

บทที่ 3

วัสดุ อุปกรณ์และการทดลอง

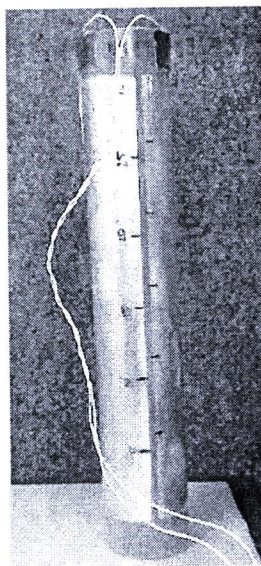
บทนี้จะกล่าวถึงวิธีดำเนินการในการทำรายงาน โดยเริ่มจากการศึกษาออกแบบและสร้างเซนเซอร์ความจุไฟฟ้าแบบกึ่งทรงกระบอก ศึกษาค่าความจุไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าของเซนเซอร์ ผลของระยะห่างของแผ่นอิเล็กโทรดของเซนเซอร์ต่อค่าความจุไฟฟ้า ผลของสถานะแวดล้อมที่มีผลต่อการวัด ผลตอบสนองของเวลากับการเปลี่ยนแปลงระดับของเหลวที่มีต่อเซนเซอร์ การศึกษาความสัมพันธ์ค่าแรงดันไฟฟ้าของเซนเซอร์กับของเหลวต่างชนิด

3.1 การออกแบบเซนเซอร์ความจุไฟฟ้าแบบกึ่งทรงกระบอก

ศึกษาทดลองการประยุกต์ใช้คุณสมบัติของค่าความจุไฟฟ้าแบบทรงกระบอกมาปรับเปลี่ยนเป็นการใช้เทคนิคการวัดความจุไฟฟ้าแบบกึ่งทรงกระบอกเพื่อวัดระดับของเหลว สร้างและศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเซนเซอร์ความจุไฟฟ้าสำหรับวัดระดับของเหลว

3.1.1 รูปแบบของเซนเซอร์ความจุไฟฟ้าแบบกึ่งทรงกระบอก

ออกแบบสร้างเซนเซอร์ที่ใช้ในการทดลองมีรูปแบบเป็นท่อทรงกระบอกกลวงทำจากวัสดุที่เป็นฉนวน คือ Polyvinyl chloride (PVC) เนื่องจากเป็นวัสดุที่อยู่ใกล้ชิดในการใช้ชีวิตประจำวัน มีคุณสมบัติที่ดีหลายประการ คือ มีน้ำหนักเบา คงทน แข็งแรง ทำความสะอาดง่าย ไม่เป็นสนิม มีความทนทานต่อกรดและสารเคมีทั่วไปและเป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดี อีกทั้งมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน และเมื่อหมดอายุการทำงานสามารถนำไปรีไซเคิล หรือแปรรูปไปอยู่ในส่วนของพลังงานได้ สำหรับแผ่นอิเล็กโทรดที่เป็นแผ่นกึ่งทรงกระบอกจะทำจากเทปอลูมิเนียมมาห่อหุ้มท่อทรงกระบอก เนื่องจากประสิทธิภาพสูงในการยึดเกาะ ติดตั้งง่าย อายุการใช้งานยาวนาน และทนทานต่ออุณหภูมิที่แตกต่างได้ดี แสดงดังรูปที่ 3-1



รูปที่ 3-1 เซนเซอร์ความจุไฟฟ้าแบบกึ่งทรงกระบอกที่ใช้ในการทดลอง

3.1.2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ศึกษาวิธีการคำนวณด้วยการใช้ทฤษฎีระเบียบวิธีเชิงตัวเลขอาศัยหลักการหาค่าความจุไฟฟ้าของแผ่นคู่ขนานและทรงกระบอกมาประยุกต์ใช้วิเคราะห์หาค่าความจุไฟฟ้ากรณีที่โครงสร้างเซนเซอร์ความจุไฟฟ้าแบบกึ่งทรงกระบอกเมื่อไม่มีของเหลวและมีของเหลวเป็นไดอิเล็กตริก กำหนดการคำนวณโดยใช้สมการที่ 8 , 10 และ 12 ตามลำดับ โดยให้แผ่นอิเล็กโทรดของแบบกึ่งทรงกระบอกมีรัศมีเท่ากับ R และมีช่องว่างน้อยที่สุดเท่ากับ d และมีความหนาของวัสดุที่ใช้ติดแผ่นอิเล็กโทรดเท่ากับ t แบ่งแผ่นอิเล็กโทรด 2 แผ่นที่อยู่ในรูปกึ่งทรงกระบอกของตัวเก็บประจุให้เป็นจำนวน n แผ่น มีระยะห่างระหว่างแผ่นเพิ่มขึ้นเป็น Δd วิเคราะห์หาสมการของค่าความจุไฟฟ้าระหว่างแผ่นอิเล็กโทรด 2 แผ่นเล็กๆที่มีระยะห่างกันประมาณ d และมีพื้นที่เล็กๆ A เขียนกราฟแสดงความจุไฟฟ้าที่ได้จากการคำนวณกับจำนวน n แผ่น

