

ระบบควบคุมการใช้น้ำแบบเติมเงินผ่านระบบเติมเงินออนไลน์และแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์

ธีระพล เหมือนขาว¹ สุรินทร์ แห่มงาม^{1*} มาโนช ประชา² พชรพล กาญจนเวโรจน์¹ และนันท์พัทธ์ ธนัญญ์สกุล¹
 theerapol.m@en.rmutt.ac.th¹, surin.n@en.rmutt.ac.th^{1*}, manoch.p@en.rmutt.ac.th²,
 1163104003624@mail.rmutt.ac.th¹, 1163104005496@mail.rmutt.ac.th¹

¹ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

²ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

Received: November 29, 2024 Revised: December 24, 2024 Accepted: December 25, 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอระบบควบคุมการใช้น้ำแบบเติมเงินผ่านระบบเติมเงินออนไลน์และแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์ โดยระบบประกอบไปด้วย 2 ส่วนคือ ระบบเติมเงินออนไลน์ ซึ่งผู้ใช้จะสแกน QR Code เพื่อเข้าสู่ระบบเติมเงินออนไลน์ เลือกจำนวนเงินที่ต้องการ และอัปโหลดหลักฐานการชำระเงินเมื่อจัดส่งข้อมูล ข้อมูลจะถูกส่งไปยังส่วนของเครื่องควบคุมการใช้น้ำผ่านระบบออนไลน์ และในส่วนของเครื่องควบคุมการใช้น้ำของผู้ใช้น้ำ สามารถแจ้งเตือนการเติมเงินเข้าสู่ระบบ เพื่อเปิดระบบการใช้น้ำ แจ้งเตือนอัตราการไหลของน้ำ ยอดเงินคงเหลือ แจ้งเตือนเมื่อปริมาณน้ำที่สามารถใช้ได้ใกล้หมด และแจ้งเตือนเมื่อระบบปิดผ่านแอปพลิเคชันไลน์ อีกทั้งยังสามารถตรวจสอบ อัตราการไหลของน้ำ ยอดเงินคงเหลือและปริมาณน้ำที่สามารถใช้ได้ ผ่านหน้าจอ LCD ประสิทธิภาพของระบบที่นำเสนอถูกทดสอบโดยทำการทดสอบการทำงานของระบบทั้งระบบ ตั้งแต่การเติมเงินผ่าน QR Code ระบบควบคุมการใช้น้ำทำงานจนกระทั่งระบบปิดการใช้น้ำเมื่อเงินในระบบหมด พบว่าระบบสามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง สามารถส่งข้อความต่าง ๆ ไปยังผู้ใช้น้ำผ่านแอปพลิเคชันไลน์และแสดงข้อมูลต่าง ๆ ผ่านทางหน้าจอ LCD นอกจากนี้ได้ทำการทดสอบและเปรียบเทียบค่าปริมาณการใช้น้ำผ่านมิเตอร์น้ำทั่วไปกับปริมาณการใช้น้ำผ่านระบบควบคุมการใช้น้ำที่สร้างขึ้น โดยทำการทดสอบการใช้น้ำปริมาณ 5 ลิตร (5×10^{-3} ลูกบาศก์เมตร) จำนวน 10 ครั้ง พบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ร้อยละ 1.48

คำสำคัญ: การใช้น้ำแบบเติมเงิน ระบบเติมเงินออนไลน์ เครื่องควบคุมการใช้น้ำ การแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์ การตรวจสอบการใช้น้ำ

Prepaid water consumption control system via online top-up system and notification through line application

Theerapol Muankhaw¹, Surin Ngaemngam^{1*}, Manoch Pracha², Pacharapol Kanjanawerot¹ and
Nantapat Thananatthasakul¹
theerapol.m@en.rmutt.ac.th¹, surin.n@en.rmutt.ac.th^{1*}, manoch.p@en.rmutt.ac.th²,
1163104003624@mail.rmutt.ac.th¹, 1163104005496@mail.rmutt.ac.th¹

¹Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

²Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

Received: November 29, 2024 Revised: December 24, 2024 Accepted: December 25, 2024

Abstract

This research proposes a prepaid water consumption control system that integrates an online top-up feature with notifications via the LINE application. The system consists of two main components: an online top-up platform, where water consumers scan a QR code, select the desired amount, upload proof of payment, and send the data to the water consumption control unit; and the water consumption control unit, which sends notifications to water consumers through LINE about top-ups, water flow rates, remaining balances, low water availability, and system shutdowns. Water consumers can also monitor water flow rates, account balances, and available water volumes on an LCD screen. The system's performance was tested across all functionalities, from QR code-based top-ups to water consumption control and automatic shutdown when the balance is depleted. The system operated accurately, effectively sending LINE notifications and displaying data on the LCD. Additionally, a comparison of water consumption readings between a standard water meter and the developed system, using 5 liters (5×10^{-3} cubic meters) of water over ten trials, showed a measurement error of 1.48%.

