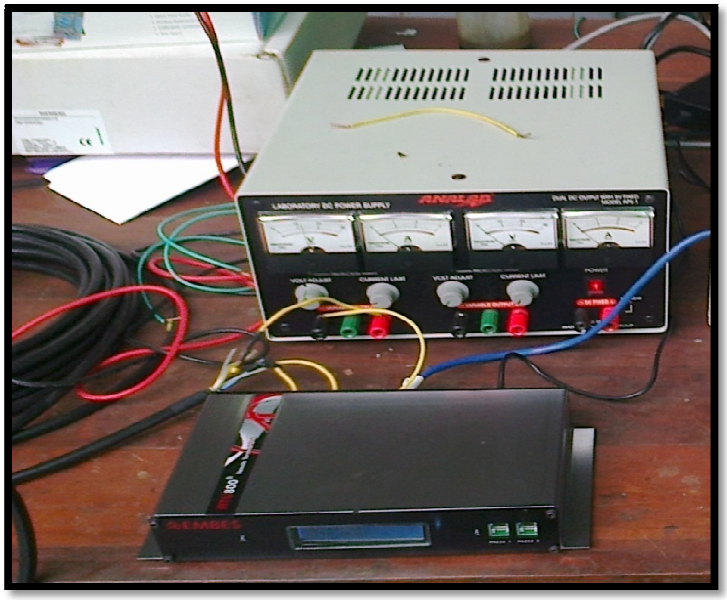
วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองในตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่าค่าระดับน้ำจริงและระดับน้ำที่ได้จากเครื่องวัดระดับน้ำจะมีค่าใกล้เคียงกัน ในช่วง 0 – 350 เซนติเมตร แต่เมื่อระดับน้ำจริงสูงกว่า 350 เซนติเมตร ค่าความแตกต่างระหว่างระดับน้ำจริงและระดับน้ำที่วัดได้จะมีแนวโน้มสูงขึ้น ดูจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำจริงและระดับน้ำที่วัดได้จากภาพที่ 39 ส่วน ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าที่ปล่อยออกจากเครื่องวัดระดับน้ำและระดับน้ำจริง จะเห็นได้ว่าที่ระยะ 0 เมตร คือยังไม่ได้เติมน้ำ กระแสไฟจะมีค่า 4.00 มิลลิแอมแปร์ ซึ่งเมื่อระดับน้ำเพิ่มขึ้น กระแสไฟฟ้าก็จะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย โดยกระแสจะมีค่า 16.35 มิลลิแอมแปร์ ที่ระดับน้ำจริง 599.3 เซนติเมตร ดูได้จากกภาพที่ 40 เมื่อคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนจากระดับน้ำจริงและระดับน้ำที่วัดได้ ค่าความคลาดเคลื่อนที่ระดับเริ่มต้นจะมีค่า 2.74 % และจะลดลงมาเมื่อเพิ่มระดับน้ำในการวัดที่สูงขึ้นจนถึงระดับ

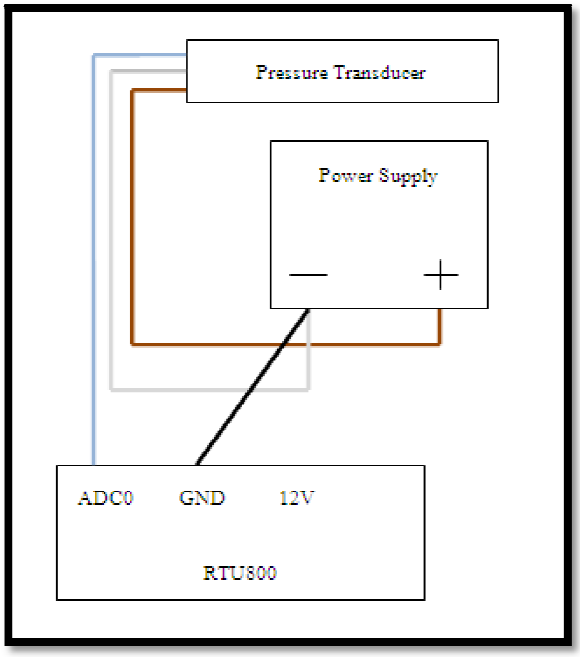
ประมาณ 350 เซนติเมตร ค่าความคลาดเคลื่อนในช่วงก่อนระดับ 350 เซนติเมตรจะมีค่าไม่แตกต่างกันมาก ดูได้จากภาพที่ 41 แต่เมื่อวัดระดับน้ำที่มากกว่าประมาณ 350 เซนติเมตรขึ้นไป จะมีค่ามากขึ้น และมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นอีกที่ระดับความสูงมากขึ้น

การปรับเทียบเครื่องวัดระดับน้ำครั้งที่ 2

จากการทดลองการปรับเทียบเครื่องวัดระดับน้ำครั้งที่ 1 จะใช้ เครื่อง RTU 800 จ่ายไฟให้หัวเซนเซอร์วัดระดับน้ำซึ่งเมื่อวัดระดับยิ่งสูงค่าความผิดพลาดยิ่งมากขึ้น ในการทดลองครั้งที่สองนี้จึงทดลองใช้แหล่งจ่ายไฟ แยกจ่ายตรงให้หัวเซนเซอร์วัดระดับน้ำ โดยใช้ความต่างศักย์ 12 V ซึ่งสามารถวัดจากแหล่งจ่ายไฟได้โดยใช้มัลติมิเตอร์เพื่อวัดความต่างศักย์โดยขั้วบวกมัลติมิเตอร์วัดที่ขั้วบวกแหล่งจ่ายไฟ และขั้วลบมัลติมิเตอร์วัดขั้วลบของแหล่งจ่ายไฟ ส่วนการต่อแหล่งจ่ายไฟกับหัวเซ็นเซอร์นั้นให้นำสายไฟเส้นสีน้ำเงินของเครื่องวัดระดับน้ำต่อกับช่อง ADC0 ด้านหลังเครื่อง RTU 800 สายไฟเส้นสีน้ำตาลของเครื่องวัดระดับน้ำต่อกับขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟ และสายไฟเส้นสีเทาของเครื่องวัดระดับน้ำต่อกับขั้วลบของแหล่งจ่ายไฟ แล้วใช้สายไฟเปล่าอีกเส้นต่อที่ช่องGND ของเครื่องRTU800 แล้วนำไปต่อที่ขั้วลบของแหล่งจ่ายไฟ ดังภาพที่ 43



ภาพที่ 42 ใช้แหล่งจ่ายไฟแยกจ่ายไฟตรงให้หัวเซนเซอร์วัดระดับน้ำ



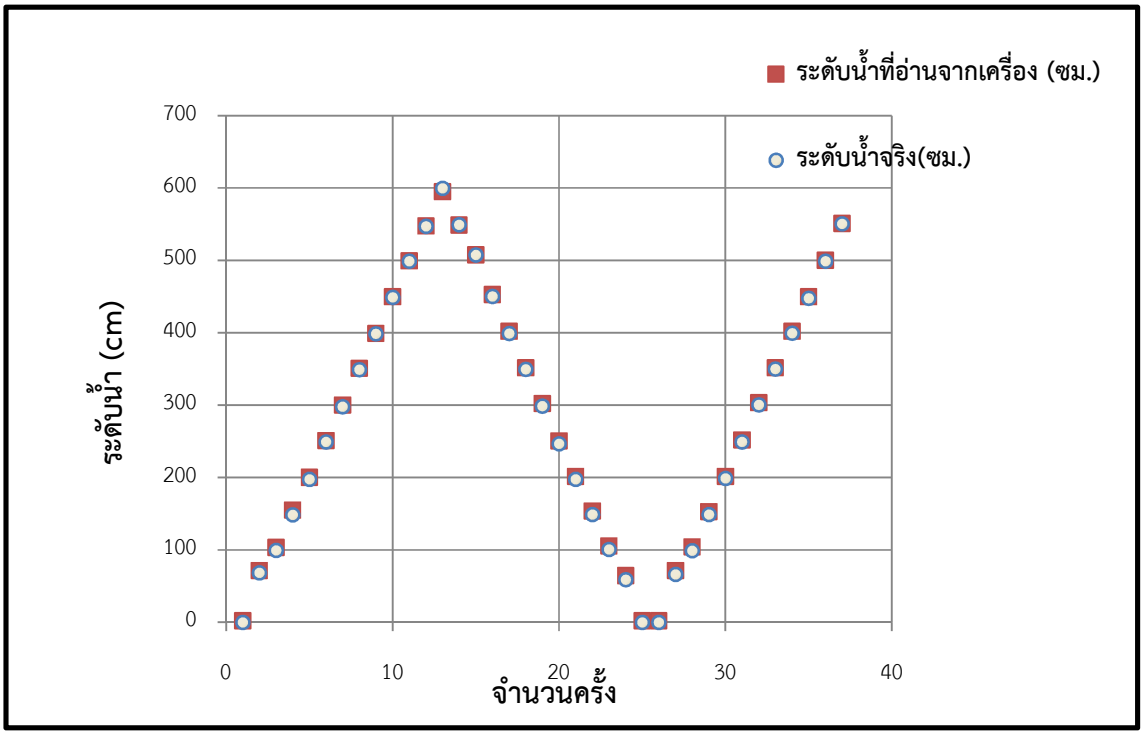
ภาพที่ 43 การต่อแหล่งจ่ายไฟกับหัวเซนเซอร์วัดระดับน้ำและเครื่อง RTU800

ส่วนในการวัดกระแสไฟฟ้านั้นให้ ถอดสายไฟเส้นสีฟ้าของเครื่องวัดระดับน้ำที่ต่อกับช่อง ADC0 ด้านหลังเครื่อง RTU 800 แล้วนำสายไฟเปล่ามาต่อไว้แทน และวัดกระแสไฟฟ้าโดยที่ขั้วบวกของมัลติมิเตอร์วัดที่สายไฟเส้นสีฟ้าที่ถอดออกมา และขั้วลบวัดที่สายไฟเปล่าที่ต่อกับช่อง ADC0 ซึ่งใช้วิธีเดียวกับภาพที่ 38 ในการทดลองปรับเทียบครั้งที่ 1

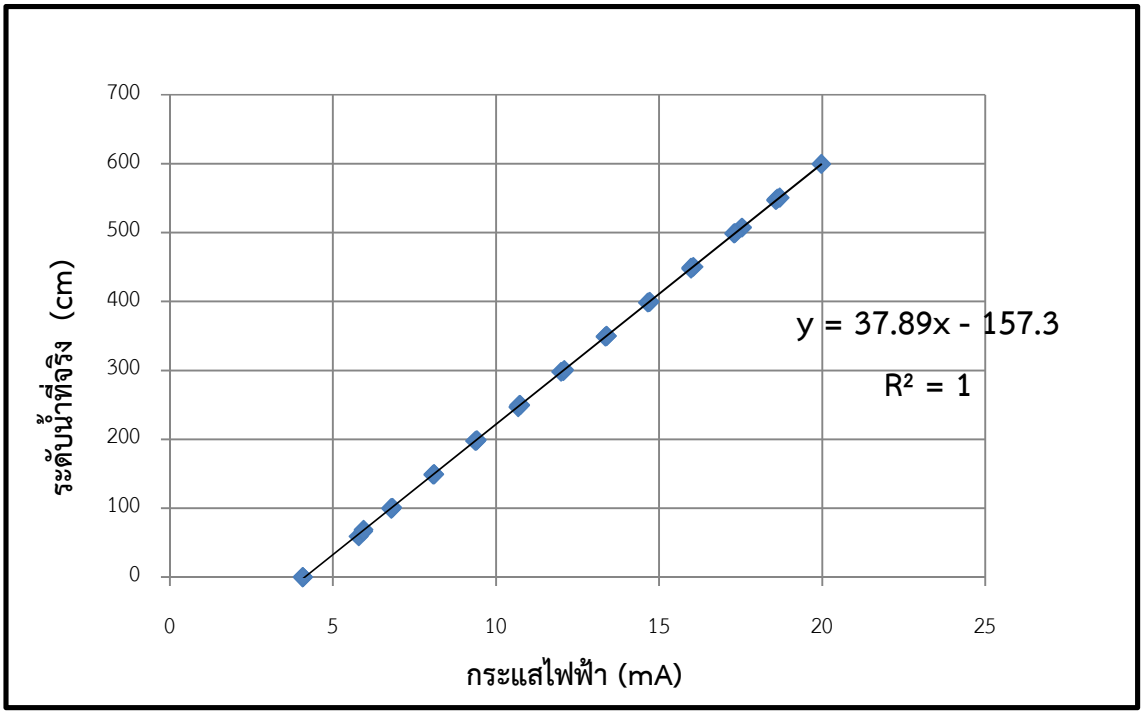
ตารางที่ 3 ผลการทดลองปรับเทียบเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดันครั้งที่ 2

ระดับน้ำจริง(cm)	ระดับที่วัดจากเครื่อง(cm)	ค่าความคลาดเคลื่อน (%)	กระแสไฟฟ้า(mA)
0	2.2	-	4.08
68.5	71.3	4.09	5.94
99.7	103.4	3.71	6.78
148.7	155.2	4.37	8.07
197.7	200.2	1.26	9.36
249.3	251.2	0.76	10.72
298.1	300.0	0.64	12.00
349.1	351.0	0.54	13.35
398.5	399.0	0.13	14.65
449	450.0	0.22	15.98
498.9	499.5	0.12	17.3
547.3	547.5	0.04	18.58
599.5	594.9	0.77	19.97
549.3	549.0	0.05	18.63
507.5	507.5	0.00	17.54
450.5	452.9	0.53	16.05
399.2	401.9	0.68	14.7
349.7	351.7	0.57	13.39
299	302.2	1.07	12.06
246.6	250.5	1.58	10.68

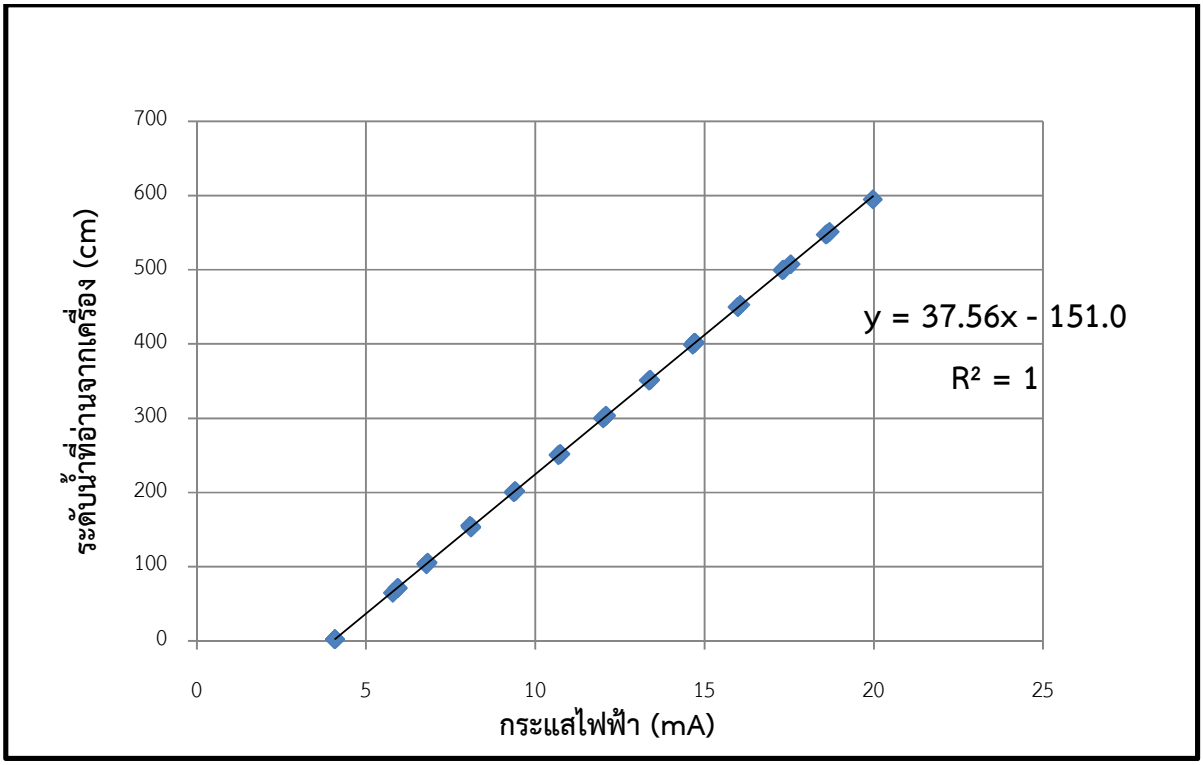
ระดับน้ำจริง(cm)	ระดับที่วัดจากเครื่อง(cm)	ค่าความคลาดเคลื่อน (%)	กระแสไฟฟ้า(mA)
197.5	201.7	2.13	9.39
149.1	153.6	3.02	8.11
100.7	105.6	4.87	6.82
59.2	64.8	9.46	5.79
0	2.2	-	4.08
66.5	71.3	7.22	5.93
99.1	104.1	5.05	6.79
148.9	152.9	2.69	8.1
198.8	201.7	1.46	9.41
249.3	251.9	1.04	10.74
300.6	303.6	1.00	12.09
349.9	351.7	0.51	13.39
399.7	401.9	0.55	14.71
447.8	450.0	0.49	15.98
499.1	500.2	0.22	17.33
550.6	551.2	0.11	18.69