3.2 การทดลองเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของค่าความจุไฟฟ้าของเซนเซอร์และระดับของเหลว

ทำการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความจุไฟฟ้าของเซนเซอร์กับระดับของเหลวที่เปลี่ยนแปลง โดยศึกษาหาค่าความถี่ที่เหมาะสมในการป้อนให้กับเซนเซอร์โดยวัดค่าความต้านทาน ค่าอิมพีแดนซ์ และค่ามุมเฟสของอิมพีแดนซ์ที่ระดับ 0.05 เมตร ดังตาราง 3-1 พบว่า

ความถี่ 1 kHz กับ 10 kHz มีค่าความต้านทานต่ำและให้ค่ามุมเฟสที่แสดงเป็นความจุไฟฟ้าที่ดีกว่าความถี่ค่าอื่น ๆ แต่ความถี่ที่ 1 kHz สามารถนำมาสร้างใช้งานได้สะดวกกว่าความถี่ 10 kHz ดังนั้นจึงเลือกความถี่ที่ 1 kHz ใช้ในการเปรียบเทียบค่าความจุไฟฟ้าที่ได้จากการวัดด้วยเครื่องมือมาตรฐานกับผลที่ได้จากการคำนวณด้วยทฤษฎีระเบียบวิธีเชิงตัวเลขโดยใช้โปรแกรม MATLAB สำหรับแผนภาพการทำงานดังรูปที่ 3-2 กำหนดของเหลวที่ใช้ในการทดลองคือ น้ำ

ตารางที่ 3-1 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ของค่าต่าง ๆ กับค่าความต้านทาน อิมพีแดนซ์และค่ามุมเฟสของเซนเซอร์

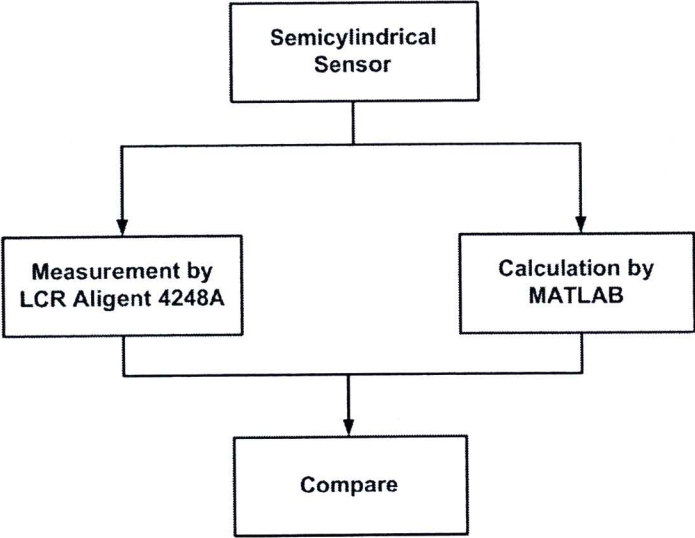
f(KHz)	R(MΩ)	Z(MΩ)	มุมเฟส(องศา)
0.2	38794.000	34.537	-33.789
0.4	14261.700	31.026	-60.315
0.6	9142.000	23.064	-66.704
0.8	6145.100	18.427	-68.349
1	0.005	0.001	-91.116
2	1550.000	8.163	-101.844
3	699.500	5.590	-102.293
4	418.800	4.223	-103.878
5	267.900	3.393	-103.344
6	197.400	2.824	-104.025
8	119.900	2.142	-102.866
10	0.002	0.154	-90.038

สมมติฐาน

- 1. เมื่อระดับของเหลวมีการเปลี่ยนแปลงส่งผลต่อค่าความจุไฟฟ้าของเซนเซอร์
- 2. ค่าความจุไฟฟ้าที่ได้จากการวัดกับค่าความจุไฟฟ้าที่ได้จากการคำนวณด้วยทฤษฎีระเบียบวิธีเชิงตัวเลขของเซนเซอร์น่าจะให้ผลใกล้เคียงกัน