Keywords: Prepaid water consumption, Online top-up system, Water consumption control system, LINE application notifications, Water consumption monitoring.

1. บทนำ

ในปัจจุบัน ระบบการจ่ายเงินล่วงหน้าหรือระบบเติมเงิน (prepaid) ได้ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในชีวิตประจำวันในหลากหลายรูปแบบ เช่น ระบบเติมเงินสำหรับโทรศัพท์มือถือ นอกจากนี้ยังมีการนำไปใช้กับระบบควบคุมการใช้ไฟฟ้า ธานีวิทย โปรเจกต์ และ ธานีภัทร เทศสวัสดิ์ [1] ได้พัฒนาระบบการใช้พลังงานไฟฟ้าแบบเติมเงินโดยใช้เทคโนโลยี RFID เพื่อลดความจำเป็นในการให้เจ้าหน้าที่เดินตรวจสอบค่าพลังงานไฟฟ้าในแต่ละเดือน และช่วยลดปัญหาการประเมินค่าไฟฟ้าแบบประมาณการ ซึ่งอาจสร้างความเสียหายแก่ผู้ใช้ไฟฟ้า สุรินทร์ แหงมงาม และคณะ [2] ได้นำเสนอระบบการใช้พลังงานไฟฟ้าแบบเติมเงินที่ผสานระบบเติมเงินออนไลน์เข้ากับการแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์ โดยระบบประกอบด้วยสองส่วนหลัก ได้แก่ เครื่องเติมเงิน และ เครื่องควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้า ในส่วนของเครื่องเติมเงินมีหน้าที่ในการเติมเงินเข้าสู่บัญชีผู้ใช้ไฟฟ้า โดยข้อมูลการเติมเงินจะถูกส่งต่อไปยังเครื่องควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าผ่านระบบออนไลน์ ส่วนเครื่องควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าซึ่งรับผิดชอบการจัดการและควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้สามารถแจ้งเตือนข้อมูลเกี่ยวกับจำนวนเงินที่เติมและปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่สามารถใช้งานได้ผ่านแอปพลิเคชันไลน์ เพื่อเพิ่มความสะดวกและประสิทธิภาพในการใช้งาน นอกจากนี้แล้วยังมีการนำระบบการเติมเงินไปประยุกต์ใช้กับระบบการใช้น้ำ ซึ่งปัจจุบันตามอาคารบ้านเรือนมีการใช้น้ำประปาทั่วๆไป จึงมีการเก็บค่าบริการในการใช้น้ำ โดยน้ำประปาที่ใช้นั้นจะเป็นการประปานครหลวงจ่ายให้แก่ กรุงเทพมหานคร นนทบุรี และสมุทรปราการ ส่วนจังหวัดที่เหลือจะดูแลโดยการประปาส่วนภูมิภาค ในการคิดค่าบริการน้ำ ตามบ้านพักที่อยู่อาศัยจะมีอัตราค่าบริการน้ำตามปริมาณการใช้น้ำ มีการกำหนดขั้นต่ำในการใช้น้ำฟรีและจะคิดอัตราค่าบริการ น้ำเพิ่มขึ้นตามปริมาณการใช้น้ำ แต่ในบางที่ของหอพักหรือคอนโด จะเป็นการคิดค่าบริการแบบคงตัวหรือคงที่ มีการกำหนดค่าบริการในการใช้น้ำไว้อยู่แล้ว ให้ผู้พักอาศัยจ่ายค่าน้ำตามตัวเลขจากมิเตอร์ที่ได้ติดตั้งไว้แต่ละห้อง บางที่นั้นผู้พักอาศัยจะไม่ได้เห็น

