

บทที่ 5

สรุปและวิจารณ์

จากการศึกษาข้างต้น ในการศึกษาเซนเซอร์ความจุไฟฟ้าแบบกึ่งทรงกระบอก สามารถสรุปการวิจัยได้ดังนี้

5.1 สรุปผลและวิจารณ์

5.1.1 สรุปผลการศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเซนเซอร์ความจุไฟฟ้าแบบกึ่งทรงกระบอก

ผลศึกษาวิธีการคำนวณด้วยการใช้ทฤษฎีระเบียบวิธีเชิงตัวเลขเพื่อหาค่าจำนวน n ที่เหมาะสมโดยใช้โปรแกรม MATLAB ที่ระดับน้ำ 0.09 เมตร พบว่าค่าความจุไฟฟ้าของเซนเซอร์จะมีค่าเริ่มคงที่เมื่อจำนวน n เท่ากับ 10,000 ขึ้น ดังนั้นในการคำนวณหาความจุไฟฟ้าของเซนเซอร์ที่ใช้จำนวน n เท่ากับ 10,000 ขึ้น

5.1.2 สรุปผลการศึกษาความสัมพันธ์ของค่าความจุไฟฟ้าของเซนเซอร์และระดับของเหลวและความสัมพันธ์ของค่าความจุไฟฟ้ากับระยะห่างของแผ่นอิเล็กโตรดของเซนเซอร์

ผลการวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความจุไฟฟ้าของเซนเซอร์และระดับน้ำที่เปลี่ยนแปลง นำมาเปรียบเทียบกับความจุไฟฟ้าที่วัดด้วยเครื่อง LCR พบว่าค่าความจุไฟฟ้าที่วัดได้มีค่ามากกว่าค่าความจุไฟฟ้าที่วิเคราะห์โดยทฤษฎีระเบียบวิธีเชิงตัวเลข เนื่องจากมีความจุไฟฟ้าแฝง (Stray Capacitance) ระหว่างสายไฟ เมื่อทำการทดลองวัดระดับน้ำตั้งแต่ระยะ 0.01 ถึง 0.30 เมตร โดยเพิ่มขึ้นครั้งละ 0.01 เมตร ในแต่ละครั้งทดลองซ้ำ 10 ครั้ง ค่าที่ได้จะแปรผันตรงกับค่าระดับน้ำที่เปลี่ยนไป โดยค่าความจุไฟฟ้าอยู่ในช่วงพิโคฟารัด(pF)และความสัมพันธ์ของค่าความจุไฟฟ้ากับระดับของเหลวแปรผันตรงกัน เมื่อขนาดระยะห่างระหว่างแผ่นอิเล็กโตรดของเซนเซอร์เพิ่มมากขึ้นส่งผลให้ค่าความจุไฟฟ้าของเซนเซอร์เพิ่มมากขึ้น เมื่อระยะห่างของแผ่นโลหะเป็น 0.025 เมตร ได้ค่าความไม่แน่นอนเชิงเส้นได้ค่าเป็น 1.4 % FSO ค่าความสามารถในการทำซ้ำได้ค่าเป็น 0.83 % FSO และค่าฮิสเตอร์ซิสเท่ากับ 6.13% FSO

5.1.3 สรุปผลการศึกษาความสัมพันธ์ของแรงดันไฟฟ้าของเซนเซอร์และระดับของเหลว

สำหรับการประยุกต์วงจรบริดจ์ใช้วัดค่าแรงดันไฟฟ้าเมื่อระดับน้ำเปลี่ยนไปตั้งแต่ 0.05 ถึง 0.35 เมตร เพิ่มขึ้นครั้งละ 0.05 เมตร ในแต่ละครั้งทดลองซ้ำ 100 ครั้ง พบว่า ค่าแรงดันไฟฟ้าแปรผันตรงกับระดับน้ำและมีค่าอยู่ในช่วงมิลลิโวลต์ (mV) ได้ค่าความไม่เป็นเชิงเส้น 7.65 % FSO หรือเมื่อเปลี่ยนเป็นระดับน้ำจะได้ค่าไม่เกิน 0.027 เมตร ค่าความไม่แน่นอนของการวัด 0.00218 โวลต์ และค่าความสามารถในการทำซ้ำ 1.88 % FSO คิดเป็น 0.0065 เมตร เมื่อเปรียบเทียบค่าระดับน้ำจริงกับค่าที่ได้จากการทดลอง มีค่าความผิดพลาดสูงสุด 8.54% FSO หรือคิดเป็น 0.030 เมตร

5.1.4 สรุปผลการศึกษาผลสถานะแวดล้อมที่มีผลต่อเซนเซอร์

เมื่อนำเซนเซอร์ไปวัดระดับน้ำที่อุณหภูมิ 30 - 60 °C พบว่า เมื่ออุณหภูมิมีค่ามากกว่า 50 °C ส่งผลต่อค่าแรงดันไฟฟ้าของเซนเซอร์มีความผิดพลาดมากกว่า 11.66 % FSO หรือมากกว่า 0.040 เมตร และพบว่าความชื้นสัมพัทธ์ที่เปลี่ยนไปในช่วง 78 -96 %RH ส่งผลให้ค่าแรงดันไฟฟ้าของเซนเซอร์มีความผิดพลาดไม่เกิน 7.66 % FSO หรือไม่เกิน 0.027 เมตร