ภาพที่ 44 กราฟระหว่างระดับน้ำจริงและระดับน้ำที่วัดได้จากการใช้แหล่งจ่ายไฟแยกให้หัวเซนเซอร์



ภาพที่ 45 กราฟระหว่างระดับน้ำจริงและกระแสไฟฟ้าวัดได้การทดลองปรับเทียบเครื่องวัดระดับน้ำครั้งที่ 2



ภาพที่ 46 กราฟระหว่างระดับน้ำที่วัดได้และกระแสไฟฟ้าที่วัดได้จากการใช้แหล่งจ่ายไฟแยกให้หัวเซนเซอร์

ระดับน้ำจริง และระดับน้ำที่วัดได้จากเครื่องวัดระดับน้ำที่วัดได้ จะมีค่าแตกต่างกันอยู่แต่ไม่มาก เมื่อนำระดับน้ำจริง และระดับน้ำที่วัดได้จากเครื่องวัดระดับน้ำที่วัดได้มาเขียนกราฟดังภาพที่ 44 กราฟระหว่างระดับน้ำจริงและระดับน้ำที่วัดได้จากเครื่องวัดระดับน้ำจะมีค่าแปรผันตามกันซึ่งแสดงให้เห็นแนวโน้มค่าระดับน้ำจริงกับระดับน้ำที่วัดได้ไปในทิศทางเดียวกัน กระแสไฟฟ้าที่ปล่อยออกจากเครื่องวัดระดับน้ำและระดับน้ำจริง จะเห็นได้ว่าที่ระยะ 0 เมตร คือยังไม่ได้เติมน้ำ กระแสไฟจะมีค่า 4.08 มิลลิแอมแปร์ ซึ่งเมื่อระดับน้ำเพิ่มขึ้น กระแสไฟฟ้าก็จะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย เมื่อนำกระแสไฟฟ้าและระดับน้ำจริงมาเขียนกราฟ กราฟระหว่างระดับน้ำจริงและค่ากระแสไฟฟ้าที่ปล่อยออกจากเครื่องวัดระดับน้ำจะมีค่าแปรผันตามกัน โดยกระแสไฟฟ้าจะมีค่าระหว่าง 4.08 (mA) ถึง 19.97 (mA) ที่ระดับ 0 เซนติเมตร ถึง 599.5 เซนติเมตร จากกราฟ จะได้สมการเส้นตรงคือ

y = 37.89x – 157.3 เป็นสมการความสัมพันธ์ระหว่างกระแสที่วัดได้กับค่าระดับน้ำจริง โดยค่า y คือระดับน้ำ และค่า x คือกระแสไฟฟ้า ซึ่งจะมาใช้ในการคำนวณกระแสไฟฟ้าที่วัดได้ กำหนดให้เป็นสมการที่ 1

$$y = 37.89x - 157.3 \quad (1)$$

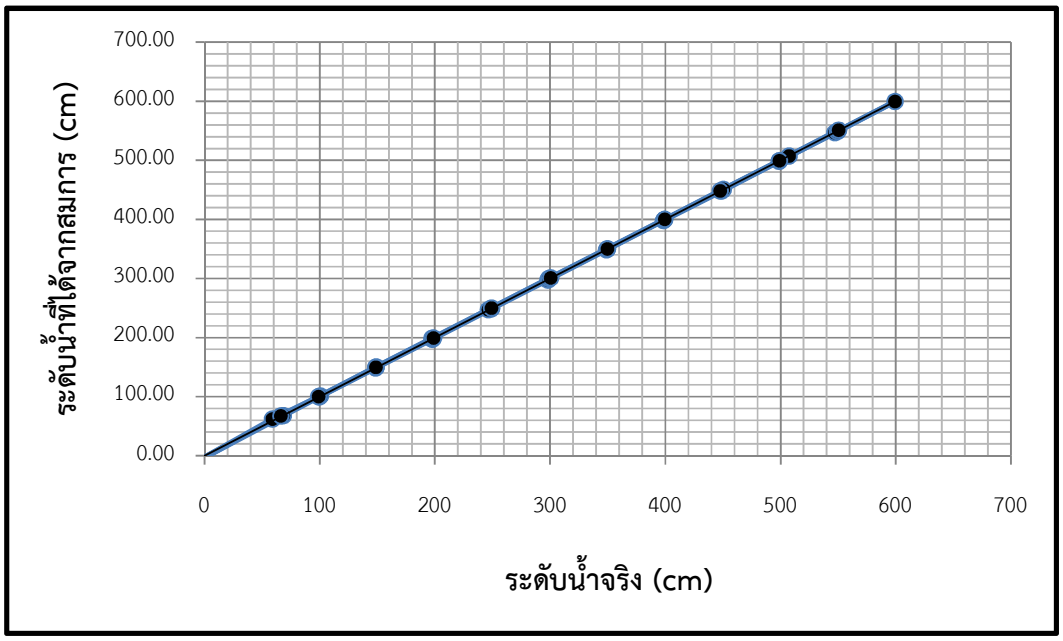
เมื่อนำสมการ y = 37.89x – 157.3 ซึ่งเป็นสมการความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำจริงและกระแสไฟฟ้า โดยค่า y คือระดับน้ำ และค่า x คือกระแสไฟฟ้า มาคำนวณระดับน้ำจากกระแสไฟฟ้าที่วัดได้ แล้วนำมาเปรียบเทียบกับค่าระดับน้ำจริง โดยคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนจากสมการ { | ระดับน้ำจากการคำนวณกระแสไฟฟ้า (cm) – ระดับน้ำจริง (cm) | } / ระดับน้ำจริง (cm) จะได้ข้อมูลดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ระดับน้ำจริง และระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณจากสมการที่ 1

กระแสไฟฟ้า (mA)	ระดับน้ำจริง(cm)	ระดับน้ำจากสมการปรับเทียบ (cm)	ค่าความคลาดเคลื่อน (%)
4.08	0	-2.71	-
5.94	68.5	67.77	1.07
6.78	99.7	99.59	0.11
8.07	148.7	148.47	0.15
9.36	197.7	197.35	0.18
10.72	249.3	248.88	0.17
12	298.1	297.38	0.24
13.35	349.1	348.53	0.16
14.65	398.5	397.79	0.18
15.98	449	448.18	0.18
17.3	498.9	498.20	0.14
18.58	547.3	546.70	0.11

กระแสไฟฟ้า (mA)	ระดับน้ำจริง(cm)	ระดับน้ำจากสมการปรับเทียบ (cm)	ค่าความคลาดเคลื่อน (%)
19.97	599.5	599.36	0.02
18.63	549.3	548.59	0.13
17.54	507.5	507.29	0.04
16.05	450.5	450.83	0.07
14.7	399.2	399.68	0.12
13.39	349.7	350.05	0.10
12.06	299	299.65	0.22
10.68	246.6	247.37	0.31
9.39	197.5	198.49	0.50
8.11	149.1	149.99	0.60
6.82	100.7	101.11	0.41
5.79	59.2	62.08	4.87
4.08	0	-2.71	-
5.93	66.5	67.39	1.33
6.79	99.1	99.97	0.88
8.1	148.9	149.61	0.48
9.41	198.8	199.24	0.22
10.74	249.3	249.64	0.14
12.09	300.6	300.79	0.06
13.39	349.9	350.05	0.04
14.71	399.7	400.06	0.09
15.98	447.8	448.18	0.09
17.33	499.1	499.33	0.05
18.69	550.6	550.86	0.05

เมื่อนำระดับน้ำจริงและระดับน้ำที่คำนวณได้จากกระแสไฟฟ้าในสมการความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำจริงและกระแสไฟฟ้า จะได้กราฟดังภาพที่ 47 ระดับน้ำจริงกับระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณกระแสไฟฟ้าในสมการความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำจริงและกระแสไฟฟ้าในกราฟของภาพที่ 45 จะมีค่าแตกต่างกันแต่ไม่มากเส้นกราฟจะเป็นเส้นตรง กราฟที่ได้ทั้งแกน x และ แกน y จะมีค่าแปรผันตามกัน มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน



ภาพที่ 47 กราฟระหว่างระดับน้ำจริงและระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณกระแสไฟฟ้าในสมการปรับเทียบสมการที่1

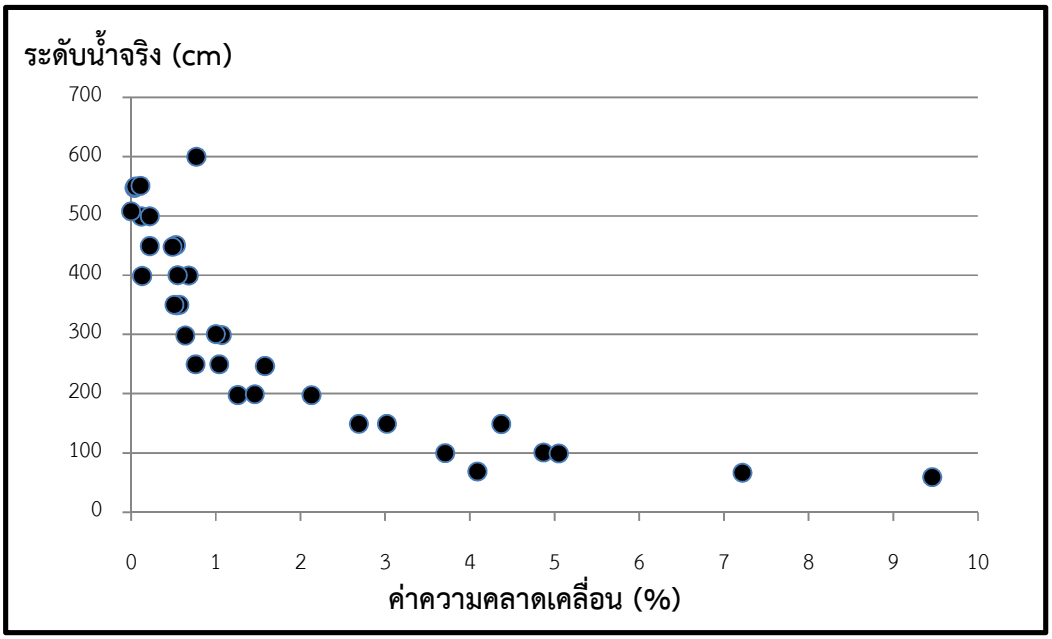
เมื่อนำความคลาดเคลื่อนระหว่างระดับน้ำจริงกับระดับน้ำที่วัดได้จากเครื่องวัดระดับน้ำ และความคลาดเคลื่อนระหว่างระดับน้ำจริงกับระดับน้ำที่คำนวณได้จากการวัดกระแสไฟฟ้าในสมการปรับเทียบ มาเปรียบเทียบกันที่ระดับน้ำจริงที่ทำการวัด จะได้ข้อมูลดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่าความผิดพลาดระหว่างระดับน้ำจริงและระดับน้ำที่วัดได้กับค่าความผิดพลาดระหว่างระดับน้ำจริงและระดับน้ำคำนวณได้จากสมการที่ 1

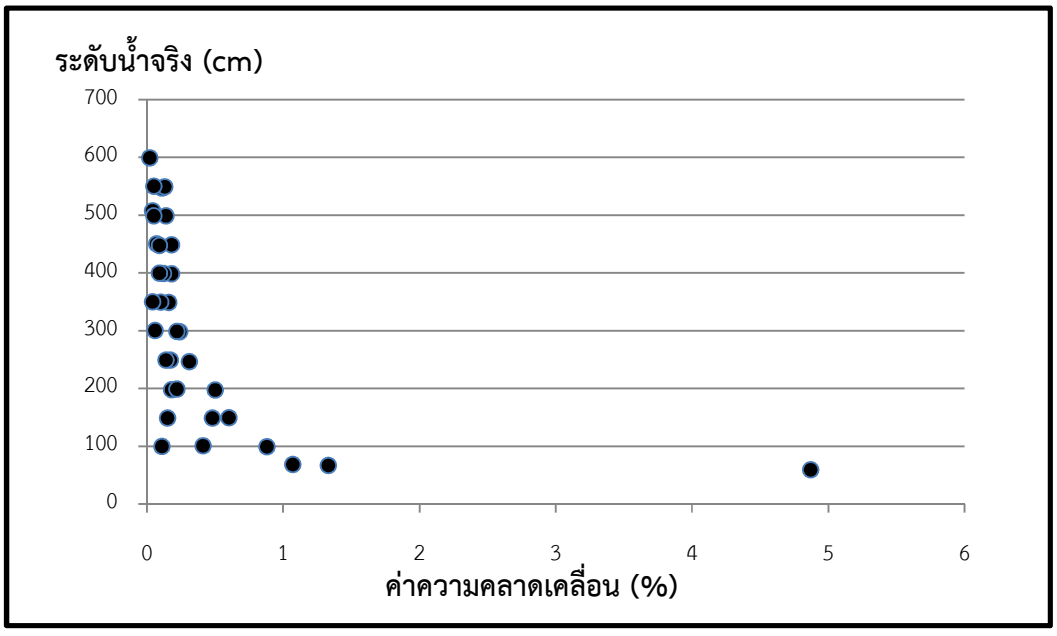
ระดับน้ำจริง(cm)	ความคลาดเคลื่อนระหว่างระดับน้ำจริงและระดับน้ำที่วัดได้(%)	ความคลาดเคลื่อนระหว่างระดับน้ำจริงและระดับน้ำที่คำนวณได้จากสมการปรับเทียบ (%)
0	-	-
68.5	4.09	1.07
99.7	3.71	0.11
148.7	4.37	0.15
197.7	1.26	0.18
249.3	0.76	0.17
298.1	0.64	0.24
349.1	0.54	0.16
398.5	0.13	0.18
449	0.22	0.18
498.9	0.12	0.14
547.3	0.04	0.11
599.5	0.77	0.02
549.3	0.05	0.13
507.5	0.00	0.04
450.5	0.53	0.07
399.2	0.68	0.12
349.7	0.57	0.1
299	1.07	0.22
246.6	1.58	0.31
197.5	2.13	0.5
149.1	3.02	0.6

ระดับน้ำจริง(cm)	ความคลาดเคลื่อนระหว่างระดับน้ำจริงและระดับน้ำที่วัดได้(%)	ความคลาดเคลื่อนระหว่างระดับน้ำจริงและระดับน้ำที่คำนวณได้จากสมการปรับเทียบ (%)
100.7	4.87	0.41
59.2	9.46	4.87
0	-	-
66.5	7.22	1.33
99.1	5.05	0.88
148.9	2.69	0.48
198.8	1.46	0.22
249.3	1.04	0.14
300.6	1.00	0.06
349.9	0.51	0.04
399.7	0.55	0.09
447.8	0.49	0.09
499.1	0.22	0.05
550.6	0.11	0.05
Average	1.79	0.40

นำค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างระดับน้ำจริงและระดับน้ำที่วัด มาเขียนกราฟเทียบกับระดับน้ำจริง ดังภาพที่ 48 และค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างระดับน้ำจริงและระดับน้ำที่คำนวณได้จากสมการ มาเขียนกราฟเทียบกับระดับน้ำจริงดังภาพที่ 49 เพื่อดูแนวโน้มค่าความคลาดเคลื่อนของระดับน้ำที่ได้จากเครื่อง และนำค่าความคลาดเคลื่อนของระดับน้ำน้ำที่ได้จาก สมการ $y = 37.89x - 157.3$ ซึ่งก็คือสมการที่ 1 โดยค่า y คือระดับน้ำ และค่า x คือกระแสไฟฟ้า โดยเปรียบเทียบดูว่าค่าความคลาดเคลื่อนของระดับน้ำที่วัดได้และระดับน้ำจากสมการปรับเทียบ ผลที่ได้คือ ความคลาดเคลื่อของระดับน้ำจากสมการปรับเทียบ (สมการที่ 1) จะมีค่าเฉลี่ยจ.40 ซึ่งน้อยกว่า ความคลาดเคลื่อนของระดับน้ำที่วัดได้ คือ 1.79



ภาพที่ 48 กราฟระหว่างระดับน้ำจริงและค่าความคลาดเคลื่อนจากข้อมูลที่วัดได้จากการทดลองปรับเทียบครั้งที่ 2 โดยใช้แหล่งจ่ายไฟแยกให้หัวเซนเซอร์



ภาพที่ 49 กราฟระหว่างระดับน้ำจริงและค่าความคลาดเคลื่อนของระดับน้ำที่คำนวณได้จากสมการที่ 1โดยใช้แหล่งจ่ายไฟแยกให้หัวเซนเซอร์

วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากตารางที่ 5 ความคลาดเคลื่อนระหว่างระดับน้ำจริงและระดับน้ำที่วัด จะมีความคลาดเคลื่อนมากในช่วงระดับน้ำจริงมีค่าเริ่มต้น เมื่อนำค่าระดับน้ำจริงกับความคลาดเคลื่อนระหว่างระดับน้ำจริงและระดับน้ำที่วัดมาเขียนกราฟ ดังภาพที่ 48 จะเห็นได้ว่าความคลาดเคลื่อนจะมีค่ามากในช่วงระดับน้ำจริงเริ่มต้นมีค่าน้อย เมื่อระดับน้ำจริงมีค่าสูงขึ้น จะมีแนวโน้มที่ค่าความคลาดเคลื่อนจะลดลง เมื่อน้ำกระแสไฟฟ้าที่วัดได้มาคำนวณแปลงเป็นระดับน้ำจากสมการความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำจริงและกระแสไฟฟ้าวัดได้จากภาพที่ 45 จะได้ข้อมูลระดับน้ำดังตารางที่ 5 แล้วเมื่อนำมาคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนจากระดับน้ำจริง ความคลาดเคลื่อนก็มีแนวโน้มลดลงที่ระดับน้ำจริงสูงขึ้น จากภาพที่ 49 จะเห็นได้ว่าค่าความคลาดเคลื่อนของระดับน้ำจากการคำนวณสมการปรับเทียบจะมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 0.40 อยู่ในช่วงที่น้อยกว่าค่าความคลาดเคลื่อนจากข้อมูลที่วัดได้จากการทดลอง ซึ่งความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยมีค่า 1.79

