

เครื่องตรวจวัดและควบคุมระบบบำบัดคุณภาพน้ำ

WATER QUALITY MEASUREMENT AND TREATMENT SYSTEM CONTROL

ธนวัฒน์ สอนณเณร^{1*} นวนิต ศุกละ² เพ็ญพิมล ลือขจร³ และกาญจนา ดาวเด่น¹

¹คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

²บริษัท กราวิเทคไทย (ไทยแลนด์) จำกัด

³บริษัท พีทีเอส คอมบิเนชั่น จำกัด

Thanawat Sornnen^{1*} Navanit Sukla² Penphimon Luekajorn³ and Kanchana Daoden¹

¹Faculty of Industrial Technology, Uttaradit Rajabhat University

²Gravitechthai (THAILAND) Co., Ltd.

³PTS Combination Co., Ltd.

*Corresponding author e-mail: sornnen@gmail.com

บทคัดย่อ

คุณสมบัติของน้ำเกี่ยวข้องโดยตรงกับการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ มีคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพที่เกี่ยวข้องกัน หากคุณสมบัติอย่างใดอย่างหนึ่งไม่เหมาะสมจะส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำทันที อาจทำให้สิ่งมีชีวิตในน้ำอ่อนแอ ป่วยง่าย หรือไม่สามารถแพร่พันธุ์ได้ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงพยายามปรับสภาพน้ำให้เหมาะสมกับการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำอยู่เสมอ งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและสร้างเครื่องมือวัดคุณภาพน้ำและการควบคุมระบบบำบัดโดยใช้อุปกรณ์วัดความขุ่น ค่าการนำไฟฟ้า และค่าอุณหภูมิ สามารถแสดงค่าการวัดผ่านแอปพลิเคชันสมาร์ทโฟน ระบบควบคุมที่ออกแบบมีระบบการทำงานอัตโนมัติ ผลการทดสอบระบบ พบว่า การวัดคุณภาพน้ำ แสดงผลการวัดที่ตรงกับการวัด มีโหมดการทำงานสองโหมด คือ โหมดควบคุมด้วยตนเองแสดงผลบนจอแอลซีดี และโหมดอัตโนมัติที่แสดงผ่านแอปพลิเคชันบนหน้าจอสมาร์ทโฟนที่เขียนผ่านโปรแกรมเอ็มไอทีแอปอินเวนเตอร์ สามารถแสดงค่าที่วัดได้ของเซนเซอร์แต่ละตัว พร้อมกันบนทุกหน้าจอ อีกส่วนคือ ระบบควบคุมการเปิด-ปิดการทำงานของอุปกรณ์สำหรับระบบบำบัดน้ำ ขึ้นอยู่กับการควบคุมการตัดการเชื่อมต่อทางไฟฟ้าโดยใช้สวิตช์โซลิดสเตต เงื่อนไขที่ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์เหล่านี้ได้มาจากการสอบเทียบและเปรียบเทียบพารามิเตอร์ที่จำเป็นของคุณสมบัติของน้ำ และระบบคำสั่งจะสั่งให้โซลิดสเตตทำงานจนกว่าน้ำจะสามารถปรับเข้าสู่สถานะปกติได้

คำสำคัญ: ระบบบำบัดคุณภาพน้ำ, แอปอินเวนเตอร์, สมาร์ทโฟน

Abstract

The properties of water are directly related to the growth of aquatic organisms. There are physical, chemical, and biological properties that are related. If one of the properties is not suitable, there will affect the aquatic life in the water immediately. May weaken aquatic

organisms, get sick easily or be unable to reproduce. Therefore, this research tries to adjust the conditions of the water to be always suitable for the livelihood of aquatic organisms at times. This research is the design and construction of a water quality measuring tool and treatment system control using a turbidity measurement device, the electrical conductivity value and the temperature value. Measurement values can be displayed via a smartphone application. The control system design is working on an automated system. The designed control system has an automated system of working. The results of the system testing showed that the water quality measurement showed the measurement results that matched the measurement. There are two modes of operation: The manual control mode, display on the LCD and the auto mode displayed through an application on a smartphone screen written through the MIT App Inventor program. The measured values of each sensor can be displayed simultaneously on all screens. Another part is the on-off control system. The operation of equipment for water treatment systems relies on electrical disconnection control using solid-state switches. The conditions governing the operation of these devices are obtained by calibrating and comparing the necessary parameters of the water properties and the command system will order the solid-state to work until the water can be adjusted to normal status.