5.1.5 สรุปผลการศึกษาผลตอบสนองของเวลาที่มีต่อเซนเซอร์

ผลการศึกษาผลตอบสนองเชิงพลวัตเพื่อศึกษาผลตอบสนองของเวลาได้ทำการศึกษาเป็น 2 กรณี คือ การจุ่มเซนเซอร์ในของเหลวด้วยความเร็วคงที่และสถานะการเปลี่ยนแปลงน้ำอย่างรวดเร็ว โดยการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าและจับเวลาในการเคลื่อนที่โดยใช้โฟโต้เกต (Photogate) พบว่า ค่าความเร็วในการเคลื่อนที่ของหัววัดที่วัดได้มีค่าใกล้เคียงกับค่าความเร็วที่ได้จากคำนวณ ส่วนการศึกษาโดยใช้หลักการทางชลศาสตร์เพื่อจำลองสถานะน้ำไหลในรางเปิด พบว่า เซนเซอร์ให้ผลตอบสนองที่ดี ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้วัดระดับของเหลวที่มีอัตราการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันได้

5.1.6 สรุปผลการศึกษาความสัมพันธ์แรงดันไฟฟ้าของเซนเซอร์กับของเหลวต่างชนิด

ผลการศึกษาการวัดระดับของเหลวต่างชนิดกันได้ใช้เซนเซอร์ความจุไฟฟ้าแบบกึ่งทรงกระบอกชุดล่างเพื่อวัดความจุไฟฟ้าของของเหลวอ้างอิง และหัววัดความจุไฟฟ้าแบบกึ่งทรงกระบอกชุดบนเพื่อตรวจวัดระดับของเหลวที่เปลี่ยนแปลง และวัดค่าความแตกต่างของแรงดันไฟฟ้าทั้งสองชุดทำให้สามารถตรวจวัดระดับของเหลวในระบบเปิดที่ต่างชนิดกันได้ค่าความ

ผิดพลาดสูงสุด 5.37 % FSO หรือผิดพลาดสูงสุดไม่เกิน 0.019 เมตร ดังนั้นเทคนิคของการวิจัยนี้สามารถนำไปวัดระดับของเหลวที่ต่างชนิดกันได้

ดังนั้นเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับเซนเซอร์วัดระดับน้ำแบบต่างๆกับเซนเซอร์ความจุไฟฟ้าแบบกึ่งทรงกระบอก ดังตารางที่ 5.1 เมื่อเซนเซอร์ที่สร้างขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับเซนเซอร์วัดระดับแบบต่างๆ พบว่า ค่าความเป็นเชิงเส้น ความละเอียดให้ผลไม่ดีเท่ากับเซนเซอร์แบบต่างๆ และยากในการใช้งานอุณหภูมิอยู่ในช่วงที่แคบ แต่ข้อดีคือมีผลตอบสนองในช่วงเวลาที่ดีและมีราคาสำหรับสร้างถูกกว่าแบบต่างๆมาก

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบเซนเซอร์วัดระดับแบบต่างๆ กับเซนเซอร์ความจุไฟฟ้าแบบกึ่งทรงกระบอก

Sensor Types	Remote grounded Capacitive	Acoustical gas resonator	Float Celesco PT420	Ultrasonic badger 2500	Semicylindrical Capacitive
Measuring range (m)	0.70	6.5	1.1	30	0.35
Non-linearity(mm)	0.35	5	-	-	27
Accuracy (mm)	-	20	1.8	20	30
Hysteresis (mm)	0.90	< 6.5	-	-	19
Repeatability (mm)	-	-	-	-	6.5
Lag time	-	-	-	8	0.2
Temperature(° C)	23 - 28	-	-40 ...+82	-40 ...+65	28 - 50
Cost (\$)	-	-	485 -606	1,600	20

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. การสร้างเซนเซอร์ความจุไฟฟ้าแบบกึ่งทรงกระบอกผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการเคลือบผิวของอิเล็กโตรด ในการทดลองทำการเคลือบด้วยการเคลือบอะคิลิกหนา 0.2 มิลลิเมตร เพื่อลดปัญหาการคำนวณทางคณิตศาสตร์ที่ไม่ต้องคิดความหนาของผิวเคลือบ แต่หากมีการเคลือบไม่ดี หรือเกิดการขูดขีดขึ้นจะส่งผลต่อการวัดค่าความจุไฟฟ้าส่งผลทำให้ได้ค่าความจุไฟฟ้าที่ผิดเพี้ยนไป และในการพกพาควรระวังไม่ให้เกิดการขูดขีดจากวัตถุมีคม
2. ควรทำการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องระยะเวลาอายุการใช้งานของเซนเซอร์ เนื่องจากในการทดลองไม่ได้ทำการจุ่มเซนเซอร์ทิ้งในน้ำเป็นเวลานานๆ