4.2 การทดสอบอิทธิผลของอุณหภูมิน้ำที่มีผลต่อข้อมูลที่วัดได้จากเครื่องวัดระดับน้ำ

ในการทดสอบอิทธิผลของอุณหภูมิน้ำที่มีผลต่อข้อมูลที่วัดได้จากเครื่องวัดระดับน้ำ จะใช้แหล่งจ่ายไฟจ่ายไฟตรงให้หัวเซนเซอร์วัดระดับน้ำ โดยจะใช้วิธีการวัดกระแสแล้วนำมาคำนวณเป็นค่าระดับน้ำจากสมการสมการความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำจริงและกระแสไฟฟ้า ที่ได้จากกราฟภาพที่ 45 จะทดสอบโดยกำหนดระดับน้ำจริงคงที่ และอุณหภูมิน้ำในช่วง 5 -45 องศาเซลเซียส โดยทำการวัดในความถี่ช่วงละ 5 องศาเซลเซียส ซึ่งจะใช้เครื่องทำน้ำอุ่น และน้ำแข็งเป็นตัวทำอุณหภูมิน้ำ โดยจะวัดอุณหภูมิน้ำจากเทอร์โมมิเตอร์ ซึ่งได้ทำการทดลอง 3 ครั้ง

ภาพที่ 50 เครื่องทำน้ำอุ่นที่ใช้ในการปรับอุณหภูมิน้ำ

ในการทดสอบเครื่องวัดระดับน้ำกับอุณหภูมิค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างระดับน้ำจริงและระดับน้ำที่วัดได้สามารถคำนวณได้จากสมการ { | ระดับน้ำที่วัดได้จากเครื่อง (cm) – ระดับน้ำจริง (cm) | } / ระดับน้ำจริง (cm) ซึ่งระดับน้ำจากสมการที่ 1 จะได้จากการวัดกระแสไฟฟ้าแล้วนำมาคำนวณในสมการ y = 37.89x – 157.3 โดยค่า y คือระดับน้ำ และค่า x คือกระแสไฟฟ้า

ตารางที่ 6 ผลการทดสอบอิทธิผลของอุณหภูมิน้ำที่มีผลต่อข้อมูลที่วัดได้จากเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดันครั้งที่ 1 ที่ระดับน้ำจริง 22 cm

ระดับน้ำจริง (cm)	ระดับน้ำที่วัดได้จากเครื่อง (cm)	อุณหภูมิน้ำ (° C)	ค่าความคลาดเคลื่อน(%)	กระแสไฟฟ้า (mA)	ระดับน้ำที่ได้จากสมการที่1 (cm)	หมายเหตุ
22	21.1	45	4.09	4.58	16.24	
22	21.8	40	0.91	4.59	16.62	
22	22.5	35	2.27	4.62	17.75	
22	24	30	9.09	4.65	18.89	
22	24	28	9.09	4.68	20.03	อุณหภูมิน้ำปกติ
22	24.8	25	12.73	4.68	20.03	
22	24.8	20	12.73	4.68	20.03	
22	25.5	15	15.91	4.72	21.54	
22	26.2	10	19.09	4.73	21.92	
22	26.9	5	22.27	4.74	22.30	
			Average = 10.82			

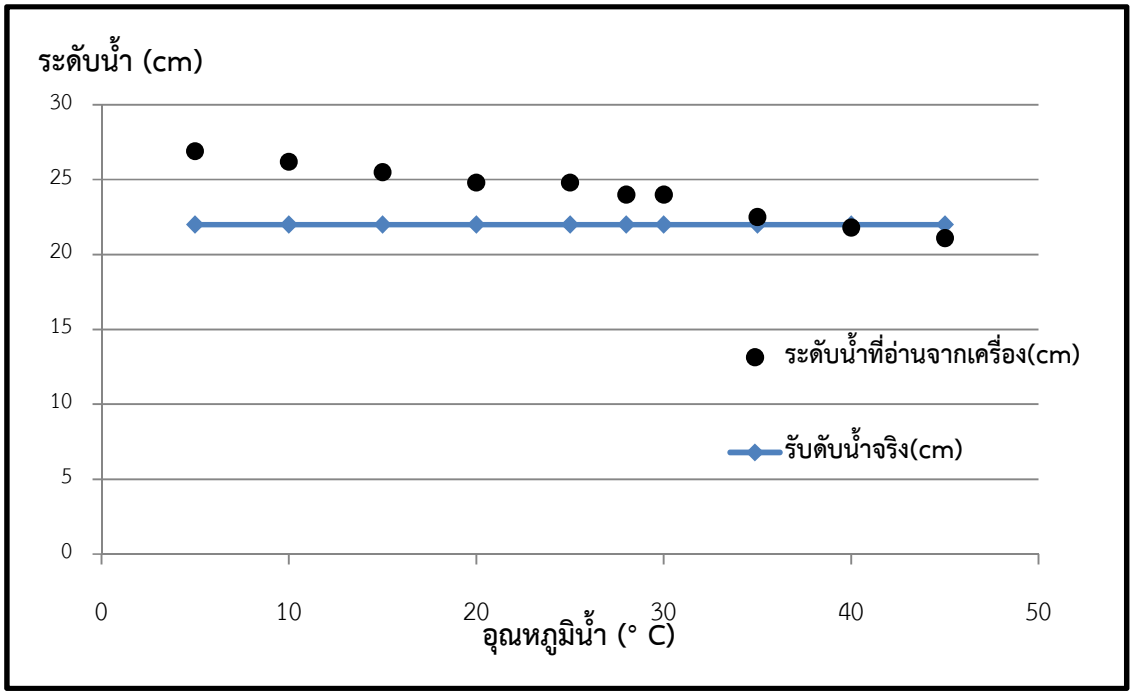
ตารางที่ 7 ผลการทดสอบอิทธิผลของอุณหภูมิน้ำที่มีผลต่อข้อมูลที่วัดได้จากเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดัน ครั้งที่ 2 ที่ระดับน้ำจริง 25.5 cm

ระดับน้ำจริง (cm)	ระดับน้ำที่วัดได้จากเครื่อง (cm)	อุณหภูมิน้ำ (° C)	ค่าความคลาดเคลื่อน (%)	กระแสไฟฟ้า (mA)	ระดับน้ำที่ได้จากสมการที่1 (cm)	หมายเหตุ
25.5	24.8	45	2.75	4.68	20.03	
25.5	24.8	40	2.75	4.68	20.03	
25.5	25.5	35	0.00	4.72	21.54	
25.5	26.2	30	2.75	4.73	21.92	
25.5	26.2	28	2.75	4.73	21.92	อุณหภูมิน้ำปกติ
25.5	27.6	25	8.24	4.78	23.81	
25.5	29.1	20	14.12	4.81	24.95	
25.5	29.9	15	17.25	4.82	25.33	
25.5	29.9	10	17.25	4.82	25.33	
25.5	30.6	5	20.00	4.83	25.71	
			Average = 8.79			

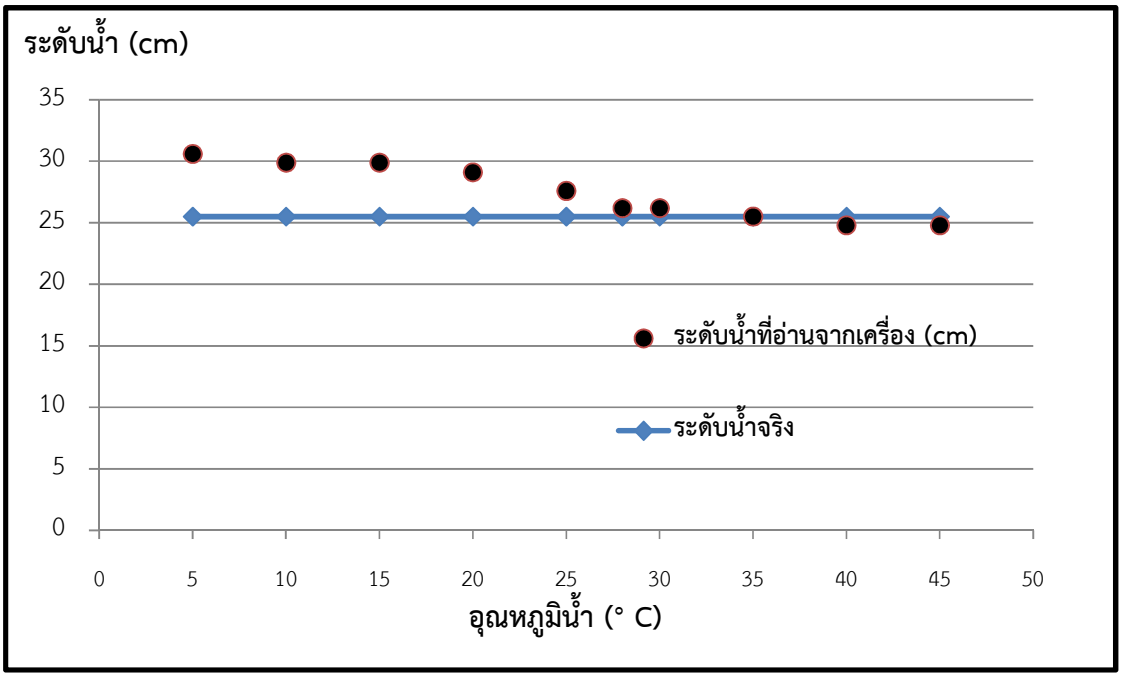
ตารางที่ 8 ผลการทดสอบอิทธิผลของอุณหภูมิน้ำที่มีผลต่อข้อมูลที่วัดได้จากเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดัน ครั้งที่ 3 ที่ระดับน้ำจริง 23 cm

ระดับน้ำจริง (cm)	ระดับน้ำที่วัดได้จากเครื่อง (cm)	อุณหภูมิน้ำ (° C)	ค่าความคลาดเคลื่อน (%)	กระแสไฟฟ้า (mA)	ระดับน้ำที่ได้จากสมการที่1 (cm)	หมายเหตุ
23	23.3	45	1.30	4.64	18.51	
23	24	40	4.35	4.65	18.89	
23	24	35	4.35	4.65	18.89	
23	24.8	30	7.83	4.69	20.40	
23	24.8	28	7.83	4.69	20.40	อุณหภูมิน้ำปกติ
23	25.5	25	10.87	4.72	21.54	
23	26.9	20	16.96	4.74	22.30	
23	28.4	15	23.48	4.78	23.81	
23	29.1	10	26.52	4.81	24.95	
23	29.1	5	26.52	4.81	24.95	
			Average = 13.00			

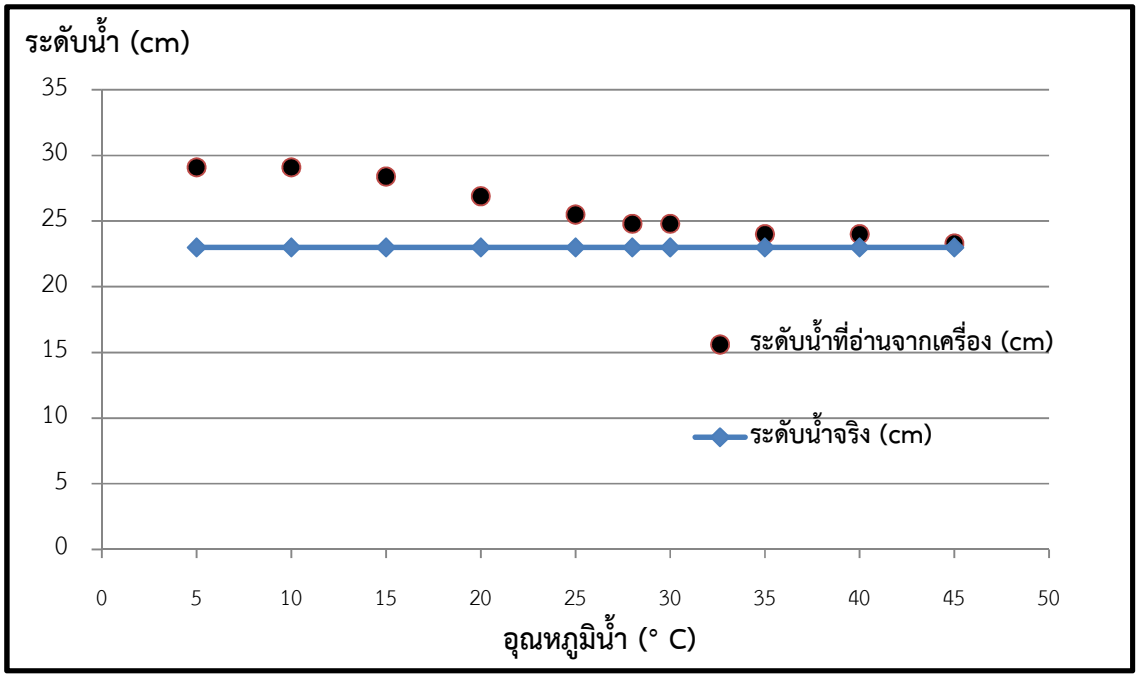
จากตารางที่ 6 , 7 และ 8 เมื่อทำการทดลองเครื่องวัดระดับน้ำกับอุณหภูมิน้ำทั้ง 3 ครั้งเสร็จแล้ว นำค่าระดับน้ำจริงและระดับน้ำที่วัดได้มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ ได้ดังภาพที่ 51 , 52 และ 53



ภาพที่ 51 กราฟระหว่างระดับน้ำจริง 22 เซนติเมตร และระดับน้ำที่ได้วัดได้จากการทดลองครั้งที่ 1



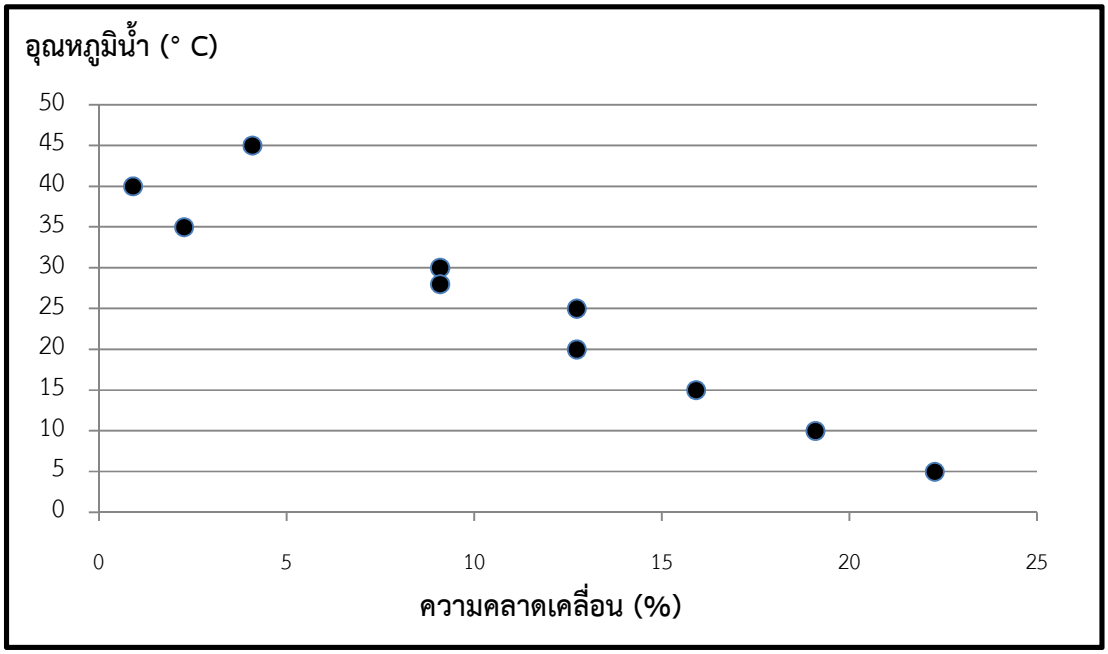
ภาพที่ 52 กราฟระหว่างระดับน้ำจริง 25.5 เซนติเมตร และระดับน้ำที่ได้วัดได้จากการทดลองครั้งที่ 2



