

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย

ปัญหาของระดับน้ำที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาอาจส่งผลกระทบต่อการดำรงชีวิตประจำวันได้ อย่างเช่น เมื่อระดับน้ำเปลี่ยนแปลงแล้วส่งผลกระทบต่อการระบายน้ำจากตัวเมืองผ่านแม่น้ำลงสู่ทะเล ซึ่งได้ประสบปัญหาอุทกภัยเกิดขึ้นซึ่งส่งผลเสียหายต่อชีวิต และเศรษฐกิจ รวมทั้งยังส่งผลให้ปริมาณน้ำกร่อยบริเวณปากแม่น้ำแล้วส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศพื้นบ้านอีกด้วย

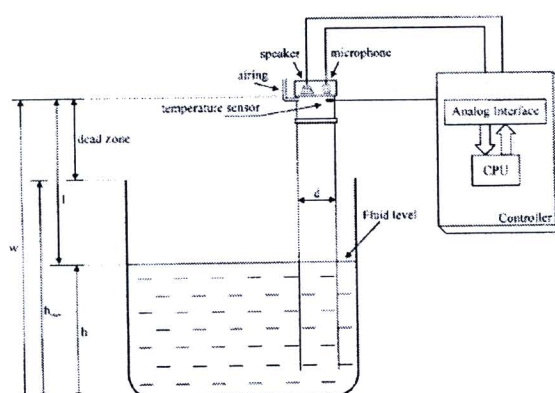
จากปัญหาดังกล่าวมา จึงจำเป็นต้องทำการตรวจวัดระดับน้ำในคลองเปิดแล้วส่งข้อมูลมาประมวลผลผ่านระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายเพื่อนำมาประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อแจ้งไปยังประชาชนผู้อยู่อาศัย หรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการเฝ้าระวัง แต่ในปัจจุบันเครื่องมือตรวจวัดระดับน้ำดังกล่าวประเทศไทยต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศและมีราคาค่อนข้างสูง และในการวิเคราะห์ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำเพื่อให้ทราบทิศทางการไหลของกระแสจำเป็นต้องใช้เครื่องมือสำหรับตรวจวัดระดับน้ำจำนวนหลายตัว ก็ยังจะทำให้การวิเคราะห์ตัวแปรต่างๆ ในทางด้านวิศวกรรมชลศาสตร์ หรือวิศวกรรมแหล่งน้ำ และอุทกวิทยา ต้องใช้งบประมาณที่สูงขึ้นตามไปด้วย จากการศึกษาเทคนิคที่ใช้ตรวจวัดระดับน้ำในหลายประเภทพบว่ามีการใช้เทคนิคการวัดปริมาณทางฟิสิกส์ในรูปแบบต่างๆ ที่อาศัยหลักการพื้นฐานของคุณสมบัติเฉพาะของวัสดุแต่ละชนิด หรือคุณสมบัติทางไฟฟ้า อาทิเช่น สภาพนำไฟฟ้า ความดัน อุณหภูมิ และการสั่นสะเทือน เป็นต้น แต่การนำมาประยุกต์ใช้เป็นเซนเซอร์จะมีข้อจำกัดบางอย่างในการวัด เช่น เทคนิคการสร้างและการวัดที่ซับซ้อน และยังมีราคาสูง

สำหรับงานวิจัยนี้จึงเสนอการวิจัยและพัฒนาเทคนิคการวัดระดับน้ำที่อาศัยหลักการหาค่าความจุไฟฟ้าด้วยกัน 2 วิธี คือ การวัดระดับน้ำโดยใช้การวัดความจุไฟฟ้าแบบกึ่งทรงกระบอก และการวัดระดับน้ำโดยใช้การวัดความจุไฟฟ้าของแผ่นวงจรพิมพ์ลายซี่หวี ซึ่งทั้ง 2 เทคนิคนี้ยังไม่มีการศึกษาการนำมาประยุกต์ใช้วัดระดับน้ำมาก่อน ผลจากการวิจัยนี้จะสามารถลดปัญหาด้านเทคนิคของการสร้าง ลดข้อจำกัดทางด้านการวัด มีความเป็นเชิงเส้นสูง และง่ายต่อการใช้งาน นอกจากนี้ยังมีราคาถูกและสามารถประดิษฐ์ขึ้นได้โดยการใช้เทคโนโลยีที่ไม่ซับซ้อน และสามารถสร้างขึ้นมาใช้เองได้ซึ่งจะเป็นการลดการนำเข้าเครื่องมือที่มีราคาแพงจากต่างประเทศได้อีกทางหนึ่ง

1.2 ทบทวนวรรณกรรม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

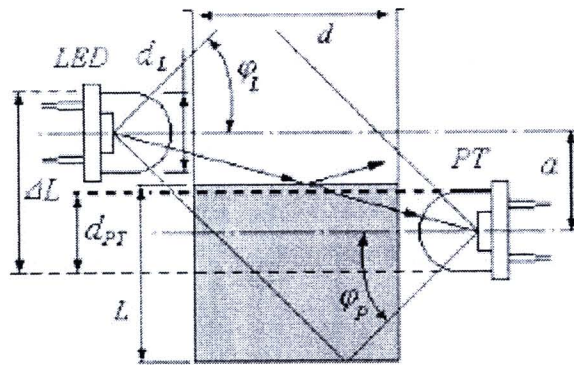
สำหรับการวิจัยและพัฒนาเครื่องมือวัดระดับของเหลวได้ถูกคิดค้นและพัฒนามาเป็นเวลานานแล้วเทคนิคที่แตกต่างกัน โดยแต่ละวิธีก็มีข้อจำกัดในการวัดที่แตกต่างกัน ทำให้ได้ดังในเอกสารสืบค้นได้ดังนี้

