ระบบควบคุมการใช้น้ำแบบเติมเงินผ่าน RFID ควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์

ธีระพล เหมือนขาว[1] สุรินทร์ แหงมงาม[1*] ชัชชัย ทองจันทร์[1] และ จิตติณัฐ ฉายประเจียด[1]
theerapol.m@en.rmutt.ac.th[1], surin.n@en.rmutt.ac.th[1*], dewzadspider@gmail.com[1],
Jittinat0241@gmail.com[1]

[1] ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

Received: February 8, 2024 Revised: April 9, 2024 Accepted: April 30, 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอระบบควบคุมการใช้น้ำแบบเติมเงินผ่าน RFID ควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์และมีการแจ้งเตือนผู้ใช้น้ำผ่านหลอดแอลอีดีสำหรับหอพักหรืออพาร์ทเม้นท์ วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือเพื่ออำนวยความสะดวกให้กับเจ้าของหอพักหรืออพาร์ทเม้นท์ ไม่ต้องบักทึกค่าปริมาณการใช้น้ำในแต่ละห้องและลดปัญหาการเสียค่าปรับของผู้พักอาศัยกรณีจ่ายค่าน้ำล่าช้า โดยระบบจะประกอบด้วย 2 ส่วน คือส่วนเครื่องเติมเงินเข้าบัตร RFID และส่วนเครื่องควบคุมการใช้น้ำ ซึ่งการทำงานของระบบนั้นจะใช้บัตร RFID เป็นตัวกลางในการสื่อสารระหว่างเครื่องเติมเงินเข้าบัตรและส่วนควบคุมการใช้น้ำ โดยระบบนี้จะต้องทำการเติมเงินลงบัตร RFID และนำบัตรนี้มาทาบกับส่วนควบคุมการใช้น้ำ เพื่อเปิดระบบให้สามารถใช้น้ำได้ ประสิทธิภาพของระบบที่นำเสนอถูกทดสอบโดยทำการทดสอบการทำงานของระบบทั้งระบบ ตั้งแต่การเติมเงินลงในบัตร การนำบัตรไปเปิดระบบเพื่อใช้น้ำ จนกระทั่งระบบปิดการใช้น้ำเมื่อเงินในระบบหมด พบว่าระบบสามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง นอกจากนี้ประสิทธิภาพของระบบที่นำเสนอถูกทดสอบโดยการเปรียบเทียบการใช้น้ำผ่านระบบที่นำเสนอกับกับการใช้น้ำผ่านมิเตอร์น้ำทั่วไป โดยทำการทดสอบจำนวน 5 ครั้ง พบว่าปริมาณน้ำที่ใช้ผ่านระบบควบคุมที่นำเสนอมีค่าเท่ากันกับปริมาณน้ำที่ใช้ผ่านมิเตอร์น้ำทั่วไป

คำสำคัญ: ระบบควบคุมการใช้น้ำ เติมเงิน อาดุยโน่ อาร์เอฟไอดี

Prepaid Water Consumption System Via RFID Controlled by Microcontroller

Theerapol Muankhaw[1], Surin Ngaemngam[1*], Chatchai Thongchan[1], Jittinat Chaiprachiad[1]
theerapol.m@en.rmutt.ac.th[1], surin.n@en.rmutt.ac.th[1*], dewzadspider@gmail.com[1],
Jittinat0241@gmail.com[1]

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

Received: February 8, 2024 Revised: April 9, 2024 Accepted: April 30, 2024

Abstract

This research presents a prepaid water consumption system via RFID controlled by a microcontroller with a notification through an LED lamp for dormitories or apartments. The objective of this study is to facilitate dormitory or apartment owners no need to record water consumption in individual rooms and reduce issues related to tenants facing fines due to late payment of water bills. The system is composed of two parts: the prepaid machine and the water consumption control machine. The operation of the system uses RFID cards as an intermediary for communication between the prepaid machine and the water consumption control machine. It is required to top up money on the RFID card and place this card on the water consumption control machine to turn on the system and to use the water for any purpose. The efficiency of the proposed system was tested by testing the operation of the whole system starting from topping-up money into RFID cards, placing the cards on the water consumption control machine, and turning off the system when the system has no money. The experimental results found that the system can be used correctly. Moreover, the efficiency of the system was tested by comparing water consumption through the proposed water consumption control system with a general water meter by testing it 5 times. The experimental results found that the water consumption from the proposed system was equal to the water consumption from a general water meter.