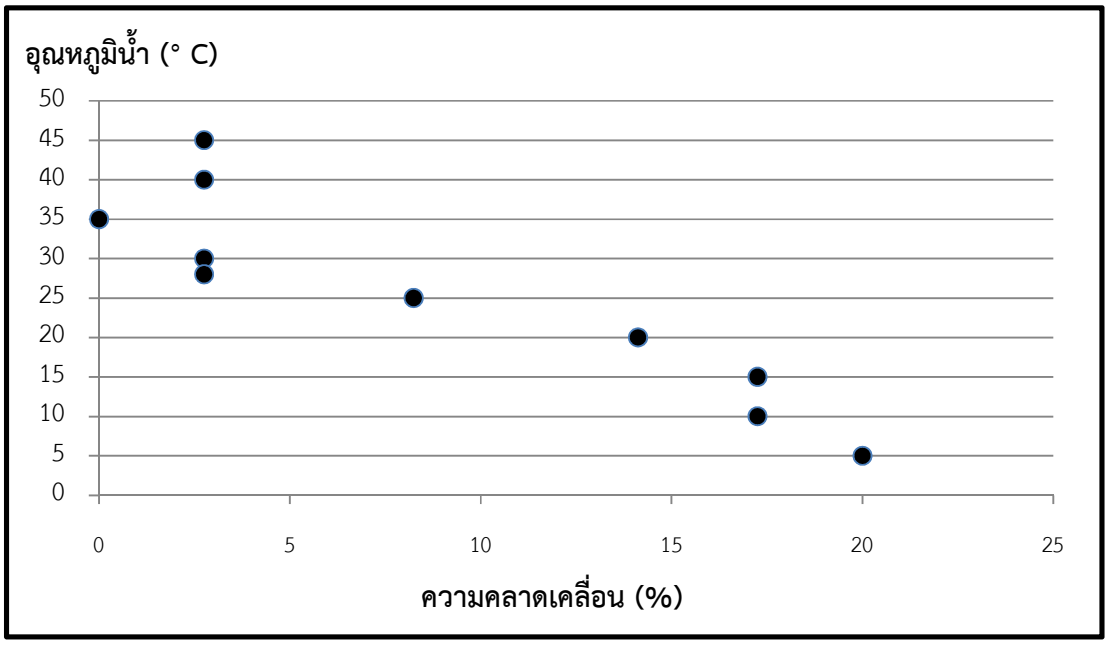
ภาพที่ 53 กราฟระหว่างระดับน้ำจริง 23 เซนติเมตร และระดับน้ำที่ได้วัดได้จากการทดลองครั้งที่ 3

ภาพที่ 51 , 52 และ 53 จะเห็นได้ว่า ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียสระดับน้ำที่วัดได้จะมีค่าใกล้เคียงระดับน้ำจริง เมื่ออุณหภูมิน้ำลดลงแนวโน้มระดับน้ำที่วัดได้จะมีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่าค่าระดับน้ำจริง และมีค่าแตกต่างจะระดับน้ำจริงเพิ่มขึ้น

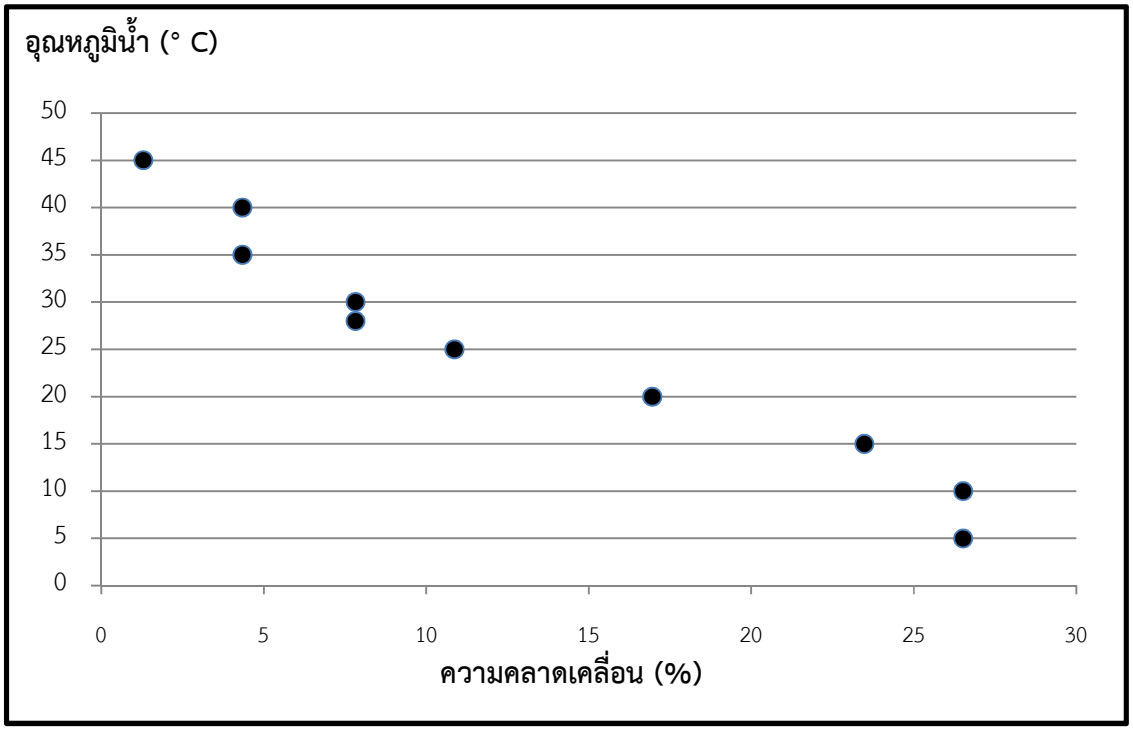
จากตารางที่ 6 , 7 และ 8 เมื่อนำ อุณหภูมิน้ำและค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างระดับน้ำจริงและระดับน้ำที่วัดได้มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์จะได้กราฟดังภาพที่ 54 , 55 และ 56



ภาพที่ 54 กราฟอุณหภูมิและและค่าความคลาดเคลื่อนของระดับน้ำที่วัดได้ จากการทดลองครั้งที่ 1ที่ระดับน้ำจริง 22 เซนติเมตร



ภาพที่ 55 กราฟอุณหภูมิและและค่าความคลาดเคลื่อนของระดับน้ำที่วัดได้ จากการทดลองครั้งที่ 2ที่ระดับน้ำจริง 25.5 เซนติเมตร



ภาพที่ 56 กราฟอุณหภูมิและและค่าความคลาดเคลื่อนของระดับน้ำที่วัดได้ จากการทดลองครั้งที่ 3ที่ระดับน้ำจริง 25.5 เซนติเมตร

เมื่ออุณหภูมิน้ำลดลงแนวโน้มระดับน้ำที่วัดได้จะมีค่าเพิ่มขึ้น และมีค่าแตกต่างจะระดับน้ำจริงเพิ่มขึ้น เมื่อนำค่าความคลาดเคลื่อนและอุณหภูมิมาเขียนกราฟจะได้กราฟดังภาพที่ 54 , 55 และ 56 ซึ่งจะสอดคล้องกับภาพที่ 51 , 52 , และ 53 เมื่ออุณหภูมิน้ำลดลงแนวโน้มระดับน้ำที่วัดได้จะมีค่าเพิ่มขึ้น และมีค่าแตกต่างจะระดับน้ำจริงเพิ่มขึ้น ซึ่งจากภาพที่ 54 , 55 และ 56 เมื่ออุณหภูมิน้ำลดลงค่าความคลาดเคลื่อนของระดับน้ำที่วัดได้จะมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น

เมื่อนำค่าระดับน้ำที่คำนวณจากกระแสไฟฟ้าในสมการเปรียบเทียบและระดับน้ำจริง มาคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนที่อุณหภูมิที่ทำการวัด จะได้ข้อมูลดังตารางที่ 9 , 10 และ 11

ตารางที่ 9 ค่าความคลาดเคลื่อนระหว่าง ระดับน้ำจากการคำนวณกระแสไฟฟ้าจากสมการที่ 1และระดับน้ำจริง 22 เซนติเมตร

อุณหภูมิน้ำ (° C)	ระดับน้ำจริง (cm)	ระดับน้ำที่ได้จากสมการที่ 1(cm)	ค่าความคลาดเคลื่อน (%)
45	22	16.24	26.18
40	22	16.62	24.45
35	22	17.75	19.32
30	22	18.89	14.14
28	22	20.03	8.95
25	22	20.03	8.95
20	22	20.03	8.95
15	22	21.54	2.09
10	22	21.92	0.36
5	22	22.3	1.36
			Average = 11.48

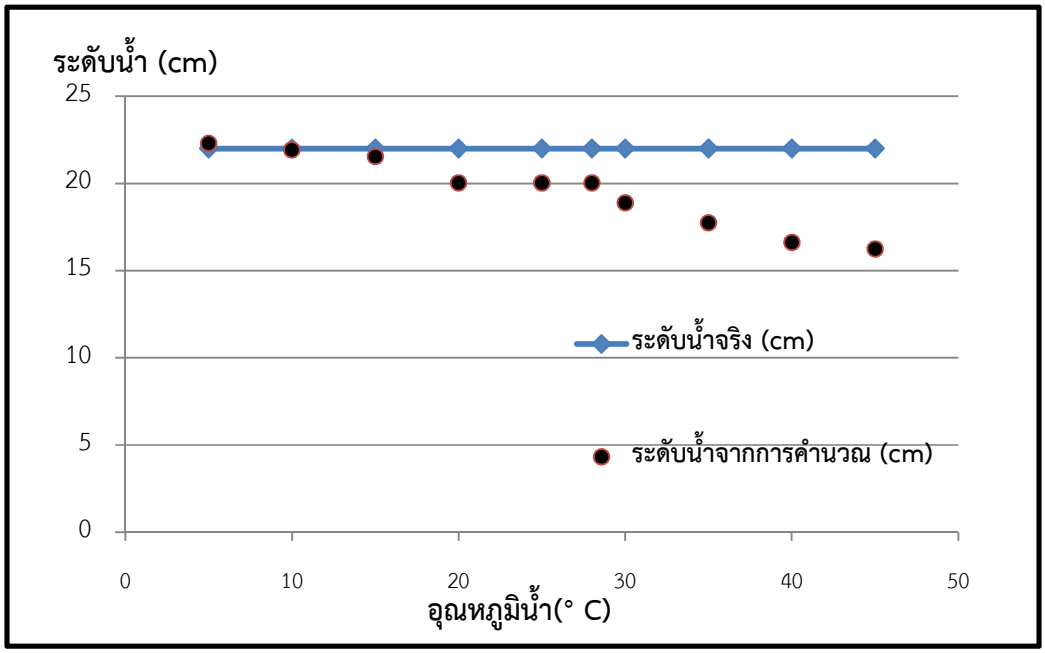
ตารางที่ 10 ค่าความคลาดเคลื่อนระหว่าง ระดับน้ำจากการคำนวณกระแสไฟฟ้าจากสมการที่ 1และระดับน้ำจริง 25.5 เซนติเมตร

อุณหภูมิน้ำ (° C)	ระดับน้ำจริง (cm)	ระดับน้ำที่ได้จากสมการที่ 1 (cm)	ค่าความคลาดเคลื่อน (%)
45	25.5	20.03	21.45
40	25.5	20.03	21.45
35	25.5	21.54	15.53
30	25.5	21.92	14.04
28	25.5	21.92	14.04
25	25.5	23.81	6.63
20	25.5	24.95	2.16
15	25.5	25.33	0.67
10	25.5	25.33	0.67
5	25.5	25.71	0.82
			Average = 9.75

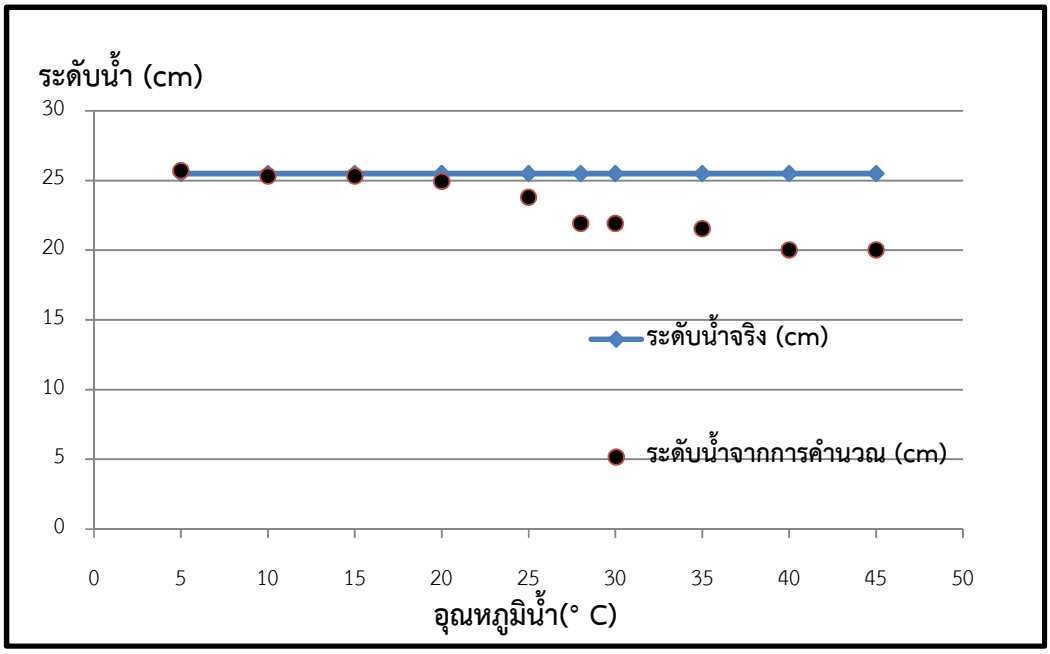
ตารางที่ 11 ค่าความคลาดเคลื่อนระหว่าง ระดับน้ำจากการคำนวณกระแสไฟฟ้าจากสมการที่ 1และระดับน้ำจริง 23 เซนติเมตร

อุณหภูมิน้ำ (° C)	ระดับน้ำจริง (cm)	ระดับน้ำที่ได้จากสมการที่ 1 (cm)	ค่าความคลาดเคลื่อน (%)
45	23	18.51	19.52
40	23	18.89	17.87
35	23	18.89	17.87
30	23	20.4	11.30
28	23	20.4	11.30
25	23	21.54	6.35
20	23	22.3	3.04
15	23	23.81	3.52
10	23	24.95	8.48
5	23	24.95	8.48
			Average = 10.77

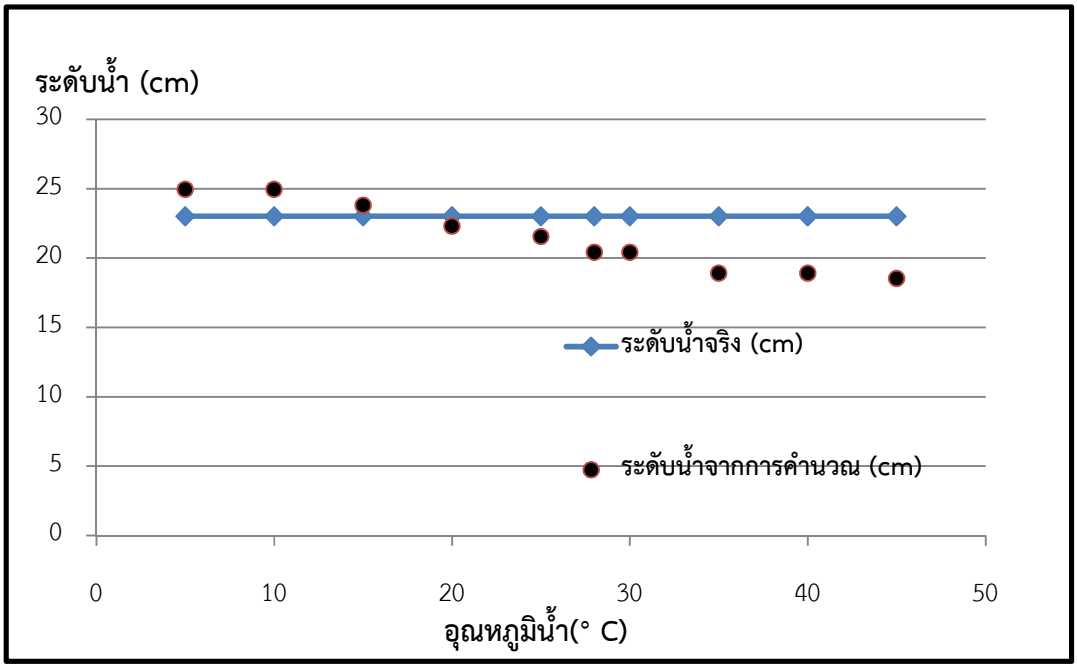
เมื่อนำค่าระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณกระแสไฟฟ้าจากสมการปรับเทียบ และอุณหภูมิน้ำมาเขียนกราฟเพื่อดูแนวโน้มของค่าระดับน้ำจะได้กราฟดังภาพที่ 57 , 58 และ 59



ภาพที่ 57 กราฟระหว่างระดับน้ำจริง 22 เซนติเมตร และระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณจากกระแสไฟฟ้าจากสมการที่1