เทคนิคที่ใช้หลักการวัดระดับของเหลวทางเสียงหรือแสง (Ultrasonic or Photo Detection) โดยที่ของเหลวจะไม่สัมผัสกับตัวหัววัด และใช้การรับและส่งออกของสัญญาณมาหาวิเคราะห์หาค่าระดับของเหลว อาทิเช่น เทคนิคของ Acoustical gas resonator[1] สำหรับตรวจวัดระดับของเหลวโดยวิธีดังกล่าวประกอบด้วยท่อแนวลึ้นที่ปลายหนึ่งจมอยู่ในของเหลว และปลายอีกด้านถูกปิดโดยมีการติดตั้งแหล่งกำเนิดคลื่น acoustical และไมโครโฟนไว้ เมื่อความถี่เรโซแนนซ์ของ resonator เป็นฟังก์ชันกับระยะทางระหว่างปลายที่ถูกปิดกับผิวของเหลว เมื่อทราบคุณลักษณะของความถี่เรโซแนนซ์ที่โหมดต่างๆ ทำให้สามารถตรวจวัดระดับของเหลวได้



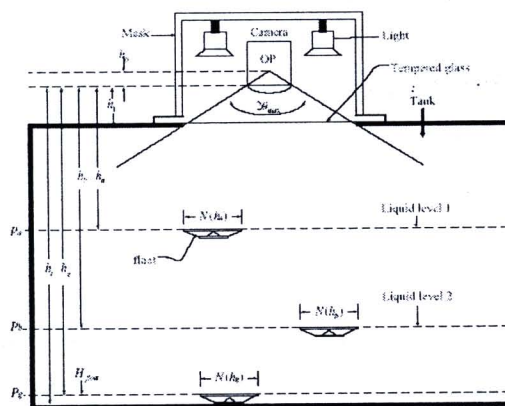
รูปที่ 1-1 รูปแบบการตรวจวัดเทคนิคของ Acoustical gas resonator[1]

เทคนิค LEDs และโฟโตทรานซิสเตอร์ (phototransistors) วางกันระดับน้ำโดยทำมุมเอียงกัน เมื่อมีระดับของเหลวมีการเปลี่ยนแปลง แสงจาก LED ที่ส่องไปที่โฟโตทรานซิสเตอร์ผ่านของเหลวเกิดการเบี่ยงเบนซึ่งทำให้สามารถตรวจวัดระดับของเหลวได้ นอกจากนี้ยังสามารถนำไปใช้ในการวัดระดับของเหลวที่เป็นน้ำยังสามารถนำไปประยุกต์วัดระดับของเหลวที่ไวไฟ เช่น น้ำมันเชื้อเพลิง แอลกอฮอล์ เป็นต้น



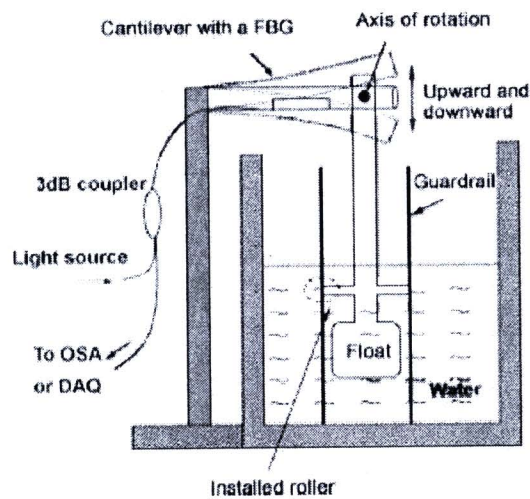
รูปที่ 1-2 รูปแบบการจัด LEDs และ phototransistors สำหรับวัดระดับของเหลว [2]

เทคนิคการวัดระดับของเหลวโดยใช้กล้องดิจิทัล ใช้หลักการถ่ายภาพลูกลอยทรงกลมในการใช้วัดระดับของเหลวในถัง [3] โดยใช้ลูกลอยที่มีสีแตกต่างกัน แล้วนำค่าพิกเซลที่ได้จากภาพมาคำนวณหาตำแหน่งระดับของเหลว สามารถนำมาวัดระดับของเหลวที่เป็นสารกัดกร่อน วัดระดับของเหลวที่มีเนื้อสารแยกแตกต่างกัน หาปริมาตรของของเหลวได้ สามารถมองเห็นลักษณะของเหลวในถังได้ ภาชนะที่ใส่ของเหลวมีรูปร่างลักษณะอย่างไรก็ไม่มีผลต่อการวัดระดับ



รูปที่ 1-3 การจัดตั้งกล้องและลูกลอยในการวัดระดับของเหลว [3]

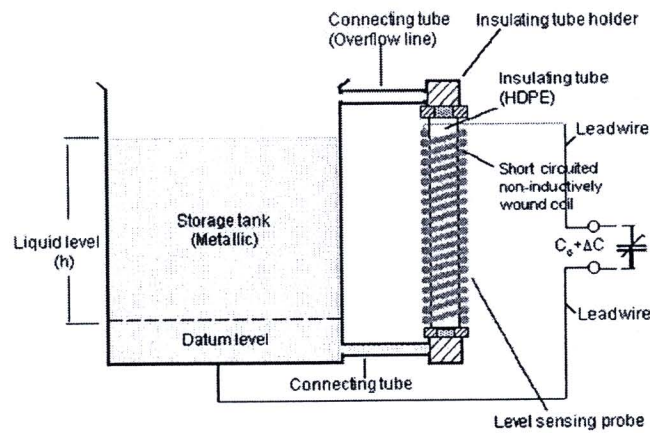
เทคนิคการใช้เส้นใยแก้วนำแสงที่อาศัยหลักการพื้นฐานของ Fiber Bragg Grating (FBG) การใช้แขนกลขนาดเล็ก (Cantilever Beam) สำหรับวัดระดับน้ำ [4] เมื่อระดับน้ำมีการเปลี่ยนแปลงก็จะทำให้เกิดความดันที่เปลี่ยนแปลงไปทำให้แขนกลขนาดเล็กนี้เกิดการโค้งหรือเปลี่ยนรูปร่างแล้วจะทำให้ Fiber Bragg grating ที่ติดอยู่ที่แขนกลซึ่งไปทำให้แถบความถี่เชิงสเปกตรัมของการสะท้อนเกิดการเปลี่ยนแปลง มีความไวอยู่ที่ 0.1 dB/cm นอกจากนี้อุณหภูมิที่แตกต่างกันส่งผลต่อการวัดด้วย



