

การออกแบบและสร้างระบบควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าผ่านสมาร์ทโฟน

องอาจ ทับบุรี¹ กันยารัตน์ เอกเอี่ยม^{2*}

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี^{1 2*}

อีเมล : kanyarat@vru.ac.th ^{2*}

วันที่รับบทความ 30 มกราคม 2567

วันแก้ไขบทความ 21 มีนาคม 2567

วันที่ตอบรับบทความ 18 เมษายน 2567

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ออกแบบและสร้างระบบควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าผ่านสมาร์ทโฟน และ 2) ทดสอบสมรรถนะการทำงานของระบบควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าผ่านสมาร์ทโฟน สำหรับระบบควบคุมที่นำเสนอ สามารถบันทึกข้อมูลและจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตไร้สาย โดยกระบวนการเริ่มจากการออกแบบสร้างโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลการทำงานของระบบถึงเขียนโปรแกรมควบคุมและจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าอุปกรณ์ต่างๆ บนพื้นฐานการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า และเชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเพื่อแสดงข้อมูลพารามิเตอร์ต่างๆ ผ่านสมาร์ทโฟน ผลการทดสอบยืนยันให้เห็นว่าระบบที่นำเสนอสามารถแสดงค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าที่ใช้งานได้ โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนในการวัดแรงดันไฟฟ้าน้อยกว่าร้อยละ 1 ค่าความคลาดเคลื่อนในการวัดค่ากระแสไฟฟ้าน้อยกว่าร้อยละ 10 และมีค่าความคลาดเคลื่อนของอัตราค่าไฟฟ้าที่นำเสนอน้อยกว่าร้อยละ 1

คำสำคัญ : พลังงานไฟฟ้า อัตราค่าไฟฟ้า ระบบควบคุมไฟฟ้า



Design and Development of Electricity Consumption Control System through Smartphones

Ong-art Tubburee¹, Kanyarat Ek-iam^{2*}

Faculty of Industrial Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under The Royal Patronage Pathum Thani province^{1, 2*}

E – mail : kanyarat@vru.ac.th^{2*}

Received 30 January 2024

Revised 21 March 2024

Accepted 18 April 2024

Abstract

This research aimed to 1) design and development of electricity consumption control system through smartphones and 2) test the performance of electricity consumption control system through smartphones. The proposed control system can record data and manage the electricity consumption of electrical appliances through a wireless Internet network. The process begins with designing and constructing, using modules to measure electricity consumption by monitoring voltage, current, and power. Subsequently, this data is transmitted to a microcontroller for processing, programming, control, and management of electricity consumption for various devices based on electricity tariff calculation. Additionally, it connects to the internet network to display different parameter data on a smartphone. The proposed system can display voltage, current, and power, as confirmed by the test results. The voltage measurement error is below 1 %, while the current measurement error remains below 10%. Moreover, the error rate for electricity tariffs is less than 1%.

Keywords : Electrical energy, Electricity tariff, Electric control system

1. บทนำ

พลังงานไฟฟ้านับว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ในรูปแบบต่างๆ เพื่ออำนวยความสะดวกสบายให้แก่ประชาชน รวมทั้งยังมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศทั้งภาคธุรกิจอุตสาหกรรมและครัวเรือน แหล่งเชื้อเพลิงที่นำมาผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้าที่สำคัญคือ ก๊าซธรรมชาติและถ่านหิน แม้ว่าเชื้อเพลิงเหล่านี้สามารถผลิตได้ในประเทศ แต่ยังคงจำเป็นต้องนำเข้าจากต่างประเทศเป็นจำนวนมาก เพื่อทำการผลิตกระแสไฟฟ้าและสำรองเชื้อเพลิงในยามจำเป็น การวางแผนการใช้พลังงานเพื่อให้เกิดความยั่งยืน จึงเป็นเรื่องจำเป็นที่ต้องได้รับความร่วมมือจากภาครัฐ ภาคเอกชน และภาคประชาชน ซึ่งในหลายปีที่ผ่านมา ประเทศไทยมีการรณรงค์ให้ประชาชนตระหนักถึงสถานการณ์ด้านพลังงาน และการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ พร้อมทั้งพัฒนาพลังงานหมุนเวียนหรือพลังงานทางเลือกอื่นๆ มาทดแทน อาทิเช่น พลังงานน้ำ พลังงานลม พลังงานความร้อนใต้พิภพ พลังงานชีวมวล พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นต้น จากรายงานสถิติการใช้พลังงานของประเทศไทย พบว่า ประเทศไทยมีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นในทุกปีทั้งในภาคอุตสาหกรรมและครัวเรือน ซึ่งในปีพ.ศ. 2565 มีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นร้อยละ 3.6 เมื่อเทียบกับปีก่อน ซึ่งเป็นผลมาจากเศรษฐกิจฟื้นตัวภายหลังสถานการณ์การแพร่ระบาดของโควิดเริ่มคลี่คลาย (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. 2566)

อินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง (Internet of Things) เป็นเทคโนโลยีที่มีความล้ำสมัยและเป็นที่น่าสนใจที่จะทำให้ทุกสรรพสิ่งของทุกอย่างในสภาพแวดล้อมทั่วไปของมนุษย์ ให้สามารถสื่อสารหรือเชื่อมต่อกับวัตถุให้สามารถตรวจสอบ ควบคุม สั่งการหรือประมวลผลในการเก็บรวบรวมและแลกเปลี่ยนข้อมูลต่างๆ กันได้ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ด้วยการติดตั้งเซนเซอร์และเชื่อมต่อกับสรรพสิ่งหลากหลายชนิด ไม่ว่าจะเป็นเครื่องจักร วัตถุสิ่งของเครื่องใช้ไฟฟ้า สัตว์หรือมนุษย์ และการระบุตัวตนให้สามารถสั่งการควบคุมและติดตามสถานะการทำงานของอุปกรณ์ ตลอดจนเก็บรวบรวมข้อมูลสื่อสาร แลกเปลี่ยน หรือการถ่ายโอนข้อมูลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต สมาร์ทโฟน เว็บไซต์หรือแอปพลิเคชันได้เช่นกัน (วิวัฒน์ มีสุวรรณ. 2559) เพื่อตอบสนองต่อความต้องการที่สูงขึ้นอย่างรวดเร็วของผู้ใช้งาน สามารถนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์หลายด้าน อาทิเช่น ด้านที่อยู่อาศัย ทำให้เกิดระบบบ้านอัจฉริยะ ซึ่งผู้อยู่อาศัยสามารถควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ภายในบ้านได้ (สุชาติ ดุมนิล. 2566) ด้านการแพทย์ เป็นการติดตามเฝ้าระวังปัญหาสุขภาพผู้ป่วย ด้านการเกษตร ทำให้เกิดระบบฟาร์มอัจฉริยะ เป็นการรับรู้การเปลี่ยนแปลงสภาพดิน น้ำ อากาศด้วยเซนเซอร์ ให้ระบบทำงานได้อย่างอัตโนมัติ ด้านระบบไฟฟ้า ทำให้เกิดโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ เป็นการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารมาบริหารจัดการควบคุมการผลิต ส่งและจ่ายพลังงานไฟฟ้า เป็นต้น (ประภาพร กุลลัมรัตนชัย. 2559)

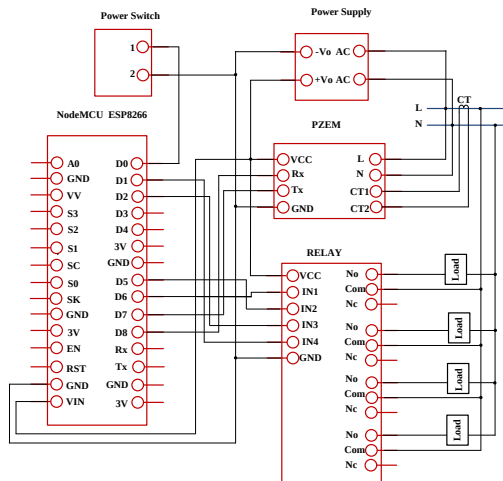
งานวิจัยนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างระบบควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าผ่านสมาร์ตโฟน โดยออกแบบให้สามารถควบคุมและจัดการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านผ่านระบบอินเทอร์เน็ตไร้สาย เพื่ออำนวยความสะดวกและตอบสนองความต้องการได้ ซึ่งเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ถูกควบคุมการใช้งานจากสมาร์ตโฟน โดยมีโมดูลวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าตรวจวัดแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า และส่งข้อมูลให้ไมโครคอนโทรลเลอร์โนตเอ็มซียู อีเอสพี 8266 ประมวลผลการทำงานและส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตไปยังสมาร์ตโฟน เพื่อแสดงข้อมูลพารามิเตอร์ต่าง ๆ

