

ระบบการใช้พลังงานไฟฟ้าแบบเติมเงินผ่าน RFID ควบคุมด้วย Arduino Uno R3

สุรินทร์ แหงมงาม^{1*}, จักรี รัชมีฉาย², ศศิวรรณ อินทรวงศ์³, ธนาวิทย์ โปroyเจริญ¹ และธนาภัทร์ เทศสวัสดิ์¹
surin.n@en.mutt.ac.th^{1*}, chakkree@mutt.ac.th², sasiwanin@mutt.ac.th³, projaroen@gmail.com¹,
thanapat1155@gmail.com¹

¹ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

²ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

³สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

Received	: 10-Mar-2021
Revised	: 8-Apr-2021
Accepted	: 9-Apr-2021

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอระบบการใช้พลังงานไฟฟ้าแบบเติมเงินผ่าน RFID ควบคุมด้วย Arduino Uno R3 ซึ่งระบบจะประกอบด้วย 2 ส่วนคือส่วนเติมเงินเข้าบัตรและส่วนควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้า ซึ่งการทำงานของระบบนั้นจะใช้บัตร RFID เป็นตัวกลางในการสื่อสารระหว่างเครื่องเติมเงินเข้าบัตรและส่วนควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยจะต้องทำการเติมเงินลงบัตร RFID และนำบัตรนี้มาทาบกับส่วนควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้า เพื่อเปิดระบบให้เครื่องใช้ไฟฟ้าสามารถใช้งานได้ การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบ จะทำการทดสอบโดยใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าทั้งหมด 5 ชนิด คือ พัดลม หลอดอินแคนเดสเซนต์ เครื่องเป่าผม กาต้มน้ำร้อน เตารีดไอน้ำ เป็นระยะเวลา 3 วัน หรือ 72 ชั่วโมงต่อเนื่อง และทำการอ่านค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าจาก กิโลวัตต์-ชั่วโมงมิเตอร์เปรียบเทียบกับค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าที่อ่านได้จากระบบควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สร้างขึ้นมา จากผลการทดสอบพบว่าค่าพลังงานไฟฟ้าที่อ่านได้มีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยร้อยละ 0.58

คำสำคัญ: ระบบควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้า เติมเงิน อาวุธโน้ กีโวัตต์-ชั่วโมงมิเตอร์ อาร์เอฟไอดี

Prepaid Electric Energy Consumption System via RFID Controlled By Arduino Uno R3

Surin Ngaemngam^{1*}, Chakkree Rat-sameecha², Sasiwan Intarawong³, Thanawit Projaroen¹, Thanapat Tessawat¹
surin.n@en.rmutt.ac.th^{1*}, chakkree@rmutt.ac.th², sasiwanin@rmutt.ac.th², projaroen@gmail.com¹,
thanapat1155@gmail.com¹

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

² Department of Technical Education, Faculty of Technical Education, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

³ Institute of Research and Development, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

Received : 10-Mar-2021
Revised : 8-Apr-2021
Accepted : 9-Apr-2021

Abstract

This research presents a prepaid electric energy consumption system via RFID controlled by Arduino Uno R3. The system is composed of two parts: the prepaid machine and the electric power control machine. The operation of the system uses RFID cards as an intermediary for communication between the prepaid machine and the electric power control machine. However, it is necessary to top up money on the RFID card and to place this card on the electric power control machine to turn on the system to use the electrical appliances. Moreover, the efficiency of the system was tested using five electrical appliances namely: electric fan, incandescent lamp, hair dryer, hot kettle, and steam irons for the duration of 72 hours or three days. The electric power consumption was measured by kilowatt-hour meter compared with the proposed electric power control system. For the experimental results, it was found that the average error of the electric power consumption was at 0.58 %.

Keywords: Electric energy consumption control system, Top up money, Arduino, Kilowatt-hour meter, RFID