Keywords: Water consumption control system, Top up money, Arduino, RFID

1. บทนำ

ปัจจุบันได้มีการนำระบบการจ่ายเงินก่อนหรือระบบเติมเงิน (prepaid) มาใช้ในชีวิตประจำวันในหลากหลายรูปแบบเช่น ระบบการเติมเงินในโทรศัพท์เคลื่อนที่ นอกจากนี้ยังได้นำระบบการจ่ายเงินก่อนหรือระบบเติมเงินทำงานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์มาประยุกต์ใช้งานกับระบบควบคุมต่าง ๆ มากมายเพื่ออำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้งาน ประดิษฐ์ ลักษณะอังกูร [1] เสนอระบบมิเตอร์แบบจ่ายก่อนโดยใช้สมาร์ทการ์ดเพื่อใช้กับระบบการเก็บเงินของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยใช้ภาษาซีในการเขียนโปรแกรมสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์และบัตรสมาร์ทการ์ด บัณฑิต แก้วศรี [2] เสนอระบบชำระเงินค่าไฟฟ้าแบบล่วงหน้าด้วยเครื่องสมาร์ทการ์ดกิโลวัตต์-ชั่วโมงมิเตอร์แบบรีโมทข้อมูลผ่านโครงข่ายคู่สายเช่า ธนาวิทย์ โปรยเจริญ และ ธนาภัทร์ เทศสวัสดิ์ [3] เสนอระบบการใช้พลังงานไฟฟ้าแบบเติมเงินผ่าน RFID ซึ่งเป็นการแก้ปัญหาการให้เจ้าหน้าที่ทำการเดินจดค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละเดือน และเพื่อแก้ปัญหาข้อร้องเรียนว่าบางครั้งเจ้าหน้าที่ไม่ได้ไปจดเองแต่ใช้วิธีการประมาณการจากเดือนที่ผ่านมาทำให้เกิดความเสียหายต่อผู้ใช้ไฟฟ้า เช่นเดียวกับการใช้น้ำในปัจจุบันขั้นตอนการเรียกชำระค่าการใช้น้ำสำหรับหอพัก ห้องเช่าต่าง ๆ จะใช้วิธีการคือให้เจ้าหน้าที่ทำการจดมิเตอร์การใช้น้ำจากมิเตอร์น้ำ และนำมาคำนวณหาค่าการใช้น้ำในแต่ละเดือน จากที่ผ่านมาพบว่าการใช้เจ้าหน้าที่เดินจดค่าการใช้น้ำ บางเดือนเจ้าหน้าที่ไม่ได้ไปจดเองแต่ใช้วิธีการประมาณการจากเดือนที่ผ่านมาทำให้เกิดความเสียหายต่อเจ้าของหอพักหรือห้องเช่าและผู้ใช้น้ำ และในแต่ละเดือนมีผู้ใช้น้ำจำนวนมากไม่จ่ายค่าน้ำให้กับ เจ้าของหอพัก บ้านเช่าตามกำหนดเวลา ดังนั้นเพื่อเป็นการอำนวยความสะดวกและแก้ปัญหาดังกล่าวข้างต้น การเติมเงินผ่านบัตรเพื่อใช้น้ำ จึงเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับ เจ้าของหอพัก ห้องเช่า รวมถึงผู้ใช้น้ำด้วย ปัจจุบันมีมาตรวัดน้ำอัตโนมัติจำหน่ายตามท้องตลาดแล้ว โดยสามารถอ่านข้อมูลการใช้น้ำได้อัตโนมัติ โดยการส่งสัญญาณผ่านคลื่นวิทยุ Radio frequency (RF) ลดเวลาและความผิดพลาดในการตรวจสอบค่าน้ำได้ [4] งานวิจัยนี้นำเสนอระบบควบคุมการใช้น้ำแบบเติมเงินผ่าน RFID ควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์และมีการแจ้งเตือนผู้ใช้น้ำผ่านหลอดแอลอีดีเมื่อปริมาณน้ำที่ยังคงใช้ได้ต่ำกว่าค่าที่กำหนดไว้ ซึ่งระบบจะประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ส่วนเครื่องเติมเงินเข้าบัตรและส่วนเครื่องควบคุมการใช้น้ำ ซึ่งการทำงานของระบบนั้นจะใช้บัตร RFID เป็นตัวกลางในการสื่อสารระหว่างเครื่องเติมเงินเข้าบัตรและส่วนควบคุมการใช้น้ำ โดยระบบนี้จะต้องทำการเติมเงินลงบัตร RFID และนำบัตรนี้มาทาบกับส่วนควบคุมการใช้น้ำ เพื่อเปิดระบบให้สามารถใช้น้ำได้

2. ทฤษฎีและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

2.1 มิเตอร์น้ำ

มิเตอร์น้ำ (Water meter) [5] หรือ มาตรวัดน้ำ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดปริมาตรของน้ำที่ใช้ โดยให้น้ำไหลผ่านอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่คำนวณปริมาตรและส่งค่าที่ได้ไปที่หน้าปัดซึ่งมีหลักการคำนวณและแปลงอัตราส่วนที่คำนวณได้เพื่อแสดงผลเป็นค่าที่ทำให้ผู้ใช้สามารถอ่านได้เป็นสากล เช่น ปริมาตรเป็นลิตร เป็นลูกบาศก์เมตร เป็นต้น มาตรวัดน้ำหรือมิเตอร์น้ำจะมีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่คำนวณปริมาตรที่แตกต่างกันอยู่ภายใน เมื่อน้ำไหลผ่านอุปกรณ์การวัดจะหมุน หรือคำนวณตามปริมาตรของน้ำที่ไหลผ่าน อุปกรณ์การวัดจะมีการเชื่อมต่อกับแกนหมุนตัวเลข หรือส่งสัญญาณไฟฟ้าไปยังชุดแสดงผลเพื่อจะแสดงค่าของปริมาณน้ำที่หน้าปัด หรือส่งสัญญาณออกไปสู่ภายนอก หรือที่เรียกว่า AMR METER แสดงดังรูปที่ 1