มิเตอร์น้ำเองทำให้ไม่รู้ที่เราใช้น้ำไปมากน้อยแค่ไหน แต่จะมีพนักงานเดินจดค่ามิเตอร์น้ำ นำมาคำนวณและแจ้งจำนวนหน่วยที่เราใช้ไป ซึ่งไม่สามารถทราบได้ว่าตัวเลขที่ได้มานั้นถูกต้องหรือไม่ โดยน้ำหนึ่งหน่วยที่ใช้จะเท่ากับหนึ่งพันลิตรหรือหนึ่งลูกบาศก์เมตร โดยผู้พักอาศัยจะต้องจ่ายตามวันเวลาที่กำหนดไว้ หากลืมชำระค่าน้ำหรือจ่ายล่าช้าเกินกำหนดก็จะเสียค่าปรับที่แพง ในกรณีที่ไมยอมจ่ายค่าน้ำ เจ้าของที่พักก็จะทำการตัดการจ่ายน้ำ ทำให้ต้องเสียเวลาในการดำเนินการเรื่องเพื่อที่จะได้ใช้น้ำต่อ ชีระพล และ คณะ [3] นำเสนอระบบการใช้น้ำแบบเติมเงินผ่าน RFID ควบคุมด้วย ARDUINO R3 ซึ่งจากการศึกษาพบว่าเมื่อต้องการที่จะใช้น้ำจะต้องเติมผ่านบัตร RFID ที่ควบคุมโดย Arduino R3 แต่หากเราลืมบัตรหรือทำบัตรหายก็จะไม่สามารถเติมเงินเพื่อที่จะใช้น้ำได้ อีกทั้งบัตร RFID ยังสามารถอ่านและใช้เติมเงินได้กับทุกห้องพักโดยไม่มีการแยกห้อง ซึ่งอาจจะมีการปลอมแปลงบัตรเกิดขึ้น และการแจ้งเตือนยังมีแค่การแสดงผ่านจอ LCD หน้าตู้เพียงอย่างเดียวหากไม่ได้ไปดูหน้าตู้ก็จะไม่รู้ปริมาณน้ำที่ใช้ได้หรือยอดเงินที่เหลืออยู่ หากยอดเงินหมดจะทำให้ไม่สามารถใช้งานน้ำได้ เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวข้างต้นงานวิจัยนี้จึงเสนอการออกแบบและสร้างระบบควบคุมการใช้น้ำแบบเติมเงินผ่านระบบเติมเงินออนไลน์ แจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์ โดยระบบนี้ประกอบด้วยสองส่วนหลัก ได้แก่ ระบบเติมเงินออนไลน์ และ เครื่องควบคุมการใช้น้ำ ในส่วนของระบบเติมเงินออนไลน์ ผู้ใช้สามารถสแกน QR Code เพื่อเข้าสู่แพลตฟอร์มเลือกจำนวนเงินที่ต้องการเติม และอัปโหลดหลักฐานการชำระเงิน เมื่อดำเนินการเสร็จสิ้น ข้อมูลจะถูกส่งไปยังเครื่องควบคุมการใช้น้ำผ่านระบบออนไลน์ สำหรับส่วนของเครื่องควบคุมการใช้น้ำ จะมีการแจ้งเตือนเกี่ยวกับการเติมเงินเพื่อเปิดใช้งานระบบ รวมถึงแจ้งเตือนอัตราการใช้ของน้ำ ยอดเงินคงเหลือ การแจ้งเตือนเมื่อยอดเงินใกล้หมด และการปิดระบบ ทั้งหมดนี้เป็นการแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์ นอกจากนี้ผู้ใช้ยังสามารถตรวจสอบอัตราการไหลของน้ำ ยอดเงินคงเหลือ และปริมาณน้ำที่ใช้ได้ผ่านหน้าจอ LCD

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 มิเตอร์น้ำ

มิเตอร์น้ำ เป็นตัวช่วยในการคำนวณการใช้น้ำ มีเครื่องภายในไว้วัดปริมาณการใช้น้ำ เมื่อน้ำไหลผ่าน มิเตอร์ อุปกรณ์ภายในจะหมุนตามปริมาณน้ำที่ไหล ผ่านไป อุปกรณ์การวัดจะเชื่อมต่อกับแกนหมุนตัวเลข เพื่อบอกปริมาณน้ำที่ใช้ไป [4] สำหรับงานวิจัยนี้ใช้ สำหรับเปรียบเทียบปริมาณน้ำที่ใช้ไปกับเครื่องควบคุม การใช้น้ำที่สร้างขึ้นมา แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 มิเตอร์น้ำ

2.2 เซนเซอร์วัดอัตราการไหล

เซนเซอร์วัดอัตราการไหล เป็นเครื่องมือวัดที่ทำหน้าที่ในการวัดปริมาตร หรือ อัตราการเคลื่อนที่ ของไหล ผ่านภาชนะที่สามารถหาค่าพื้นที่หน้าตัด ปริมาตร และ เทียบกับเวลาที่ของไหลนั้นไหลผ่านมา ได้ [5] งานวิจัยนี้ใช้สำหรับวัดค่าอัตราการไหลของน้ำ แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 เซนเซอร์วัดอัตราการไหล

2.3 Node MCU ESP32

Node MCU ESP32 เป็นอุปกรณ์ไมโครคอน-โทรลเลอร์ ที่ใช้แรงดันไฟฟ้าในการทำงาน 2.6V ถึง 3V รองรับการเชื่อมต่อ WIFI ในตัว มีแรมในตัว 512KB

ภาษาที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมคือ ภาษาซี [6] สำหรับงานวิจัยนี้ใช้ควบคุมและเชื่อมต่อระหว่างการ เติมน้ำกับเครื่องควบคุมการใช้น้ำและส่งการแจ้งเตือน ไปยังแอปพลิเคชันไลน์ แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 Node MCU ESP32