Keywords: Water Treatment System, MIT App Inventor, Smartphone

1. บทนำ

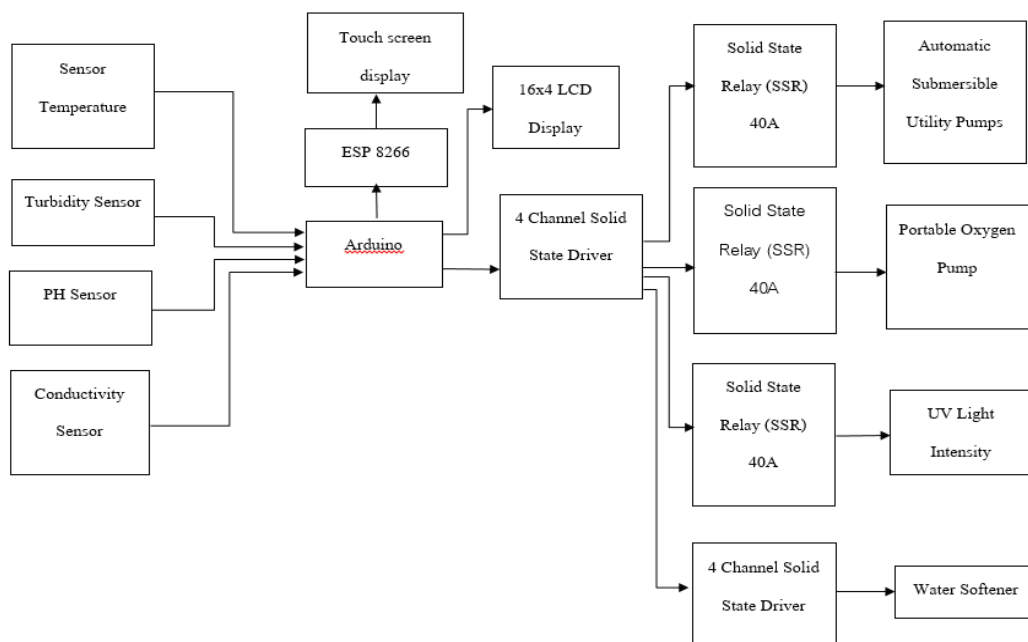
น้ำเป็นสิ่งสำคัญในการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ เรียกอีกอย่างว่าตัวทำละลายสากล เนื่องจากว่าทำปฏิกิริยากับสารส่วนใหญ่และจะไม่นำกระแสไฟฟ้า แต่สารที่ผสมกับน้ำสามารถนำกระแสไฟฟ้าได้ ซึ่งมีผลกระทบอย่างมากต่อการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำ คุณสมบัติความหนาแน่นของน้ำมีความสำคัญอย่างยิ่ง เช่น ความเป็นอยู่ของปลามีความแตกต่างจากสัตว์บกหรือสัตว์เลื้อยคลาน คุณภาพน้ำอาจเปลี่ยนแปลงได้โดยมีสาเหตุจากสภาพแวดล้อม โดยออกซิเจนที่สิ่งมีชีวิตในน้ำจะนำไปใช้หายใจได้นั้นจะต้องละลายลงไปในน้ำ น้ำที่มีคุณภาพเหมาะสมจะทำให้พืชและสัตว์น้ำมีการเจริญเติบโตได้ดี สภาพน้ำที่มีการสะสมของเศษอาหาร สารเคมีมากเกินไป จะทำให้สิ่งมีชีวิตในน้ำเติบโตช้า แหล่งน้ำที่ใช้ปัจจุบันมาจากหลากหลายแหล่งด้วยกัน การเลือกใช้จะขึ้นอยู่กับความสะดวก ปริมาณวัตถุประสงค์ ได้แก่ (1) น้ำประปา ส่วนเป็นปัญหาที่สำคัญ คือ ปริมาณของคลอรีน ซึ่งมักจะมีความเข้มข้นอยู่ประมาณ 0.5–2.0 ppm การสะสมก๊าซภายในน้ำ และความเป็นกรดของน้ำ (2) น้ำธรรมชาติ เป็นน้ำจากแม่น้ำ ลำคลอง หรือจากระบบชลประทาน เป็นน้ำที่มีคุณสมบัติเหมาะสมสำหรับการดำรงชีพของสิ่งมีชีวิตในน้ำ ซึ่งปัญหาที่พบในการใช้น้ำธรรมชาติ คือ อาจมีโรคหรือพยาธิติดมากับน้ำขุ่น (3) น้ำบาดาล มีปัญหาที่ต้องพิจารณา คือ ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ ความเป็นกรด-ด่าง และความเค็ม คุณสมบัติของน้ำที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการเจริญเติบโต

ของพืชหรือการดำรงชีพของสัตว์น้ำนั้น จะมีทั้งคุณสมบัติทางด้านกายภาพ เคมี และชีววิทยา ซึ่งมักจะมีการสัมพันธ์กัน หากคุณสมบัติด้านใดด้านหนึ่งไม่เหมาะสม ก็จะส่งผลกระทบไปถึงสิ่งมีชีวิตในน้ำได้ทันที

2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 กรอบแนวความคิด

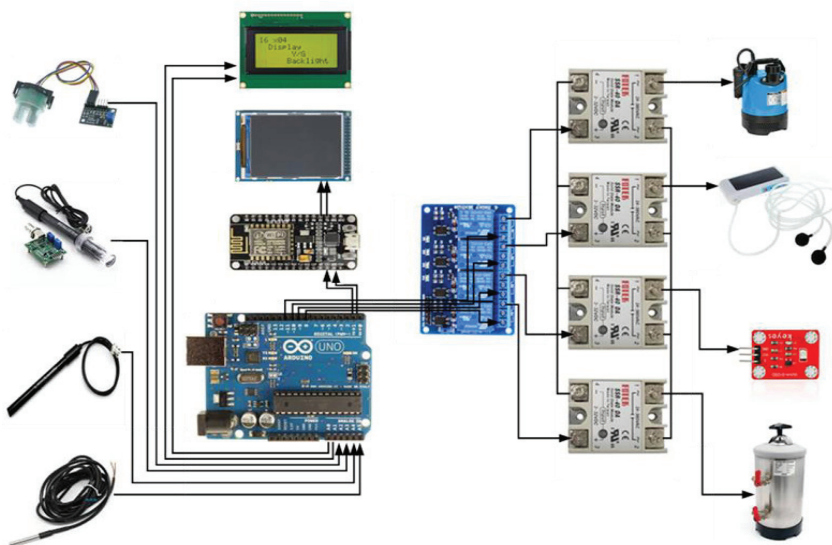
ภาพรวมของระบบการทำงาน เราใช้บอร์ด Arduino ต่อเซ็นเซอร์เพื่อวัดค่าความขุ่นของน้ำ ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ ความนำไฟฟ้าของน้ำ และค่าอุณหภูมิของน้ำ ส่วนค่าที่วัดได้ทั้งหมดนี้จะส่งผ่านไปทีบอร์ด Android ทำงานร่วมกับ Node MCU ESP8266 ทำการประมวลผลส่งไปแสดงผลบนจอ LCD, TFT LCD และสมาร์ทโฟน การทำงานของบล็อกไดอะแกรมในส่วนของอินพุตและเอาต์พุต คือ อุปกรณ์เซ็นเซอร์ที่ใช้ตรวจวัดคุณภาพจะมีวัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ การทำหน้าที่ในการตรวจวัดตามความสามารถของอุปกรณ์ในแต่ละตัว เมื่อถึงค่าตามที่กำหนดข้อมูลค่าวัดจะส่งต่อไปยัง Arduino และมีการประมวลผลค่าเพื่อส่งต่อไปแสดงผลเพื่อแสดงค่าคุณภาพน้ำในการแสดงผ่านหน้าจอ มีการทำงานสองแบบทั้ง Auto และ Manual ในส่วนของเอาต์พุตใช้ค่าที่ได้จากการประมวลผลสัญญาณอินพุตที่มีการกำหนดไว้ตามมาตรฐานการเทียบวัดเป็นเงื่อนไขหลักเพื่อสั่งการทำงานไปที่วงจรเอาต์พุตและแสดงผลการทำงานต่างๆ เช่น หากค่าความขุ่นเกินมาตรฐาน ระบบก็จะมีค่าไปยังชุดควบคุมหลัก จากนั้นส่งงานจากระบบ Android ไปยังโซลิดสเตตเพื่อเปิดปั๊มน้ำให้สูบน้ำเข้าระบบถังกรองน้ำ เพื่อปรับค่าความขุ่นให้คงที่ตามค่ามาตรฐาน