1. บทนำ

ปัจจุบันขั้นตอนการเรียกชำระค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า ทั้งในส่วนของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค การไฟฟ้านครหลวง หรือหอพัก ห้องเช่า ต่าง ๆ จะใช้วิธีการคือให้เจ้าหน้าที่ทำการจดค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าจากมิเตอร์-ชั้วมิเตอร์ ซึ่งมีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ชั้วมิ หรือ ยูนิต และนำมาคำนวณหาค่าใช้จ่ายการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละเดือน และที่ผ่านมามีข้อร้องเรียนว่าบางครั้งเจ้าหน้าที่ไม่ได้ไปจดเองแต่ใช้วิธีการประมาณการจากเดือนที่ผ่านมาทำให้เกิดความเสียหายต่อการไฟฟ้าและผู้ใช้ไฟฟ้า และในแต่ละเดือนมีผู้ใช้ไฟฟ้าจำนวนมากไม่จ่ายค่าใช้ไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้า เจ้าของหอพัก บ้านเช่า ตามกำหนดเวลา ทำให้เกิดความเสียหายทั้งต่อการไฟฟ้า เจ้าของหอพัก ห้องเช่า ต่าง ๆ รวมถึงสร้างความลำบากให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าเอง ในกรณีที่การไฟฟ้าหยุดจ่ายไฟและเก็บกิโลวัตต์-ชั้วมิเตอร์ไป ทำให้ผู้ใช้ไฟฟ้าไม่สามารถใช้ไฟฟ้าได้ ดังนั้นเพื่อเป็นการอำนวยความสะดวกและแก้ปัญหาดังกล่าวข้างต้น การเติมเงินผ่านบัตรเพื่อใช้ไฟฟ้า จึงเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับการไฟฟ้า เจ้าของหอพัก ห้องเช่า รวมถึงผู้ใช้ไฟฟ้าด้วย ที่ผ่านมามีนักวิจัยหลายท่านได้นำเสนอระบบการใช้ไฟแบบจ่ายก่อน ประดิษฐ์ ลักษณะฮาร์ดแวร์ [1] เสนอการพัฒนาไมโครคอนโทรลเลอร์แบบจ่ายก่อน โดยใช้โปรแกรมภาษาซีในการติดต่อกับฮาร์ดแวร์และอุปกรณ์ส่วนมากเป็นชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งจะมีผลต่อเสถียรภาพในการใช้งานกลางแจ้งและมีราคาในการสร้างค่อนข้างสูง บัณฑิต แก้วศรี [2] เสนอระบบชำระเงินค่าไฟฟ้าแบบล่วงหน้าด้วยเครื่องสมาร์ตการ์ดกิโลวัตต์-ชั้วมิเตอร์แบบรีโมทข้อมูลผ่านโครงข่ายคู่สายเช่า จากการศึกษาพบว่าระบบการใช้งานค่อนข้างซับซ้อน ต้องมีการทดสอบค่าความต้านทาน ค่าความเป็นฉนวนและค่าระยะทางความยาวของคู่สายโทรศัพท์ เพื่อที่จะกำหนดเลือกเส้นและคู่สายของโทรศัพท์ที่เหมาะสม

งานวิจัยนี้จึงนำเสนอการออกแบบและสร้างระบบการใช้พลังงานไฟฟ้าแบบเติมเงินผ่าน RFID ควบคุมด้วย Arduino Uno R3 โดยมีวัตถุประสงค์ของโครงการดังต่อไปนี้ 1) เพื่อศึกษาระบบการใช้พลังงานไฟฟ้าแบบเติมเงินผ่าน RFID ควบคุมด้วย Arduino Uno R3 2) เพื่อศึกษาการออกแบบและสร้างชุดควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้า 3)

เพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้งาน Arduino Uno R3 กับการควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้า

2. ทฤษฎีและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

2.1 กิโลวัตต์-ชั้วมิเตอร์

กิโลวัตต์-ชั้วมิเตอร์ เป็นเครื่องวัดค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าที่มีหน่วยวัด เป็นเป็นกิโลวัตต์ชั้วมิ โครงสร้างของกิโลวัตต์-ชั้วมิเตอร์ ประกอบด้วยขดลวดกระแสต่ออนุกรมกับโหลด และขดลวดแรงดัน ต่อขนานกับโหลด ขดลวดทั้งสองขดจะพันอยู่บนแกนเหล็กที่ออกแบบ โดยเฉพาะและมีงานอะลูมิเนียมบาง ๆ ยึดติดกับแกนหมุนวางอยู่ในช่องว่างระหว่างแกนลวดทั้งสอง [3] โดยกิโลวัตต์-ชั้วมิเตอร์แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 กิโลวัตต์-ชั้วมิเตอร์ 1 เฟสของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค [3]

ในงานวิจัยนี้กิโลวัตต์-ชั้วมิเตอร์ ใช้สำหรับเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้ากับโมดูลวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า หรือ PZEM

