

การออกแบบและพัฒนาชุดแจ้งเตือนระดับค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ

The Design and Development of Dissolved Oxygen Alarming Instrument

ธฤต ม่วงพลับ¹ อธิพงษ์ ชัยสายันท์² และสิริวิช ทัดสวน^{3*}

Thrid Muangplub¹, Ittipong Chaisayun² and Siriwich Tadsuan^{3*}

¹สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ หนองแขม กรุงเทพฯ 10160

²บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ หนองแขม กรุงเทพฯ 10160

³สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ หนองแขม กรุงเทพฯ 10160

* ผู้รับผิดชอบประสานงาน อีเมล : siriwicht@sau.ac.th

บทคัดย่อ การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเป็นกิจกรรมที่สามารถสร้างรายได้ให้กับประชากรได้ ทั้งนี้ปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการอยู่รอดของสัตว์น้ำที่สำคัญคือค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (ค่าดีโอ) สิ่งมีชีวิตในน้ำส่วนใหญ่จะไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ และการขยับขยายสารอินทรีย์จะลดลงในสภาวะที่มีออกซิเจนต่ำ ดังนั้นการควบคุมปริมาณออกซิเจนให้เพียงพอต่อความต้องการของสัตว์น้ำจึงเป็นเรื่องที่สำคัญ ในการศึกษาครั้งนี้จึงมีแนวคิดที่จะทำการออกแบบและสร้างชุดแจ้งเตือนระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำแบบเวลาจริง โดยใช้ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ในการสั่งการให้เครื่องเติมอากาศ เมื่อค่าออกซิเจนละลายน้ำมีค่าต่ำกว่า 5 มก./ล. และหยุดทำงานเมื่อมีค่ามากกว่า 6 มก./ล. จากผลการทดลองพบว่าระบบสั่งการของไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถทำงานได้อย่างปกติตามเงื่อนไขที่ตั้งไว้ ชุดแจ้งเตือนสามารถควบคุมปริมาณการเติมอากาศแบบเวลาจริงให้มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมีค่าเป็นไปตามที่กำหนดไว้ได้อย่างทันทั่วถึง ซึ่งดีกว่าระบบการวัดปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ แบบออฟไลน์ที่มีความเสี่ยงกับการเติมออกซิเจนอย่างล่าช้า ซึ่งอาจส่งผลเสียหายอย่างมากในด้านเศรษฐศาสตร์

คำสำคัญ: ออกซิเจนละลายน้ำ หัวตรวจวัด ไมโครคอนโทรลเลอร์ อาร์ดูโน การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

Abstract Fishery farm is an activity that makes income to people. A major parameter affecting to a survival rate of aquatic animal is dissolved oxygen (DO). At this condition, most aquatic animal cannot survive and the biodegradable rate will decrease in a low DO level condition. Therefore, it is important to make the DO concentration suffice to the aquatic life. This research designs and develops a real time DO alarming instrument by using a microcontroller to start an aerator when the level of DO concentration is lower than 5 mg/L and to stop the aerator when the DO level is more than 6 mg/L. The results show that the instrument can properly control the DO concentration in a designed range.

Keywords: Dissolved oxygen, Sensor, Microcontroller, Arduino, Fishery farm

1. บทนำ

ค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen: DO) เป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ เนื่องจากสิ่งมีชีวิตในน้ำส่วนใหญ่มีความต้องการใช้ออกซิเจนในกระบวนการหายใจ เมื่อได้รับออกซิเจนเข้าไปในร่างกาย ออกซิเจนจะถูกนำไปใช้เป็นตัวรับอิเล็กตรอนในกระบวนการทางชีวเคมีต่างๆ ในร่างกาย เช่น กระบวนการหายใจระดับเซลล์ (Metabolism) [1] ซึ่งเป็นกระบวนการที่สำคัญในการผลิตพลังงานให้กับร่างกาย ค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำจึงเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ หากในแหล่งน้ำมีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำน้อยเกินไปจะส่งผลกระทบต่อทำให้สิ่งมีชีวิตในน้ำไม่สามารถอาศัยอยู่ได้ และทำให้การย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเกิดขึ้นได้ช้าลง เนื่องจากกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์นั้นสามารถเกิดขึ้นได้ 2 สถานะคือ กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบใช้ออกซิเจน (Aerobic Digestion Process) เรียกว่าการหายใจระดับเซลล์ (Aerobic respiration) และกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Digestion Process) เรียกว่าการหมัก (Fermentation) ซึ่งกระบวนการหายใจระดับเซลล์ให้พลังงานทั้งกระบวนการเท่ากับ 36-38 ATP ในขณะที่การหมักให้พลังงานทั้งกระบวนการเท่ากับ 2 ATP [2] ดังนั้นในสถานะที่เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบใช้ออกซิเจนจุลินทรีย์จะได้รับพลังงานมากกว่าสถานะที่เกิดการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งจุลินทรีย์จะนำพลังงานที่ได้รับมาใช้ในการเจริญ ยังได้รับพลังงานมากขึ้นจุลินทรีย์ก็จะสามารถเพิ่มจำนวนได้มากขึ้นทำให้การย่อยสลายสารอินทรีย์เกิดได้เร็วขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นการที่มีปริมาณออกซิเจนในน้ำน้อยลง ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในแหล่งน้ำจึงอาจส่งผลทำให้เกิดสภาวะแหล่งน้ำเน่าเสียได้ การควบคุมปริมาณออกซิเจนละลายน้ำให้มีความเหมาะสมกับชนิดของสัตว์น้ำที่ทำการเพาะเลี้ยงจึงเป็นเรื่องที่สำคัญเพราะจะช่วยลดการสูญเสียที่อาจจะ