รูปที่ 1-4 รูปแบบการจัดวาง FBG สำหรับวัดระดับน้ำ [4]

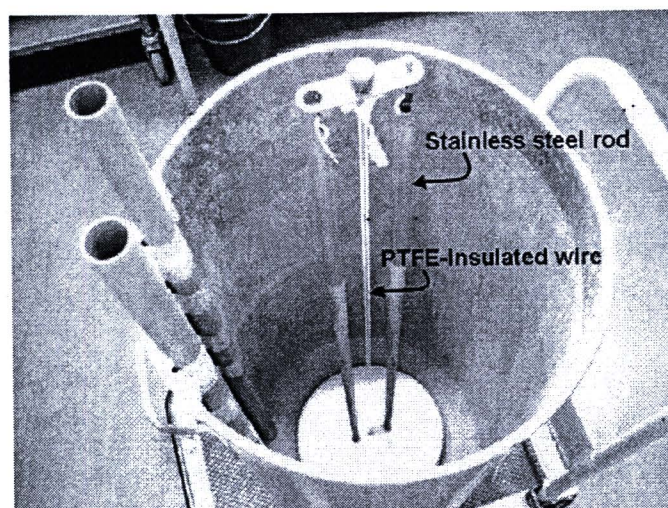
ข้อจำกัดของเทคนิคที่ใช้หลักการวัดระดับของเหลวทางเสียงหรือแสงจะมีเหมือนกันคือ ไม่เหมาะสมสำหรับการตรวจวัดระดับของเหลวที่ปนไปด้วยทราย ไม่สามารถนำมาใช้งานในระบบเปิด อาทิเช่น แม่น้ำ คลองและชายฝั่ง เป็นต้น ที่มีน้ำไหลหรือมีการกระเพื่อมจะส่งผลให้เกิดความไม่แน่นอนในการวัดค่าได้ และผลกระทบของคลื่น ฝุ่นและไอน้ำจะมีผลต่อการวัด ส่วนข้อจำกัดเพิ่มเติมของการวัดระดับทางเสียงคือมีผลตอบสนองในเวลาที่ช้า ส่วนข้อจำกัดเพิ่มเติมของการวัดระดับทางแสงคือระยะเวลาในการใช้งานของวัสดุ

หลักการตรวจวัดระดับของเหลวโดยอาศัยการประยุกต์ค่าความจุไฟฟ้ามาใช้งาน อาทิเช่น เทคนิคการวัดระดับของเหลวโดยใช้ความจุไฟฟ้าโดยการวัดแบบหัววัดไม่สัมผัสของเหลว [5] โดยใช้หลักการพันขดลวดรอบวัสดุที่มีคุณสมบัติเป็นฉนวนเชื่อมกับถังที่บรรจุของเหลว อาทิเช่น แก้ว เซรามิก พลาสติก เป็นต้น เมื่อมีระดับของเหลวในถังเปลี่ยนแปลงจะทำให้ระดับของเหลวบริเวณหัววัดเปลี่ยนแปลงไปด้วย ทำให้ค่าความจุไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไป โดยวัดค่าความจุไฟฟ้าจากวงจรบริดจ์ De' Sauty ให้ผลค่าความเป็นเชิงเส้นและการทำซ้ำอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้



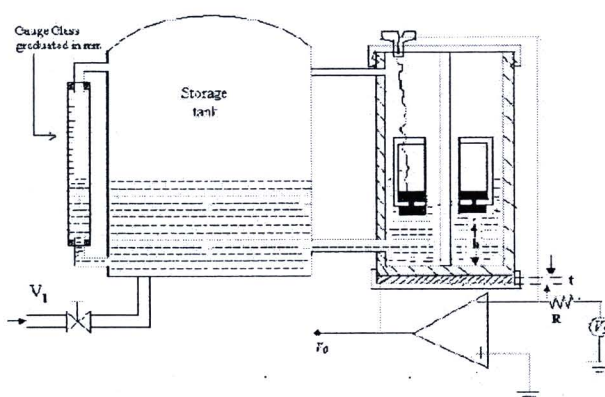
รูปที่ 1-5 รูปแบบการพันขดลวดเชื่อมกับถังที่บรรจุน้ำ [5]

เทคนิคการใช้หลักการวัดความจุไฟฟ้าโดยการต่อกรวดกับขั้วไฟฟ้า [6] ขั้วไฟฟ้าทำจากโลหะ คือ แท่งสแตนเลสและเส้นลวดฉนวน PTEE ทดสอบวัดระดับของเหลวที่อยู่ในถังโลหะที่ต่อลงดินซึ่งจะได้ค่าที่ความจุไฟฟ้าเปลี่ยนไปตามระดับของเหลวที่เปลี่ยนไปในรูปเชิงเส้น ผลที่ได้ในวัดการระดับน้ำ 70 เซนติเมตร ความผิดพลาดของค่าความไม่เป็นเชิงเส้นน้อยกว่า 0.35 มิลลิเมตร และค่าความละเอียดมากกว่า 0.10 มิลลิเมตร