2.2 Arduino UNO R3

Arduino เป็นชื่อเรียกของ platform micro controller ชนิดหนึ่งเป็นชุดควบคุมขนาดเล็กที่สามารถนำไปเชื่อมต่อเพื่อสั่งการเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ เป็นโครงการที่นำชิปไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลต่างๆ มาใช้ร่วมกันในภาษา C ซึ่งภาษา C นี้เป็นลักษณะเฉพาะ คือมีการเขียนไบบารีของ Arduino ขึ้นมาเพื่อให้การสั่งงานไมโครคอนโทรลเลอร์ที่แตกต่างกัน สามารถใช้งานได้ตัวเดียวกันได้ โดยตัวโครงการได้ออกบอร์ดทดลองมาหลายรูปแบบ เพื่อใช้งานกับ IDE ของตนเอง สาเหตุหลักที่ทำให้

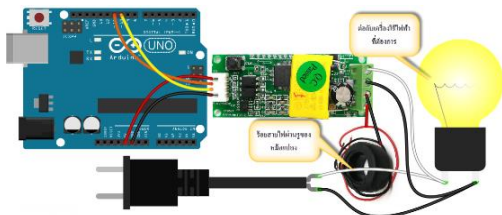
Arduino เป็นนิยมมาก เป็นเพราะซอฟต์แวร์ที่ใช้งานร่วมกันสามารถโหลดได้ฟรี และตัวบอร์ดทดลองมีราคาถูก [4] บอร์ด Arduino UNO R3 แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 บอร์ด Arduino UNO R3 [4]

2.3 โมดูลวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า

โมดูลวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า หรือ PZEM แสดงดังรูปที่ 3 PZEM ใช้สำหรับวัดแรงดันไฟฟ้าของไฟบ้าน วัดค่ากระแสไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ วัดค่ากำลังไฟฟ้า และวัดค่ากำลังไฟฟ้าต่อชั่วโมง (Wh) ซึ่งสามารถนำค่าเหล่านี้ไปใช้คำนวณค่าไฟฟ้าได้ หรือวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิด [5]



รูปที่ 3 โมดูลวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า [5]

ในงานวิจัยนี้ PZEM ถูกนำไปใช้ในการวัดค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้และส่งข้อมูลเข้าโปรแกรมเพื่อนำไปใช้ในการคำนวณต่อไป

2.4 Radio Frequency Identification

ระบบ Radio Frequency Identification หรือ RFID จะมีองค์ประกอบหลัก ๆ อยู่ 2 ส่วน คือส่วนแรกคือทรานสปอนเดอร์หรือแท็ก ที่ใช้ติดกับวัตถุต่าง ๆ ที่เราต้องการ โดยแท็กจะบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุชิ้นนั้น ๆ เอาไว้ ส่วนที่สองคือเครื่องสำหรับอ่าน/เขียนข้อมูลภายในแท็ก ด้วยคลื่นความถี่วิทยุ ในงานวิจัยนี้บัตร RFID นำมาใช้เป็นตัวกลางในการสื่อสารระหว่างเครื่องเติมเงินเข้าบัตรและ

ส่วนควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยจะต้องทำการเติมเงินลงบัตร RFID และนำบัตรที่มีจำนวนเงินมาทาบกับส่วนควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้า เพื่อเปิดระบบให้เครื่องใช้ไฟฟ้าสามารถใช้งานได้ [6] บัตร RFID แสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ภาพรวมของระบบ RFID [6]

3. การออกแบบระบบการใช้พลังงานไฟฟ้า

3.1 ระบบการใช้พลังงานไฟฟ้าแบบเติมเงินผ่าน RFID

แผนผังการควบคุมการรวมของระบบการใช้พลังงานไฟฟ้าแบบเติมเงินผ่านบัตร RFID แสดงดังรูปที่ 5 โดยระบบแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนคือส่วนเติมเงินเข้าบัตร และ ส่วนควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้า



รูปที่ 5 แผนผังการควบคุมการทำงานของระบบการใช้พลังงานไฟฟ้าแบบเติมเงินผ่าน RFID



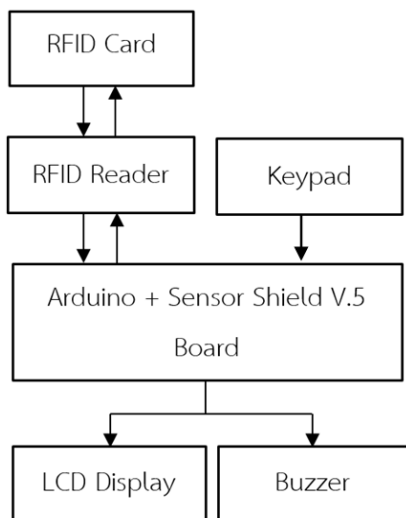
(ก)