เกิดขึ้นได้ ทั้งในเรื่องของคุณภาพของสัตว์น้ำ และการตายของสัตว์น้ำ แต่การใช้แรงงานคนในการตรวจวัดปริมาณออกซิเจนนั้นสามารถทำได้ยาก หากเป็นการเพาะเลี้ยงในพื้นที่กว้าง เนื่องจากการกระจายตัวของออกซิเจนนั้นเกิดขึ้นไม่สม่ำเสมอทุกบริเวณ ในการใช้งานเซนเซอร์ตรวจวัดแจ้งเตือนเมื่อตรวจพบค่าออกซิเจนละลายน้ำมีค่าต่ำกว่าที่กำหนดจึงเป็นตัวเลือกที่ได้เปรียบทั้งในแง่ของความเร็วในการแก้ไขสถานการณ์ และยังเป็นการลดปริมาณคนที่ใช้ในการทำงานได้อีกด้วย ในการศึกษาครั้งนี้มีแนวคิดในการออกแบบและพัฒนาชุดแจ้งเตือนค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำและสั่งการให้เครื่องเดิมอากาศทำงานจนมีปริมาณค่าออกซิเจนละลายน้ำมีค่าเป็นไปตามที่กำหนด

2.วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการวิจัย

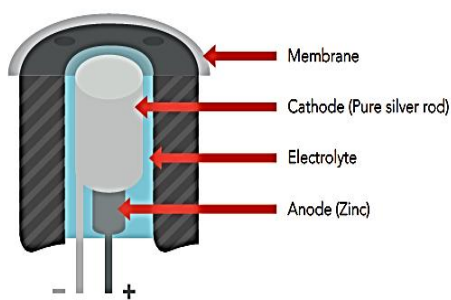
ในการศึกษาแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือส่วนการออกแบบชุดแจ้งเตือนระดับค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ และการทดสอบความแม่นยำของการตรวจวัดโดยเทียบกับวิธีการมาตรฐาน [3-4]

2.1 การออกแบบชุดแจ้งเตือนปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ

เครื่องมือวัดค่า DO มิเตอร์ ที่มีจำหน่ายโดยทั่วไปนั้น ส่วนมากจะมีความสามารถในการแสดงผลและบันทึกค่าผลที่ได้จากการวัดเพียงเท่านั้น แต่ยังไม่มีความสามารถในการตั้งค่าการเตือนด้วยข้อความเสียง แสง รวมถึงการนำสัญญาณจากเครื่องไปควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้ากำลัง เช่น เครื่องเดิมอากาศ วาล์ว หรืออุปกรณ์เชื่อมต่ออื่นๆ จาก [5] ได้มีงานวิจัยเกี่ยวกับการออกแบบและพัฒนาระบบพยากรณ์ล่วงหน้าและการเตือนภัยล่วงหน้าแบบเรียลไทม์สำหรับเพาะเลี้ยงปลาตะเพียนลาย โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมมาช่วยในการคาดเดา แต่ยังไม่สามารถควบคุมการทำงานของเครื่องเดิมอากาศหรือวาล์ว หรืออุปกรณ์ต่อเชื่อมอื่นๆ ได้

ดังนั้น ในงานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบและสร้างชุดแจ้งเตือนปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ให้สามารถตอบโจทยในเรื่องของการควบคุม เตือน แสดงผล และบันทึกค่าได้ หรือนำไปต่อยอด โดยการนำข้อมูลค่า DO ที่วัดได้ไปใช้ในการคำนวณเชิงสถิติ เช่น ปัญญาประดิษฐ์แบบออนไลน์ เพื่อประโยชน์ด้านการพยากรณ์แบบเวลาจริงได้ โดยสามารถแบ่งได้ 4 ภาค ดังนี้

1. ภาคเซนเซอร์ออกซิเจนละลายในน้ำ โดยมีหัวโพรบ (Probe) วัดออกซิเจน[6] แสดง ดังภาพที่ 1 และวงจรภาคสร้างสัญญาณแบบอนุกรม เพื่อสื่อสารกับไมโครคอนโทรลเลอร์ [7]



ภาพที่ 1 ส่วนประกอบภายในหัววัด

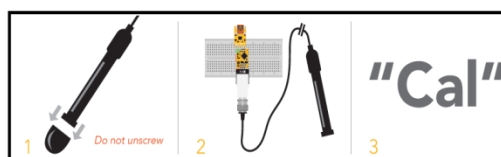
แท่งหัวโพรบ (Probe body) ทำมาจากพลาสติก โดยภายในประกอบด้วยขั้วบวกที่ถูกเคลือบด้วยสารอิเล็กโทรไลต์และมีแท่งแคโทดที่ทำจากธาตุเงินแท้เคลือบอีกชั้นหนึ่ง ซึ่งมีการออกแบบแผ่นเมมเบรนให้หุ้มอยู่ที่ส่วนปลายของแท่งหัวโพรบ ทำหน้าที่เป็นทางผ่านของโมเลกุลออกซิเจนให้เคลื่อนที่ด้วยอัตราคงที่ (แต่ถ้าไม่ใช่เมมเบรนจะทำให้เกิดปฏิกิริยาเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว) เมื่อโมเลกุลของออกซิเจนได้พาดผ่านเมมเบรนแล้ว ส่งผลทำให้มีปริมาณของโมเลกุลลดลงที่บริเวณขั้วแคโทด ทำให้เกิดการผลิตแรงดันไฟฟ้าขนาดเล็ก ๆ ที่ระหว่างขั้วไฟฟ้า แต่ถ้ากรณีไม่มีโมเลกุลของออกซิเจนอยู่หัววัดก็จะไม่ผลิตแรงดันไฟฟ้า