รูปที่ 1-6 การจัดวางแท่งสแตนเลสและเส้นลวดฉนวน PTEE ในถังน้ำ [6]

อีกเทคนิคการใช้การวัดระดับของเหลวอย่างต่อเนื่องในถังน้ำโดยการประยุกต์ใช้ลูกลอยไฟฟ้าวัดค่าความจุไฟฟ้า [7] โดยวิธีนี้จะประกอบลูกลอยมีลักษณะทรงกลมหรือทรงกระบอกถูกวางไว้ในท่อที่ทำจากวัสดุที่เป็นฉนวน โดยมีแผ่นโลหะ 2 แผ่นที่ติดอยู่ด้านในและด้านนอกฐานของลูกลอย และที่ถังน้ำจะมีแผ่นโลหะติดอยู่ เมื่อระดับของเหลวเปลี่ยนแปลงระยะห่างระหว่างแผ่นโลหะที่ลูกลอยและที่ก้นถังเพิ่มระยะขึ้นส่งผลให้ค่าความจุไฟฟ้ามากขึ้น ทำให้สามารถทราบระดับของเหลวได้

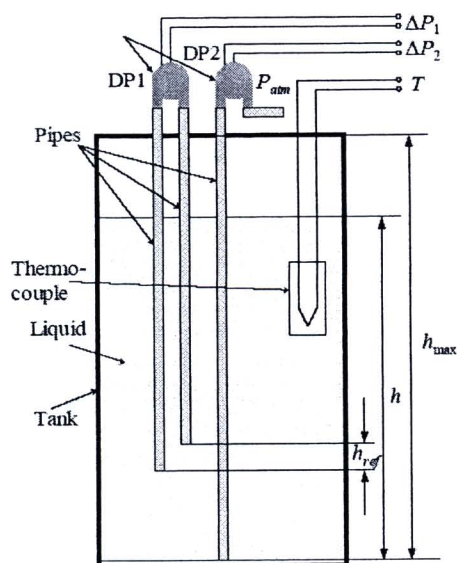


รูปที่ 1-7 รูปแบบการประยุกต์ใช้ลูกลอยไฟฟ้าวัดระดับของเหลว [7]

ข้อจำกัดของเทคนิคการวัดค่าความจุไฟฟ้าที่กล่าวมาข้างต้น คือ ไม่สามารถนำไปใช้วัดระดับในระบบเปิดได้ อย่างเช่น แม่น้ำ คลอง และชายฝั่ง เป็นต้น สำหรับหลักการต่อกรวดกับขั้วไฟฟ้าจะมีปัญหาสัญญาณรบกวนจากกรวดคู่และมีโอกาสเกิดการไม่เสถียรภาพได้ ถ้าออกแบบ Active shielding circuit ไม่ดี และสำหรับหลักการประยุกต์ลูกลอยวัดค่าความจุไฟฟ้าจะมีปัญหาอยู่ที่การเคลือบผิวโลหะหากทำการเคลือบไม่ดีจะส่งผลต่อค่าการวัด

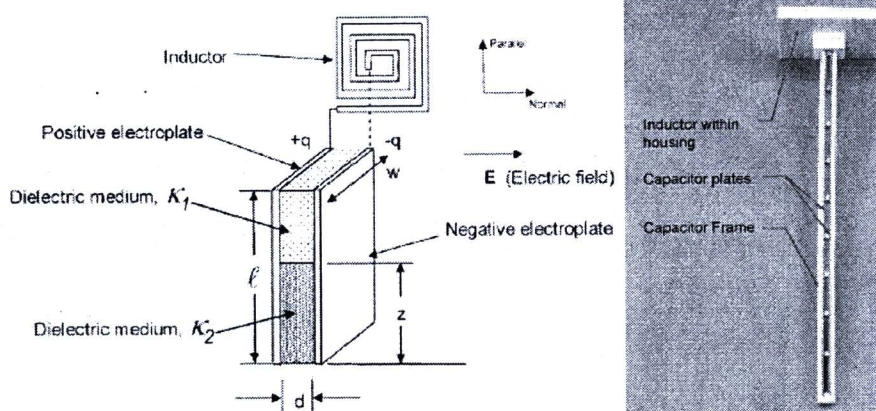
หลักการตรวจวัดระดับของเหลวแบบใช้หลักการของความดัน โดยใช้เทคนิคค่าความแตกต่างกันของความดันของเหลว [8] โดยอาศัยคุณสมบัติของความหนาแน่นและระดับของเหลว ใช้หัววัดความดัน 2 ตัว หัววัดตัวแรกสำหรับการเทียบระดับของเหลว และตัวที่สองสำหรับวัดระดับของเหลว โดยมีหัววัดอุณหภูมิสำหรับปรับเทียบเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ เมื่อความดันของหัววัดทั้งสองเปลี่ยนแปลงก็จะทำให้วัดระดับของเหลวในถังได้

ข้อจำกัดของเทคนิคนี้ คือ ไม่สามารถนำไปใช้วัดระดับในระบบเปิดได้ อย่างเช่น แม่น้ำ คลอง และชายฝั่ง เป็นต้น ต้องมีการปรับเทียบค่าอุณหภูมิก่อนทำการวัด



รูปที่ 1-8 การจัดวางหัววัดความดันในการวัดระดับของเหลว [8]

การตรวจสอบระดับของเหลวแบบไร้สายที่มีโครงสร้างคล้ายตัวเก็บประจุไฟฟ้า [9] โดยยกตัวอย่างการวัดของเหลวในระบบลอจิสติกส์ ซึ่งของเหลวถูกบรรจุในภาชนะที่อยู่ในตู้คอนเทนเนอร์ปิดทึบ ไม่มีแหล่งพลังงานในตัวเอง แต่ใช้วิธีสร้างพลังงานไฟฟ้าจากการเหนี่ยวนำของขดลวดวงจรกับคลื่นวิทยุที่ส่งมาจากเครื่องอ่านที่อยู่ภายนอก คล้ายกับการใช้งานระบบ RFID(Radio-frequency identification) เาท์พุทที่ได้จากเซนเซอร์จะเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แพร่กระจายออกมา ซึ่งมีค่าความถี่แปรผกผันกับระดับของเหลว