3. วิธีการดำเนินงาน

3.1 การทำงานโดยรวมของระบบควบคุม การใช้น้ำแบบเติมน้ำผ่านระบบเติมน้ำออนไลน์และ แจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์

ภาพรวมการทำงานของระบบแสดงดังรูปที่ 4 โดยระบบแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ระบบเติมน้ำ ออนไลน์โดยสแกนผ่าน QR Code และเครื่องควบคุม การใช้น้ำ ดังแสดงในรูปที่ 5 โดยจะต้องมีการเติมน้ำ เข้าระบบโดยการสแกนผ่าน QR Code และข้อมูลการ เติมน้ำจะถูกส่งผ่านระบบออนไลน์ไปยังเครื่องควบคุม การใช้น้ำ จากนั้นเครื่องควบคุมการใช้น้ำจะส่งข้อมูล อัตราการไหลของน้ำ ยอดเงินคงเหลือ และปริมาณน้ำที่ สามารถใช้ได้ ไปยังผู้ใช้น้ำผ่านแอปพลิเคชันไลน์



รูปที่ 4 ภาพรวมการทำงานของระบบ



(ก)



(ข)

รูปที่ 5 (ก) QR Code เติมเงิน

(ข) เครื่องควบคุมการใช้น้ำ

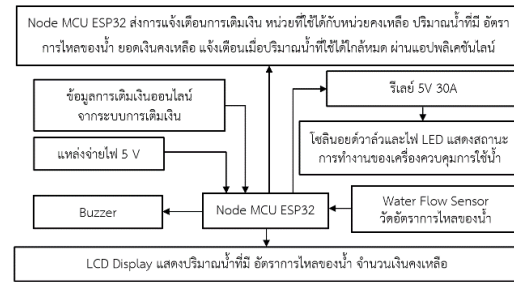
ส่วนที่ 1 การเติมเงินเข้าระบบ ผ่าน QR Code ระบบเติมเงินประมวลผลและส่งข้อมูลไปยังเครื่องควบคุมการใช้น้ำรับข้อมูล ผ่านระบบออนไลน์ แสดงดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 แผนผังการควบคุมของระบบการเติมเงิน

จากรูปที่ 6 ผู้ใช้น้ำจะเข้าสู่ระบบการเติมเงิน โดยการสแกน QR Code เมื่อทำการกรอกข้อมูลและกดส่งข้อมูล ข้อมูลจะถูกบันทึกไว้ใน google sheet และส่งรูปภาพหลักฐานการเติมเงินเข้าไปยัง google sheet ข้อมูลจำนวนเงินที่เลือกไว้จะถูกจัดเก็บใน google sheet จากนั้นข้อมูลการเติมเงินจะถูกส่งไปยัง Node MCU ESP32 ที่ติดตั้งในระบบควบคุมการใช้น้ำในขณะเดียวกันจะส่งการแจ้งเตือนต่าง ๆ ไปยังแอปพลิเคชัน

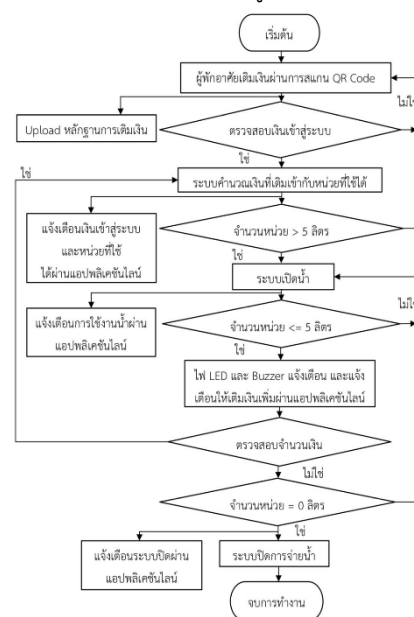
ในส่วนที่ 2 เป็นส่วนควบคุมการใช้น้ำ ดังแสดงในรูปที่ 7 โดยประกอบไปด้วย Node MCU ESP32 ที่รับข้อมูลการเติมเงินออนไลน์เข้ามาและทำการประมวลผลและส่งข้อมูลการแจ้งเตือนต่าง ๆ Water Flow Meter Sensor ทำการวัดข้อมูลอินพุตค่าต่าง ๆ ของน้ำ ส่วนทางด้านเอาต์พุตประกอบด้วย LCD Display แสดงผลค่าต่าง ๆ ออกมา เช่น จำนวนเงิน ปริมาณน้ำที่มี อัตราการไหลของน้ำ เป็นต้น และไฟ LED, Buzzer จะแจ้งเตือนเมื่อปริมาณของน้ำที่สามารถใช้ได้ใกล้หมด