รูปที่ 1 มาตรวัดน้ำของการประปาส่วนภูมิภาค [5]

2.2 Arduino UNO R3

บอร์ด Arduino UNO R3 [6] ดังแสดงดังรูปที่ 2 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาดเล็กที่สามารถนำไปเชื่อมต่อเพื่อสั่งการเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ เป็นการนำชิปไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลต่าง ๆ มาใช้ร่วมกันในภาษา C ซึ่งภาษา C นี้เป็นลักษณะเฉพาะ คือ มีการเขียนไลบารี่ของ Arduino ขึ้นมาเพื่อให้การสั่งงานไมโครคอนโทรลเลอร์ที่แตกต่างกัน สามารถใช้งานโค้ดตัวเดียวกันได้ สาเหตุหลักที่ทำให้ Arduino เป็นนิยมมาก เป็นเพราะซอฟต์แวร์ที่ใช้งานร่วมกันสามารถโหลดได้ฟรี และตัวบอร์ดทดลองมีราคาถูก

รูปที่ 2 บอร์ด Arduino UNO R3 [6]

2.3 เครื่องวัดอัตราการไหล

เครื่องวัดอัตราการไหล [7] ดังแสดงดังรูปที่ 3 โดยทำหน้าที่ในการวัดอัตราการเคลื่อนที่ของของไหลผ่านภาชนะ เช่น ท่อ ที่สามารถหาค่าพื้นที่หน้าตัดปริมาตรและเทียบกับเวลาที่ของไหลนั้นไหลผ่านมาได้ เครื่องวัดอัตราการไหล โดยปกติจะไม่สามารถวัดค่าได้แบบตรง ๆ แต่จะอาศัยการวัดค่าความเร็วของการเคลื่อนที่จากของไหล ซึ่งเกิดจากค่าความดันจาก 2 จุด ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดทิศทางการไหลจากของไหล ถ้าหากความดันฝั่งใดมีความดันที่มากกว่า จะดันให้ของไหลนั้น ไหลไปยังฝั่งที่มีค่าความดันต่ำกว่า และนำค่าความเร็วมาคูณกับพื้นที่หน้าตัด ก็จะได้เป็นค่าอัตราการไหลออกมา ในงานวิจัยนี้เครื่องวัดอัตราการไหลถูกนำใช้ในการวัดอัตราการไหลของน้ำและส่งข้อมูลเข้าโปรแกรมเพื่อนำไปใช้ในการคำนวณต่อไป ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้ Water flow sensor model YF-S201 ที่มี working range 1-30 L/min

รูปที่ 3 เครื่องวัดอัตราการไหล [7]

2.4 Radio Frequency Identification

ระบบ Radio Frequency Identification (RFID) [8] ดังแสดงในรูปที่ 4 จะมีองค์ประกอบหลัก ๆ 2 ส่วน คือส่วนแรกทรานสปอนเดอร์หรือแท็ก โดยแท็กจะบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุชิ้นนั้น ๆ เอาไว้ และส่วนที่สองเครื่องสำหรับอ่าน/เขียนข้อมูลภายในแท็กด้วยคลื่นความถี่วิทยุ ในงานวิจัยนี้บัตร RFID ถูกนำมาใช้เป็นตัวกลางในการสื่อสารระหว่างเครื่องเติมเงินเข้าบัตรและเครื่องควบคุมการใช้น้ำ

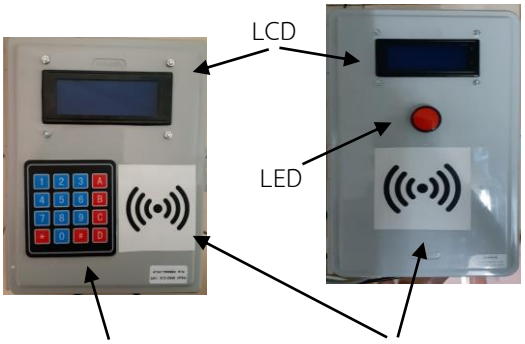
รูปที่ 4 RFID [8]