การนำหัวโพรบ (Probe) วัดออกซิเจนไปใช้งานจะต้องมีการสอบเทียบ โดยที่อุณหภูมิ ค่าความเค็มและความดันที่มีการค่าชดเชยจะไม่มีผลต่อการสอบ

เทียบ วงจรของตัววัดออกซิเจนละลายน้ำ (Atlas Scientific EZO™) จะออกแบบให้มีโปรโตคอลการสอบเทียบที่มีความยืดหยุ่น ช่วยให้สามารถสอบเทียบแบบจุดเดียวหรือแบบจุดคู่ได้

ขั้นตอนการสอบเทียบจุดเดียว

ในการสอบเทียบตัววัดออกซิเจนละลายน้ำแบบสอบเทียบจุดเดียว แสดงดังภาพที่ 2

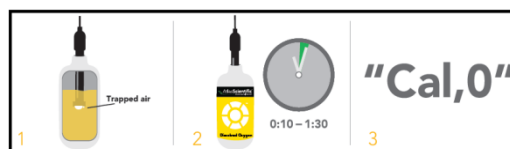


ภาพที่ 2 ขั้นตอนการสอบเทียบจุดเดียว[6]

- 1.) ค้างและถอดฝาครอบออกจากหัววัดออกซิเจนละลายออก
- 2.) ปักหัวลงโพรบวัดออกซิเจนละลายน้ำให้สัมผัสกับอากาศ จนกว่าการอ่านจะคงที่ (5 - 30 วินาที)
- 3.) ปรับเทียบโดยใช้ค่าสั่ง "Cal" ที่ Serial monitor ของโปรแกรม Arduino IDE
- 4.) หลังจากการสอบเทียบเสร็จสมบูรณ์แล้วควรอ่านการอ่านค่า ~ 8.82 mg / L

ขั้นตอนการสอบเทียบจุดคู่ (อุปกรณ์เสริม)

ใช้การสอบเทียบแบบนี้จะได้ค่าที่ถูกต้องต่ำกว่า 1.0 มก. / ล แสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ขั้นตอนการสอบเทียบจุดคู่[6]

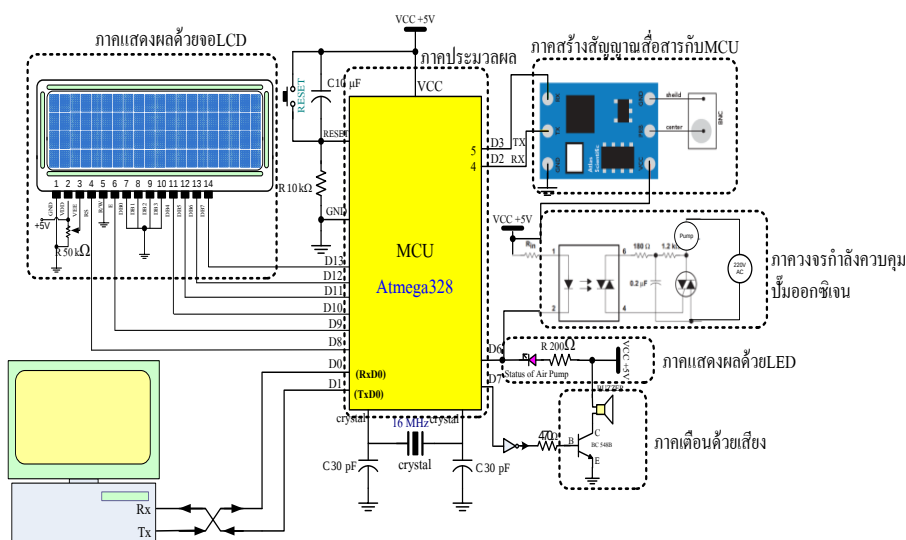
หลังจากที่อุณหภูมิได้ปรับเทียบโดยใช้ค่าสั่ง "Cal" ของขั้นตอนการสอบเทียบจุดเดียวแล้ว

- 1) แก่งหัวโพรบในสารละลาย Zero D.O. calibration solution เพื่อชดเชยค่าที่ติดค้างที่หัวโพรบออก (ถ้าติดค้างจะทำให้ค่าจากการอ่านไปสูง)
- 2) ปักหัวลงโพรบวัดออกซิเจนละลายน้ำลงในสารละลาย Zero D.O. calibration solution ให้อยู่ในสภาวะคงที่ ในช่วงระยะเวลา 10 วินาทีถึงนาทีครึ่ง
- 3) สอบเทียบโดยใช้คำสั่ง "Cal, 0" ที่ Serial monitor ของโปรแกรม Arduino IDE
2. ภาคประมวลผล ใช้บอร์ด Arduino UNO R3 ซึ่งมีตัวประมวลผลคือไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิต ยี่ห้อ ATmega 328P [7]
3. ภาคแสดงผล ประกอบด้วยจอ LCD ขนาด 20x4 ที่ใช้หลักการสื่อสารแบบส่งข้อมูลครั้งละ 4 บิต และใช้หลอด LED