รูปที่ 7 แผนผังการควบคุมการใช้น้ำ

3.2 ขั้นตอนการใช้งานระบบ

ขั้นตอนการทำงานของระบบการใช้น้ำแสดงดังรูปที่ 8. โดยเริ่มจากผู้ใช้งานทำการเติมเงินโดยสแกนผ่าน QR Code เพื่อเข้าสู่หน้าระบบเติมเงินออนไลน์ทำการเติมเงินและอัปเดตหลักฐานการเติมเงินเข้าสู่ระบบ ระบบจะตรวจสอบจำนวนเงินและคิดคำนวณจำนวนเงินกับหน่วยที่ใช้ได้ ส่งการแจ้งเตือนไปยังแอปพลิเคชัน ถ้าปริมาณน้ำมากกว่า 5 ลิตร ระบบจะเปิดหากปริมาณน้ำน้อยกว่าหรือเท่ากับ 5 ลิตร หลอดไฟแอลอีดีและบัสเซอร์จะแจ้งเตือน และระบบจะแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชัน ให้เติมเงินเพิ่มและเมื่อมีการเติมเงินเพิ่มสถานะการทำงานของหลอดไฟแอลอีดีและบัสเซอร์จะหยุดทำงาน หากไม่มีการเติมเงินเพิ่มและปริมาณน้ำที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 0 ลิตร ระบบจะปิดการจ่ายน้ำและทำการแจ้งเตือนผ่านทางแอปพลิเคชันว่าระบบการใช้น้ำถูกปิดแล้ว



รูปที่ 8 แผนผังขั้นตอนการทำงานของระบบการใช้น้ำ

4. การทดสอบและผลการทดสอบ

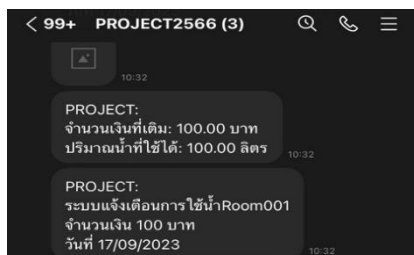
ทำการทดสอบการทำงานของระบบตั้งแต่เริ่มต้นใช้งานจนจบกระบวนการแบบอัตโนมัติ และเปรียบเทียบปริมาณที่ใช้ไประหว่างมิเตอร์น้ำทั่วไปกับระบบควบคุมที่สร้างขึ้นมา โดยมีการทดสอบดังนี้

4.1 ทดสอบการเติมเงินเข้าระบบโดยทำการทดสอบจำนวน 10 ครั้ง ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ทดสอบการเติมเงินเพิ่มของระบบ โดยทำการเติมเงินครั้งละ 100 บาท

ครั้งที่	ยอดคงเหลือ	ยอดเติมเพิ่ม	ยอดคงเหลือล่าสุด	ความคลาดเคลื่อน (%)
1	0	100	100	0
2	100	100	200	0
3	200	100	300	0
4	300	100	400	0
5	400	100	500	0
6	500	100	600	0
7	600	100	700	0
8	700	100	800	0
9	800	100	900	0
10	900	100	1000	0

จากผลการทดสอบตารางที่ 1 พบว่าระบบสามารถเติมเงินเพิ่มได้ โดยไม่พบค่าความคลาดเคลื่อนในการเติมเงินเพิ่มของระบบ โดยตัวอย่างการทดสอบการเติมเงินเพิ่มเข้าไปในระบบ ซึ่งตัวอย่างแจ้งเตือนการเติมเงินเข้าสู่ระบบผ่านแอปพลิเคชันไลน์ ตัวอย่างข้อมูลการใช้น้ำของ ROOM001 ผ่าน Google Sheet ตัวอย่างข้อมูลหลักฐานการเติมเงินเข้าสู่ระบบผ่าน Google Sheet และ ตัวอย่างหลักฐานการเติมเงินเข้าสู่ระบบแสดงดังรูปที่ 9 – 12



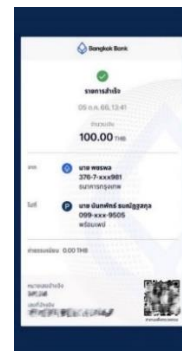
รูปที่ 9 ตัวอย่างแจ้งเตือนการเติมเงินเข้าสู่ระบบผ่านแอปพลิเคชันไลน์