(ข)

รูปที่ 6 ระบบการใช้พลังงานไฟฟ้าแบบเติมเงินผ่าน RFID

(ก) เครื่องเติมเงินเข้าบัตร (ข) เครื่องควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้า

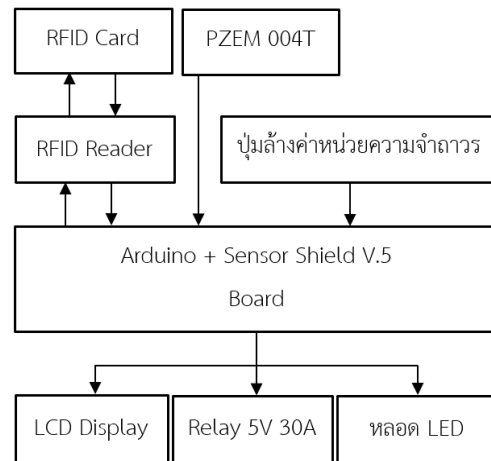
ส่วนที่ 1 ส่วนเติมเงินเข้าบัตร ดังแสดงใน รูปที่ 7 จะประกอบด้วยโมดูล RFID Reader เป็นอุปกรณ์ที่เปรียบเหมือนอินพุตและเอาต์พุต ทำหน้าที่อ่านบัตรและเขียนบัตร โดยรับคำสั่งจากบอร์ด Arduino และในส่วนที่เป็นอินพุตนั้น ประกอบไปด้วย Keypad เป็นอุปกรณ์สำหรับควบคุมการเติมเงินลงบัตร การอ่านบัตรและล้างข้อมูลในบัตร เป็นต้น ทางด้านของเอาต์พุตจะประกอบด้วยจอแสดงผล LCD (LCD Display) ซึ่งใช้แสดงผลจากการสั่งการของ Keypad ส่วนโมดูล Buzzer เป็นอุปกรณ์ที่ทำให้ผู้ใช้งานทราบการใช้งานผ่านเสียง เมื่อมีการกด Keypad หลักการทำงานของส่วนต่าง ๆ เหล่านี้ต้องทำงานให้มีความสัมพันธ์โดยจะใช้ Arduino เป็นตัวควบคุมหลัก



รูปที่ 7 ส่วนเติมเงินเข้าบัตร

ส่วนที่ 2 ส่วนควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 8 เป็นส่วนที่ใช้สำหรับอ่านบัตรและนำข้อมูลไปคิดค่านวมค่าพลังงานไฟฟ้า ในส่วนของการอ่านบัตรนี้ จะมีส่วนที่ทำหน้าที่เหมือนกับส่วนที่เติมเงินลงบัตรอยู่ก็คือ RFID Reader ซึ่งทำหน้าที่รับ-ส่งข้อมูลระหว่างบอร์ด Arduino โดยในด้านของอินพุตจะประกอบด้วย ปุ่มล้างค่าหน่วยความจำถาวร และ Module PZEM 004T ซึ่งเป็นอุปกรณ์วัดค่าต่าง ๆ ทางไฟฟ้าเพื่อนำมาใช้คำนวณ เป็นต้น ต่อมาในส่วนของเอาต์พุตจะประกอบไปด้วย จอแสดงผล LCD (LCD Display) ซึ่งใช้แสดงค่าพลังงานไฟฟ้า, ค่าแรงดันไฟฟ้า, กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าจากการใช้งานในส่วนของรีเลย์ (Relay) จะใช้สำหรับเปิด-ปิดระบบ และ