ขั้นตอนการทดลอง

1. สร้างเซนเซอร์ความจุไฟฟ้าแบบกึ่งทรงกระบอกให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.063 เมตร ขนาดความยาวของแผ่นอิเล็กโทรดเท่ากับ 0.30 เมตร วางห่างกันเป็นระยะ 0.025 เมตร แสดงดังรูปที่ 3-1
2. นำเซนเซอร์ความจุไฟฟ้ามาต่อเข้ากับเครื่องมือวัด LCR ยี่ห้อ Aligent รุ่น 4284A พร้อมทั้งป้อนความถี่คงที่ 1 kHz แรงดันไฟฟ้ากระตุ้น 2 V ให้กับเซนเซอร์
3. ทำการวัดค่าความจุไฟฟ้าที่ระดับน้ำตั้งแต่ 0.01 ถึง 0.30 เมตร โดยเพิ่มขึ้นครั้งละ 0.01 เมตร โดยทดลองซ้ำ 10 ครั้ง บันทึกผลการทดลอง
4. นำข้อมูลที่ได้มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ค่าความจุไฟฟ้ากับระดับน้ำ หาค่าความไม่เป็นเชิงเส้น (Linearity) และค่าความสามารถในการทำซ้ำ (Repeatability)
5. ทำการวัดค่าความจุไฟฟ้าเมื่อลดระดับน้ำตั้งแต่ 0.30 ถึง 0.01 เมตร โดยลดลงครั้งละ 0.01 เมตร โดยทดลองซ้ำ 10 ครั้ง บันทึกผลการทดลอง
6. นำข้อมูลที่ได้มาเขียนกราฟฮิสเทอรีซิส (Hysteresis) ของเซนเซอร์
7. คำนวณหาค่าความจุไฟฟ้าเมื่อใช้เซนเซอร์ความจุไฟฟ้าแบบกึ่งทรงกระบอก โดยใช้โปรแกรม MATLAB โดยกำหนดให้ n เป็นจำนวนของแผ่นโลหะที่ถูกแบ่งย่อย เริ่มต้นในการคำนวณตั้งแต่ 2 ขึ้นขึ้นไป ที่ระดับน้ำ 0.09 เมตร
8. นำข้อมูลที่ได้มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความจุไฟฟ้ากับจำนวนของแผ่นโลหะที่ถูกแบ่งย่อย
9. จากกราฟในข้อ 8) หาค่าคงที่ของจำนวน n ขึ้น นำค่าที่มากำหนดหาค่าความจุไฟฟ้าของเซนเซอร์ ที่ระดับน้ำตั้งแต่ 0.01 ถึง 0.30 เมตร
10. เขียนกราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าความจุไฟฟ้าที่ได้จากการวัดด้วยเครื่องมือกับความจุไฟฟ้าที่ได้จากการคำนวณ



รูปที่ 3-2 แผนภาพการเปรียบเทียบผลค่าความจุไฟฟ้าด้วยเครื่องมือวัดและการคำนวณ

3.3 ศึกษาความสัมพันธ์ของค่าความจุไฟฟ้ากับระยะห่างของแผ่นอิเล็กโทรดของเซนเซอร์

ทำการทดสอบและศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความจุไฟฟ้าของเซนเซอร์กับระยะห่างระหว่างแผ่นอิเล็กโทรดที่แตกต่างกัน

สมมติฐาน

เมื่อขนาดระยะห่างระหว่างแผ่นอิเล็กโทรดของเซนเซอร์เปลี่ยนแปลงย่อมส่งผลต่อค่าความจุไฟฟ้า เมื่อระดับน้ำและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางคงที่