ROOM001				
DATE & TIME	Flow Rate	Remain	Volume	
7/9/2023, 19:59:56	Top_up	100	100	
7/9/2023, 20:00:04	Remain	100	100	
7/9/2023, 20:00:12	Top_up	100	100	
7/9/2023, 20:00:20	Remain	200	200	
7/9/2023, 20:00:28	Top_up	100	100	
7/9/2023, 20:00:36	Remain	300	300	
7/9/2023, 20:00:44	Top_up	100	100	
7/9/2023, 20:00:52	Remain	400	400	
7/9/2023, 20:01:00	Top_up	100	100	
7/9/2023, 20:01:08	Remain	500	500	
7/9/2023, 20:01:16	Top_up	100	100	
7/9/2023, 20:01:24	Remain	600	600	
7/9/2023, 20:01:32	Top_up	100	100	
7/9/2023, 20:01:40	Remain	700	700	
7/9/2023, 20:01:48	Top_up	100	100	
7/9/2023, 20:01:56	Remain	800	800	
7/9/2023, 20:02:04	Top_up	100	100	
7/9/2023, 20:02:12	Remain	900	900	
7/9/2023, 20:02:20	Top_up	100	100	
7/9/2023, 20:02:28	Remain	1000	1000	

รูปที่ 10 ตัวอย่างข้อมูลการใช้น้ำของ ROOM001 ผ่าน Google Sheet

A	B	C	D	E
16/5/2023, 21:10:45	rew.c044@gmail.com	Room001	100	https://drive.google.com/open
16/5/2023, 22:24:12	nantapa2844@gmail.com	Room002	100	https://drive.google.com/open
17/5/2023, 23:25:02	rew.2844@gmail.com	Room002	300	https://drive.google.com/open
18/5/2023, 10:22:40	rew.2844@gmail.com	Room001	100	https://drive.google.com/open

รูปที่ 11 ตัวอย่างข้อมูลหลักฐานการเติมเงินเข้าสู่ระบบผ่าน Google Sheet



รูปที่ 12 ตัวอย่างหลักฐานการเติมเงินเข้าสู่ระบบ

4.2 ทดสอบการทำงานของระบบตั้งแต่เริ่มใช้น้ำจนจบกระบวนการทำงานแบบอัตโนมัติ โดยตัวอย่างการทำงานของระบบ แสดงดังรูปที่ 13 – 16 และผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 2



รูปที่ 13 เติมเงินเข้าสู่เครื่องควบคุมการใช้น้ำ 100 บาท



รูปที่ 14 เครื่องพร้อมใช้งาน

รูปที่ 15 ปริมาณน้ำที่สามารถใช้ได้น้อยกว่า 5 ลิตร
(ไฟแจ้งเตือนจะกระพริบ)รูปที่ 16 ไฟแจ้งเตือนติดค้างเมื่อปริมาณน้ำที่สามารถ
ใช้ได้เท่ากับ 0 ลิตร

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบการทำงานของระบบ

ครั้งที่	เปิดระบบ	Buzzer ทำงาน	หลอดไฟแสดงสถานะการทำงาน			ปิดระบบ
			ติด	ดับ	กระพริบ	
1	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2	✓	✓	✓	✓	✓	✓
3	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4	✓	✓	✓	✓	✓	✓
5	✓	✓	✓	✓	✓	✓

หมายเหตุ :

เปิดระบบ หมายถึง สามารถใช้งานน้ำได้

Buzzer ทำงาน หมายถึง ส่งเสียงแจ้งเตือน

ปิดระบบ หมายถึง ไม่สามารถใช้งานน้ำได้เมื่อปริมาณน้ำที่สามารถใช้ได้เท่ากับ 0

จากผลการทดสอบตารางที่ 2 จากการทดสอบการทำงานของระบบตั้งแต่เริ่มใช้น้ำจนจบกระบวนการทำงานแบบอัตโนมัติระบบสามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง

4.3 ทดสอบระบบการแจ้งเตือนไปยังผู้ใช้น้ำผ่านแอปพลิเคชันไลน์เมื่อผู้ใช้น้ำทำการเติมเงิน แจ้งเตือนระหว่างการใช้น้ำ แจ้งเตือนเมื่อปริมาณน้ำที่สามารถใช้ได้น้อยกว่า 5 ลิตร และแจ้งเตือนปริมาณการใช้น้ำที่สามารถใช้ได้เป็น 0 และระบบการใช้น้ำถูกปิด โดยผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบการแจ้งเตือนจากระบบควบคุมเมื่อมีการเติมเงินเข้าระบบ ปริมาณน้ำที่สามารถใช้ได้น้อยกว่า 5 ลิตร และเมื่อปริมาณน้ำที่สามารถใช้ได้หมดผ่านทางแอปพลิเคชันไลน์

ครั้งที่	จำนวนเงิน	แจ้งเตือนยอดการเติมเงิน	แจ้งเตือนระหว่างการใช้งานระบบ	แจ้งเตือนยอดเงินคงเหลือ < 5×10^{-3} ลบ.ม.	แจ้งเตือนปิดระบบ
1	100	✓	✓	✓	✓
2	300	✓	✓	✓	✓
3	500	✓	✓	✓	✓
4	1000	✓	✓	✓	✓
5	2000	✓	✓	✓	✓