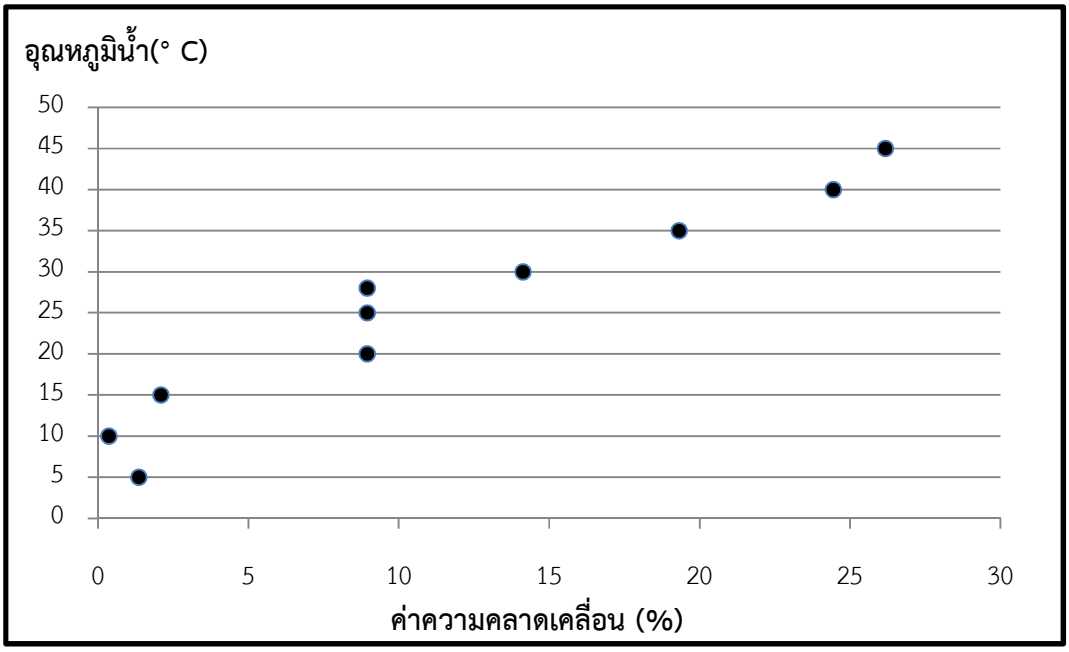
ภาพที่ 58 กราฟระหว่างระดับน้ำจริง 25.5 เซนติเมตร และระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณจากกระแสไฟฟ้าจากสมการที่1



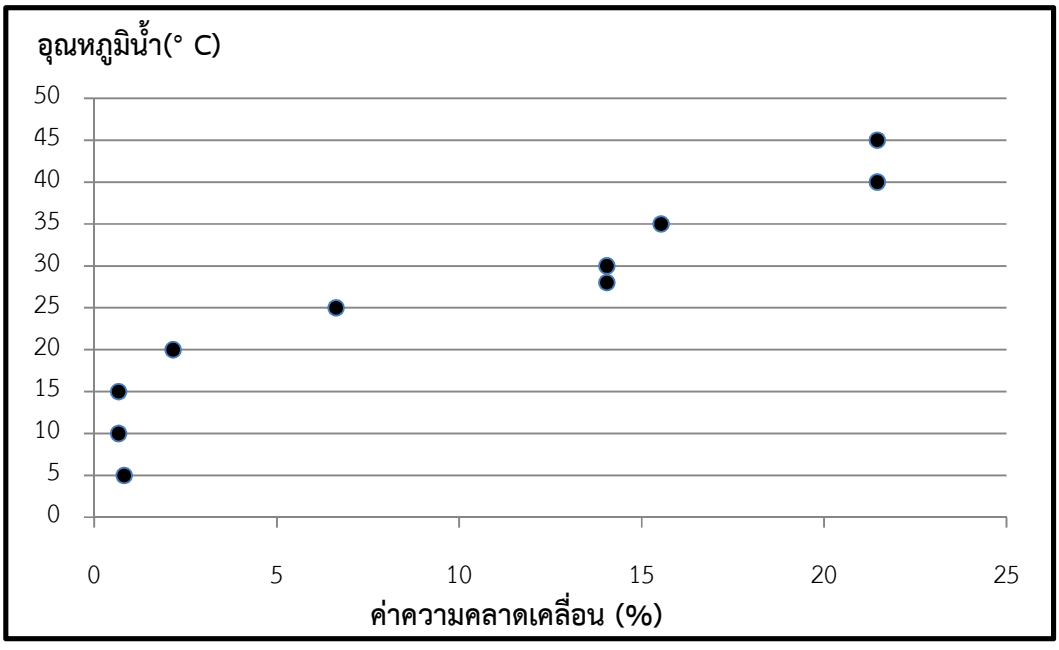
ภาพที่ 59 กราฟระหว่างระดับน้ำจริง 23 เซนติเมตร และระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณจากกระแสไฟฟ้าจากสมการที่1

ภาพที่ 57 , 58 และ 59 จะเห็นได้ว่า ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณจะมีค่ามากกว่าหรือใกล้เคียงระดับน้ำจริง เมื่ออุณหภูมิน้ำลดลงแนวโน้มระดับน้ำที่คำนวณได้ได้จะมีค่าลดลงน้อยกว่าค่าระดับน้ำจริง และมีค่าแตกต่างจะระดับน้ำจริงเพิ่มขึ้น

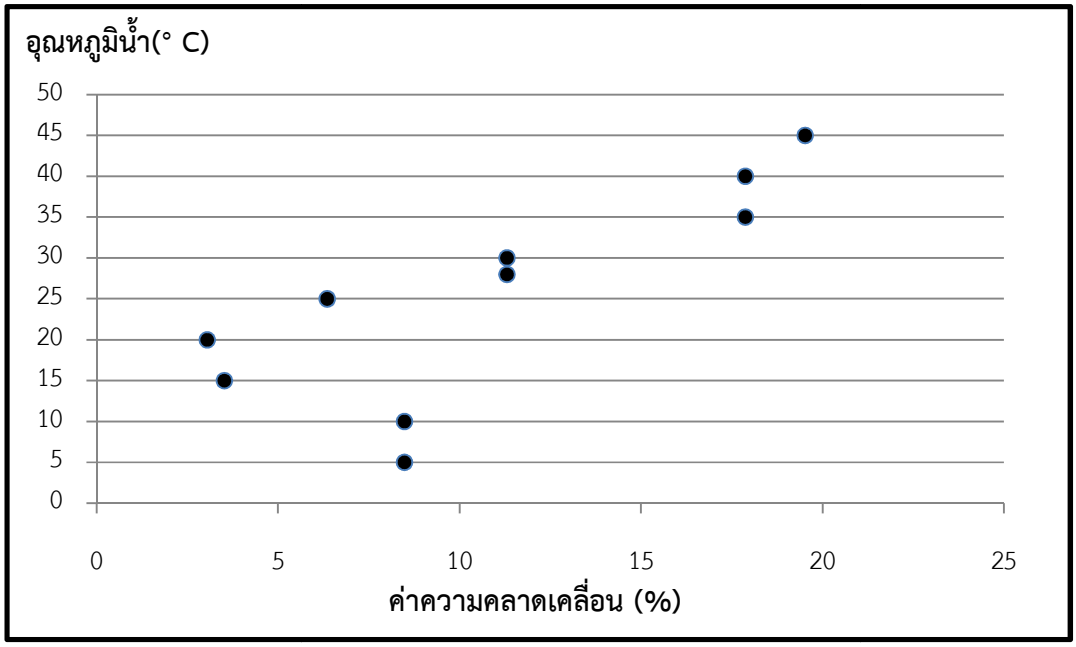
จากตารางที่ 9 , 10 และ 11 เมื่อนำ อุณหภูมิน้ำและค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างระดับน้ำจริงและระดับน้ำที่คำนวณได้ได้มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์จะได้กราฟดังภาพที่ 60 , 61 และ 62



ภาพที่ 60 ค่าความคลาดเคลื่อนของระดับน้ำจริงและระดับน้ำจากสมการที่ 1กับอุณหภูมิ ที่ระดับน้ำจริง 22 เซนติเมตร



ภาพที่ 61 ค่าความคลาดเคลื่อนของระดับน้ำจริงและระดับน้ำจากสมการที่ 1กับอุณหภูมิ ที่ระดับน้ำจริง 25.5 เซนติเมตร



ภาพที่ 62 ค่าความคลาดเคลื่อนของระดับน้ำจริงและระดับน้ำจากสมการที่ 1กับอุณหภูมิ ที่ระดับน้ำจริง 23 เซนติเมตร

เมื่อนำกระแสไฟฟ้าที่วัดได้มาคำนวณเป็นระดับน้ำจากสมการปรับเทียบ ระดับน้ำจากการคำนวณจะมีค่าใกล้เคียงกับระดับน้ำจริงที่อุณหภูมิต่ำเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณจากกระแสไฟฟ้าจะมีค่าลดลงที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้น ดูได้จากกราฟ ภาพที่ 57 , 58 และ 59 ซึ่งเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นค่าความแตกต่างระหว่างระดับน้ำจริงและระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณจะมีค่ามากขึ้นตามแนวโน้มอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นด้วย ดูได้จากกราฟ ภาพที่ 60 , 61 และ 62 ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนจะมากขึ้นที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้น ระดับน้ำที่ได้จากเครื่องวัดระดับน้ำ และระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณจะมีแนวโน้มของข้อมูลแตกต่างกัน โดยที่ระดับน้ำที่ได้จากเครื่องวัดระดับน้ำจะมีค่าความคลาดเคลื่อนเพิ่มขึ้นที่อุณหภูมิลดต่ำลง และระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณจะมีค่าความคลาดเคลื่อนเพิ่มขึ้นที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้น

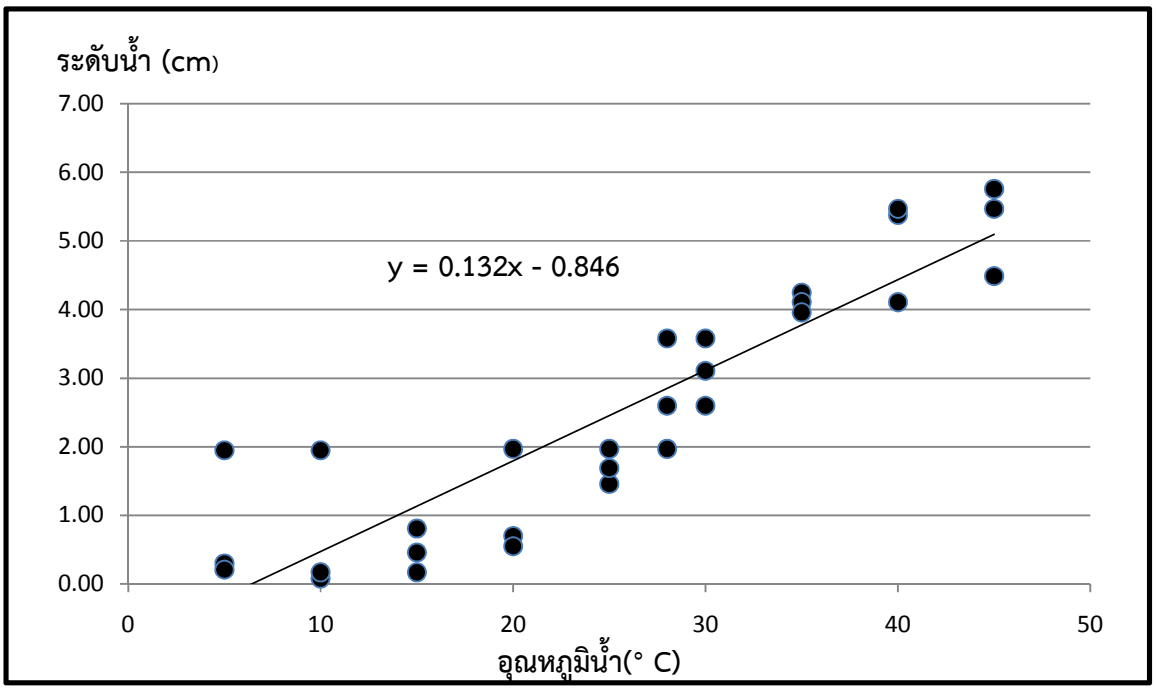
นำค่าความแตกต่างระหว่างระดับน้ำจริงและระดับน้ำที่วัดได้จากการทดลองทั้ง 3 ครั้งที่ระดับ 22 , 25.5 และ 23 เซนติเมตร กับอุณหภูมิมาเขียนกราฟเพื่อหาสมการความสัมพันธ์

ตารางที่ 12 ความแตกต่างระหว่างระดับน้ำจริงที่ระดับ 22 , 25.5 และ 23 เซนติเมตร แลระดับน้ำที่คำนวณได้จากสมการที่ 1

อุณหภูมิน้ำ (° C)	ระดับน้ำจริง (cm)	ระดับน้ำที่วัดได้จากสมการที่1 (cm)	ความแตกต่าง (cm)
45	22	16.24	0.90
40	22	16.62	0.20
35	22	17.75	0.50
30	22	18.89	2.00
28	22	20.03	2.00
25	22	20.03	2.80
20	22	20.03	2.80
15	22	21.54	3.50
10	22	21.92	4.20
5	22	22.30	4.90
45	23	18.51	0.30
40	23	18.89	1.00
35	23	18.89	1.00
30	23	20.40	1.80
28	23	20.40	1.80
25	23	21.54	2.50
20	23	22.30	3.90
15	23	23.81	5.40
10	23	24.95	6.10
5	23	24.95	6.10
45	25.5	20.03	0.70

อุณหภูมิน้ำ (° C)	ระดับน้ำจริง (cm)	ระดับน้ำที่วัดได้จากสมการที่1 (cm)	ความแตกต่าง (cm)
40	25.5	20.03	0.70
35	25.5	21.54	0.00
30	25.5	21.92	0.70
28	25.5	21.92	0.70
25	25.5	23.81	2.10
20	25.5	24.95	3.60
15	25.5	25.33	4.40
10	25.5	25.33	4.40
5	25.5	25.71	5.10

นำค่าความแตกต่างของระดับน้ำจริงและระดับน้ำที่คำนวณได้จากสมการที่ 1 กับอุณหภูมิน้ำไปเขียนกราฟเพื่อหาสมการความสัมพันธ์



ภาพที่ 63 กราฟระหว่างความแตกต่างของระดับน้ำจริงกับระดับน้ำที่คำนวณได้จากสมการที่ 1

จากภาพที่ 63 เมื่อนำค่าความแตกต่างของระดับน้ำจริงและระดับน้ำที่คำนวณได้จากสมการที่ 1 กับอุณหภูมิน้ำไปเขียนกราฟเพื่อหาสมการเส้นตรง จะได้สมการ y= 0.132x – 0.846 โดย y คือ ระดับน้ำ (cm) และ x คือ อุณหภูมิน้ำ (℃) เราจะนำสมการนี้ไปรวมกับสมการที่ 1 โดยกำหนดตัวแปรใหม่ ดังนี้ y คือ ระดับน้ำ (cm) , T คือ อุณหภูมิน้ำ (℃) และ A = กระแสไฟฟ้า (mA) ดังนี้จะได้สมการสองตัวคือ y= 0.132T – 0.846 และ y = 37.89A - 157.3 นำทั้งสองสมการมารวมกัน จะได้สมการปรับแก้ระดับน้ำและอุณหภูมิ คือ **y = 37.89A + 0.132T - 158.146** **(2)**

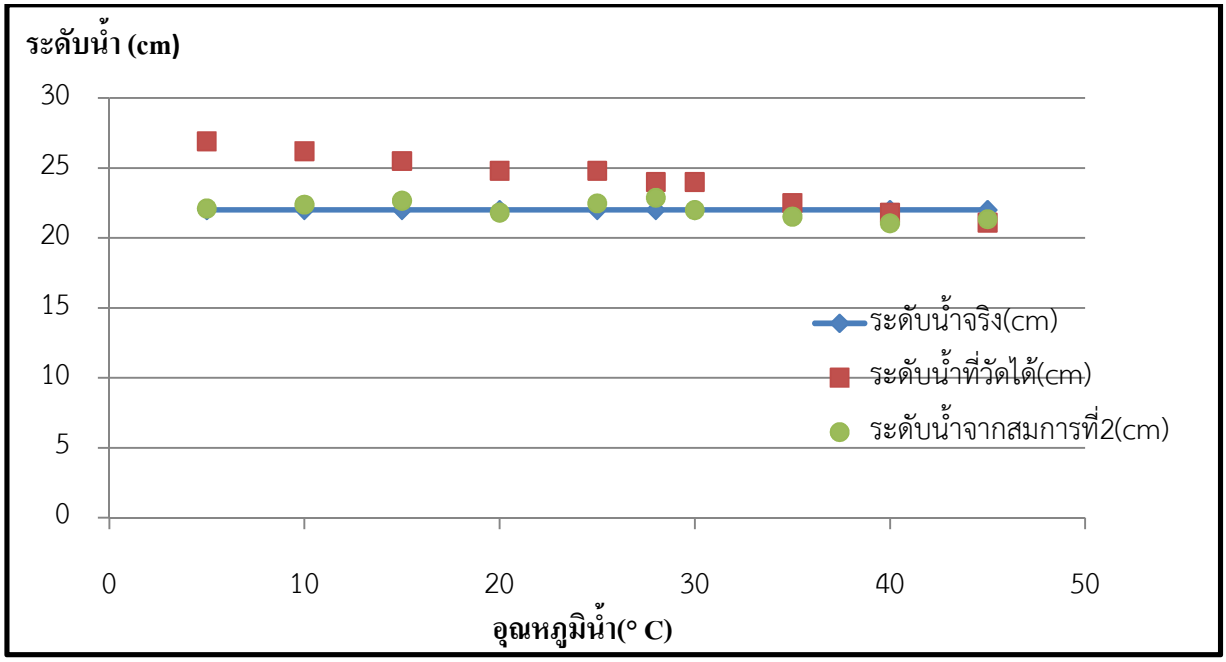
นำสมการที่ 2 ไปคำนวณระดับน้ำใหม่ จะได้ข้อมูลดังตารางที่ 12