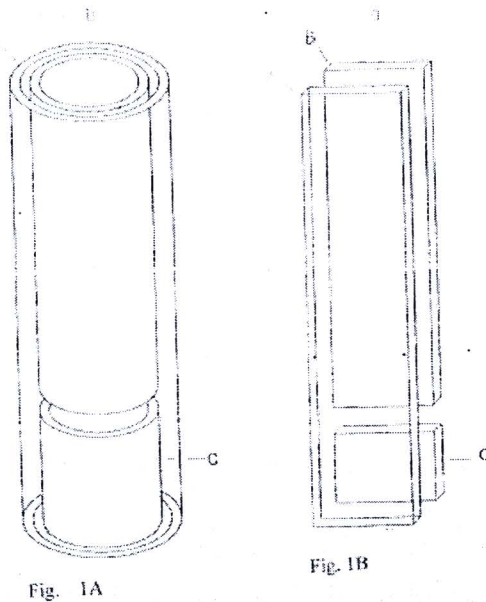
รูปที่ 1-9 เซนเซอร์วัดระดับน้ำไร้สาย ใช้หลักการเดียวกับตัวเก็บประจุไฟฟ้า[9]

จากการศึกษาผลงานวิจัยของ Stanley E. Woodard(2007) ทำให้ทราบว่า

- เซนเซอร์แบบเก็บประจุไฟฟ้าสามารถวัดระดับของเหลวได้
- เซนเซอร์แบบเก็บประจุไฟฟ้าใช้พลังงานต่ำมาก
- เซนเซอร์แบบเก็บประจุไฟฟ้ามีโครงสร้างการทำงานที่เรียบง่าย ขนาดเล็ก ไม่มีชิ้นส่วนทางกล ทำให้ง่ายต่อการติดตั้งและใช้งาน

แม้ผลงานวิจัยของ Stanley E. Woodard ได้แสดงให้เห็นคุณสมบัติของเซนเซอร์แบบเก็บประจุไฟฟ้าที่สามารถวัดระดับน้ำได้ และใช้พลังงานที่ต่ำมาก แต่ลักษณะโครงสร้างของโพรบยังมีความยุ่งยากในการประดิษฐ์

สิทธิบัตรสหรัฐอเมริกาเลขที่ US6490920[10] ได้รายงานให้ทราบปัญหาที่อาจเกิดจากการใช้หลักการวัดระดับของเหลวแบบเก็บประจุไฟฟ้า ซึ่งจำเป็นต้องมีส่วนที่ทำหน้าที่วัดค่าไดอิเล็กตริก(Dielectric) ของเหลวที่ทำการตรวจวัดด้วย ดังรูปที่ 1-10 เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิหรือชนิดของเหลว มีผลทำให้ค่าไดอิเล็กตริกของเหลวเปลี่ยนแปลงไป หากในระบบที่ทำการวัดไม่สามารถควบคุมให้มีค่าไดอิเล็กตริกของเหลวคงที่ได้ ค่าระดับของเหลวที่อ่านได้จากเซนเซอร์จะมีความผิดพลาด



รูปที่ 1-10 การเพิ่มส่วนวัดค่าไดอิเล็กตริกของของเหลว(ส่วน C)[10]

สำหรับการวิเคราะห์เปรียบเทียบสำหรับวงจรที่ใช้ตรวจวัดความจุไฟฟ้าอาศัยเทคนิคในการตรวจวัดหลายลักษณะ[11] เช่น เทคนิค RC oscillator เทคนิควงจร single ended

เทคนิคการแปลงค่าความจุไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้า และการใช้เทคนิค Synchronous demodulation สำหรับสัญญาณที่นำเข้าเทียบกับสัญญาณอ้างอิง ซึ่งได้เปรียบเทียบกับวงจรที่ใช้วัดความจุไฟฟ้า ลักษณะต่างๆเหล่านี้ดังในตารางที่ 1-1

ตารางที่ 1-1 เปรียบเทียบวงจรที่ใช้สำหรับวัดค่าความจุไฟฟ้า เมื่อ 5 คือ ดีมาก 0 คือ ไม่ดี [11]

Circuit	Function	Sensitive to stray capacity	Sensitive to noise	Needs ADC	Bandpass filter available	Size	Sensitive to shunt resistor
DC	$volt = 1 / C$	yes	0	no	no	5	0
RC oscillator or 1-shot	$freq = 1 / RC$ $period = RC$	yes	0	no	no	4	0
IC oscillator (current-capacitance)	$freq = 1 / RC$ $period = RC$	yes	2	no	no	3	0
LC oscillator	$freq = 1 / \sqrt{LC}$	yes	3	no	yes	2	5
Sync., single ended	$volt \cong C_1 - C_2$ or $C_1 - C_2$	no	4	yes	yes	1	4
Sync., bridge	$volt \cong C_1 - C_2$ or $1 / C_1 - C_2$	no	5	yes	yes	0	5

สรุปการทบทวนวรรณกรรม

การทบทวนวรรณกรรมของการวัดระดับของเหลวขึ้นอยู่กับลักษณะงานที่นำไปใช้ โดยสามารถที่จะจำแนกได้เป็น 3 ส่วนหลักๆ คือ วิธีการตรวจวัดที่นำมาใช้ ความต่อเนื่องของสัญญาณในการวัด และการศึกษาวงจรที่นำมาใช้ตรวจวัดความจุไฟฟ้า