ภาพที่ 1 แสดงบล็อกไดอะแกรมภาพรวมของระบบ

2.2 ฮาร์ดแวร์

อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ประกอบใช้งาน แบ่งออกเป็นส่วนของอุปกรณ์ตรวจวัด คือ เซนเซอร์ ทั้งหมด 4 ตัว ได้แก่ (1) เซนเซอร์วัดความขุ่นของน้ำ (EC Sensor Turbidity Sensor) ตรวจสอบจากการนำ และหักเหของแสงทำงานที่แรงดัน 5 โวลต์ ให้เอาต์พุตแบบอนาล็อก แรงดันตั้งแต่ 0.4–5 โวลต์ (2) เซนเซอร์ วัดความเป็นกรด-ด่างของสารละลาย โดยค่าที่วัดได้จะอยู่ในช่วง 0–14 pH ให้เอาต์พุตแบบอนาล็อก แรงดัน ตั้งแต่ 0.4–5 โวลต์ ใช้ไฟเลี้ยง 5 โวลต์ สามารถแช่น้ำได้ตลอดเวลา (3) เซนเซอร์วัดค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ (Analog TDS Sensor) ให้สัญญาณอนาล็อก สามารถใช้ Arduino อ่านค่าได้เลย (4) เซนเซอร์อุณหภูมิ ใช้ IC เบอร์ DS18B20 แบบกันน้ำได้ เหมาะสำหรับวัดอุณหภูมิในของเหลว อุปกรณ์ส่วนควบคุมระบบ ประกอบด้วย Arduino UNO R3 ใช้สำหรับการประมวลผลสัญญาณและสั่งงานการปิด-เปิดโซลิดสเตตสวิตช์ สำหรับโหลด ที่ใช้สำหรับระบบเครื่องกรองน้ำ ซึ่งภายในประกอบไปด้วย ปัมป์น้ำ ป้อนออกซิเจน หลอดแสงยูวี และ NodeMCU ESP8266 ใช้สำหรับเชื่อมต่อระบบไวไฟอินเทอร์เน็ตและการแสดงผล



ภาพที่ 2 แสดงภาพจำลองการต่อของอุปกรณ์จริง

2.3 ซอฟต์แวร์

ในการแสดงผลการทำงาน สามารถแสดงผลได้ 3 แบบ คือ แบบที่ 1 แสดงผลผ่านจอแอลซีดี ซึ่งจะอ่านค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการตรวจวัดเพียงอย่างเดียว แบบที่ 2 แสดงผลผ่าน TFT LCD ติดตั้งไว้กับ ชุดควบคุมหลัก สามารถแสดงผลและควบคุมระบบได้ตามภาพที่ 3 แบบที่ 3 แสดงผลผ่านสมาร์ทโฟน สามารถแสดงผลและควบคุมระบบได้ตามภาพที่ 3 แต่ต้องเชื่อมต่อกับระบบไวไฟอินเทอร์เน็ต โดยเชื่อมต่อผ่านโปรแกรม MIT App Inventor2