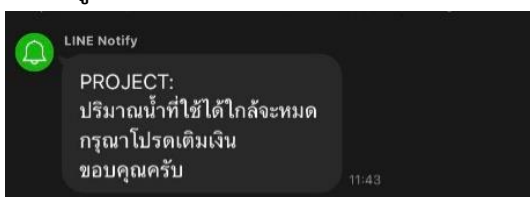
จากผลการทดสอบตารางที่ 3 การทดสอบการแจ้งเตือนของแอปพลิเคชันไลน์ เมื่อมีการเติมเงินเข้าระบบ ปริมาณน้ำที่สามารถใช้ได้น้อยกว่า 5 ลิตร และเมื่อปริมาณน้ำที่สามารถใช้ได้หมด พบว่าระบบทำงานได้ตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ โดยตัวอย่างการแจ้งเตือนแสดงดังรูปที่ 17-20



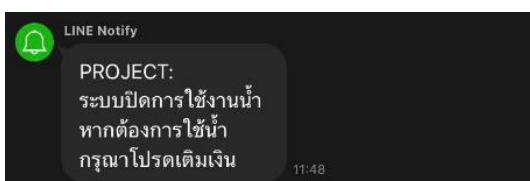
รูปที่ 17 แจ้งเตือนจำนวนเงินเข้าสู่ระบบ 100 บาท



รูปที่ 18 แจ้งเตือนระหว่างการใช้งานน้ำ



รูปที่ 19 แจ้งเตือนเมื่อปริมาณน้ำที่สามารถใช้นได้น้อยกว่า 5 ลิตร



รูปที่ 20 แจ้งเตือนเมื่อปริมาณน้ำที่สามารถใช้ได้หมด

4.4 ทดสอบและวัดค่าปริมาณน้ำจากมิเตอร์น้ำทั่วไปและจากระบบควบคุมการใช้น้ำที่สร้างขึ้น ทำการบันทึกหน่วยเริ่มต้นจากมิเตอร์น้ำก่อนทำการใช้น้ำ และหลังการใช้น้ำ โดยตัวอย่างการทดสอบ แสดงดังรูปที่ 21 -26 และผลการทดสอบเปรียบเทียบการค่าปริมาณน้ำที่ใช้ไประหว่างมิเตอร์น้ำทั่วไปกับระบบควบคุมการใช้น้ำที่สร้างขึ้นแสดงดังตารางที่ 4 โดยการทดสอบนี้กำหนดให้ค่าน้ำราคาลิตรละ 1 บาท



รูปที่ 21 ค่าปริมาณน้ำที่วัดได้จากเครื่องควบคุมที่สร้างขึ้น เริ่มต้น 100 ลิตร



รูปที่ 22 ค่าตัวเลขจากมิเตอร์น้ำเริ่มต้นที่ 485 ลิตร



รูปที่ 23 ปริมาณน้ำเริ่มต้นในถังประมาณ 20 ลิตร



รูปที่ 24 หลังจากใช้น้ำไป 5 ลิตร ค่าตัวเลขจากมิเตอร์
น้ำมีค่า 490 ลิตร



รูปที่ 25 ค่าปริมาณน้ำที่วัดได้จากเครื่องควบคุมที่สร้าง
ขึ้น หลังจากใช้ไป 5 ลิตร คงเหลือ 95.10 ลิตร



รูปที่ 26 หลังจากใช้น้ำไป 5 ลิตร ค่าปริมาณน้ำในถัง
จาก 20 ลิตร ลดลงเป็น 15 ลิตร

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบเปรียบเทียบค่าปริมาณน้ำที่ใช้ไประหว่างมิเตอร์น้ำทั่วไปกับระบบควบคุมการใช้น้ำที่สร้างขึ้น

ครั้งที่	ค่าปริมาณน้ำที่วัดจากมิเตอร์น้ำ (ลบ.ม.)			ค่าปริมาณน้ำที่วัดจากระบบควบคุม (ลบ.ม.)		%ความคลาดเคลื่อน
	หน่วยเริ่มต้น (ลบ.ม.)	หน่วยที่กำหนด (ลบ.ม.)	ปริมาณน้ำที่ใช้ไป (ลบ.ม.)	หน่วยที่กำหนด 5 ลิตร (ลบ.ม.)	ปริมาณน้ำที่ใช้ไป (ลบ.ม.)	
1	0.435	0.440	5×10^{-3}	5×10^{-3}	5.08×10^{-3}	1.6
2	0.440	0.445	5×10^{-3}	5×10^{-3}	4.89×10^{-3}	2.2
3	0.445	0.450	5×10^{-3}	5×10^{-3}	5.03×10^{-3}	0.6
4	0.450	0.455	5×10^{-3}	5×10^{-3}	4.90×10^{-3}	2
5	0.455	0.460	5×10^{-3}	5×10^{-3}	4.86×10^{-3}	2.8
6	0.460	0.465	5×10^{-3}	5×10^{-3}	4.97×10^{-3}	0.6
7	0.465	0.470	5×10^{-3}	5×10^{-3}	4.95×10^{-3}	1
8	0.470	0.475	5×10^{-3}	5×10^{-3}	4.95×10^{-3}	1
9	0.475	0.480	5×10^{-3}	5×10^{-3}	5.05×10^{-3}	1
10	0.485	0.490	5×10^{-3}	5×10^{-3}	4.97×10^{-3}	2
เฉลี่ยรวม					4.958×10^{-3}	1.48%