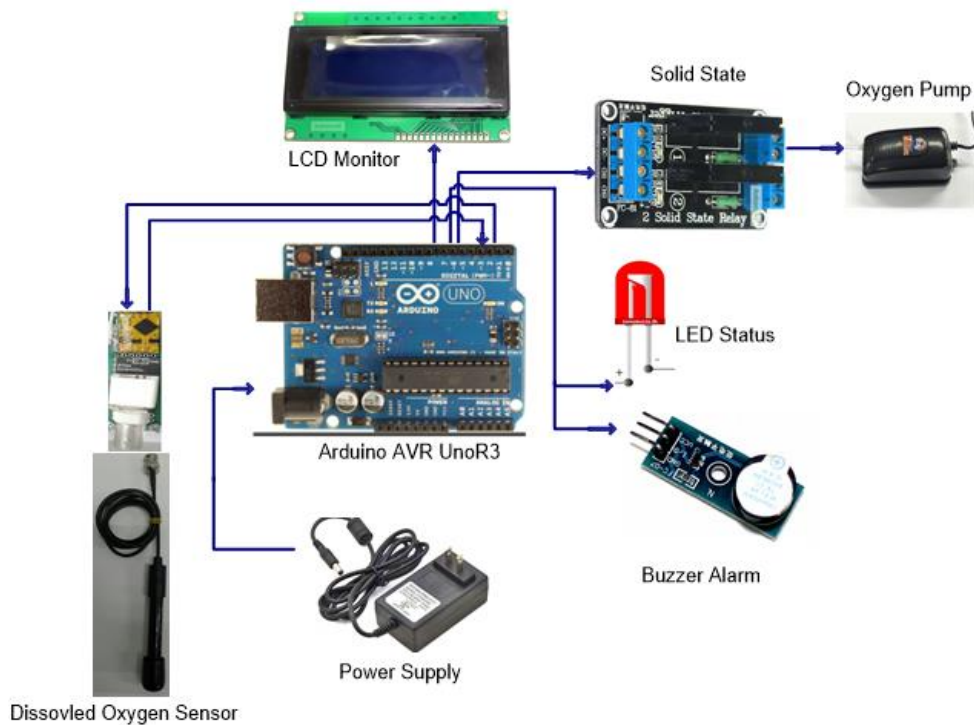
4. ภาคบันทึกข้อมูล ใช้การสื่อสารแบบอนุกรม ซึ่งเป็นการสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์กับไมโครคอนโทรลเลอร์ ข้อมูลที่บันทึกประกอบด้วยค่าดีโอ วันและเวลา โดยจะแสดงและบันทึกด้วยโปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซล
5. ภาควงจรกำลัง ประกอบด้วยตัวโซลิดสเตต ทำหน้าที่เป็นสวิทช์อิเล็กทรอนิกส์ เปิด/ปิด เครื่องเติมอากาศ [8]

ภาพที่ 4 เป็นวงจรของชุดแจ้งเตือนปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ และภาพที่ 5 เป็นวงจรรูปแบบงานจริงของชุดแจ้งเตือนปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ

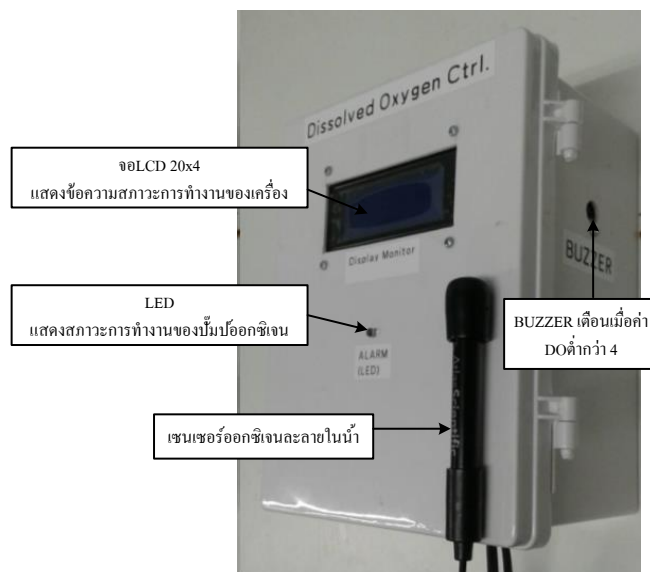
ซึ่งเมื่อประกอบเสร็จแล้วชุดแจ้งเตือนปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ จะมีส่วนประกอบดังแสดงไว้ในภาพที่ 6 และภาพที่ 7



ภาพที่ 4 วงจรของชุดแจ้งเตือนปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ



ภาพที่ 5 วงจรรูปแบบงานจริงของชุดแจ้งเตือนปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ



ภาพที่ 6 โครงสร้างภายนอก ที่ประกอบด้วยภาคแสดงผล LCD ขนาด 20x4 และ LED ภาคเตือนด้วยเสียงโดยใช้ตัวบัสเซอร์ และภาคเซนเซอร์ออกซิเจนละลายในน้ำ



ภาพที่ 7 ส่วนของอินพุตภาคแหล่งจ่ายไฟฟ้าขนาด 5 V อินพุตภาคสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ และอินพุตของวงจรภาคสร้างสัญญาณสื่อสารกับไมโครคอนโทรลเลอร์