3. การออกแบบระบบควบคุมการใช้น้ำ

3.1 ระบบควบคุมการใช้น้ำ

แผนผังระบบควบคุมการใช้น้ำแบบเติมเงินผ่านบัตร RFID แสดงดังรูปที่ 5 โดยระบบที่นำเสนอจะประกอบด้วย 2 ส่วน คือส่วนเครื่องเติมเงินเข้าบัตร RFID และ ส่วนเครื่องควบคุมการใช้น้ำ สำหรับเครื่องเติมเงินเข้าบัตรและเครื่องควบคุมการใช้น้ำที่นำเสนอแสดงดังรูปที่ 6

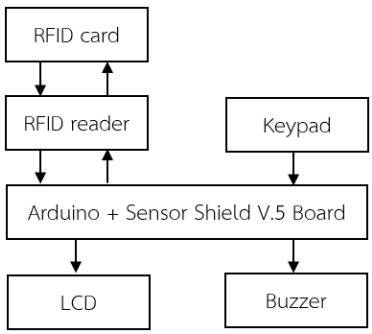
รูปที่ 5 แผนผังการควบคุมการทำงานของระบบควบคุมการใช้น้ำแบบเติมเงินผ่าน RFID



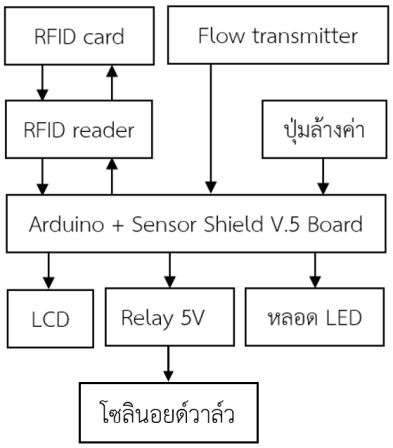
(ก) (ข)

รูปที่ 6 ระบบควบคุมการใช้น้ำแบบเติมเงินผ่าน RFID (ก) เครื่องเติมเงินเข้าบัตร (ข) เครื่องควบคุมการใช้น้ำ

แผนผังการควบคุมสำหรับเครื่องเติมเงินเข้าบัตรดังแสดงในรูปที่ 7 ประกอบด้วยโมดูล RFID Reader ทำหน้าที่อ่านบัตรและเขียนบัตร คีย์แพด (Keypad) เป็นอุปกรณ์สำหรับควบคุมการเติมเงินและล้างข้อมูลในบัตร RFID จอ LCD ใช้สำหรับแสดงผลค่าต่าง ๆ โมดูลเสียงเตือน (Buzzer) เป็นอุปกรณ์ที่ทำให้ผู้ใช้งานทราบการใช้งานผ่านเสียง โดยการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ จะควบคุมโดย Arduino