รายละเอียดการแสดงผลและการควบคุมโดยการใช้งานผ่าน TFT LCD และสมาร์ทโฟน มีหลักการทำงานเหมือนกัน คือ หน้าจอที่ 1 การเข้าระบบ ตามภาพที่ 3 (ก) คือ การระบุหมายเลขไอพีของ

ตัวเครื่อง (192.168.43.197) ซึ่งเป็นหมายเลขไอพีของ NodeMCU ESP8266 การระบุไวไฟและรหัสผ่านไวไฟที่เราต้องการใช้งานในตำแหน่งที่ตัวเครื่องติดตั้งอยู่ หลังจากนั้นจึงทำการเชื่อมต่อระบบ ในขั้นตอนนี้จะทำการกรอกข้อมูลเฉพาะการเข้าใช้งานครั้งแรกเท่านั้น หากผู้ใช้เลือกให้ระบบบันทึกข้อมูลไว้ หน้าจอที่ 2 การแสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ตรวจวัดได้ ประกอบด้วย ค่าความขุ่นของน้ำ (NTU) ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ (pH) ความนำไฟฟ้าของน้ำ (ppm) และค่าอุณหภูมิของน้ำ (องศาเซลเซียส) รวมถึงสามารถบอกค่าเวลาและวันที่ปัจจุบัน ส่วนการควบคุมการทำงานของระบบสามารถทำการปิด-เปิดระบบอัตโนมัติจากหน้าจอนี้ หน้าจอที่ 3 การตั้งค่าพารามิเตอร์เพื่อควบคุมระบบ เป็นการตั้งค่าเงื่อนไขการทำงานของระบบอัตโนมัติ ในกรณีศึกษา ค่าพารามิเตอร์ที่ตั้งค่าไว้ คือ (1) ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ (pH) ที่ต้องการอยู่ระหว่าง 6-9 (2) ค่าความขุ่นของน้ำที่ต้องการอยู่ระหว่าง 4-30 NTU (3) ค่าอุณหภูมิของน้ำที่ต้องการอยู่ระหว่าง 22-35 องศาเซลเซียส (4) ความนำไฟฟ้าของน้ำที่ต้องการอยู่ระหว่าง 100-350 ppm



ภาพที่ 3 การแสดงผลบนจอ TFT LCD และสมาร์ทโฟน (ก) การเข้าระบบ, (ข) การแสดงค่าพารามิเตอร์ และการควบคุมระบบ, (ค) การตั้งค่าพารามิเตอร์เพื่อควบคุมระบบ

นอกจากการตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ผ่านจอ TFT LCD และสมาร์ทโฟนแล้ว ในระบบนี้ยังสามารถบันทึกผลข้อมูลที่ได้จากการทำงานทั้งหมดไว้ในเบร้าวเซอร์ โดยผ่านระบบ ThingSpeak IoT Platform โดยตั้งค่าให้บันทึกผลการวัดของทุกพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องทุกๆ 1 นาที เพื่อเป็นการเก็บข้อมูลที่สามารถนำไปใช้ในการพัฒนาระบบในอนาคต

3. ผลการวิจัย

ในการทดสอบการทำงานเพื่อวัดประสิทธิภาพและความเที่ยงตรงของระบบ ได้ทำการติดตั้งระบบ โดยการตั้งค่าเริ่มต้นการทำงานตามภาพที่ 3 (ค) ก่อนเริ่มการทดลองได้ทำการวัดค่าค่าพารามิเตอร์ไว้ดังนี้ (1) ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ (pH) เท่ากับ 9.5 (2) ค่าความขุ่นของน้ำที่เท่ากับ 820 NTU (3) ค่าอุณหภูมิของน้ำที่เท่ากับ 36.5 องศาเซลเซียส (4) ความนำไฟฟ้าของน้ำที่ต้องการอยู่ระหว่าง 460 ppm และกำหนดให้ภายในเครื่องกรองน้ำมีอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำงานภายใน 4 ตัว (L1 คือ ป้อนน้ำ/L2 คือ ป้อนออกซิเจน/L3 คือ หลอดแสงยูวี 1/L4 คือ หลอดแสงยูวี 2) หลังจากนั้นจึงทำการทดสอบระบบแบบต่อเนื่องเป็นเวลา 10 วัน ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 1