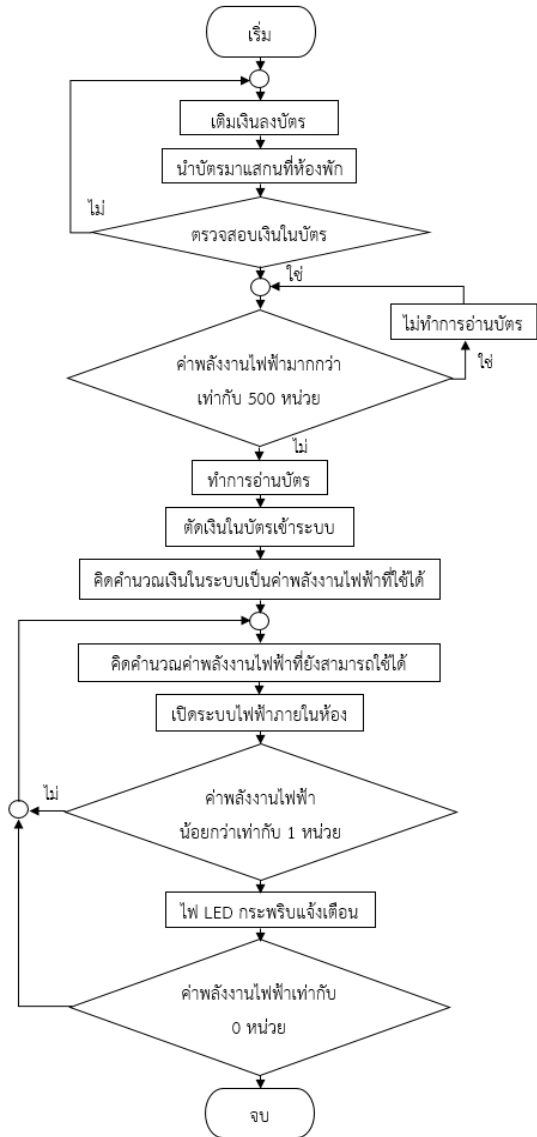
หลอด LED ใช้สำหรับแจ้งเตือนเมื่อค่าพลังงานไฟฟ้าที่สามารถใช้ได้เหลือต่ำกว่าที่กำหนด



รูปที่ 8 ส่วนควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้า

3.2 ขั้นตอนการใช้งาน

ขั้นตอนการใช้งานระบบการใช้พลังงานไฟฟ้าแบบเติมเงินผ่าน RFID ควบคุมด้วย Arduino Uno R3 แสดงดังรูปที่ 9 โดยเจ้าของอาคารจะทำการเติมเงินเข้าบัตร จากนั้นผู้อาศัยจะนำบัตรมาเสกนที่ห้องพักเพื่อเปิดระบบและใช้ไฟฟ้าภายในห้อง โดยการเติมเงินจะเติมขั้นต่าหนึ่งบาท เมื่อผู้ใช้งานเติมเงินตามเงื่อนไขเรียบร้อยแล้ว ระบบจะคิดค่านวมเงินเป็นค่าพลังงานไฟฟ้าที่สามารถใช้งานได้ แล้วทำการเปิดระบบภายในห้องพักโดยแสดงผลผ่านจอจนกระทั่งค่าพลังงานไฟฟ้าเหลือน้อยกว่าหนึ่ง หน่วย จะทำให้หลอดไฟ LED แจ้งเตือนผู้ใช้ให้ทำการเติมเงิน ไม่เช่นนั้นจะไม่สามารถใช้ไฟฟ้าได้



รูปที่ 9 แผนผังขั้นตอนการทำงานของระบบการใช้พลังงานไฟฟ้า

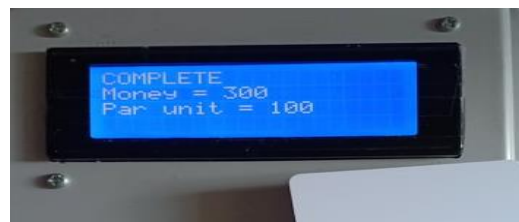
4. การทดสอบและผลการทดสอบ

การทดสอบจะทำการทดสอบโดยใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าจำนวน 5 ชนิด คือ พัดลม หลอดไฟ ทีวี เป่าผม กาต้มน้ำร้อน เตารีดไอน้ำ โดยมีการทดสอบดังนี้

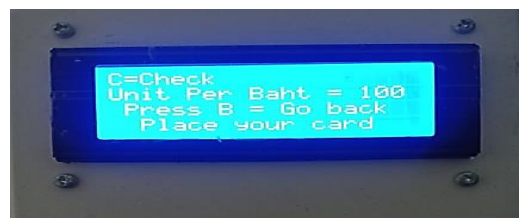
4.1 ทดสอบการเติมเงิน, การตรวจสอบยอดเงิน และการเคลียร์เงินภายในบัตร ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 1 ตัวอย่างการทดสอบแสดงดังรูปที่ 10 – 14

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบการเติมเงิน, การตรวจสอบยอดเงิน และการเคลียร์เงินภายในบัตร