2.2 หลักการทำงาน

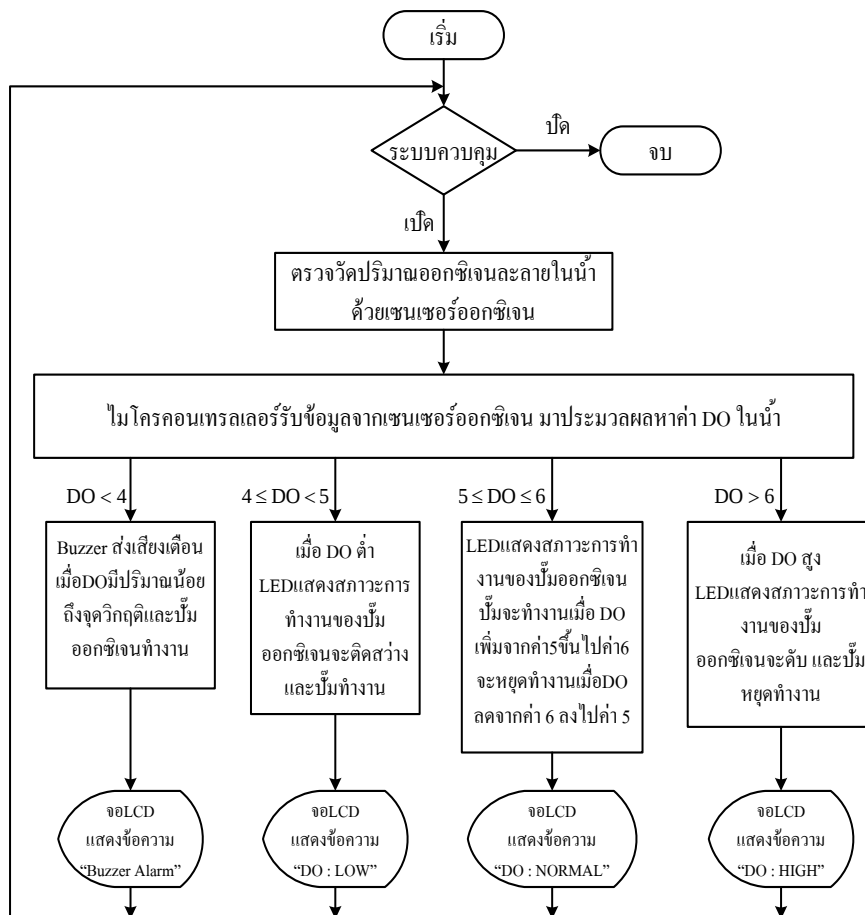
เมื่อเริ่มต้นตัวเซนเซอร์ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำจะตรวจสอบออกซิเจนในน้ำแล้วส่งสัญญาณมายังวงจรภาคสร้างสัญญาณเพื่อสื่อสารกับ MCU เบอร์ ATMEGA 328P ด้วยรูปแบบการสื่อสารแบบอนุกรม ข้อมูลที่MCUรับมาได้จากวงจรสร้างสัญญาณจะถูกคำนวณเปลี่ยนเป็นค่าดีไอ จากนั้นได้มีการเปรียบเทียบว่าค่าดีไอ มีค่าอยู่ในเงื่อนไขใด จากจำนวน 4 เงื่อนไข คือ

1. $DO < 4$: เมื่อค่าดีไอต่ำกว่า 4 มก./ล. เหตุการณ์นี้อาจเกิดจากน้ำมีปริมาณออกซิเจนลดลงอย่างมากหรือเครื่องเติมอากาศเกิดรว่วไหล ตัว Buzzer จะส่งเสียงเตือน จอ LCD แสดงข้อความ “Buzzer Alarm” และเครื่องเติมอากาศทำงาน
2. $4 \leq DO < 5$: เมื่อค่าดีไอ ต่ำกว่า 5 มก./ล. เหตุการณ์นี้อาจเกิดจากน้ำมีปริมาณออกซิเจนลดลงแต่ไม่ถึงจุดวิกฤติ LED แสดงสถานะการทำงานของเครื่องเติมอากาศจะติดสว่าง และเครื่องเติมอากาศทำงาน จอLCD แสดงข้อความ “DO : LOW”

3. $5 \leq DO \leq 6$ LED : เมื่อค่าดีไอ มากกว่าหรือเท่ากับ 5 มก./ล. และต่ำกว่าหรือเท่ากับ 6 มก./ล. เหตุการณ์นี้แสดงสถานะการทำงานแบบปกติ โดยการควบคุมของช่วงนี้เรียกว่าการควบคุมแบบ “ฮิสเตอร์รีซิส” การทำงานคือเครื่องเติมอากาศจะทำงานเมื่อค่าดีไอ เพิ่มจากค่า 5 มก./ล. ขึ้นไปค่า 6 มก./ล. จะเครื่องเติมอากาศหยุดทำงานเมื่อค่าดีไอลดจากค่า 6 มก./ล. ลงไปค่า 5 มก./ล. จอLCD แสดงข้อความ “DO : NORMAL”

4. $DO > 6$: เหตุการณ์นี้อาจเกิดจากน้ำมีปริมาณออกซิเจนเพิ่มมากขึ้นจากการเติมออกซิเจนของเครื่องเติมอากาศ เมื่อค่าดีไอ มีค่ามากกว่า 6 มก./ล. LED จะดับและเครื่องเติมอากาศหยุดการทำงาน จอ LCD แสดงข้อความ “DO : HIGH”