ตารางที่ 13 ระดับน้ำจริง และระดับน้ำที่ได้จากสมการที่ 2

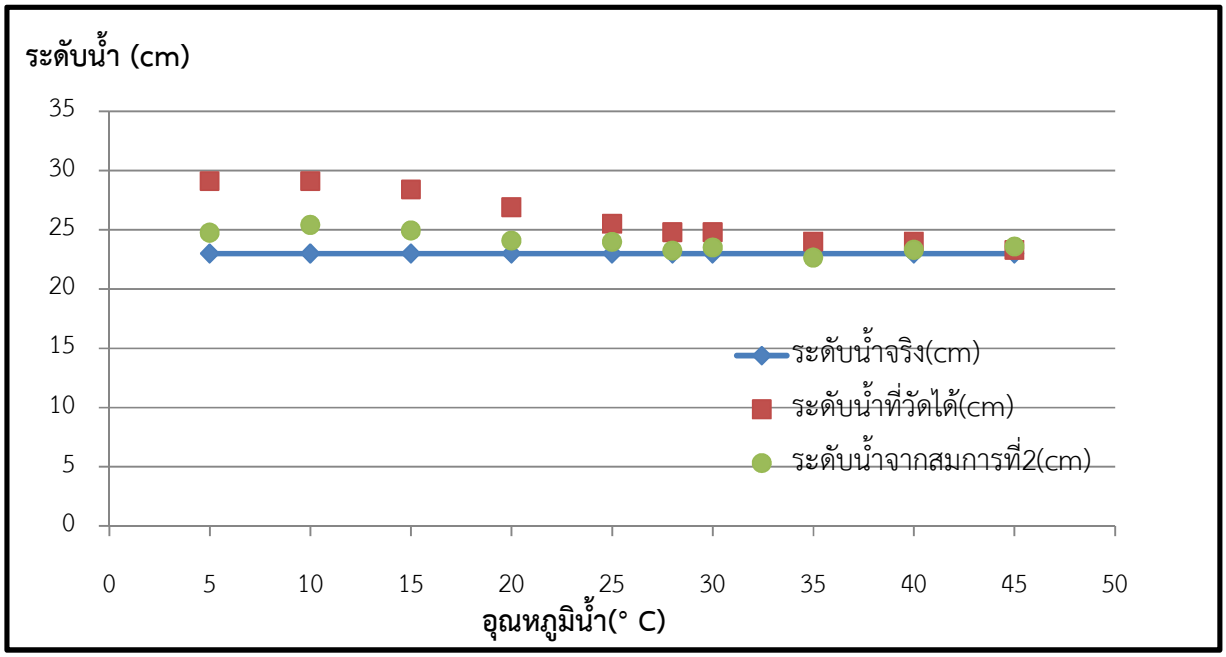
อุณหภูมิน้ำ (° C)	ระดับน้ำจริง (cm)	ระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณ (cm)	ค่าความคลาดเคลื่อน (%)
45	22	21.33	3.04
40	22	21.05	4.32
35	22	21.53	2.16
30	22	22.00	0.01
28	22	22.88	3.98
25	22	22.48	2.18
20	22	21.82	0.82
15	22	22.67	3.07
10	22	22.39	1.79
5	22	22.11	0.51
45	23	23.60	2.62
40	23	23.32	1.40
35	23	22.66	1.47
30	23	23.52	2.25
28	23	23.25	1.10
25	23	23.99	4.33

อุณหภูมิน้ำ (° C)	ระดับน้ำจริง (cm)	ระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณ (cm)	ค่าความคลาดเคลื่อน (%)
20	23	24.09	4.75
15	23	24.95	8.47
10	23	25.42	10.54
5	23	24.76	7.67
45	25.5	25.12	1.49
40	25.5	24.46	4.08
35	25.5	25.31	0.73
30	25.5	25.03	1.83
28	25.5	24.77	2.86
25	25.5	26.27	3.01
20	25.5	26.74	4.88
15	25.5	26.46	3.78
10	25.5	25.80	1.19
5	25.5	25.52	0.09
			Average = 3.01

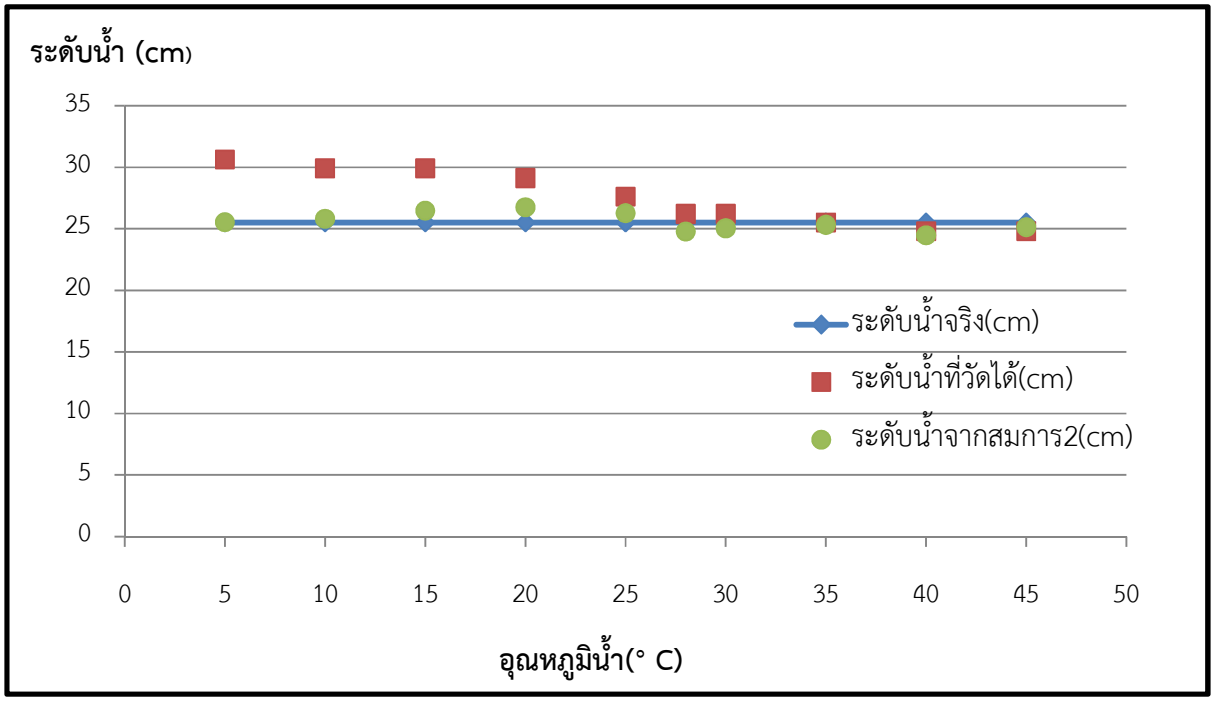
นำระดับน้ำจริง ระดับน้ำที่วัดได้ และระดับน้ำที่ได้จากสมการที่ 2 มาเขียนกราฟ



ภาพที่ 64 กราฟระหว่างระดับน้ำจริงที่ 22 เ ซนติเมตร ระดับน้ำที่วัดได้ และระดับน้ำจากสมการที่ 2 กับอุณหภูมิน้ำ



ภาพที่ 65 กราฟระหว่างระดับน้ำจริงที่ 23 เ ซนติเมตร ระดับน้ำที่วัดได้ และระดับน้ำจากสมการที่ 2 กับอุณหภูมิน้ำ



ภาพที่ 66 กราฟระหว่างระดับน้ำจริงที่ 25.5 เซนติเมตร ระดับน้ำที่วัดได้ และระดับน้ำจากสมการที่ 2 กับอุณหภูมิน้ำ

วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการทดลองวัดระดับน้ำที่อุณหภูมิ 5 – 45 องศาเซลเซียต ระดับน้ำที่วัดได้จะมีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่มาก และเมื่อนำกระแสไฟฟ้าที่วัดได้ไปคำนวณระดับน้ำจากสมการที่ 1 ก็ยังมีค่าแตกต่างจากระดับน้ำจริงอยู่ จึงได้ทำการนำค่าความแตกต่าง กับอุณหภูมิน้ำที่ระดับน้ำจริงทั้ง 3 ค่า มาหาสมการความสัมพันธ์แล้วนำไปรวมกับสมการที่ 1 จะได้สมการปรับแก้อุณหภูมิเป็นสมการที่ 2 และเมื่อนำมาปรับแก้ระดับน้ำใหม่ที่อุณหภูมิ 5 – 45 องศาเซลเซียต ค่าทีได้จะมีค่าใกล้เคียงระดับน้ำจริงมากที่สุดและมีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า ซึ่งสามารถดูได้จากภาพที่ 64 , 65 และ 66

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

ในการปรับเทียบเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดันครั้งแรกจะเห็นได้ว่าระดับน้ำที่วัดได้ จะวัดได้ไม่เกินที่ระดับ 350 เซนติเมตร ซึ่งหากระดับน้ำที่วัดเกินจากระดับน้ำ ระดับน้ำที่วัดได้กับระดับน้ำจริงจะมีค่าแตกต่างกันมาก ซึ่งมีสาเหตุมาจากกระแสไฟที่เครื่อง RTU800 จ่ายให้หัวเซนเซอร์วัดระดับน้ำจ่ายกระแสไฟฟ้าให้ไม่พอ ในการทดสอบครั้งที่สองจึงได้ทำการใช้แหล่งจ่ายไฟแยกจ่ายไฟตรงให้หัวเซนเซอร์ระดับน้ำที่วัดได้ตั้งแต่ 0 – 600 เซนติเมตร จึงมีค่าใกล้เคียงระดับน้ำจริง แตกต่างกันไม่มาก ซึ่งได้ทำการวัดกระแสไฟฟ้า มาเขียนกราฟระหว่างระดับน้ำจริง จึงได้สมการเส้นตรง เป็นสมการปรับเทียบ ซึ่งใช้การวัดกระแสไฟฟ้านำมาคำนวณระดับน้ำซึ่งระดับน้ำที่คำนวณได้จะมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า ระดับน้ำที่วัดได้จากเครื่องวัดระดับน้ำ ส่วนการทดลองเครื่องวัดระดับน้ำกับอุณหภูมิน้ำ ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียสระดับน้ำที่วัดได้จะมีค่าใกล้เคียงระดับน้ำจริง เมื่ออุณหภูมิน้ำลดลงแนวโน้มระดับน้ำที่วัดได้จะมีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่าค่าระดับน้ำจริง และมีค่าแตกต่างจะระดับน้ำจริงเพิ่มขึ้น ส่วนระดับน้ำที่ได้จากสมการที่1 จะมีค่ามากกว่าหรือใกล้เคียงระดับน้ำจริงที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เมื่ออุณหภูมิน้ำเพิ่มขึ้นแนวโน้มระดับน้ำจากสมการที่ 1จะมีค่าลดลงน้อยกว่าค่าระดับน้ำจริง และมีค่าแตกต่างจะระดับน้ำจริงเพิ่มขึ้น เมื่อค่าความแตกต่างของระดับน้ำจากสมการที่ 1และอุณหภูมิมาเขียนกราฟเพื่อหาสมการความสัมพันธ์ ซึ่งเมื่อนำไปรวมกับสมการที่ 1 แล้วปรับแก้ระดับน้ำใหม่ จะได้ระดับน้ำที่ใกล้เคียงระดับน้ำจริงมากขึ้นและความคลาดเคลื่อนน้อยลง

ข้อเสนอแนะ

1. ในการใช้แหล่งจ่ายไฟจ่ายไฟให้หัวเซนเซอร์วัดระดับน้ำ ควรใช้ความต่างศักย์ 12 V เท่านั้นเพื่อป้องกันการเสียหายของเครื่อง
2. ระดับน้ำที่ได้จากสมการที่ 1 จะมีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าระดับน้ำที่วัดได้ เมื่อไม่มีอิทธิพลของอุณหภูมิมาเกี่ยวข้อง
3. ระดับน้ำที่คำนวณได้จากสมการที่ 2 จะมีค่าคลาดเคลื่อนน้อยกว่าระดับน้ำที่วัดได้ เมื่อมีอิทธิพลของอุณหภูมิมาเกี่ยวข้องที่ 5 – 45 องศาเซลเซียต
5. ในการทดสอบอิทธิพลของอุณหภูมิที่มีผลต่อเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดันควรทดสอบเปรียบเทียบที่ระดับน้ำจริงมีค่าสูงกว่านี้ และมีค่าแตกต่างกันมากกว่านี้

เอกสารอ้างอิง

เอกสิทธิ์ โฆสิตสกุลชัย.2547. เอกสารประกอบการสอนวิชา 209241 อุทกวิทยา 1. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

สายสุนีย์ พุทธาคุณเจริญ. 2551. วิศวกรรมอุทกวิทยา. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร.

กีรติ ลีวัจนกุล. 2537. อุทกวิทยา. ภาควิชาโยธา วิทยาลัยวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต

นิตยา หวังวงศ์วิโรจน์. 2551. อุทกวิทยา. คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์วิทยาลัย.

สุเทพ ติงศภัทิย์ และ เคนซากุ ทาเคดะ. 2521. คู่มืออุทกวิทยาสำหรับงานชลประทาน. สมาคมส่งเสริมความรู้ด้านเทคนิคระหว่างประเทศ.

สำนักวิจัย พัฒนาและอุทกวิทยา กรมทรัพยากรน้ำ. (2554) . เครื่องมืออุทกวิทยา. สืบค้นเมื่อ 12 กันยายน พ.ศ. 2554 จาก http://intranet.dwr.go.th/brdh/index.php?

วิรุฬ หกกลับ. (2548).ประเทศไทยกับการเพิ่มระดับน้ำทะเลจากภาวะโลกร้อน. สืบค้นเมื่อ 12 กันยายน พ.ศ. 2554 จาก http://www.vcharkarn.com/varticle/38212

ภาคผนวก ก

SITRANS P measuring instruments for pressure

Transmitters for hydrostatic level

MPS series (submersible sensor)

Overview

SITRANS P pressure transmitters, MPS series (submersible sensor)

SITRANS P pressure transmitters, MPS series, are submersible sensors for hydrostatic level measurements.

The pressure transmitters of the MPS series are available for various measuring ranges and with explosion protection as an option.

A junction box and a cable hanger are available as accessories for simple installation.

Benefits

- Compact design
- Simple installation
- Small error in measurement (0.3%)
- Degree of protection IP68

Application

SITRANS P pressure transmitters, MPS series, are used in the following branches for example:

- Oil and gas industries
- Shipbuilding
- Water supply

Design

SITRANS P pressure transmitters, MPS series, have a flush-mounted piezo-resistive sensor with stainless steel diaphragm.

These pressure transmitters are equipped with an electronic circuit fitted together with the sensor in a stainless steel housing. The cable also contains a strength cord and vent pipe.

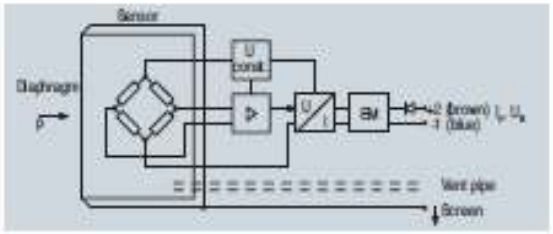
The diaphragm is protected against external influences by a protective cap.

The sensor, electronic circuit and cable are sealed in a common housing of small dimensions.

The pressure transmitter is temperature-compensated for a wide temperature range.

Function

SITRANS P pressure transmitters, MPS series, are for measuring the liquid levels in wells, tanks, channels and dams.



SITRANS P pressure transmitters, MPS series, mode of operation and wiring diagram

On one side of the sensor, the diaphragm is exposed to the hydrostatic pressure which is proportional to the submersion depth. This pressure is compared with atmospheric pressure. Pressure compensation is carried out using the vent pipe in the connection cable.

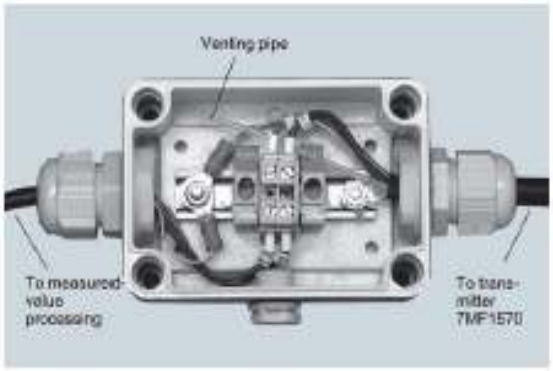
The hydrostatic pressure of the liquid column acts on the sensor diaphragm, and transmits the pressure to the piezo-resistive bridge in the sensor.

The output voltage of the sensor is applied to the electronic circuit where it is converted into an output current of 4 to 20 mA.

The cable of the 7MF1570 transmitter must always be connected in the supplied junction box. The junction box has to be installed near the measuring point.

If the medium is anything other than water, it is also necessary to check compatibility with the specified materials of the transmitter.