จากผลการทดสอบดังตารางที่ 4 พบว่าเมื่อทำการเปรียบเทียบปริมาณน้ำโดยทดสอบครั้งละ 5 ลิตร (5×10^{-3} ลบ.ม.) และทำการทดสอบจำนวน 10 ครั้ง พบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ร้อยละ 1.48

5. วิเคราะห์และสรุปผล

งานวิจัยนี้นำเสนอระบบควบคุมการใช้น้ำแบบเติมเงินผ่านระบบเติมเงินออนไลน์และแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์ ระบบที่นำเสนอนี้ประกอบด้วย 2 ส่วนคือส่วนของระบบเติมเงินโดยการสแกน QR Code เข้าสู่ Google Forms เพื่อทำการเติมเงิน ข้อมูล

การเติมเงินจะถูกส่งไปยังเครื่องควบคุมการใช้น้ำ เพื่อเปิดใช้งานระบบ ในการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบ จะทดสอบการแปลงจำนวนเงินที่เติมเป็นปริมาณน้ำที่สามารถใช้ได้ ทดสอบการเติมเงินเพิ่มจากยอดคงเหลือ หาค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างมิเตอร์ทั่วไประบบควบคุมน้ำที่สร้างขึ้นมา พบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ร้อยละ 1.48 (ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนนี้เกิดจากความ คลาดเคลื่อนของเซนเซอร์วัดอัตราการไหลของน้ำ โดยตามข้อมูลของเซนเซอร์วัดอัตราการไหลของน้ำที่ใช้มีค่าความคลาดเคลื่อนร้อยละ 5) ทดสอบการแจ้งเตือนของแอปพลิเคชันไลน์ เมื่อมีการเติมเงินเข้าระบบ ค่าปริมาณน้ำที่สามารถใช้ได้เหลือน้อยกว่า 5 ลิตร (5×10^{-3} ลบ.ม.) และเมื่อปริมาณน้ำที่ใช้สามารถใช้ได้เป็นศูนย์ พบว่าระบบสามารถทำงานได้ตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ ซึ่งระบบควบคุมการใช้น้ำที่นำเสนอนี้ เป็นเพียงต้นแบบระบบควบคุมการใช้น้ำที่ทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการ ยังไม่ได้นำไปติดตั้งและใช้งานในสถานที่จริง

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ดำเนินการและสำเร็จไปได้ด้วยดี ทั้งนี้เนื่องจากการได้รับความช่วยเหลือจากบุคคลหลายท่าน ทางคณะผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณชัชชัย ทองจันทร์ และ คุณจิตติณัฐ ฉายประเจียด นักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ที่ให้ข้อมูลต่าง ๆ ในการทำวิจัยและทางผู้วิจัยขอขอบคุณอาจารย์และเจ้าหน้าที่ของภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือและสถานที่ในการทำวิจัย

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Thanavit P, Thanapat T. Prepaid electric energy consumption system via RFID controlled by arduino uno R3 [Bachelor's thesis]. Pathumthani: Faculty of Engineering: Rajamangala University of Technology Thanyaburi; 2020. (in Thai)

[2] Ngaemngam S, Thangpreecharparnich N, Muankhaw T, Tubtongdee S, Toomkaew K, Phuon P. Prepaid electric energy consumption system via online top-up system and a notification through LINE application. *Frontiers in Engineering Innovation Research*. 2021;19(2):43-52.

[3] Muankhaw T, Ngaemngam S, Thongchan C, Chaiprachaiad J. Prepaid water consumption system via RFID controlled by microcontroller. *Frontiers in Engineering Innovation Research*. 2024;22(1):27-37.

[4] Euro-oriental trading co., ltd. [Internet] 2020 [cited 2023 Nov 12]. Available from: <https://www.eurooriental.co.th/-types-of-water-meter/> (in Thai)

[5] Petro-Instruments Corp., Ltd., Flow meter. [Internet] 2020 [cited 2023 Dec 26]. Available from: <https://www.pico.co.th/?names=blog&files=flow-meter-measurement> (in Thai)

[6] ArtronShop, Node MCU ESP32, . [Internet] 2021 [cited 2023 Dec 26]. Available from: <https://www.artronshop.co.th/> (in Thai)