ครั้งที่	จำนวนเงินที่เติม (บาท)	ผ่าน	จำนวนเงินในบัตร (บาท)	ผ่าน	จำนวนเงินหลังจากเคลียร์บัตร (บาท)	ผ่าน
1	300	✓	300	✓	0	✓
2	600	✓	600	✓	0	✓
3	900	✓	900	✓	0	✓
4	1200	✓	1200	✓	0	✓
5	1500	✓	1500	✓	0	✓
6	1800	✓	1800	✓	0	✓
7	2100	✓	2100	✓	0	✓
8	2400	✓	2400	✓	0	✓
9	2700	✓	2700	✓	0	✓
10	3000	✓	3000	✓	0	✓



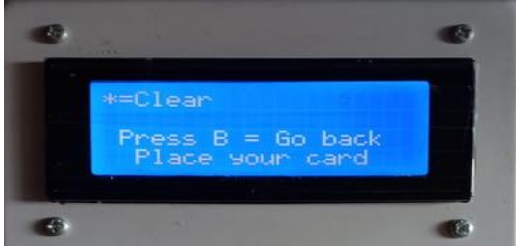
รูปที่ 10 ข้อความแสดงเมื่อทำการเติมเงินเข้าในบัตรจำนวน 300 บาท



รูปที่ 11 การเข้าสู่ขั้นตอนการตรวจสอบจำนวนเงินในบัตร



รูปที่ 12 ข้อความแสดงเมื่อตรวจสอบจำนวนเงินในบัตรเรียบร้อยแล้ว



รูปที่ 13 การเข้าสู่ขั้นตอนการล้างจำนวนเงินในบัตร



รูปที่ 14 ล้างจำนวนเงินในบัตรเรียบร้อยแล้ว

จากตารางที่ 1 และรูปที่ 10 -14 จะเห็นได้ว่าเมื่อทำการเติมเงินตามจำนวนเงินที่กำหนด จำนวนเงินที่เติมลงในบัตรมีค่าเท่ากับจำนวนเงินที่แสดงบนหน้าจอ และเมื่อทำการล้างข้อมูลในบัตร จำนวนเงินในบัตรจึงมีค่าเท่ากับ 0 บาท ดังนั้นการทดสอบจึงไม่มีความผิดพลาดแต่อย่างใด

4.2 ทดสอบการทำงานของระบบตั้งแต่เริ่มใช้พลังงานจนจบกระบวนการทำงานแบบอัตโนมัติ ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบการทำงานของระบบ

ครั้งที่	พลังงานไฟฟ้า (หน่วย)	ระบบเปิด	LED กระพริบ	เติมเงินใหม่	LED ดับ	ระบบปิด
1	1	✓	✓	✓	✓	✓
2	1	✓	✓	✓	✓	✓
3	1	✓	✓	✓	✓	✓
4	1	✓	✓	✓	✓	✓
5	1	✓	✓	✓	✓	✓

หมายเหตุ : ระบบเปิด หมายถึง สามารถใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าได้

LED กระพริบ แสดงถึง เงินในระบบใกล้หมดและค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ได้มีค่าน้อยกว่า 1 หน่วย

เติมเงินใหม่ หมายถึง เติมเงินเข้าไปในบัตร RFID และนำบัตรนี้มาทาบกับส่วนควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อให้ค่าพลังงานไฟฟ้าที่สามารถใช้ได้มีค่าน้อยกว่า 1 หน่วย

LED ดับ แสดงถึง ค่าพลังงานไฟฟ้าที่สามารถใช้ได้มีค่าเท่ากับ 0

ระบบปิด หมายถึง ไม่สามารถใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าได้

จากผลการทดสอบจากตารางที่ 2 พบว่าระบบสามารถทำงานได้ถูกต้อง โดยตัวอย่างการทำงานของระบบตั้งแต่เริ่มใช้พลังงานไฟฟ้า จนจบกระบวนการทำงานแบบอัตโนมัติ แสดงดังรูปที่ 15 – 19



รูปที่ 15 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ได้มีค่าเท่ากับ หนึ่งหน่วย ระบบเปิดอัตโนมัติ

รูปที่ 15 เมื่อค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ได้มีค่าเท่ากับ หนึ่งหน่วยระบบเปิดอัตโนมัติ และเมื่อค่าพลังงานไฟฟ้าที่สามารถใช้ได้มีค่าน้อยกว่าหนึ่งหน่วย ดังแสดงในรูปที่ 16 หลอดไฟ LED กระพริบเพื่อเป็นการแจ้งเตือน



รูปที่ 16 ค่าพลังงานไฟฟ้าในระบบที่สามารถใช้ได้มีค่าน้อยกว่าหนึ่งหน่วย หลอด LED กระพริบ