การตรวจวัดที่นำมาใช้ส่วนใหญ่จะจำแนกได้ 3 ส่วน คือ 1) แบบที่สัมผัสกับวัตถุ โดยที่ตัวเซนเซอร์ถูกจุ่มลงไปในวัตถุตลอดเวลา เช่น หลักการความแตกต่างของความดันของเหลว หรือเทคนิคการสร้างหัววัดเส้นใยแก้วนำแสง 2) แบบไม่สัมผัสวัตถุ ทำการวัดจากภายนอก เช่น เทคนิค Acoustical gas resonator การวัดความจุไฟฟ้าแบบหัววัดเชื่อมต่อกับตัวถัง หรือเทคนิคใช้ LEDs และโฟโตทรานซิสเตอร์ และ 3) แบบผสมเป็นการนำทั้งสองแบบมารวมกัน เช่น การใช้กล้องดิจิตอลร่วมกับลูกกลอย พบว่ามีส่วนหนึ่งที่อยู่กับวัตถุตลอดเวลาแต่อีกส่วนหนึ่งอยู่ภายนอก

สำหรับวงจรที่นำมาใช้ตรวจวัดความจุไฟฟ้ามีรูปแบบด้วยกันหลายเทคนิคด้วยกัน ขึ้นอยู่กับลักษณะงานที่นำไปใช้ เช่น การประยุกต์ใช้วงจรบริดจ์ De' Sauty กับหัววัดไม่สัมผัสน้ำ ที่ใช้หลักการพันขดลวดรอบวัสดุเชื่อมกับถังที่บรรจุน้ำ หรือการใช้เทคนิควงจรรูปแบบ switched-capacitors รวมถึงหลักการวัดค่าความจุไฟฟ้าจากเอาต์พุตของเซนเซอร์ด้วยหลัก RC Time Constance โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์อ่านค่าและประมวลผลข้อมูล เป็นต้น

สำหรับความต่อเนื่องของสัญญาณในการวัดของเซนเซอร์แบบต่างๆ แบ่งได้เป็น 2 แบบใหญ่ ๆ คือ แบบต่อเนื่อง (continuous) โดยให้สัญญาณออกมาเป็นสัดส่วนกับความสูงของวัตถุที่อยู่ในถังตลอดเวลา เช่น การวัดค่าความจุไฟฟ้า และแบบไม่ต่อเนื่อง (discrete) เอาต์พุตที่ออกมาจากเซนเซอร์แบบนี้ทำงานที่สองสถานะคือ เปิดและปิด (หรือตัดกับต่อวงจร) แบบนี้จะใช้งานกับเครื่องควบคุมกระบวนการ เช่น เทคนิคใช้ LEDs และ โฟโตทรานซิสเตอร์

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- (1) วิจัยและพัฒนาเครื่องมือวัดต้นแบบสำหรับการตรวจวัดระดับน้ำที่เหมาะสมกับงาน
- (2) ศึกษาสภาวะแวดล้อมอย่างเช่น ความชื้น อุณหภูมิ การก่อกวน เป็นต้น ที่ส่งผลต่อการใช้งานเครื่องมือวัดต้นแบบ
- (3) ศึกษาสภาวะตอบสนองภาวะชั่วคราวในขณะนำหลักของเครื่องมือวัดต้นแบบ
- (4) ออกแบบวงจรในส่วนปรับแต่ง หรืออัลกอริทึมทางการประมวลสัญญาณ ให้เหมาะสมกับการส่งข้อมูล

1.4 ขอบเขตการวิจัย

- (1) เซนเซอร์ต้นแบบสามารถตรวจวัดระดับของเหลวได้เป็นสัดส่วนกับค่าปริมาณความจุไฟฟ้า
- (2) เซนเซอร์ต้นแบบสามารถตรวจวัดระดับน้ำได้ถึง 35 เซนติเมตรที่มีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 0.5 เซนติเมตร
- (3) เซนเซอร์สามารถตรวจวัดระดับน้ำที่มีอุณหภูมิไม่เกิน 50 องศาเซลเซียส ที่มีคลาดเคลื่อนไม่เกิน 0.5 เซนติเมตร
- (4) เทคนิคการตรวจวัดของเซนเซอร์ต้นแบบสามารถนำไปตรวจวัดระดับน้ำในระบบเปิดได้
- (5) การตอบสนองของเซนเซอร์สามารถนำไปตรวจวัดระดับน้ำที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว

1.5 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย

(1) ศึกษาข้อมูลการทำงานของเซนเซอร์วัดระดับของเหลวที่มีอยู่ในปัจจุบัน

วัตถุประสงค์ คือ ทำการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องและรวบรวมข้อมูลงานวิจัยของเซนเซอร์วัดระดับของเหลว เพื่อที่จะนำไปวางแผนในการสร้างเซนเซอร์ความจุไฟฟ้าแบบกึ่งทรงกระบอก จากการศึกษาพบว่าได้มีการใช้เทคนิคตรวจวัดระดับของเหลวหลายๆ ประเภทที่มีรูปแบบการวัดปริมาณทางฟิสิกส์ต่างๆ มาใช้ เช่น หลักการวัดความดัน คาปาซิแตนซ์ คลื่นอัลตราโซนิก เป็นต้น และตัวอย่างเซนเซอร์ที่มีใช้กันทั่วไปในปัจจุบัน เช่น เซนเซอร์ชนิดอัลตราโซนิก (Ultrasonic) และสวิตช์ลูลอย เป็นต้น แต่อย่างไรก็ดีเซนเซอร์แบบต่างๆ ที่กล่าวมาแล้วล้วนแต่มีข้อจำกัดทางด้านต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นด้านคุณสมบัติ ระบบการวัดระดับของเหลวที่ยุ่งยาก ทั้งทางด้านราคาที่สูงเกินไป เป็นต้น