Integration



Junction box 7MF1570-8AA, opened

SITRANS P measuring instruments for pressure

Transmitters for hydrostatic level

Measuring point setup, in principle

Technical specifications

SITRANS P pressure transmitters, MPS series (submersible sensor)

Mode of operation	
Measuring principle	Piezo-resistive
Input	
Measured variable	Hydrostatic level
Measuring range	Maximum working pressure
• 0 ... 2 mH_2O (0 ... 6 ftH_2O)	• 1.4 bar (20.3 psi) (corresponds to 14 mH_2O (42 ftH_2O))
• 0 ... 4 mH_2O (0 ... 12 ftH_2O)	• 1.4 bar (20.3 psi) (corresponds to 14 mH_2O (42 ftH_2O))
• 0 ... 5 mH_2O (0 ... 15 ftH_2O)	• 1.4 bar (20.3 psi) (corresponds to 14 mH_2O (42 ftH_2O))
• 0 ... 6 mH_2O (0 ... 18 ftH_2O)	• 3.0 bar (43.5 psi) (corresponds to 30 mH_2O (90 ftH_2O))
• 0 ... 10 mH_2O (0 ... 30 ftH_2O)	• 3.0 bar (43.5 psi) (corresponds to 30 mH_2O (90 ftH_2O))
• 0 ... 20 mH_2O (0 ... 60 ftH_2O)	• 6.0 bar (87.0 psi) (corresponds to 60 mH_2O (180 ftH_2O))
Output	
Output signal	4 ... 20 mA
Accuracy	To EN 60770-1
Error in measurement (including non-linearity, hysteresis and repeatability) at 25 °C (77 °F))	0.3% of full-scale value (typical)
Influence of ambient temperature	
Zero and span	
• 1 ... 6 mH_2O (3 ... 18 ftH_2O)	0.45%/10 K of full-scale value
• ≥ 6 mH_2O (≥ 18 ftH_2O)	0.3%/10 K of full-scale value

MPS series (submersible sensor)

Long-term stability	
Zero and span	
• 1 ... 6 mH_2O (3 ... 18 ftH_2O)	0.25% of full-scale value/year
• ≥ 6 mH_2O (≥ 18 ftH_2O)	0.2% of full-scale value/year
Rated operating conditions	
Ambient conditions	
• Process temperature	-10 ... +80 °C (+14 ... +176 °F)
• Storage temperature	-40 ... +100 °C (-40 ... +212 °F)
Degree of protection to DIN EN 60529	IP68
Design	
Weight	
• Pressure transmitters	≈ 0.4 kg (≈ 0.88 lb)
• Cable	0.08 kg/m (≈ 0.054 lb/ft)
Electrical connection	Cable with 2 conductors with screen and vent pipe, strength cord (max. 300 N (67.44 lbf))
Material	
• Seal diaphragm	Stainless steel, mat. No. 1.4571/316 Ti
• Casing	Stainless steel, mat. No. 1.4571/316 Ti
• Gasket	Viton
• Connecting cable	Optionally PE/HFFR sheath (non halogen) or FEP sheath
Power supply	
Terminal voltage on pressure transmitter (U_A)	10 ... 36 V DC
Certificate and approvals	
The transmitter is not subject to the pressure equipment directive (DGRL 97/23/EC)	
Explosion protection	
• Intrinsic safety "i"	TÜV 03 ATEX 2004X
- Identification	Ex II 1 G EEx ia IIC T4

Junction box	
Application	For connecting the transmitter cable
Design	
Weight	0.2 kg (0.44 lb)
Electrical connection	2 x 3-way (28 ... 16 AWG)
Cable entry	2 x M20x1.5
Enclosure material	Polycarbonate
Vent pipe for atmospheric pressure	
Screw for cable strength cord	
Rated operating conditions	
Degree of protection to DIN EN 60529	IP54

Cable hanger	
Application	For mounting the transmitter
Design	
Weight	0.16 kg (0.35 lb)
Material	Galvanized steel, polyamide

SITRANS P measuring instruments for pressure

Transmitters for hydrostatic level

MPS series (submersible sensor)

Selection and Ordering data		Order No.					
SITRANS P pressure transmitters for pressure, MPS series (submersible sensor)	C)	7MF1570-		A0			
2-wire system							
Note: Junction box and cable hanger included in delivery							
Cable material							
PE	▶		1				
FEP			5				
Measuring range	**Cable length L**						
0 ... 2 mH_2O	10 m	▶		C			
0 ... 4 mH_2O	10 m	▶		D			
0 ... 5 mH_2O	25 m	▶		B			
0 ... 6 mH_2O	25 m	▶		E			
0 ... 10 mH_2O	25 m	▶		F			
0 ... 20 mH_2O	25 m	▶		G			
0 ... 6 ftH_2O	32 ft			K			
0 ... 12 ftH_2O	32 ft			L			
0 ... 18 ftH_2O	82 ft			M			
0 ... 30 ftH_2O	82 ft			N			
0 ... 60 ftH_2O	82 ft			P			
Special measuring range/Special cable length [1]				Z		J	1 Y
Specify measuring range and cable length in plain text							
Explosion protection							
• without	▶				1		
• with, type of protection "Intrinsic safety" (Ex II 1 G EEx ia IIC T4)	▶				2		
• With approval for drinking water to WRAS and ACS	▶ D)				6		

Further designs	Order code
Quality inspection certificate (Factory calibration) to IEC 60770-2, add "-Z" to Order No. and Order code.	**C11**

	Order No.
Quality inspection certificate (Factory calibration) to IEC 60770-2 supplied later, specify factory no. of transmitter for this purpose.	**7MF1564-8CC11**

Accessories (as spare parts)	
Junction box for connecting the transmitter cable	**7MF1570-8AA**
Cable hanger for mounting the pressure transmitter	**7MF1570-8AB**

▶ Available ex stock.

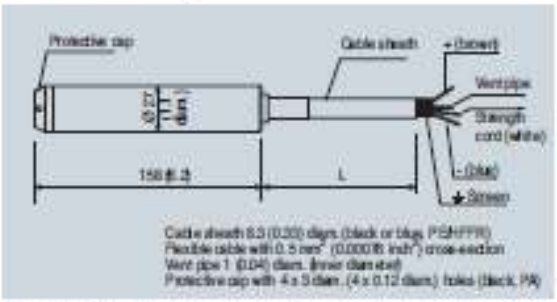
Power supply units see "SITRANS I power supply units and input isolators".

[1] Special measuring ranges between 0 ... 1 mH_2O (0 ... 3 ftH_2O) and 0 ... 200 mH_2O (0 ... 666 ftH_2O) and special cable lengths up to 1000 m (3281 ft) are possible. With Ex versions the max. special cable length is 50 m (160 ft). The length of free-hanging cable should not exceed 375 m.

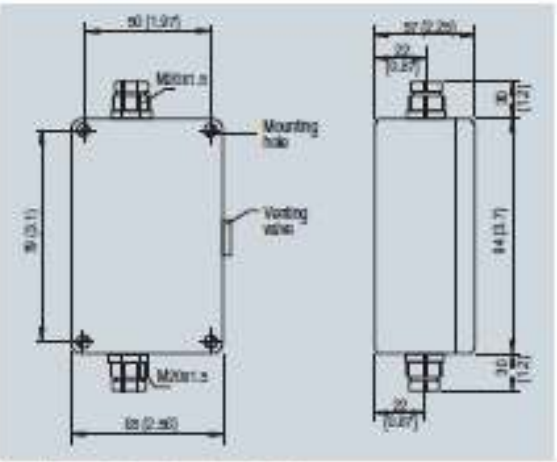
C) Subject to export regulations AL: N, ECCN: EAR99.

D) Subject to export regulations AL: N, ECCN: EAR99H.

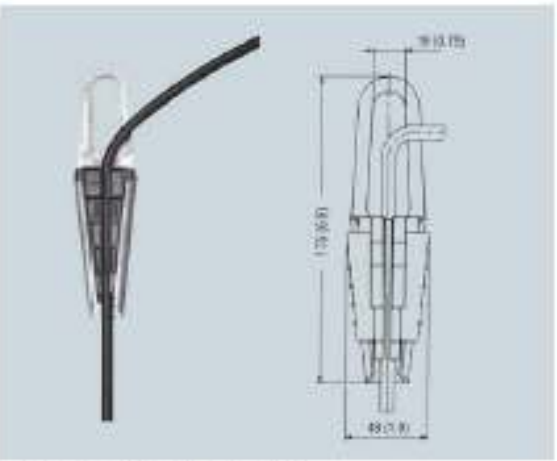
Dimensional drawings



SITRANS P pressure transmitters, MPS series, dimensions in mm (inch)



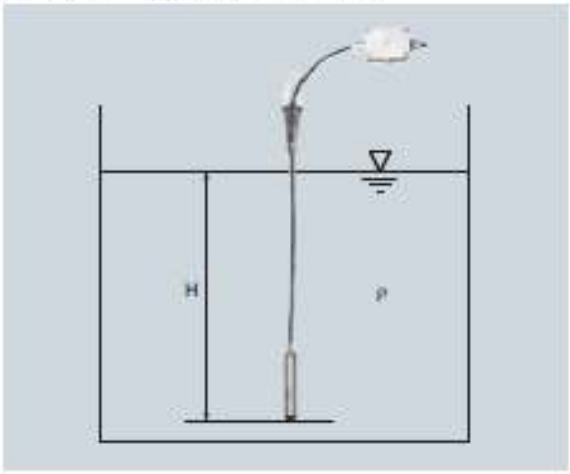
Junction box, dimensions in mm (inch)



Cable hanger, dimensions in mm (inch)

More information

Determination of the measuring range in case of media with a density ≠ 1000 kg/m³ (medium ≠ water)



Calculation of the measuring range:

$p = \rho \times g \times H$

with:

p = density of medium

g = local acceleration due to gravity

H = maximum level

Example:

Medium: Diesel fuel = 850 kg/m³

Acceleration due to gravity: 9.81 m/s²

Start-of-scale : 0 m

Maximum level: 6,2 m

Calculation:

p = 850 kg/m³ x 9.81 m/s² x 6.2 m

p = 51698.7 N/m²

p = 517 mbar

Transmitter to be ordered:

7MF1570-5ZA02-Z

J1Y: 0 ... 517 mbar; able length e.g. 8 m

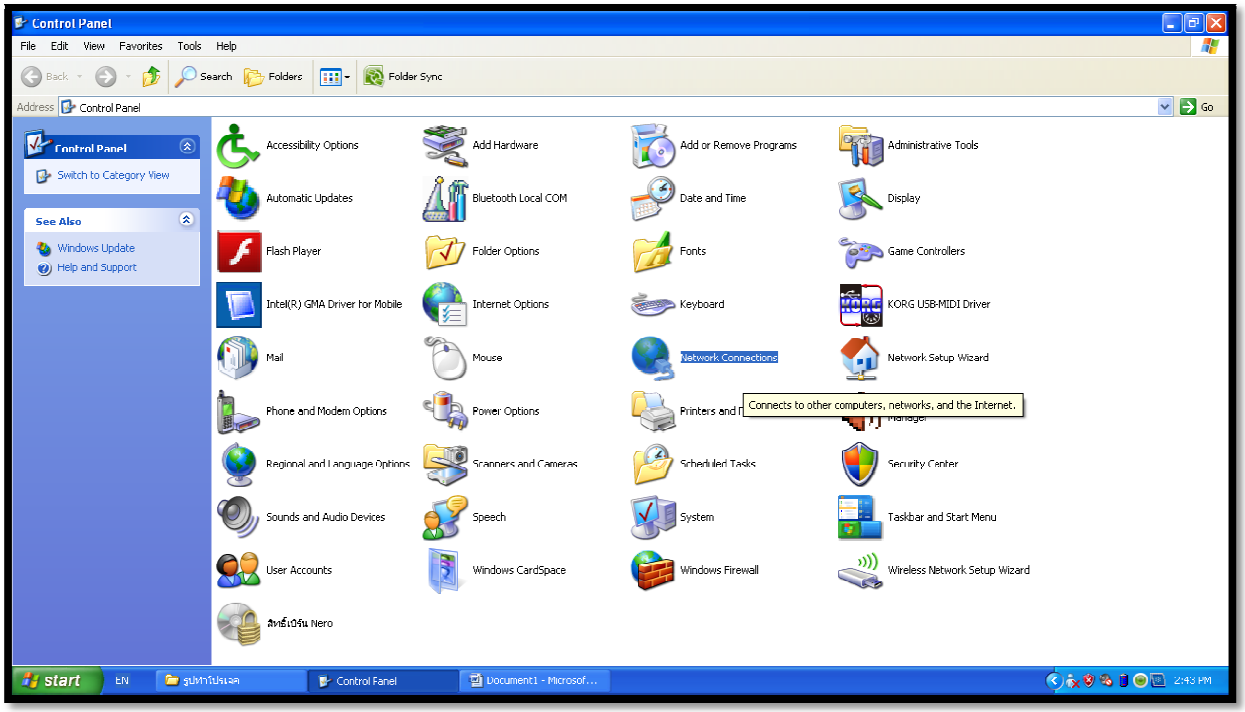
ภาคผนวก ข

การต่อเครื่องวัดระดับน้ำเข้ากับคอมพิวเตอร์

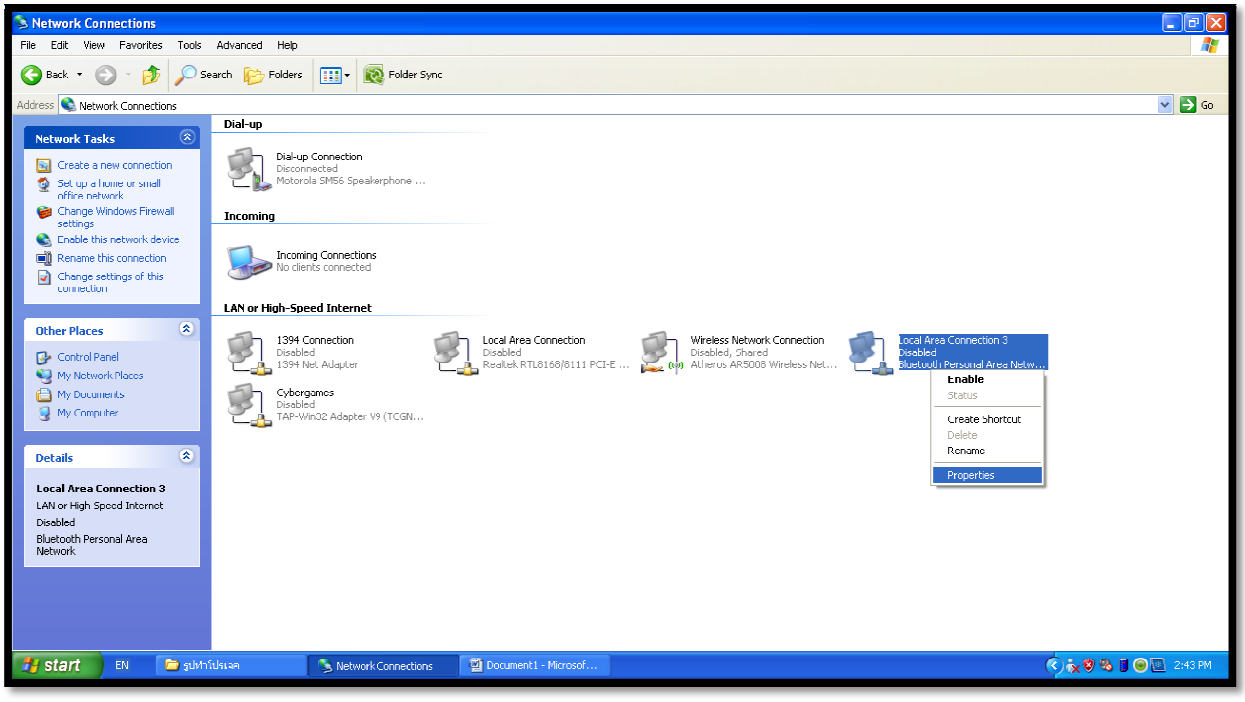
การต่อเครื่องวัดระดับน้ำเข้ากับคอมพิวเตอร์จะใช้สาย Lan ต่อเครื่อง RTU800 แล้วต่อ เข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยสามารถเข้าไปปรับแต่งค่าต่างๆ ได้ ผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยวิธีการต่อเครื่องวัดระดับน้ำเข้ากับคอมพิวเตอร์มีวิธีการดังนี้

1. เมื่อต่อสาย Lan ที่เครื่อง RTU800 เข้ากับ คอมพิวเตอร์แล้ว ให้กดเข้าไปที่ Start >>>> Control Panel