เมื่อค่าพลังงานไฟฟ้าที่สามารถใช้ได้มีค่าน้อยกว่าหนึ่งหน่วย ให้ทำการเติมเงินเข้าระบบใหม่ โดยเมื่อเติมเงินเรียบร้อยแล้วจะขึ้นข้อความ “Complete” แสดงบนหน้าจอ ดังแสดงในรูปที่ 17



รูปที่ 17 การเติมเงินเข้าระบบขณะมีโหลดต่อใช้งาน

เมื่อค่าพลังงานไฟฟ้าที่สามารถใช้ได้มีค่าตั้งแต่หนึ่งหน่วยขึ้นไป หลอดไฟ LED จะดับ ดังแสดงในรูปที่ 18



รูปที่ 18 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ได้มีค่ามากกว่าหนึ่งหน่วย หลอด LED ดับ

เมื่อค่าพลังงานไฟฟ้าที่สามารถใช้ได้มีค่าเป็น 0 หน่วย ดังแสดงในรูปที่ 19 ระบบควบคุมจะทำการสั่งให้ระบบปิด



รูปที่ 19 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่สามารถใช้ได้มีค่า 0 หน่วย

4.3 ทดสอบและวัดค่าพลังงานไฟฟ้าจาก กิโลวัตต์-ชั่วโมงมิเตอร์และจากระบบควบคุมการใช้พลังงาน

ไฟฟ้าที่สร้างขึ้น โดยทำการเติมเงินเข้าระบบ 100 บาท และ กำหนดให้อัตราค่าไฟฟ้าเท่ากับหนึ่งบาท/หน่วย เพื่อเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า และทดสอบการทำงานอย่างต่อเนื่องของระบบควบคุมที่สร้างขึ้น โดยทำการทดสอบเป็นระยะเวลา 3 วัน หรือ 72 ชั่วโมง ตัวอย่างการทดสอบและค่าพลังงานไฟฟ้าที่อ่านได้จากเครื่องวัดทั้งสอง แสดงดังรูปที่ 20-23 และผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 3



รูปที่ 20 ค่าพลังงานไฟฟ้าจากกิโลวัตต์-ชั่วโมง มิเตอร์ เริ่มต้นที่ 8.52 หน่วย



รูปที่ 21 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่สามารถใช้ได้จากระบบควบคุม ที่นำเสนอมีค่าเริ่มต้นที่ 100 หน่วย



รูปที่ 22 ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าที่อ่านได้จาก กิโลวัตต์-ชั่วโมง มิเตอร์ เมื่อครบกำหนดมีค่า 10.44 หน่วย



รูปที่ 23 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่เหลืออยู่และสามารถใช้ได้ทีที่อ่านได้จากระบบควบคุมที่นำเสนอ เมื่อครบกำหนด 3 วัน คงเหลือ 98.06561270 หน่วย

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบวัดค่าพลังงานไฟฟ้าจากกิโลวัตต์-ชั่วโมงมิเตอร์และจากระบบควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สร้างขึ้น

วันที่	ค่าที่ได้อ่านจากกิโลวัตต์-ชั่วโมงมิเตอร์ (หน่วย)			ค่าที่อ่านได้จากระบบควบคุมที่นำเสนอ (หน่วย)			ค่าผิดพลาด (ร้อยละ)
	หน่วยที่ เริ่มต้น	หน่วยที่ครบ กำหนด	ค่าพลังงานที่ ใช้ไป	หน่วยที่ เริ่มต้น	หน่วยที่ครบ กำหนด	ค่าพลังงานที่ ใช้ไป	
วันที่ 1	8.52	10.44	1.92	100	98.065	1.934	0.74
วันที่ 2	8.52	12.52	4	100	95.967	4.032	0.81
วันที่ 3	8.52	15.03	6.51	100	93.477	6.522	0.19
						ค่าเฉลี่ย	0.58

จากผลการทดสอบในตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่าค่าที่อ่านได้จากกิโลวัตต์-ชั่วโมงมิเตอร์ วันที่ 1 หน่วยที่เริ่มต้นคือ 8.52 หน่วย และทำการวัดต่อเนื่องจนถึงวันที่ 3 หน่วยที่ครบกำหนดมีค่า 15.03 หน่วย จะเห็นว่าค่าพลังงานที่ใช้ไปมีค่าทั้งหมด 6.51 หน่วย และค่าที่อ่านได้จากระบบควบคุมที่นำเสนอ วันที่ 1 หน่วยที่เริ่มต้นคือ 100 หน่วย และทำการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องจนถึงวันที่ 3 จะเหลือค่าพลังงานไฟฟ้าที่ยังสามารถใช้ได้ 93.477 หน่วย จะเห็นว่าค่าพลังงานที่ใช้ไปมีค่าทั้งหมด 6.522 หน่วย จากการเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าที่อ่านได้จากกิโลวัตต์-ชั่วโมงมิเตอร์และค่าที่อ่านได้จากระบบควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สร้างขึ้นมามีค่าต่างกันคิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.58 และจากการทดสอบการทำงานของระบบควบคุมแบบต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 3 วัน 72 ชั่วโมง ระบบควบคุมที่นำเสนอสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง ไม่พบปัญหาจากการทำงานของระบบ