ซึ่งกระบวนการทั้งหมดนี้แสดงไว้ดังภาพที่ 8 และการทดสอบการตรวจวัดปริมาณออกซิเจนโดยชุดแจ้งเตือนปริมาณออกซิเจนละลายน้ำแสดงไว้ดังภาพที่ 9



ภาพที่ 8 แผนผังการทำงานของชุดแจ้งเตือนปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ



ภาพที่ 9 การตรวจวัดปริมาณ ออกซิเจนละลายน้ำโดยใช้ชุดแจ้งเตือนปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ

2.3 การทดสอบความแม่นยำของการตรวจวัดโดยเทียบกับวิธีการมาตรฐาน

การทดสอบความคลาดเคลื่อนของการตรวจวัดโดยชุดแจ้งเตือนปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ จะทำการเปรียบเทียบกับวิธีการตรวจวัดปริมาณออกซิเจนละลายน้ำโดยวิธีการมาตรฐาน Azide Modification Method [2] ซึ่งรายละเอียดสารเคมีที่ใช้ในการทดสอบมีดังนี้

1. Sodium Hydroxide (NaOH) AR grade, UNIVAR
2. Sodium Thiosulfate ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) AR grade, UNIVAR
3. Potassium Iodine (KI) AR grade, UNIVAR
4. Sodium Azide (NaN_3) AR grade, UNILAB
5. Magnesium Sulfate tetra hydrate ($\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) AR grade, Merck
6. 98% Sulfuric acid (H_2SO_4) AR grade, ACI Labscan
7. Starch Soluble AR Grade, QRec

ในการได้เตรทจะทำการใช้สารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต ความเข้มข้น 0.025 โมล ซึ่งปริมาตรโซเดียมไทโอซัลเฟตจะนำมาใช้ในการคำนวณค่าปริมาณดีไอด้วยสมการที่ 1

$$\text{DO} = 40 \times M \times V \quad (1)$$

โดยที่

DO คือ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (มก./ล.)

M คือ ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ในการได้เตรท (โมล)

V คือ ปริมาตรโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ในการได้เตรท (มล.)

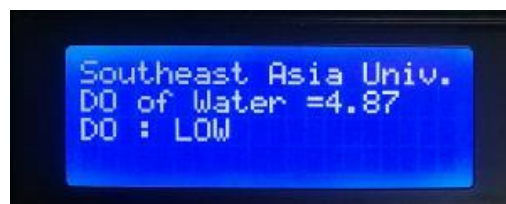
3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 การแสดงผลการทำงานของเครื่องตรวจวัดปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่ออกแบบและสร้างขึ้นในสถานะที่ค่าดีไอ มีปริมาณต่าง ๆ

จากภาพที่ 10 ถึงภาพที่ 13 เป็นข้อความแสดงค่าดีไอ และสถานะต่างๆ ด้วยจอ LCD ขนาด 20x4 ส่วนภาพที่ 14 เป็นการแสดงและบันทึกค่าดีไอ วันและเวลาที่ทดสอบด้วยโปรแกรม EXCEL®



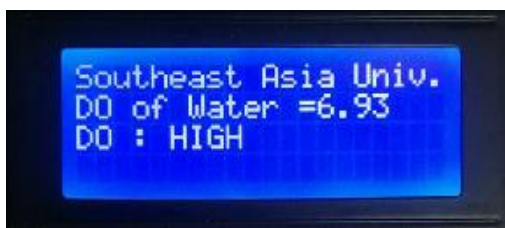
ภาพที่ 10 เป็นข้อความต่างๆ ที่หน้าจอ LCD เมื่อปริมาณค่าดีไอ ที่ทดสอบมีค่าต่ำกว่า 4 มก./ล.



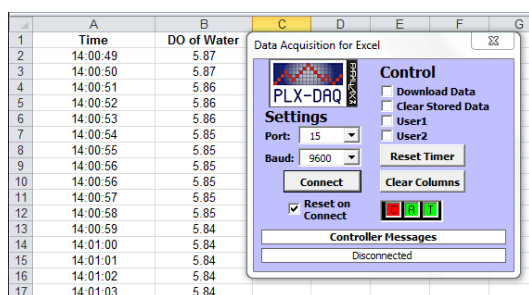
ภาพที่ 11 เป็นข้อความต่างๆ ที่หน้าจอ LCD เมื่อปริมาณค่าดีไอ ที่ทดสอบมีค่าเท่ากับหรือมากกว่า 4 มก./ล. แต่ไม่ถึง 5 มก./ล.



ภาพที่ 12 เป็นข้อความต่างๆ ที่หน้าจอ LCD เมื่อปริมาณค่าดีไอ ที่ทดสอบมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 5 มก./ล. แต่ไม่เกิน 6 มก./ล.



ภาพที่ 13 เป็นข้อความต่างๆ ที่หน้าจอ LCD เมื่อปริมาณค่าดีโอ ที่ทดสอบมีค่ามากกว่า 6 มก./ล.