รูปที่ 7 แผนผังการควบคุมสำหรับเครื่องเติมเงินเข้าบัตร

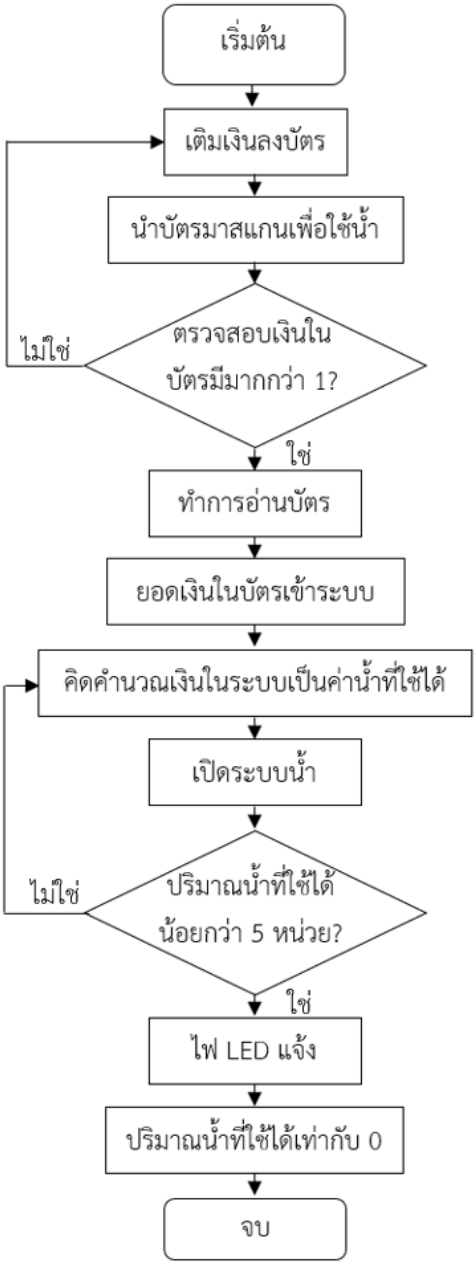


รูปที่ 8 แผนผังการควบคุมสำหรับเครื่องควบคุมการใช้น้ำ

รูปที่ 8 แสดงแผนผังการควบคุมสำหรับเครื่องควบคุมการใช้น้ำ ซึ่งเป็นส่วนที่ใช้สำหรับอ่านบัตรและนำข้อมูลไปคิดคำนวณค่าน้ำ ในส่วนของการอ่านบัตรนี้ จะมีส่วนที่ทำหน้าที่เหมือนกับส่วนที่เติมเงินลงบัตรอยู่ก็คือ RFID Reader ซึ่งทำหน้าที่รับ-ส่งข้อมูลระหว่างบอร์ด Arduino โดยในด้านของอินพุตจะประกอบด้วย ปุ่มล้างค่าหน่วยความจำถาวร ซึ่งจะเป็นการล้างข้อมูลทั้งหมดที่อยู่ในบัตร RFID ซึ่งจะใช้ในกรณีที่มีการเปลี่ยนผู้ใช้น้ำและเครื่องวัดอัตราการไหล ซึ่งเป็นอุปกรณ์วัดอัตราการไหลของน้ำเพื่อนำมาใช้คำนวณ เป็นต้น ต่อมาในส่วนของเอาต์พุตจะประกอบไปด้วย จอแสดงผล LCD ซึ่งใช้แสดงค่าอัตราการไหลของน้ำ, ค่าน้ำ, ยูนิตของน้ำ และปริมาณของน้ำที่สามารถใช้ได้ ในส่วนของรีเลย์จะใช้สำหรับเปิด-ปิด โซลินอยด์วาล์ว โดยเมื่อจำนวนเงินในระบบหมด ปริมาณน้ำที่สามารถใช้ได้เป็นศูนย์ Arduino จะส่งสัญญาณมาที่รีเลย์เพื่อให้โซลินอยด์วาล์วปิดการจ่ายน้ำ และหลอด LED ใช้สำหรับแจ้งเตือนเมื่อค่าปริมาณน้ำที่สามารถใช้ได้เหลือต่ำกว่าที่กำหนด

3.2 ขั้นตอนการใช้งาน

ขั้นตอนการใช้งานระบบควบคุมการใช้น้ำแบบเติมเงินผ่าน RFID ที่นำเสนอ แสดงดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 แผนผังขั้นตอนการทำงานของระบบควบคุมการใช้น้ำ

จากรูปที่ 9 เจ้าของอาคารจะต้องทำการเติมเงินเข้าบัตรก่อน ซึ่งการเติมเงินจะนำบัตร RFID ไปทาบที่เครื่องเติมเงิน จากนั้นเจ้าของอาคารจะทำการป้อนจำนวนเงินตามที่ผู้อาศัยต้องการ โดยการเติมเงินจะเติมขั้นต่ำหนึ่งบาท เมื่อป้อนจำนวนเงินเสร็จแล้วจึงกดปุ่ม “A” ที่คีย์แพดเพื่อยืนยันจำนวนเงิน และรอจนกว่าข้อความที่จอ LCD จะขึ้น “Complete” ซึ่งแสดงว่ายอดเงินได้ถูกเติมลงไปในบัตรแล้ว ในการตรวจสอบยอดเงิน สามารถทำได้โดยกดปุ่ม “C” ที่คีย์แพด จากนั้นนำบัตร RFID ไปทาบที่เครื่องเติมเงิน ที่หน้าจอ LCD จะปรากฏยอดเงิน ปริมาณน้ำที่สามารถใช้ได้ และเลขบัตร RFID จากนั้นผู้อาศัยจะนำบัตรมาสแกนที่ห้องพักเพื่อเปิดระบบและใช้น้ำภายในห้อง และเมื่อปริมาณน้ำที่สามารถใช้ได้เหลือน้อยกว่า 5 ลิตร จะทำให้หลอดไฟ LED แจ้งเตือนผู้ใช้ให้ทำการเติมเงิน ไม่เช่นนั้นจะไม่สามารถใช้น้ำได้ ซึ่งในการคำนวณปริมาณน้ำที่ใช้ไป ไมโครคอนโทรลเลอร์จะรับข้อมูลมาจากเครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำ (water flow sensor) ซึ่งมีหน่วยเป็น L/min คูณกับเวลาเป็นนาที และคูณกับค่าปรับเทียบเพื่อให้ได้ค่าที่เที่ยงตรง จากนั้นนำค่าที่คำนวณได้ไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

4. การทดสอบและผลการทดสอบ

การทดสอบระบบควบคุมการใช้น้ำแบบเติมเงินโดยผ่าน RFID จะทำการทดสอบประสิทธิภาพของระบบ โดยจะเริ่มตั้งแต่ทดสอบการเติมเงินลงในบัตร RFID การนำบัตรไปเปิดระบบควบคุมการใช้น้ำจนกระทั่งระบบจะปิดอัตโนมัติ เมื่อค่าปริมาณของน้ำที่สามารถใช้ได้มีค่าเท่ากับ 0 และในการทดสอบจะทำการทดสอบเปรียบเทียบค่าปริมาณน้ำวัดได้จากมิเตอร์น้ำทั่วไปกับค่าที่วัดได้จากระบบควบคุมการใช้น้ำที่นำเสนอ ในการทดสอบนี้จะกำหนดหน่วยของน้ำเป็นลิตรและกำหนดให้ค่าน้ำลิตรละ 10 บาท โดยผลการทดสอบมีดังต่อไปนี้