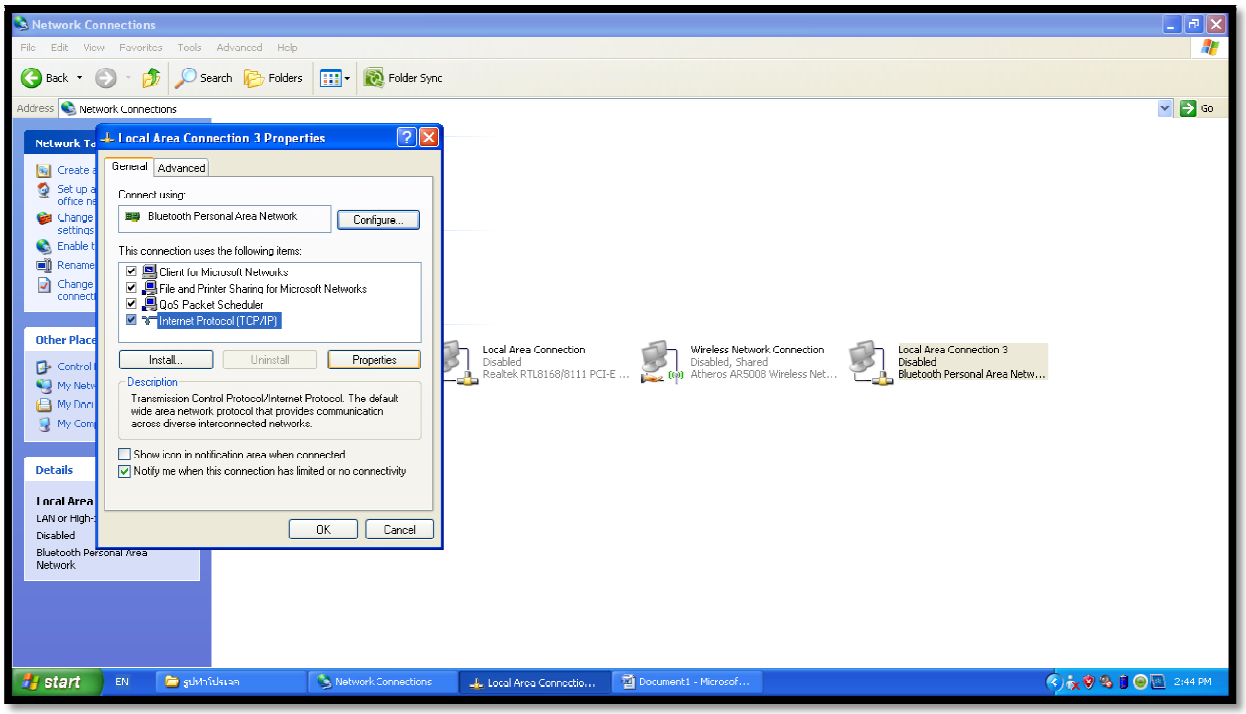
2. เข้าไปที่ Network Connection



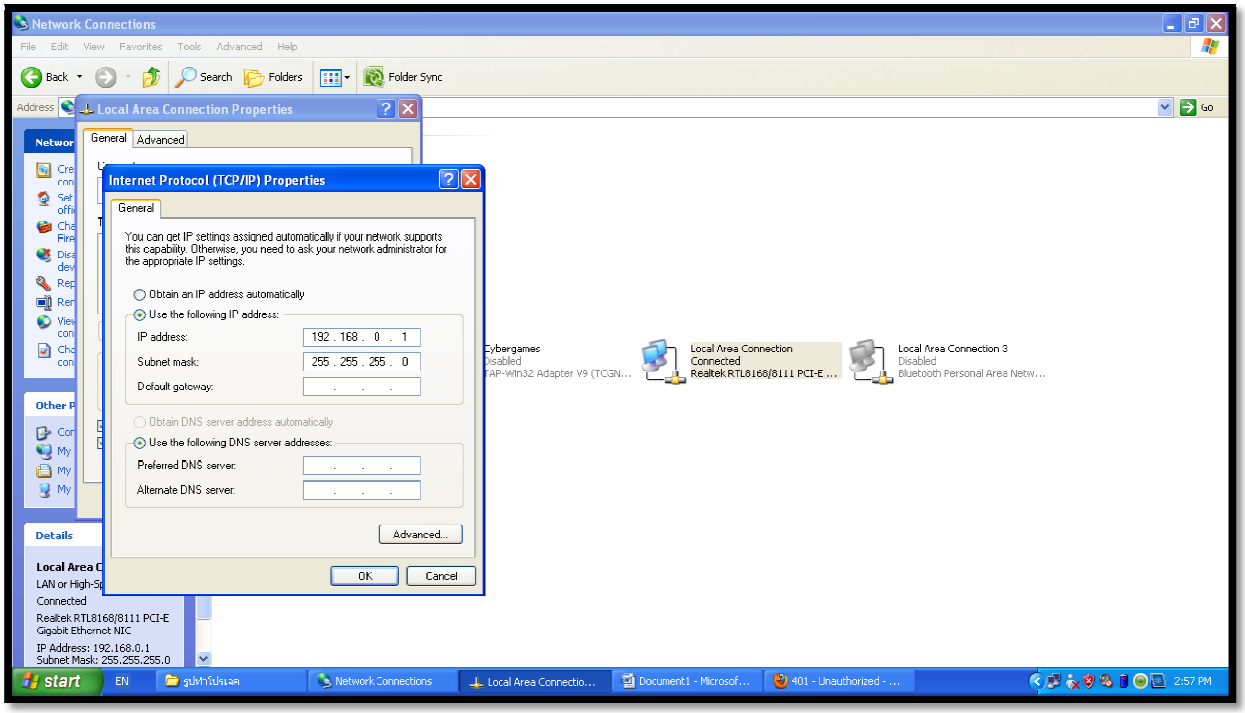
3. คลิกขวาที่ Local Area Connection เข้า Properties



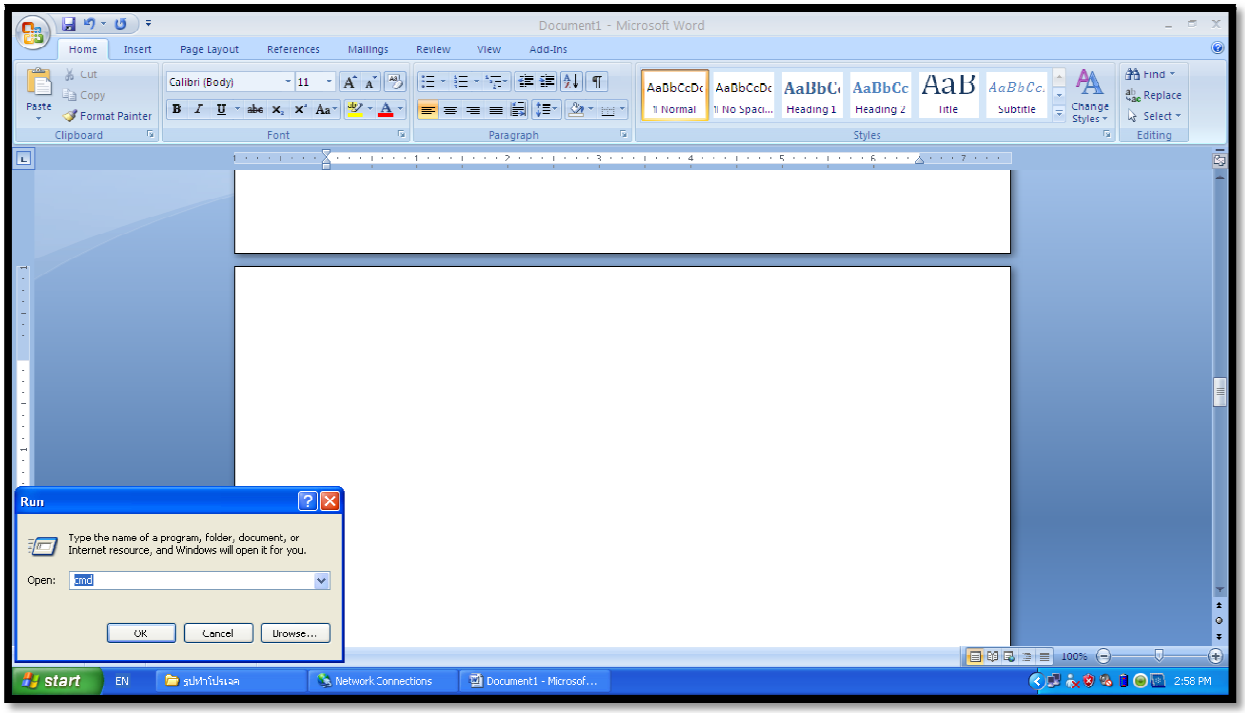
4. คลิกเลือก Internet Protocol (TCP/IP) แล้วกดเข้าไปที่ Properties



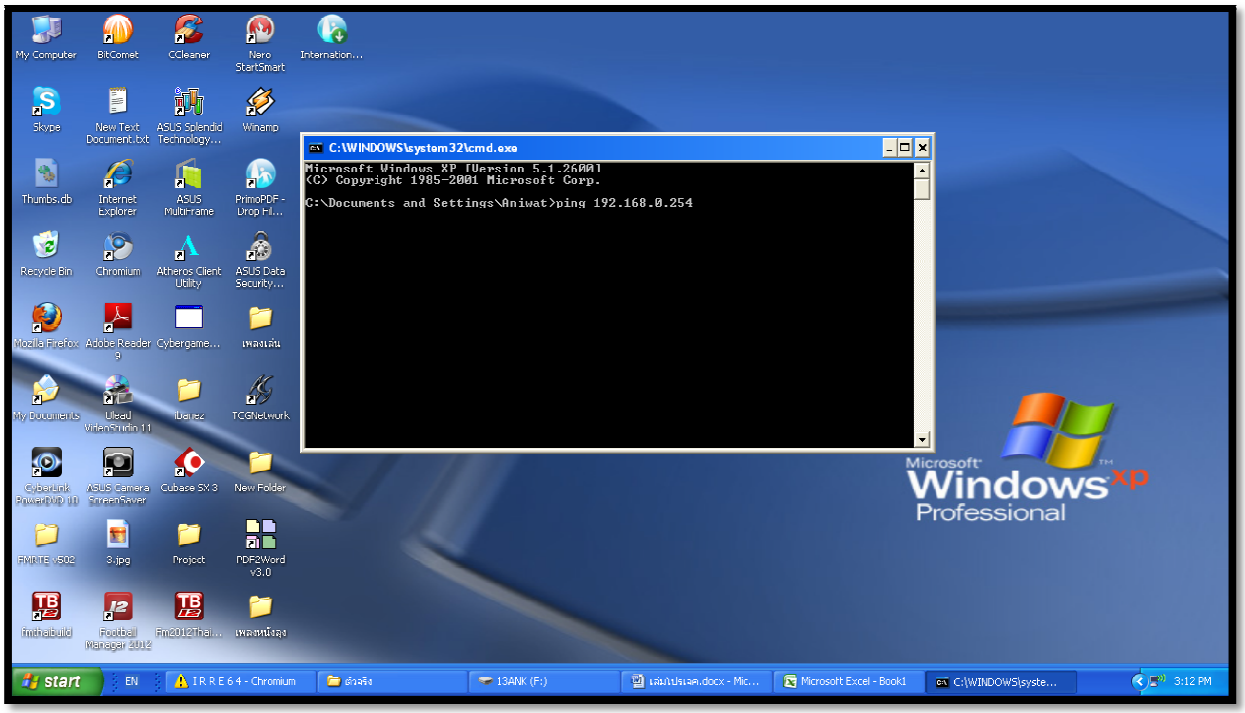
5. คลิกที่ช่อง Use the following IP address ที่ช่อง IP address ใส่ IP ให้ตรงกับเครื่อง RTU800 โดยสามารถดู IP เครื่อง RTU800 ได้ตอนเปิดเครื่อง ซึ่งจะแสดงที่หน้าจอของเครื่อง RTU800 โดยหลักสุดท้ายของ IP ให้ใส่ค่าอะไรก็ได้ที่ไม่ตรงกับ IP ของเครื่อง RTU800 เช่น IP เครื่อง RTU800 คือ 192.168.0.254 เราจะใส่ IP ที่ช่อง IP address เป็น 192.168.0.1 หรือ 192.168.0.2 ก็ได้ ส่วนที่ช่อง Subnet mask ให้ใส่เป็น 255.255.255



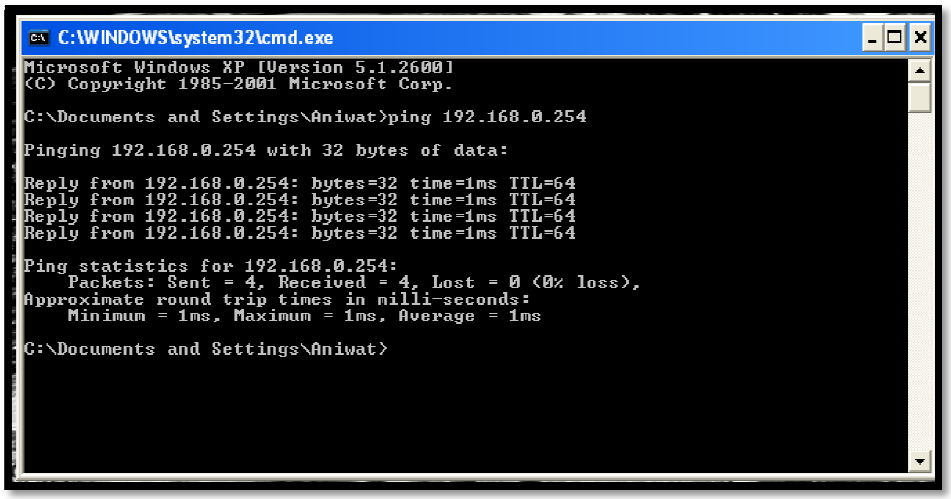
6. เช็คว่า เครื่องวัดระดับน้ำต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ ให้ไปที่ Start >>> Run พิมพ์ Cmd แล้วกด OK



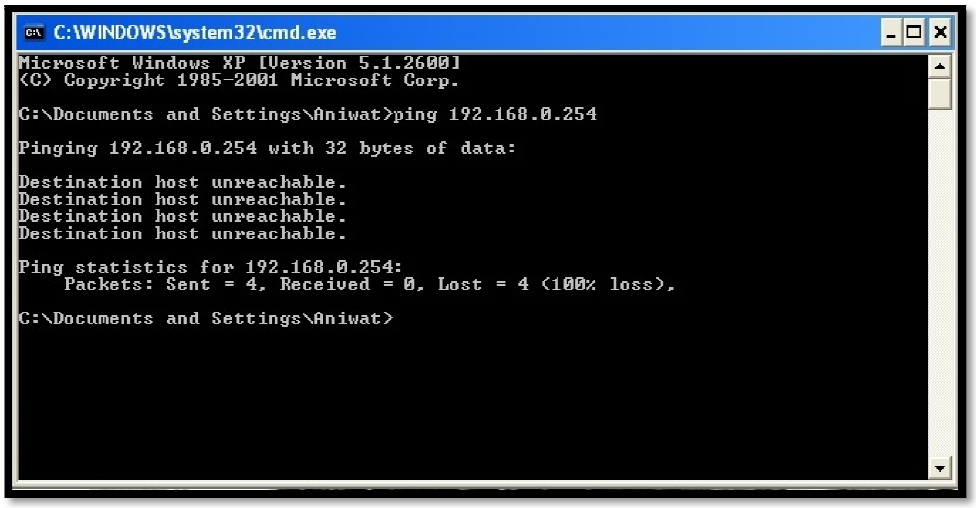
7. พิมพ์ Ping 192.168.0.254 แล้วกด Enter



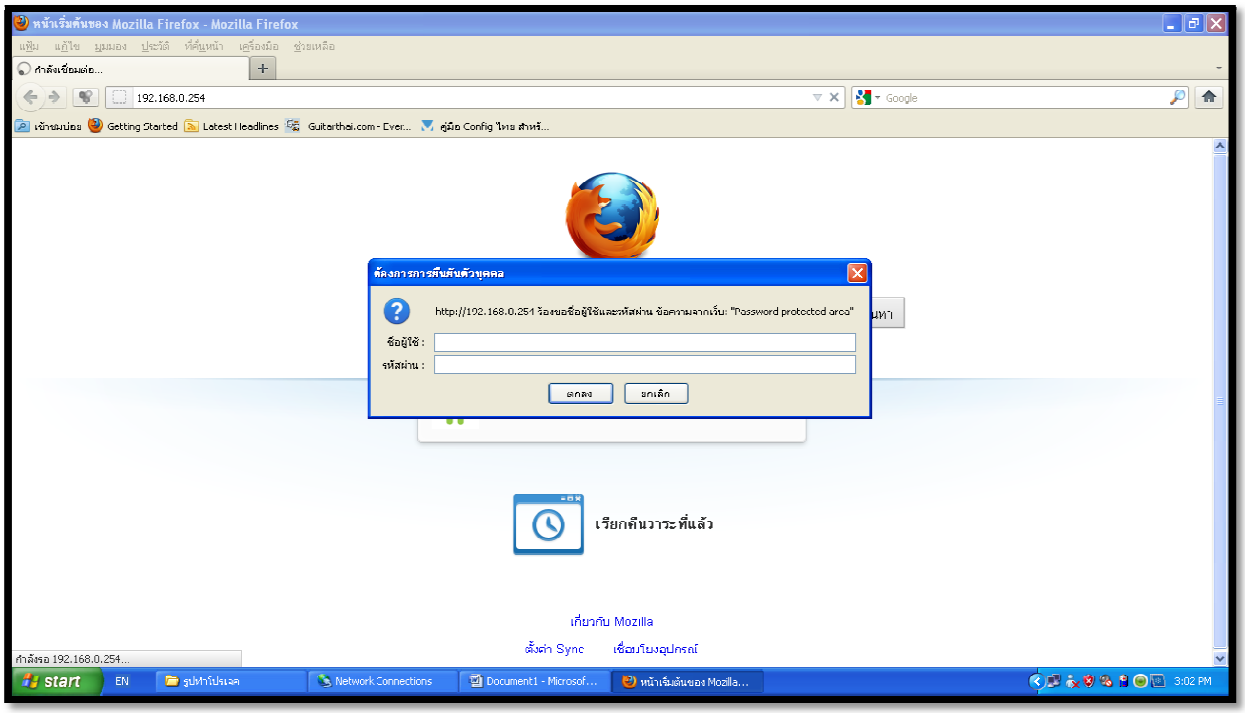
หากการเชื่อต่อเรียบร้อยจะขึ้นค่าต่างๆดังรูป



แต่หากการเชื่อมต่อไม่สำเร็จจะมีค่าดังรูป



8. เราสามาถเข้าไปปรับค่าต่างๆ ของเครื่องโดยเข้าไปที่ Web browser ต่างๆ เช่น Internet Explorer เป็นต้น พิมพ์ IP ของเครื่อง RTU800 แล้วกด Enter ใส่ Username = admin และ Password = rtu800



เราสามารถเข้าไปปรับค่าต่างๆได้ดังรูป