ภาพที่ 4 การติดตั้งระบบเพื่อทดสอบการทำงาน

ตารางที่ 1 ผลการทดลองการตรวจวัดและควบคุมระบบบำบัดคุณภาพน้ำ

วันที่	เวลา (น.)	กรด-ด่าง (pH)	ความขุ่น (NTU)	อุณหภูมิ (°C)	ความนำไฟฟ้า (ppm)	สถานะเครื่องกรองน้ำ
1	10.00	9.5	820	36.5	460	L1 = เปิด/L2 = เปิด/ L3 = เปิด/L4 = เปิด
1	10.00-24.00	9.5↓ = 8.7	820↓ = 416	36.5↓ = 33.0	460↓ = 360	L1 = เปิด/L2 = เปิด/ L3 = เปิด/L4 = เปิด

ตารางที่ 1 ผลการทดลองการตรวจวัดและควบคุมระบบบำบัดคุณภาพน้ำ (ต่อ)

2	00.00–24.00	$8.7 \downarrow = 8.2$	$416 \downarrow = 215$	$33.0 \downarrow = 30.3$	$360 \downarrow = 280$	L1 = เปิด/L2 = เปิด/ L3 = เปิด/L4 = ปิด
3	00.00–09.10	$8.2 \downarrow = 7.2$	$215 \downarrow = 80$	$30.3 \downarrow = 23.5$	$280 \downarrow = 120$	L1 = เปิด/L2 = ปิด/ L3 = เปิด/L4 = ปิด
3	09.10–13.20	7.2 ± 0.5	25 ± 5.0	22.5 ± 0.5	120 ± 6.0	L1 = เปิด 20 นาที ± 5 นาที = ปิด 80 นาที ± 5 นาที L2 = เปิด 20 นาที ± 5 นาที = ปิด 50 นาที ± 10 นาที L3 = เปิด 30 นาที ± 5 นาที = ปิด 30 นาที ± 5 นาที L4 = เปิด 30 นาที ± 5 นาที = ปิด 30 นาที ± 5 นาที
3	13.20–24.00	7.2 ± 0.5	18 ± 5.0	23.5 ± 0.5	120 ± 3.0	
4	00.00–24.00	7.2 ± 0.5	15 ± 5.0	23.5 ± 0.4	120 ± 20	
5	00.00–24.00	7.0 ± 0.4	12 ± 1.0	22.0 ± 0.5	110 ± 6.0	
6	00.00–24.00	7.0 ± 0.5	12 ± 1.0	22.0 ± 0.5	110 ± 6.0	
7	00.00–24.00	7.0 ± 0.5	8 ± 1.0	22.0 ± 0.5	110 ± 6.0	
8	00.00–24.00	7.0 ± 0.5	8 ± 1.0	22.0 ± 0.5	110 ± 6.0	
9	00.00–24.00	7.0 ± 0.5	8 ± 1.0	22.0 ± 0.5	110 ± 6.0	
10	00.00–24.00	7.0 ± 0.5	8 ± 1.0	22.0 ± 0.5	110 ± 6.0	

4. สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดสอบการทำงานเพื่อวัดประสิทธิภาพและความเที่ยงตรงของระบบดังตารางที่ 1 เห็นได้อย่างชัดเจนว่าตั้งแต่เริ่มเดินระบบ ค่าพารามิเตอร์ของความชื้นของน้ำ ความเป็นกรด-ด่างของน้ำ ความนำไฟฟ้าของน้ำ ค่าอุณหภูมิของน้ำ ลดลงอย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง เครื่องกรองน้ำมีอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำงานภายใน 4 ตัว ทำงานตลอดเวลาประมาณ 47 ชั่วโมง 10 นาที หลังจากนั้น บัมเปอร์ออกซิเจนและหลอดยูวี 2 เริ่มหยุดทำงานเนื่องจากความเป็นกรด-ด่างของน้ำกับความนำไฟฟ้าของน้ำมีค่าอยู่ในระดับที่ตั้งค่าไว้ จนกระทั่งเวลาประมาณ 53 ชั่วโมง 20 นาที นับตั้งแต่เริ่มเดินระบบ ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ทั้ง 4 ค่า อยู่ในระดับที่ตั้งค่าไว้ ระบบบำบัดคุณภาพน้ำสำหรับบ่อเลี้ยงปลาได้หยุดทำงานชั่วคราว และเริ่มการทำงานใหม่ตามสภาวะการทำงานของเครื่องกรองน้ำที่ถูกตั้งค่าให้ปิด-เปิด การทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่อยู่ภายในโดยอ้างอิงเงื่อนไขจากค่าพารามิเตอร์ของการตรวจวัดและควบคุมระบบแบบอัตโนมัติ ซึ่งการทำงานลักษณะนี้จะส่งผลทำให้ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ต้องการควบคุมของระบบมีค่าคงที่ และเกิดการปรับค่าให้อยู่ในพิกัดที่ตั้งค่าเริ่มต้นไว้

อย่างไรก็ตาม การตั้งค่าและควบคุมระบบแบบอัตโนมัตินี้ ต้องคำนึงถึงปัจจัยประกอบหลายๆ ด้าน เช่น ขนาดและชนิดของถังกรอง แหล่งที่มาของน้ำที่ใช้ ขนาดของแหล่งน้ำ คุณสมบัติทางด้านกายภาพด้านเคมีและชีววิทยา จึงจะทำให้เครื่องตรวจวัดและควบคุมระบบบำบัดคุณภาพน้ำที่สร้างขึ้นทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5. เอกสารอ้างอิง

- กองพล อารีรักษ์. (2560). *การควบคุมแบบอัตโนมัติของระบบปั๊มน้ำสำหรับไร่น้ำสำหรับไร่ส้มลำปะหลังที่ใช้แหล่งพลังงานโซลาร์เซลล์* (รายงานการวิจัย). นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- ธวัชชัย ทองเหลี่ยม, วีระศักดิ์ ชื่นตา, หฤทัย ดินสกุล, และบรรเจิด เจริญพันธ์. (2557). ระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำและประมวลผลแบบอัตโนมัติสำหรับกระชังปลาตะเพิม. ใน *การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข* (น. 1–4). เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา วิทยาเขตภาคพายัพ.
- ประกาศ โฉลกพันธ์รัตน์. (ม.ป.ป.). *น้ำสำหรับปลาสวยงาม*. สืบค้น 2 สิงหาคม 2562, จาก <https://home.kku.ac.th/pracha>
- รัตนา รัตนจารักษ์. (2555). *การตรวจวัดคุณภาพน้ำ พระตำหนักสวนปทุม จังหวัดปทุมธานี ประจำปี 2553–2554*. กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- ศรีสุวรรณ เกษมสวัสดิ์, ศิวพันธุ์ ชูอินทร์, และระชาดา บัวไพร. (2555). *คุณภาพน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคอย่างยั่งยืนในเขตพื้นที่ อำเภอบางคนที จังหวัดสมุทรสงคราม* (รายงานการวิจัย). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.
- สุริยา ศรีวิเศษ. (2561). *Arduino กับเซนเซอร์วัดความชื้นและอุณหภูมิ*. สืบค้น 19 ธันวาคม 2561, จาก <https://sites.google.com/site/mikhorkhxthorllexr1/home>
- อนุพงศ์ แก้วเขียว และเสาวลักษณ์ วรรณธนาภา. (2559). ระบบควบคุมไฟฟ้าในห้องพักด้วยบอร์ดรีเลย์แบบเครือข่ายไร้สายโดยใช้ซิกบี. *วารสารวิชาการบัณฑิตวิทยาลัยสวนดุสิต*, 12(3), 183–193.