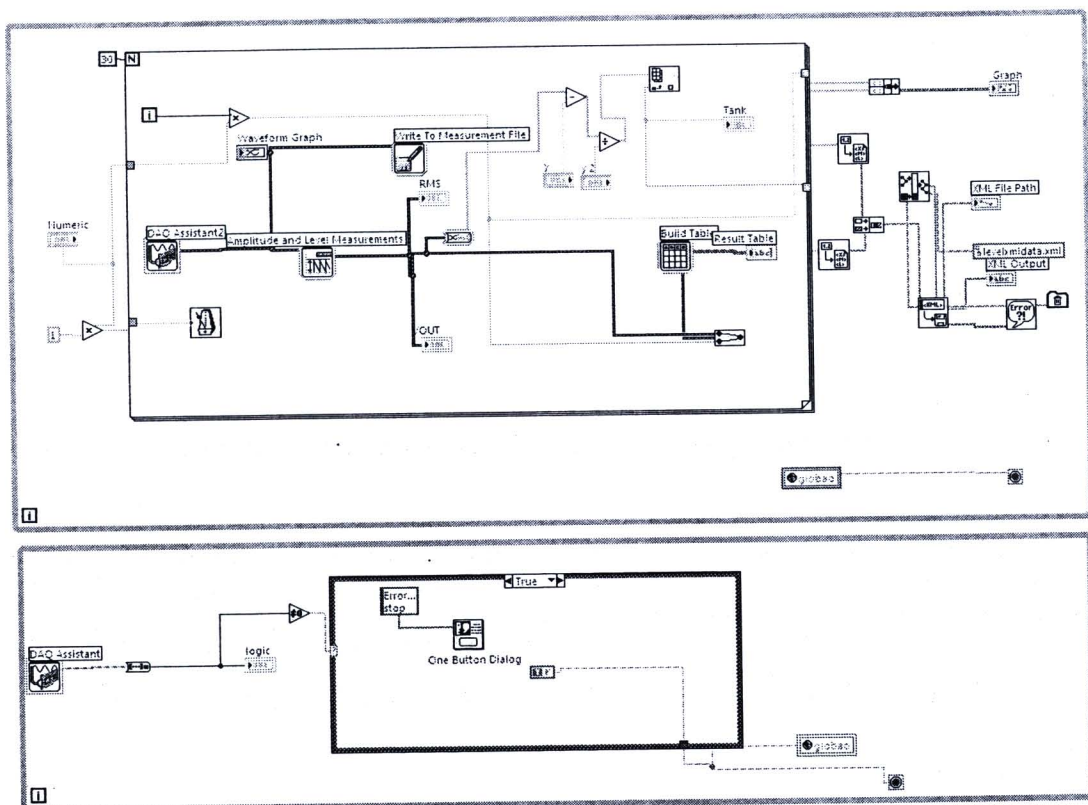
ขั้นตอนการทดลอง

- นำเซนเซอร์ความจุไฟฟ้าแบบกึ่งทรงกระบอกให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.063 เมตร ขนาดความยาวของแผ่นอิเล็กโทรดเท่ากับ 0.30 เมตร วางห่างกันเป็นระยะ 0.025 เมตร มาต่อเข้ากับเครื่องมือวัด LCR ยี่ห้อ Aligent รุ่น 4284A พร้อมทั้งป้อนความถี่ถึงที่ 1 kHz แรงดันไฟฟ้ากระตุ้น 2 V ให้กับเซนเซอร์
- ทำการวัดค่าความจุไฟฟ้าที่ระดับน้ำต่างๆ โดยทดลองซ้ำ 10 ครั้ง บันทึกผลการทดลอง

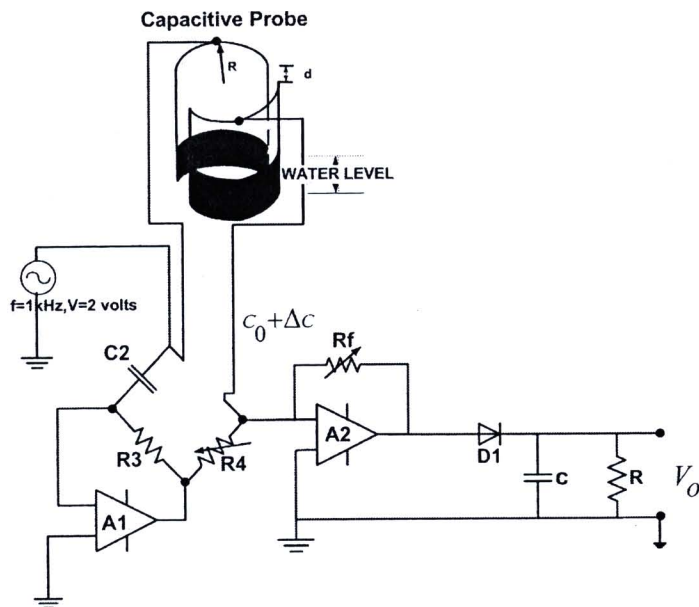
3. เปลี่ยนระยะห่างระหว่างแผ่นอิเล็กโทรดเป็นระยะ 0.015 และ 0.05 เมตร ตามลำดับ โดยให้ระยะห่างของเส้นผ่านศูนย์กลางคงที่ ทดลองซ้ำในข้อ 2
4. นำข้อมูลที่ได้มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ค่าความจุไฟฟ้ากับขนาดระยะห่างระหว่างแผ่นอิเล็กโทรดของเซนเซอร์

3.4 การศึกษาความสัมพันธ์ของแรงดันไฟฟ้าของเซนเซอร์และระดับของเหลว

ทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดันไฟฟ้าของเซนเซอร์กับระดับของเหลวที่เปลี่ยนแปลง แสดงค่าการวัดระดับของเหลวผ่านคอมพิวเตอร์โดยรับค่าสัญญาณผ่าน NI USB-6008 หลักการทำงานดังรูปที่ 2-15 โดยเขียนโปรแกรมการทำงานของโปรแกรม LabVIEW ดังรูปที่ 3-3 ทำการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าออกด้วยการประยุกต์วงจรบริดจ์ ดังรูปที่ 3-4 เมื่อของเหลวที่ใช้ในการทดลองคือ น้ำ



รูปที่ 3-3 บล็อกไดอะแกรมของโปรแกรม LabVIEW



รูปที่ 3-4 วงจรที่ประยุกต์ใช้วัดระดับของเหลว

สมมติฐาน

เมื่อระดับของเหลวมีการเปลี่ยนแปลงย่อมส่งผลต่อค่าแรงดันไฟฟ้าของเซนเซอร์

ขั้นตอนการทดลอง

1. นำเซนเซอร์ความจุไฟฟ้าแบบกึ่งทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.048 เมตร ความยาวของแผ่นอิเล็กโทรด 0.40 เมตร วางห่างกันเป็นระยะ 0.005 เมตร ความหนาของท่อพีวีซี 0.002 เมตร ต่อเข้ากับประยุกต์วงจรบริดจ์ใช้แรงดันไฟฟ้ากลืนสัญญาณไซน์กระดุน (V_{in}) 2 V ความถี่ 1 kHz
2. ทำการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าออกที่ระดับน้ำตั้งแต่ 0.05 ถึง 0.35 เมตร เพิ่มขึ้นครั้งละ 0.05 เมตร โดยทดลองซ้ำ 100 ครั้ง บันทึกผลการทดลอง
3. นำข้อมูลมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดันไฟฟ้ากับระดับน้ำ หาค่าความไม่เป็นเชิงเส้น (Linearity) ค่าความไม่แน่นอนของการวัด (Uncertainty) และค่าความสามารถในการทำซ้ำ (Repeatability)