5. วิเคราะห์และสรุปผล

งานวิจัยนี้นำเสนอระบบการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยผ่าน RFID ควบคุมด้วย Arduino Uno R3 ที่สะดวกต่อการใช้งานและต้นทุนต่ำ โดยระบบแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนคือ ส่วนเติมเงินเข้าบัตร และ ส่วนควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้า การทดสอบประสิทธิภาพการทำงาน ทำการทดสอบตั้งแต่การเติมเงินเข้าบัตร RFID การนำบัตร RFID ไปใช้ในการเปิดระบบเพื่อใช้ไฟฟ้า การล้างข้อมูลในบัตร RFID การทดสอบเมื่อค่าพลังงานไฟฟ้าในระบบที่สามารถใช้ได้มีค่าน้อยกว่าหนึ่งหน่วยและเมื่อค่าพลังงานไฟฟ้าในระบบที่สามารถใช้ได้มีค่าเป็นศูนย์ รวมถึงการทดสอบการต่อระบบที่นำเสนอเพื่อ

ควบคุมการใช้งานกับเครื่องใช้ไฟฟ้าทั้งหมด 5 ชนิดโดยแยกเป็น เครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดทำงานต่อเนื่องได้แก่ พัดลม หลอดอินแคนเดสเซนต์ และเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดทำงานไม่ต่อเนื่อง (มีการตัดต่อตามอุณหภูมิที่ใช้งาน) ได้แก่ เครื่องเป่าผม กาต้มน้ำร้อน และเตารีดไอน้ำ โดยทำการทดสอบ โดยต่อใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าเป็นระยะเวลา 3 วัน หรือ 72 ชั่วโมง ต่อเนื่อง พบว่าระบบสามารถทำงานได้ถูกต้องตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้และเมื่อเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าที่อ่านได้จากกิโลวัตต์-ชั่วโมงมิเตอร์กับค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าที่อ่านได้จากระบบควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สร้างขึ้นมามีค่าต่างกันคิดเป็นร้อยละ 0.58 และสำหรับต้นทุนการสร้างระบบควบคุมต้นแบบนี้ประมาณ 3,500 บาท

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ดำเนินการและสำเร็จไปได้ด้วยดี ทั้งนี้เนื่องจากการได้รับความช่วยเหลือจากบุคคลหลายท่าน รวมถึงหน่วยงานต่าง ๆ ทางคณะผู้วิจัยขอขอบคุณ นายกันต์เอนก ทุ่มแก้ว และ นายประวี ภูอินทร์ นักศึกษาวิศวกรรมไฟฟ้า ที่ช่วยตรวจสอบข้อมูลและจัดการข้อมูลผลการทดสอบ และ ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำงานวิจัยในครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Pradit L. 2548. Small rice milling machine [master's thesis]. Faculty of Industrial Education and technology: King Mongkut's University of Technology Thonburi; 2005. (in Thai)
- [2] Bundit K. 2549. 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] W. Jantin, Kilowatt-Hour Meter. [Internet]. 2008 [cited 2020 Nov 10]. Available from: <http://watcharin2121.blogspot.com/2016/05/kilowatt-hour-meter.html> (in Thai)
- [4] Pirohmkiij A. Arduino UNO R3. [Internet] 2017 [cited 2020 Nov 10]. Available from: <http://dd4toew.blogspot.com/2017/05/arduino-uno-r3.html> (in Thai)
- [5] Nongnuch S. PZEM-004T AC Digital Power Energy Meter Module. [Internet] 2018 [cited 2020 Nov 10]. Available from: <http://nemoman.blogspot.com/2018/01/pzem004t.html> (in Thai)
- [6] Nhootong W. et al, 2004, Radio Frequency Identification (RFID). [Internet] 2020 [cited 2020 Aug 12]. Available from: <http://www.lampangtc.ac.th/mnfile/branch5/file/knowledge/RFID.pdf> (in Thai)