กรณีของการวัดระดับน้ำโดยใช้เทคนิคการวัดความจุไฟฟ้าแบบกึ่งทรงกระบอก

(2) ศึกษาคุณสมบัติของเซนเซอร์ความจุไฟฟ้าแบบกึ่งทรงกระบอก

วัตถุประสงค์เพื่อทำการศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานค่าความจุไฟฟ้าของรูปแบบของแผ่นอิเล็กโทรดที่เป็นกึ่งทรงกระบอก สร้างและออกแบบให้มีรูปแบบเป็นท่อทรงกระบอกกลวงทำจากวัสดุที่เป็นฉนวน และมีอิเล็กโทรดเป็นแผ่นกึ่งทรงกระบอกทำจากตัวนำไฟฟ้า ปัจจุบันหลักการวัดค่าความจุไฟฟ้าส่วนใหญ่เป็นการศึกษาและวิเคราะห์เกี่ยวกับรูปแบบของแผ่นอิเล็กโทรดที่เป็นแบบทรงกระบอกสำหรับใช้ในการตรวจวัดระดับของเหลว แต่รูปแบบแผ่นอิเล็กโทรดที่เป็นแบบกึ่งทรงกระบอกยังไม่ได้ทำการศึกษาและวิเคราะห์ ดังนั้นเซนเซอร์ความจุไฟฟ้าแบบกึ่งทรงกระบอกที่ใช้สำหรับวัดระดับของเหลวจะเป็นรูปแบบแรกที่มีโครงสร้างที่แตกต่างไปจากเดิม

(3) ศึกษาความสัมพันธ์ของค่าความจุไฟฟ้ากับระดับของเหลว

ทำการทดสอบและศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความจุไฟฟ้าของเซนเซอร์กับระดับของเหลวที่เปลี่ยนแปลง วัดค่าความจุไฟฟ้าของเซนเซอร์ความจุไฟฟ้าแบบกึ่งทรงกระบอกที่สร้างขึ้นด้วยเครื่องมือวัดมาตรฐาน นำผลที่ได้จากการวัดมาเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการคำนวณด้วยทฤษฎีระเบียบวิธีเชิงตัวเลขโดยใช้โปรแกรม MATLAB รวมทั้งการทดลองเพื่อศึกษาคุณสมบัติบางประการ เช่น ค่าความเป็นเชิงเส้น ค่าการทำให้ซ้ำ และค่า Hysteresis

(4) ศึกษาความสัมพันธ์ของค่าความจุไฟฟ้ากับระยะห่างของแผ่นอิเล็กโตรด
ทำการทดสอบและศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความจุไฟฟ้าของเซนเซอร์กับ
ระยะห่างระหว่างแผ่นอิเล็กโตรดที่แตกต่างกัน วัดค่าความจุไฟฟ้าของเซนเซอร์ความจุไฟฟ้าแบบ
กึ่งทรงกระบอกที่สร้างขึ้นด้วยเครื่องมือวัดมาตรฐาน นำผลที่ได้มาเปรียบเทียบ

(5) ศึกษาออกแบบในส่วนของภาคประมวลผลสัญญาณ
วัตถุประสงค์เพื่อทำการศึกษาร่างและออกแบบในส่วนของภาคประมวล
สัญญาณ นำมาตรวจวัดค่าความจุไฟฟ้าโดยใช้หลักการพื้นฐานของวงจรบริดจ์มาประยุกต์ใช้กับ
เซนเซอร์ความจุไฟฟ้าแบบกึ่งทรงกระบอก

(6) ศึกษาการใช้โปรแกรม LabVIEW ในการเก็บข้อมูล
วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้งาน LabVIEW เพื่อนำมาวัดค่าความจุไฟฟ้าแสดง
ผลบนโปรแกรม LabVIEW เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดันไฟฟ้าของเซนเซอร์กับ
ระดับของเหลวที่เปลี่ยนแปลง และศึกษาคุณสมบัติบางประการ เช่น ค่าความเป็นเชิงเส้น ค่าการ
ทำซ้ำ ค่าการไม่แน่นอนของการวัด (uncertainty) และค่า Hysteresis

(7) ศึกษาความสัมพันธ์ของค่าแรงดันไฟฟ้ากับของเหลวในระบบเปิด
วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดันไฟฟ้าของเซนเซอร์กับ
ของเหลวต่างชนิดกัน ในที่นี้ทำการศึกษาระดับของเหลว 3 ชนิด คือ น้ำดื่ม น้ำคลองและน้ำทะเล

(8) ศึกษาสภาวะแวดล้อมอื่นๆที่มีผลต่อการตรวจวัด
วัตถุประสงค์เพื่อทำการศึกษาผลของสภาวะแวดล้อมต่างๆ ที่อาจส่งผลต่อการ
ตรวจวัด ศึกษาผลของอุณหภูมิโดยทำการวัดค่าอุณหภูมิไม่เกิน 70 องศาเซลเซียส เนื่องจากไม่ได้
นำไปใช้ในส่วนของการวัดอุณหภูมิที่มีค่ามาก และศึกษาผลของความชื้นสัมพัทธ์ค่าต่างๆ
ในช่วงเวลาที่ต่างกัน เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าของเซนเซอร์กับอุณหภูมิและ
ความชื้นสัมพัทธ์

(9) ศึกษาผลตอบสนองในเวลา
วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลตอบสนองของเวลาที่มีต่อเซนเซอร์ เมื่อมีการเปลี่ยน