4. นำข้อมูลค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้แปลงเป็นค่าระดับน้ำ แล้วนำเปรียบเทียบกับค่าจริงกับค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์ หาค่าความผิดพลาดของค่าระดับน้ำจริงกับค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์

3.5 การศึกษาผลสถานะแวดล้อมที่มีผลต่อเซนเซอร์

ศึกษาผลของสถานะแวดล้อมที่มีผลต่อแรงดันไฟฟ้าของเซนเซอร์ คือ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ โดยวัดค่าแรงดันไฟฟ้าออกด้วยประยุกต์วงจรบริดจ์ ดังรูปที่ 3-4

สมมติฐาน

1. ค่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงย่อมส่งผลต่อค่าแรงดันไฟฟ้าออกของเซนเซอร์
2. ค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่เปลี่ยนแปลงย่อมส่งผลต่อค่าแรงดันไฟฟ้าออกของเซนเซอร์

ขั้นตอนการทดลอง

1. นำเซนเซอร์ความจุไฟฟ้าแบบกึ่งทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.048 เมตร ความยาวของแผ่นโลหะ 0.40 เมตร วางห่างกันเป็นระยะ 0.005 เมตร และความหนาของท่อพีวีซีเท่ากับ 0.002 เมตร เมื่อแรงดันไฟฟ้าคลื่นสัญญาณไซน์กระตุ่น (V_{in}) 2 V ความถี่ถึงที่ 1 kHz
2. วัดค่าแรงดันไฟฟ้าที่ระดับน้ำ 0.10 เมตร ตั้งแต่ละระดับอุณหภูมิที่ 30 ถึง 60 °C โดยเพิ่มขึ้นครั้งละ 2 °C บันทึกผลการทดลอง
3. นำข้อมูลที่ได้มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดันไฟฟ้ากับอุณหภูมิ
4. วัดค่าแรงดันไฟฟ้า ณ ช่วงเวลาที่มีค่าความชื้นสัมพัทธ์แตกต่างกัน ที่ระดับน้ำ 0.20 เมตร บันทึกผลการทดลอง
5. นำข้อมูลที่ได้มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับความชื้นสัมพัทธ์

3.6 การศึกษาผลตอบสนองของเวลาที่มีต่อเซนเซอร์

ศึกษาผลตอบสนองของเวลาที่มีต่อเซนเซอร์เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงระดับของเหลวแบบฉับพลัน โดยแบ่งกรณีศึกษาเป็น 2 กรณี คือ เมื่อเซนเซอร์เคลื่อนที่ผ่านของเหลว และของเหลวเคลื่อนที่ผ่านเซนเซอร์ วัดค่าแรงดันไฟฟ้าออกด้วยการประยุกต์วงจรบริดจ์ ดังรูปที่ 3-4 ใช้แรงดันไฟฟ้าคลื่นสัญญาณไซน์กระตุ่น (V_{in}) 2 V ความถี่ถึงที่ 1 kHz ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเซนเซอร์ความจุไฟฟ้าแบบกึ่งทรงกระบอก 0.048 เมตร ขนาดความยาวของแผ่นอิเล็กทรอนิกส์ 0.40 เมตร

วางห่างกันเป็นระยะ 0.005 เมตร และความหนาของท่อพีวีซี เท่ากับ 0.002 เมตร ของเหลวที่ใช้ในทดลองคือ น้ำ แสดงค่าการวัดระดับน้ำผ่านคอมพิวเตอร์โดยการรับค่าสัญญาณผ่าน NI USB-6008 แสดงผลด้วยโปรแกรม LabVIEW

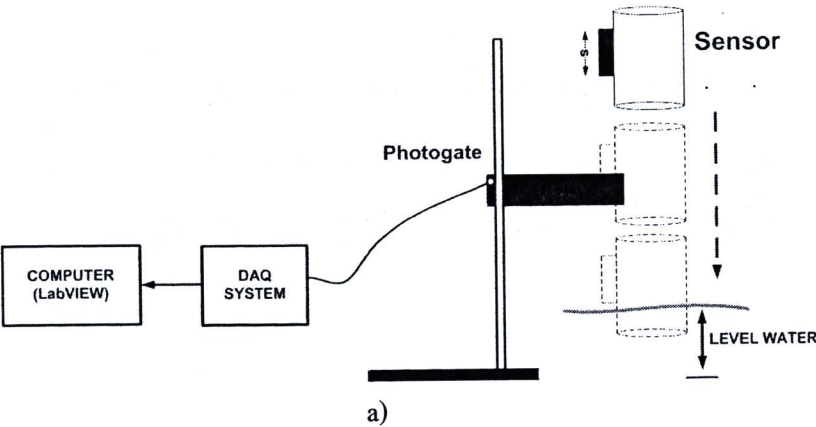
สมมติฐาน

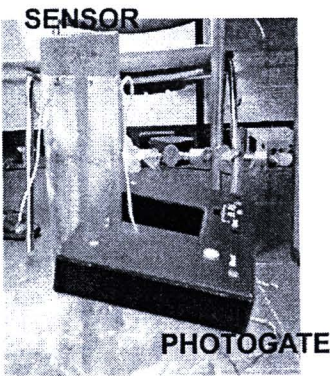
เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงระดับของเหลวอย่างรวดเร็วส่งผลต่อค่าแรงดันไฟฟ้าของเซนเซอร์โดยทันที