4.1 ทดสอบการเติมเงิน, การตรวจสอบยอดเงิน และการเคลียร์เงินภายในบัตร ตัวอย่างการทดสอบแสดงดังรูปที่ 10 – 13 และผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 1

รูปที่ 10 ข้อความแสดงเมื่อทำการเติมเงินเข้าในบัตรจำนวน 300 บาท

รูปที่ 11 ข้อความแสดงเมื่อตรวจสอบจำนวนเงินในบัตรเรียบร้อย

รูปที่ 12 การเข้าสู่ขั้นตอนการล้างจำนวนเงินในบัตร

รูปที่ 13 ล้างจำนวนเงินในบัตรเรียบร้อยแล้ว

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบการเติมเงิน, การตรวจสอบยอดเงินและการเคลียร์เงินภายในบัตร

ครั้งที่	จำนวนเงินที่เติม (บาท)	จำนวนเงินที่เช็ค (บาท)	จำนวนเงินที่เคลียร์ (บาท)	ยอดเงินคงเหลือ (บาท)
1	300	300	300	0
2	600	600	600	0
3	900	900	900	0
4	1200	1200	1200	0
5	1500	1500	1500	0
6	1800	1800	1800	0
7	2100	2100	2100	0
8	2400	2400	2400	0
9	2700	2700	2700	0
10	3000	3000	3000	0

จากตารางที่ 1 และรูปที่ 10 -13 จะเห็นได้ว่าเมื่อทำการเติมเงินตามจำนวนเงินที่กำหนด จำนวนเงินที่เติมลงในบัตรมีค่าเท่ากันกับจำนวนเงินที่แสดงบนหน้าจอ และเมื่อทำการล้างข้อมูลในบัตร จำนวนเงินในบัตรจึงมีค่าเท่ากับ 0 บาท ดังนั้นการทดสอบจึงไม่มีความผิดพลาดแต่อย่างใด

4.2 ทดสอบการทำงานของระบบตั้งแต่เริ่มใช้น้ำจนจบกระบวนการทำงานแบบอัตโนมัติ ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบการทำงานของระบบตั้งแต่เริ่มใช้น้ำจนจบกระบวนการทำงานแบบอัตโนมัติ

ครั้งที่	ปริมาณน้ำ (ลิตร)	ระบบเปิด	LED ติด	เติมเงินใหม่	LED ดับ	ระบบปิด
1	5	✓	✓	✓	✓	✓
2	5	✓	✓	✓	✓	✓
3	5	✓	✓	✓	✓	✓
4	5	✓	✓	✓	✓	✓
5	5	✓	✓	✓	✓	✓

หมายเหตุ :

ระบบเปิด หมายถึง สามารถใช้น้ำได้

LED ติด แสดงถึง เงินในระบบใกล้หมดและค่าปริมาณน้ำที่ใช้ได้มีค่าน้อยกว่า 5 ลิตร

เติมเงินใหม่ หมายถึง เติมเงินเข้าไปในบัตร RFID และนำบัตรนี้มาทาบกับส่วนควบคุมการใช้น้ำเพื่อให้ค่าปริมาณน้ำที่สามารถใช้ได้มีค่าไม่น้อยกว่า 1 ลิตร

LED ดับ แสดงถึง ค่าปริมาณน้ำที่สามารถใช้ได้มีค่าเท่ากับ 0

ระบบปิด หมายถึง ไม่สามารถใช้น้ำได้

ผลการทดสอบจากตารางที่ 2 พบว่าระบบสามารถทำงานได้ถูกต้อง โดยตัวอย่างการทำงานของระบบตั้งแต่เริ่มใช้น้ำ จนจบกระบวนการทำงานแบบอัตโนมัติ แสดงดังรูปที่ 14 – 18

รูปที่ 14 เมื่อค่าปริมาณน้ำที่ใช้ได้มีค่าเท่ากับหรือมากกว่าหนึ่งลิตรระบบเปิดอัตโนมัติ และเมื่อค่าปริมาณน้ำที่สามารถใช้ได้มีค่าน้อยกว่าห้าลิตร ดังแสดงในรูปที่ 15 หลอดไฟ LED จะติดเพื่อเป็นการแจ้งเตือนเมื่อค่าปริมาณน้ำที่สามารถใช้ได้มีค่าน้อยกว่า 5 ลิตร ให้ทำการเติมเงินเข้าระบบใหม่ โดยเมื่อเติมเงินเรียบร้อย ทำให้ปริมาณน้ำที่สามารถใช้ได้มีค่าเพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 16 เมื่อปริมาณน้ำที่สามารถใช้ได้มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับห้าลิตรขึ้นไป หลอดไฟ LED จะดับ ดังแสดงในรูปที่ 17 และ เมื่อค่าปริมาณน้ำที่สามารถใช้ได้มีค่าเป็น 0 ลิตร ดังแสดงในรูปที่ 18 ระบบควบคุมจะทำการสั่งให้ระบบปิด