แปลงระดับของเหลวแบบนับพลัน โดยแบ่งกรณีศึกษาเป็น 2 กรณี คือ เมื่อเซนเซอร์เคลื่อนที่ผ่านของเหลว โดยนำเซนเซอร์เคลื่อนที่ขึ้นลงจากของเหลวผ่านโฟโต้เกต (Photogate) ศึกษาความสัมพันธ์แรงดันไฟฟ้ากับเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ และเมื่อของเหลวเคลื่อนที่ผ่านเซนเซอร์ โดยออกแบบการทดลองโดยใช้หลักการทางชลศาสตร์เพื่อจำลองสภาวะการเปลี่ยนแปลงน้ำอย่างรวดเร็วในรางเปิด ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ รวมทั้งการทดลองเพื่อศึกษาคุณสมบัติบางประการ เช่น ค่าเวลาที่ล่าช้า (Dead time) และเวลาสู่จุดสมดุล (Settling time)

(10) ตรวจสอบสรุป วิเคราะห์ผลและจัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์

กรณีของการวัดระดับน้ำโดยใช้เซนเซอร์วัดระดับน้ำแบบอินเตอร์ดิจิตอล

(11) ศึกษาคุณสมบัติของความจุไฟฟ้าของอิเล็กทรอนิกส์แบบอินเตอร์ดิจิตอล

วัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานค่าความจุไฟฟ้าของรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์อินเตอร์ดิจิตอล โดยจัดสร้างและออกแบบให้รูปแบบแผ่นพิมพ์วงจรให้มีลักษณะคล้ายซี่หวี และศึกษาถึงขนาด และรูปแบบที่เหมาะสมในการตรวจวัดระดับน้ำ โดยความจุไฟฟ้าแผ่นพิมพ์ลายซี่หวีที่ใช้สำหรับวัดระดับของเหลวจึงเป็นวิธีการใหม่ในการตรวจวัดระดับน้ำ

(12) ศึกษาความสัมพันธ์ของอิเล็กทรอนิกส์แบบอินเตอร์ดิจิตอลกับระดับน้ำ

ทำการทดสอบและศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความจุไฟฟ้าของอิเล็กทรอนิกส์แบบอินเตอร์ดิจิตอลกับระดับน้ำที่เปลี่ยนแปลง วัดค่าความจุไฟฟ้าของอิเล็กทรอนิกส์อินเตอร์ดิจิตอลที่สร้างขึ้นด้วยเครื่องมือวัดมาตรฐาน นำผลที่ได้จากการวัดมาเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการคำนวณด้วยทฤษฎีระเบียบวิธีเชิงตัวเลขโดยใช้โปรแกรม COMSOL และสมการทางคณิตศาสตร์ รวมทั้งการทดลองเพื่อศึกษาคุณสมบัติบางประการ เช่น ค่าความเป็นเชิงเส้น ค่า ความแน่นอนการวัด และค่าความผิดในการวัด

(13) ศึกษาออกแบบในส่วนของภาคประมวลผลสัญญาณ

วัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาสร้างและออกแบบในส่วนของภาคประมวลผลสัญญาณ นำมาตรวจวัดค่าความจุไฟฟ้าโดยใช้หลักการจับเวลาคายประจุนำมาประยุกต์ใช้กับอิเล็กทรอนิกส์อินเตอร์ดิจิตอลแทนวงจรปรับสภาพสัญญาณ

(14) ศึกษาการวัดระดับน้ำในกรณีต่างๆ

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่..... 24 ก.ค. 2555
เลขทะเบียน..... 247407
เลขเรียกหนังสือ.....

วัตถุประสงค์เพื่อทำการผลกระทบจากการวัดความจุไฟฟ้าของแผ่นวงจรพิมพ์ลาย
ชีหวี เมื่อใช้หัววัดวัดระดับน้ำที่ไม่ใช่แบบปริมาตร รวมถึงการนำหัววัดไปวัดระดับน้ำที่มีอุณหภูมิ
ต่างๆเปลี่ยนแปลงไป โดยทำการศึกษาจากค่าไดอิเล็กตริกของน้ำ และหาวิธีการลดความผิดพลาด

(15) ศึกษาการวัดระดับน้ำในสถานะที่มีการไหลของน้ำ

วัตถุประสงค์เพื่อหาค่าผิดพลาดในการวัดระดับน้ำ เมื่อใช้หัววัดระดับน้ำที่มีการ
กระเพื่อมเนื่องจากการไหลของน้ำ หาวิธีการลดความผิดพลาด รวมถึงการหาผลตอบสนองเวลา
ของหัววัดขณะน้ำไหล

(16) ศึกษาผลกระทบที่เกิดจากการเสื่อมสภาพของวัสดุ

วัตถุประสงค์เพื่อหาผลกระทบที่จะเกิดกับเซนเซอร์ เมื่อวัสดุมีการเสื่อมสภาพ
หรือเกิดข้อผิดพลาดจากการผลิต เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์สาเหตุเมื่อเกิดข้อผิดพลาดในการ
วัดระดับน้ำของเซนเซอร์ นำไปสู่การแก้ไขและป้องกันที่ถูกต้องต่อไป

(17) ศึกษาการใช้พลังงานของเซนเซอร์วัดระดับน้ำแบบอินเตอร์ดิจิตอล

วัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบอัตราการใช้พลังงานของเซนเซอร์ที่โหมดการทำงาน
ต่างๆ สำหรับใช้เป็นข้อมูลในการหาระยะเวลาทำงานของเซนเซอร์ เมื่อต้องใช้แหล่งจ่ายไฟจาก
แบตเตอรี่

(18) ศึกษาผลการรับส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย

วัตถุประสงค์เพื่อทดสอบความเข้ากันได้ของเซนเซอร์วัดระดับน้ำแบบอินเตอร์
ดิจิตอลที่ได้การออกแบบ กับโมดูลสื่อสารไร้สาย U-node

(19) ตรวจสอบสรุป วิเคราะห์ผลและจัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์