3.6.1 กรณีเซนเซอร์เคลื่อนที่ผ่านของเหลว

ขั้นตอนการทดลอง

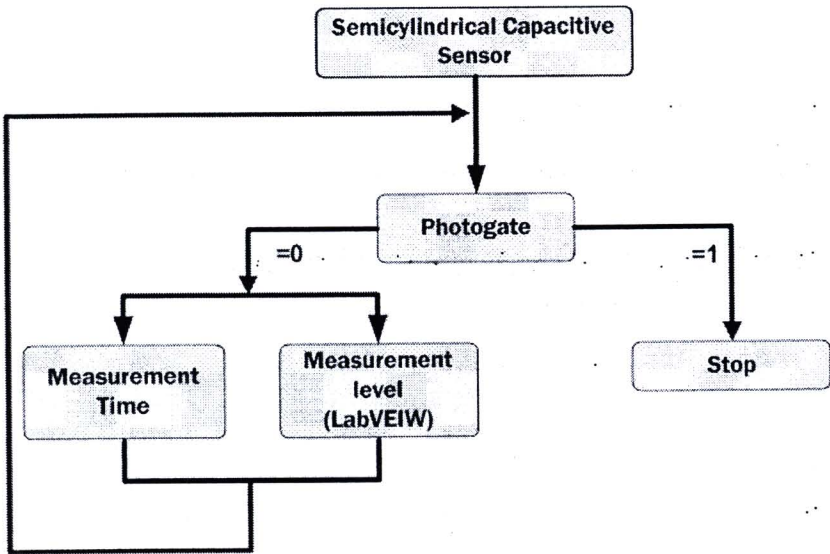
1. นำเซนเซอร์เคลื่อนที่ลงไปใต้น้ำผ่านโฟโต้เกต (Photogate) เป็นระยะทาง(S) 0.10 เมตร ดังรูปที่ 3-5 เมื่อโฟโต้เกตมีสัญญาณเท่ากับ 0 จะเริ่มจับเวลาในการเคลื่อนที่และวัดแรงดันไฟฟ้าของเซนเซอร์ แต่เมื่อโฟโต้เกตมีสัญญาณเท่ากับ 1 การวัดเวลาและแรงดันไฟฟ้าจะหยุดลงทันทีที่บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานดังรูปที่ 3-6 บันทึกผลการทดลอง
2. นำเซนเซอร์เคลื่อนที่ขึ้นจากน้ำผ่านโฟโต้เกตให้เคลื่อนที่เป็นระยะทางเท่าเดิม บันทึกผลการทดลอง
3. นำข้อมูลที่ได้ไปเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์แรงดันไฟฟ้ากับเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่
4. หาค่าเวลาที่ล่าช้า (Die time) และเวลาสู่จุดสมดุล (Settling time) ของเซนเซอร์





b)

รูปที่ 3-5 รูปแบบในการศึกษาผลตอบสนองของกรณีเซนเซอร์เคลื่อนที่ผ่านของเหลว



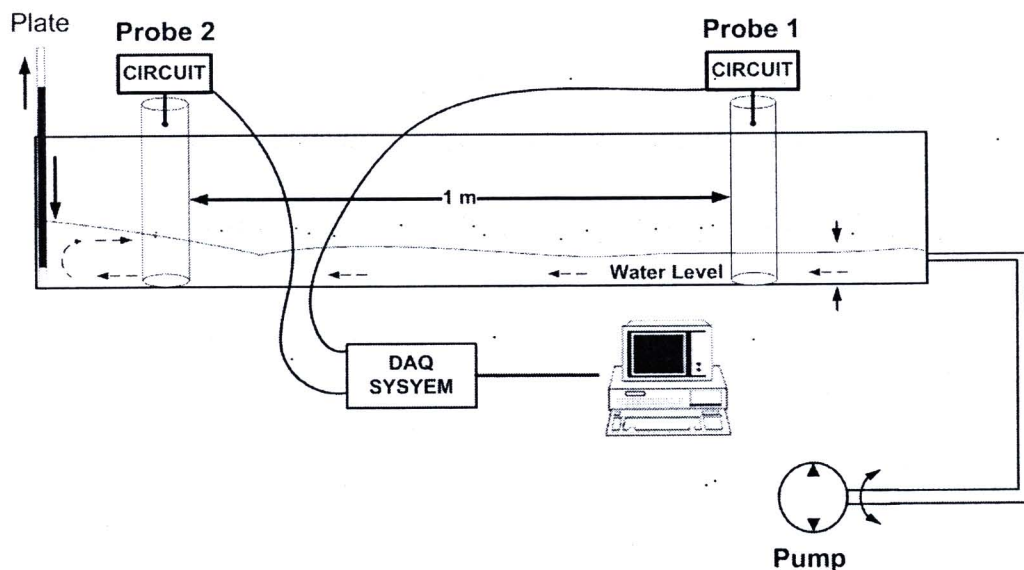
รูปที่ 3-6 แผนภาพแสดงการทำงานของเซนเซอร์เคลื่อนที่ผ่านของเหลว