รูปที่ 14 ค่าปริมาณน้ำที่สามารถใช้ได้มีค่าเท่ากับหรือมากกว่าหนึ่งลิตร ระบบเปิดอัตโนมัติ

รูปที่ 15 ค่าปริมาณน้ำในระบบที่สามารถใช้ได้มีค่าน้อยกว่าห้าลิตร หลอด LED ติด

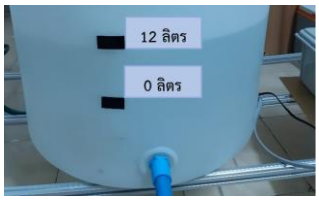
รูปที่ 16 การเติมเงินเข้าระบบขณะกำลังใช้น้ำ

รูปที่ 17 ค่าปริมาณน้ำที่สามารถใช้ได้มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับห้าลิตร หลอด LED ดับ

รูปที่ 18 ค่าปริมาณน้ำที่สามารถใช้ได้มีค่า 0 ลิตร

4.3 ทดสอบและวัดค่าปริมาณน้ำจากมิเตอร์น้ำและจากระบบควบคุมการใช้น้ำที่สร้างขึ้น โดยทำการบันทึกหน่วยเริ่มต้นจากมิเตอร์น้ำก่อนทำการใช้น้ำและหลังการใช้น้ำ ตัวอย่างการทดสอบการใช้น้ำผ่านมิเตอร์น้ำแสดงดังรูปที่ 19 – 22 และ ตัวอย่างการทดสอบการใช้น้ำผ่านระบบควบคุมการใช้น้ำที่นำเสนอแสดงดังรูปที่ 23 – 28 ในการทดสอบครั้งนี้ ทำการเติมเงินลงในบัตรจำนวน 120 บาท ทำให้สามารถใช้น้ำได้ 12 ลิตร (กำหนดอัตราค่าน้ำลิตรละ 10 บาท) ดังแสดงในรูปที่ 25 และ 26 และผลการเปรียบเทียบจากการทดสอบจำนวน 5 ครั้ง แสดงในตารางที่ 3

รูปที่ 19 ค่าตัวเลขจากมิเตอร์น้ำเริ่มต้นที่ 278 ลิตร

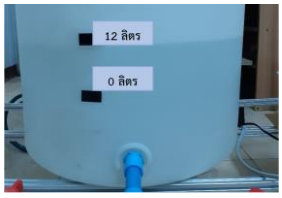


รูปที่ 20 เติมน้ำลงในถังในปริมาณ 12 ลิตร

รูปที่ 21 หลังจากใช้น้ำไป 12 ลิตร ค่าตัวเลขจากมิเตอร์น้ำมีค่า 290 ลิตร

รูปที่ 22 หลังจากใช้น้ำไป 12 ลิตร ค่าปริมาณน้ำในถังลดลงเป็น 0 ลิตร

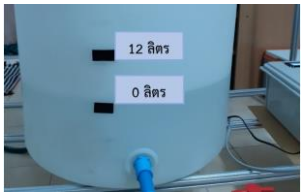
รูปที่ 23 ค่าปริมาณน้ำที่สามารถใช้ได้ในระบบเท่ากับ 0 ลิตร



รูปที่ 24 เติมน้ำลงในถังในปริมาณ 12 ลิตร

รูปที่ 25 เติมเงินลงในบัตรเป็นจำนวน 120 บาท เพื่อให้ใช้น้ำได้ 12 ลิตร

รูปที่ 26 ค่าปริมาณน้ำที่ใช้ได้หลังจากเติมเงิน สามารถใช้น้ำได้เท่ากับ 12 ลิตร



รูปที่ 27 หลังจากใช้น้ำไป 12 ลิตร ค่าปริมาณน้ำในถังลดลงเป็น 0 ลิตร

รูปที่ 28 ค่าปริมาณน้ำคงเหลือที่แสดงในระบบที่สามารถใช้ได้มีค่าเท่ากับ 0 ลิตร

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบบันทึกค่าปริมาณน้ำที่ได้จากมิเตอร์น้ำทั่วไปและจากระบบควบคุมการใช้น้ำที่นำเสนอ

ครั้งที่	ค่าปริมาณน้ำที่ได้จากมิเตอร์น้ำ (ลิตร)			ค่าปริมาณน้ำที่ได้จากระบบควบคุมการใช้น้ำที่นำเสนอ (ลิตร)			% ค่าความผิดพลาด
	หน่วยที่เริ่มต้น	หน่วยที่ครบกำหนด	ปริมาณน้ำที่ใช้ไป	หน่วยที่เริ่มต้น	หน่วยที่ครบกำหนด	ปริมาณน้ำที่ใช้ไป	
1	278	290	12	0	12	12	0
2	290	302	12	0	12	12	0
3	302	314	12	0	12	12	0
4	314	326	12	0	12	12	0
5	326	338	12	0	12	12	0

จากผลการทดสอบในตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่าค่าที่อ่านได้จากมิเตอร์น้ำ หน่วยที่เริ่มต้นคือ 278 ลิตร และทำการใช้น้ำต่อเนื่อง จนครบกำหนดมีค่า 290 ลิตร จะเห็นว่าปริมาณน้ำที่ใช้ไปมีค่าทั้งหมด 12 ลิตร และค่าที่อ่านได้จากระบบควบคุมการใช้น้ำที่นำเสนอ หน่วยที่เริ่มต้นคือ 0 ลิตร และทำการใช้น้ำอย่างต่อเนื่องจนถึงเหลือค่าปริมาณน้ำที่ยังสามารถใช้ได้เท่ากับ 0 ลิตร จะเห็นว่าค่าปริมาณน้ำใช้ไปมีค่าทั้งหมด 12 ลิตร จากการเปรียบเทียบค่าปริมาณน้ำที่อ่านได้จากมิเตอร์น้ำและค่าที่อ่านได้จากระบบควบคุมการใช้น้ำแบบเติมเงินที่สร้างขึ้นมามีค่าตรงกัน

5. วิเคราะห์และสรุปผล

งานวิจัยนี้นำเสนอระบบควบคุมการใช้น้ำแบบเติมเงินผ่าน RFID ควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ และมีการแจ้งเตือนผู้ใช้น้ำผ่านหลอดแอลอีดีสำหรับหอพักหรืออพาร์ทเม้นท์ วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือเพื่ออำนวยความสะดวกให้กับเจ้าของหอพักหรืออพาร์ทเม้นท์ไม่ต้องบักทึกค่าปริมาณการใช้น้ำในแต่ละห้องและลดปัญหาการการเสียค่าปรับของผู้อาศัยกรณีจ่ายค่าน้ำล่าช้า การทำงานของระบบจะทำการทดสอบการเติมเงินลงในบัตร RFID การเช็คยอดเงินจากบัตร RFID การเคลียร์จำนวนเงินในบัตร RFID และการทดสอบการสำรองค่าน้ำในระบบเมื่อไฟฟ้าดับ พบว่าระบบสามารถทำงานได้ถูกต้องตั้งแต่ขั้นตอนการเติมเงินเข้าบัตรจนถึงและระบบปิดการใช้น้ำในกรณีที่จำนวนเงินในบัตรหมด

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ดำเนินการและสำเร็จไปได้ด้วยดี ทั้งนี้เนื่องจากการได้รับความช่วยเหลือจากบุคคลหลายท่าน ทางคณะผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณธนาวิทย์ โปรยเจริญ คุณธนาภัทร์ เทศสวัสดิ์ คุณกัณฑ์เอนกทุ่มแก้ว คุณประวี ภู่อินทร์ นักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ที่ให้ข้อมูลต่าง ๆ ในการทำวิจัยและทางผู้วิจัยขอขอบคุณอาจารย์และเจ้าหน้าที่ของภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือและสถานที่ในการทำวิจัย

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Pradit L. 2005. The development of prepaid meter [master's thesis]. Faculty of Industrial Education and technology: King Mongkut's University of Technology Thonburi; 2005. (in Thai)

[2] Bundit K. 2006. Remote data smart card kilo watt-hour meter on leased line network [master's thesis]. Faculty of Engineering: King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang; 2006. (in Thai)

[3] Thanavit P, and Thanapat T. 2020 Prepaid Electric Energy Consumption System via RFID controlled by Arduino Uno R3 [Bachelor's thesis] Faculty of Engineering: Rajamangala University Of Technology Thanyaburi; 2020 (in Thai)

[4] Sanwa. Water meter [Internet] 2021 [cited 2022 Nov 12].Available from: https://www.sanwa.co.th (in Thai)

[5] Euro-oriental trading co., ltd. [Internet] 2017 [cited 2022 Nov 12].Available from: https://www.eurooriental.co.th/-types-of-water-meter/ (in Thai)

[6] Artit Pirohmkij, Arduino UNO R3. [Internet] 2017 [cited 2022 Nov 15].Available from: http://dd4toew.blogspot.com/2017/05/arduino-uno-r3.html (in Thai)

[7] Petro-Instruments Corp., Ltd., Flow meter. [Internet] 2020 [cited 2022 Dec 20].Available from: https://www.pico.co.th/?names=blog&files=flow-meter-measurement (in Thai)

[8] Wachrakorn Nhootong, et all, Radio Frequency Identification (RFID) [Internet] 2020 [cited 2022 Aug 12]. Available from: http://www.lampangtc.ac.th /mnfile/branch5/file/knowledge/RFID.pdf (in Thai)