ภาพที่ 14 เป็นการแสดงและบันทึกค่าดีโอ วันและเวลาที่ทดสอบด้วยโปรแกรม EXCEL

3.2 การเปรียบเทียบตรวจวัดปริมาณออกซิเจนละลายน้ำโดยวิธีการมาตรฐานเทียบกับชุดแจ้งเตือนระดับค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ

เมื่อพิจารณาค่าปริมาณออกซิเจนที่ตรวจวัดได้จากชุดแจ้งเตือนฯและวิธีการมาตรฐานพบว่า ค่าที่ได้จากการอ่านค่าของชุดทดสอบมีค่าน้อยกว่าการตรวจวัดด้วยวิธีการมาตรฐานอยู่ร้อยละ 17.30 แสดงไว้ในตารางที่ 1

สาเหตุที่ชุดทดสอบฯอ่านค่าได้แตกต่างจากวิธีการมาตรฐานอาจเป็นผลมาจากการที่หัวโพรบอ่านค่าสัญญาณออกซิเจนเป็นค่าสัญญาณทางไฟฟ้า ซึ่งค่าดีโอในน้ำสามารถแปรผันได้จากสภาวะแวดล้อม เช่น การย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ในน้ำ การแพร่ของออกซิเจนจากอากาศลงสู่ น้ำ [9] ทำให้ค่าที่อ่านได้แตกต่างจากความเป็นจริง ซึ่งสามารถทำการแก้ไขได้โดยการเปรียบเทียบให้มีค่าเท่ากับค่าที่ทดลองได้จากวิธีการมาตรฐาน

ตารางที่ 1 ค่าปริมาณออกซิเจนที่ได้จากการตรวจวัด

วิธีการตรวจวัด	ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (มก./ล.)			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
ชุดแจ้งเตือนฯ	3.05	3.06	3.07	3.06
วิธีการมาตรฐาน	3.80	3.70	3.60	3.70
ค่าผิดพลาดสัมบูรณ์ (มก./ล.)				0.64
% ค่าผิดพลาดสัมพัทธ์				17.3

3.3 การทดสอบการอ่านค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำและการสั่งการเดิมอากาศโดยชุดแจ้งเตือนปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ

จากผลการทดลองแสดงในภาพที่ 13 พบว่าเส้นกราฟที่ชุดแจ้งเตือนปริมาณค่าออกซิเจนละลายน้ำได้ทำการรายงานผลออกมาจะเห็นได้ว่าในช่วงแรก ปริมาณออกซิเจนในน้ำจะลดลงเรื่อย ๆ จนต่ำกว่าระดับที่ตั้งค่าไว้ ชุดแจ้งเตือนจะทำการสั่งให้เครื่องเดิมอากาศทำงาน ค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่หัวโพรบอ่านค่าได้จึงมีค่าเพิ่มสูงขึ้น เมื่อค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมีค่าถึงจุดที่กำหนดให้เครื่องเดิมอากาศหยุดการทำงาน ค่าออกซิเจนก็จะเริ่มลดลงอีกครั้ง จนท้ายที่สุดค่าออกซิเจนละลายน้ำที่ตรวจวัดได้จะมีค่าที่ค่อนข้างนิ่ง พฤติกรรมที่เห็นดังกล่าวสามารถอธิบายได้ดังนี้คือ เมื่อเครื่องเดิมอากาศทำงานการกระจายตัวของออกซิเจนในน้ำนั้นเกิดขึ้นอย่างไม่สม่ำเสมอ ออกซิเจนจะกระจายลงสู่ น้ำได้นั้นต้องอาศัยระยะเวลาในการแพร่ผ่านฟองอากาศลงสู่ น้ำความสามารถในการแพร่ของออกซิเจนจากฟองอากาศในน้ำจะขึ้นอยู่กับพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างน้ำและฟองอากาศ และยังขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่ฟองอากาศอยู่ในน้ำก่อนที่จะกระจายออกสู่ผิว น้ำ จากการที่อากาศมีระยะเวลาสัมผัสกับน้ำที่น้อยเกินไปจึงทำให้การกระจายตัวลงยังเกิดขึ้นไม่

สมบูรณ์ [10] เมื่อฟองอากาศไหลผ่านบริเวณหัวโพรบจะทำให้ค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่ตรวจวัดได้จึงมีค่าสูงเกินกว่าความเป็นจริง แต่เมื่อผ่านไประยะเวลา

หนึ่ง ค่าที่ออกซิเจนละลายน้ำที่ตรวจวัดได้จะกลับมามีอยู่ในสภาวะความเป็นจริง จึงทำให้เกิดสภาวะดังกล่าวเกิดขึ้น



ภาพที่ 15 กราฟแสดงปริมาณออกซิเจนที่ตรวจวัดได้เมื่อทำการใช้งานชุดเครื่องเติมปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ

4.สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองพบว่าค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่ตรวจวัดได้จากชุดเครื่องเติมปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมีความคลาดเคลื่อนจากการตรวจวัดโดยวิธีการมาตรฐาน แต่ทั้งนี้การใช้ชุดเครื่องเติมปริมาณออกซิเจนละลายน้ำนั้นจะสามารถลดระยะเวลาและสารเคมีที่ใช้ทดสอบได้ซึ่งจะส่งผลดีในแง่ของการลดแรงงานที่ต้องใช้ในการตรวจวัด และสามารถช่วยลดปริมาณของเสียที่หลงเหลือจากการตรวจวัดออกสู่สิ่งแวดล้อม ในแง่ของการสั่งการเติมอากาศชุดเครื่องเติมปริมาณออกซิเจนละลายน้ำสามารถสั่งการได้อย่างมีประสิทธิภาพ ชุดเครื่องเติมปริมาณออกซิเจนละลายน้ำสามารถสั่งการให้เครื่องเติมอากาศทำงานได้ทันทีที่ปริมาณออกซิเจนที่ตรวจวัดได้มีค่าต่ำกว่า 5 มก./ล. และหยุดทำงานทันทีเมื่อปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมีค่าเท่ากับ 6 มก./ล. อย่างไรก็ตามการ

วิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาในระบบห้องปฏิบัติการ การส่งข้อมูลมาบันทึกยังต้องมีการใช้สายเพื่อนำส่งข้อมูล ในการศึกษาขั้นต่อไปอาจทำการพัฒนาปรับปรุงการส่งข้อมูลแบบไร้สาย ศึกษาการประหยัดค่าใช้จ่ายในการเติมอากาศเปรียบเทียบกับวิธีการเติมอากาศตลอดเวลา และการทดลองในสถานที่จริง เพื่อพัฒนาให้สามารถนำไปใช้ได้จริงในอนาคตต่อไป ซึ่งสามารถพัฒนาต่อยอดไปใช้ในธุรกิจเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ หรือใช้งานในการปรับปรุงคุณภาพน้ำของชุมชน ส่วนงบประมาณที่ใช้ในการสร้างอยู่ที่ประมาณ 15,000 บาท ซึ่งส่วนบางส่วนโดยเฉพาะตัวเซนเซอร์ออกซิเจนนั้นจะมีราคาค่อนข้างสูงสาเหตุเพราะได้นำเข้าจากต่างประเทศ ส่วนอุปกรณ์ตัวอื่นๆ สามารถหาได้ง่ายภายในประเทศ แต่ถ้ามองภาพรวมเรื่องเศรษฐศาสตร์การลงทุนจะคุ้มค่าน่าจะมาก เพราะสามารถใช้งานเครื่องดังกล่าวได้ในระยะเวลายาวนาน ส่วนการ

ติดตั้งง่ายเพราะเครื่องดังกล่าวมีขนาดเล็ก สามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย สามารถใช้กับแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่ใช้ตามบ้านเรือนหรืออาจจะใช้ร่วมกับแหล่งจ่ายไฟอินเวอร์เตอร์ได้เช่นเดียวกัน

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จได้จากความร่วมมือ และความเอาใจใส่ในการทดลองแก้ไขเพื่อปรับปรุงให้งานวิจัยนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น โดย นายกิตติศักดิ์ แซ่ลี้ นายชาติชาย จันทร์สระภู นายธีรเดช ดันตสุข นายสุกฤษฎ์ แสงเพชร และนายอาพล จิตทรัพย์

เอกสารอ้างอิง

- [1] นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ และคณะ. จุลชีววิทยาทั่วไป. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2557.
- [2] สุกัญญา ไพโรหกุล. Essential Biology. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: บริษัท แอคทีฟ พรินท์ จำกัด, 2558.
- [3] APHA, AWWA, WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water. 22nd ed. Washington, DC: APHA, 2012. Part 4500-O C.
- [4] IPST Thailand. (2017, Sep. 12). "DISSOLVED OX YGEN: DO" [Online] Available : http://globethailand.ipst.ac.th/page_id==3931
- [5] H. Xue, L. Wang and D. Li, "Design and Development of Dissolved Oxygen Real-Time Prediction and Early Warning System for Brocaded Carp Aquaculture," in *Proc. International Conference on Computer and Computing Technologies in Agriculture, 6th*, China, 19-21Oct 2012, pp. 35-42.
- [6] Atlascientific Environment Robotics.(2017, Jun. 2 0). "D.O." [Online] Available: <https://www.atlas-scientific.com/dissolved-oxygen.html>

- [7] Atmel.(2017, Jan. 10). "8-bit AVR Microcontrollers ATmega328/P DATASHEET COMPLETE" [Online] Available: http://www.atmel.com/Images/Atmel-42735-8-bit-AVR-Microcontroller-ATmega328-328P_Datasheet.pdf
- [8] Ajay V Deshmukh, Microcontrollers [Theory and Application], Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited,2005.
- [9] กรมโรงงานอุตสาหกรรม. คำราระบบบำบัดมลพิษน้ำ. 2554. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานพระพุทธศาสนาแห่งชาติ, 2559.
- [10] สัญญา สิริวิทยาปกรณ์. (2558). การจัดการสารพิษและกากของเสียอันตราย. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประวัติผู้ประพันธ์



รศ. ม่วงพลับ

สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท
(วท.ม. สาขาบริหารสิ่งแวดล้อม)
มหาวิทยาลัยมหิดล
สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี

(วท.บ. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม)
มหาวิทยาลัยมหิดล

ปัจจุบันดำรงตำแหน่งอาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรม
สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์

งานวิจัยที่สนใจ: การปรับปรุงคุณภาพของเสีย การนำของเสียกลับมาใช้ประโยชน์



อิทธิพงศ์ ชัยสายัณห์ :

สำเร็จการศึกษา ปริญญาตรี โท
เอก ทางด้านวิศวกรรมไฟฟ้า
จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอม
เกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปัจจุบันดำรงตำแหน่งรองศาสตราจารย์ สาขาวิชา
วิศวกรรมไฟฟ้า คณะบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเอเชีย
อาคเนย์



ศิริวิช ทัดสวน

สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท
(วศ.ม. ไฟฟ้า) สถาบันเทคโนโลยี
พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง ปัจจุบันดำรงตำแหน่ง

รองศาสตราจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

งานวิจัยที่สนใจ : คุณภาพไฟฟ้า การศึกษากำลังไฟฟ้า
สูญเสียและความร้อนในเครื่องจักรกลไฟฟ้า การ
ประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมกับเครื่องจักรกลไฟฟ้า
และการควบคุม ติดตามและป้องกันเครื่องจักรไฟฟ้าด้วย
ระบบ Internet of Thing (IOT)