3.6.2 กรณีของเหลวเคลื่อนที่ผ่านเซนเซอร์

ออกแบบการทดลองโดยใช้หลักการทางศาสตร์ เพื่อจำลองสภาวะการเปลี่ยนแปลงของน้ำในรางเปิดที่มีอยู่ในห้องปฏิบัติการของภาควิชาวิศวกรรมโยธา

ขั้นตอนการทดลอง

1. นำเซนเซอร์จำนวน 2 อัน มาวางในรางน้ำเปิดจำลอง วางห่างกันเป็นระยะ 1 เมตร ดังรูปที่ 3-7
2. เปิดน้ำให้ไหลผ่านเซนเซอร์ทั้งสอง สังเกตการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำและวัดแรงดันไฟฟ้าของเซนเซอร์ทั้งสอง บันทึกผลการทดลอง
3. นำแผ่นกั้นทำคลื่นมาวางกั้น สังเกตการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำและวัดแรงดันไฟฟ้าของเซนเซอร์ทั้งสอง บันทึกผลการทดลอง
4. นำข้อมูลที่ได้ไปเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์แรงดันไฟฟ้ากับเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่
5. หาค่าเวลาที่ล้าหลัง (Die time) และเวลาสู่จุดสมดุล (Settling time) ของเซนเซอร์



รูปที่ 3-7 การจัดวางอุปกรณ์และการจัดแผ่นตัวกั้นคลื่นลงในรางวางน้ำ

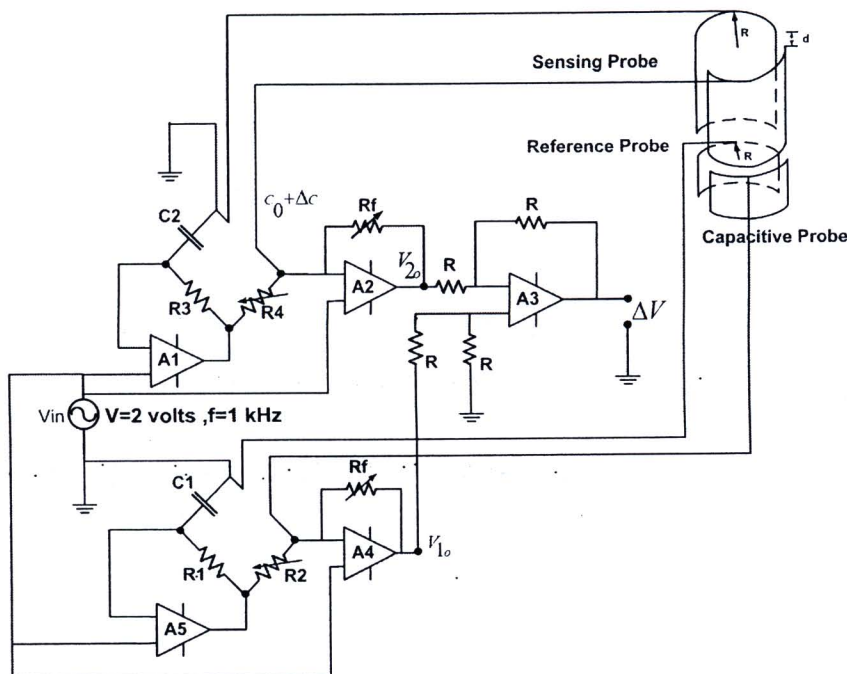
3.7 การศึกษาความสัมพันธ์ค่าแรงดันไฟฟ้าของเซนเซอร์กับของเหลวต่างชนิด

ทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดันไฟฟ้าของเซนเซอร์กับระดับน้ำในระบบเปิดต่างกัน 3 ชนิด คือ น้ำดื่ม น้ำคลอง และน้ำทะเล วัดค่าแรงดันไฟฟ้าออกด้วยการประยุกต์วงจร

บริดจ์ โดยใช้ชุดอิเล็กทรอนิกส์ทรงกระบอกรุ่น 2 ชุด ดังรูปที่ 3-8 แสดงค่าการวัดระดับของเหลวผ่านคอมพิวเตอร์โดยการรับค่าสัญญาณผ่าน NI USB-6008 และแสดงผลด้วยโปรแกรม LabVIEW

สมมติฐาน

เมื่อประยุกต์ใช้วงจรบริดจ์โดยมีชุดอิเล็กทรอนิกส์ทรงกระบอกรุ่น 2 ชุด วัดค่าความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าออกกับระดับของเหลวในระบบเปิดต่างชนิดกันยอมให้ผลการทดลองที่เหมือนกัน



รูปที่ 3-8 การประยุกต์ใช้วงจรบริดจ์วัดของเหลวต่างชนิดกัน

ขั้นตอนการทดลอง

1. นำเซนเซอร์ความจุไฟฟ้าแบบทรงกระบอกรุ่น 2 ชุด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.063 เมตร ความยาวของแผ่นอิเล็กทรอนิกส์ 0.30 เมตร วางห่างกันเป็นระยะ 0.005 เมตร และความหนาของท่อพีวีซี เท่ากับ 0.002 เมตร ดังรูปที่ 3-9 ใช้แรงดันไฟฟ้าคลื่นสัญญาณไซน์กระตุ้น (V_{in}) 2 V ความถี่ 1 kHz

2. ทำการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าออกที่ระดับน้ำตั้งแต่ 0 ถึง 0.30 เมตร เพิ่มขึ้นครั้งละ 0.05 เมตร โดยทดลองซ้ำ 10 ครั้ง บันทึกผลการทดลอง
3. เปลี่ยนของเหลวจากน้ำดื่มเป็นน้ำคลองและน้ำทะเลตามลำดับ ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 2) บันทึกผลการทดลอง
4. นำข้อมูลที่ได้มาเขียนกราฟเปรียบเทียบแสดงความสัมพันธ์ของค่าความจุไฟฟ้ากับระดับน้ำชนิดต่างๆ



รูปที่ 3-9 เซนเซอร์ความจุไฟฟ้าแบบกึ่งทรงกระบอกมีชุดอิเล็กทรอนิกส์กึ่งทรงกระบอก 2 ชุด ที่ใช้ในการทดลอง

3.8 การศึกษาผลกระทบจากการส่งข้อมูลของเซนเซอร์ผ่านโมดูลสื่อสารไร้สาย

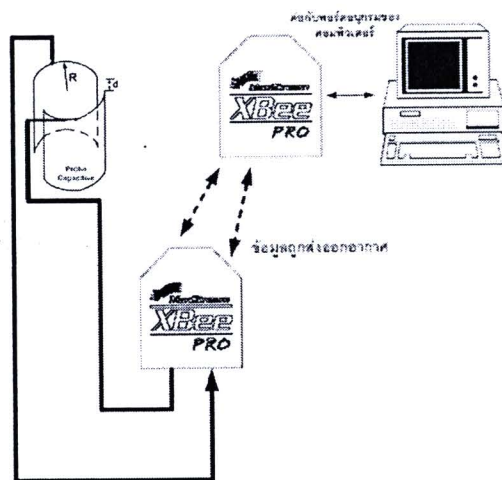
ศึกษาผลกระทบของการส่งผ่านข้อมูลด้วยการเลือกใช้โมดูล XBee ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้รับส่งข้อมูลแบบไร้สาย วัดค่าแรงดันไฟฟ้าออกด้วยประยุคต์วงจรบริดจ์ ดังรูปที่ 3-4 ใช้แรงดันไฟฟ้ากลืนสัญญาณอินพุต (V_{in}) 2 V ความถี่ที่ 1 kHz ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเซนเซอร์ความจุไฟฟ้าแบบกึ่งทรงกระบอก 0.048 เมตร ขนาดความยาวของแผ่นอิเล็กทรอนิกส์ 0.40 เมตร วางห่างกันเป็นระยะ 0.005 เมตร และความหนาของท่อพีวีซี เท่ากับ 0.002 เมตร

สมมติฐาน

1. การส่งผ่านข้อมูลด้วยการเลือกใช้โมดูล XBee ไม่ส่งผลกระทบต่อการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าของเซนเซอร์

ขั้นตอนการทดลอง

1. นำโมดูล XBee ทั้ง 2 ตัว มาตั้งค่าพารามิเตอร์โดยผ่านพอร์ตอนุกรมกับคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม X-CTU
2. โมดูล XBee ตัวแรก สำหรับการอ่านค่าระดับน้ำต่อเข้ากับเซนเซอร์ ดังรูปที่ 3-10 ส่วนโมดูล XBee ตัวที่ 2 ต่อผ่านพอร์ตอนุกรมกับคอมพิวเตอร์เพื่อสำหรับอ่านค่าระดับน้ำ ดังรูปที่ 3-10 โดยมี X-CTU หรือ Hyperterminal ในการแสดงผลข้อมูลที่รับได้
3. ทำการทดลองเช่นเดียวกันกับการศึกษาผลตอบสนองของเวลา บันทึกผลการทดลอง
4. หาค่าเวลาที่ล่าช้า (Dead time) และเวลาสู่จุดสมดุล (Settling time) ของเซนเซอร์



รูปที่ 3-10 การจัดวางโมดูลไร้สายในการติดต่อกับเซนเซอร์และคอมพิวเตอร์

3.9 อุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการวิจัยและมาตรการในการแก้ไข

การสร้างเซนเซอร์ความจุไฟฟ้าแบบกึ่งทรงกระบอกผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการเคลือบผิวของอิเล็กโทรด หากมีการเคลือบไม่ดี หรือเกิดการขูดขีดขึ้นจะส่งผลต่อการวัดค่าความจุไฟฟ้าส่งผลทำให้ได้ค่าความจุไฟฟ้าที่ผิดเพี้ยนไป ดังนั้นควรทำการเคลือบที่แผ่นอิเล็กโทรดหลายๆ และในการพกพาควรระวังไม่ให้เกิดการขูดขีดจากวัตถุมีคม