2. วัตถุประสงค์

- 2.1 เพื่อออกแบบและสร้างระบบควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าผ่านสมาร์ตโฟน
- 2.2 เพื่อทดสอบสมรรถนะการทำงานของระบบควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าผ่านสมาร์ตโฟน

3. วิธีการวิจัย

การทำงานของระบบควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าผ่านสมาร์ทโฟน ได้รับการออกแบบและพัฒนาขึ้นตามไดอะแกรมในรูปที่ 1 ซึ่งประกอบด้วยตัวประมวลผล (Processor) อุปกรณ์ตรวจจับ (Sensor) และอุปกรณ์แสดงผล (Display) โดยรายละเอียดของการออกแบบและเลือกใช้อุปกรณ์ต่างๆ ของการทำงานในแต่ละส่วนมีดังนี้



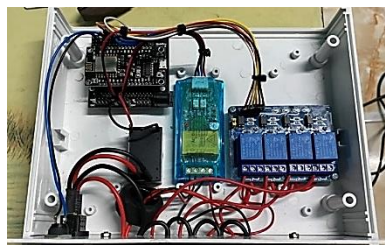
รูปที่ 1 การออกแบบระบบควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าผ่านสมาร์ทโฟน

3.1 ตัวประมวลผล ที่ใช้ควบคุมการทำงานของระบบควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าผ่านสมาร์ทโฟน ในงานวิจัยนี้เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์โนตเอ็มซียู อีเอสพี8266 ซึ่งเป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลเอวีอาร์ มีการพัฒนาแบบเปิดเผยข้อมูลทั้งด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ สามารถทำงานตามคำสั่งภาษาซีคล้ายอาดูยโน และที่สำคัญคือวงจรมีขนาดเล็ก ราคาไม่แพง มีลักษณะพิเศษกว่าตรงที่สามารถส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายไร้สาย โดยสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรมและใช้ชุดคำสั่งในการควบคุมการด้วยโปรแกรมอาดูยโนเอทีอีไอได้ เพื่อรับข้อมูลอินพุตจากโมดูลวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า มาประมวลผลเป็นค่าพลังงานไฟฟ้าที่วัดได้ และส่งข้อมูลผ่านสมาร์ทโฟน เพื่อแสดงผลอัตราค่าไฟฟ้าที่ได้และแสดงสถานะการทำงาน รวมทั้งรีเลย์ เพื่อตัดต่อวงจรให้กับโหลด โดยมีรายละเอียดการต่อใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ภาคอินพุตและเอาต์พุตตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รายละเอียดอุปกรณ์การต่อร่วมกับโนตเอ็มซียู อีเอสพี8266

ด้านอินพุต		โนตเอ็มซียู อีเอสพี8266	ด้านเอาต์พุต
สวิตช์	โมดูลพีเชม		รีเลย์
Low		PD0	
		PD1	IN4
		PD2	IN3
		PD5	IN2
		PD6	IN1
	Tx	PD7	
	Rx	PD8	

3.2 ระบบตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า การออกแบบและสร้างระบบตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า ดังรูปที่ 2 ผู้วิจัยเลือกใช้โมดูลวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า (Power Energy Meter Module) หรือโมดูลพีเอ็ม (PZEM) ส่งข้อมูลผ่านการสื่อสารอนุกรมให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการประมวลผลค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ทางไฟฟ้าที่ได้รับมาจากโมดูลวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าแล้วจะส่งข้อมูลที่ได้ออกไปแสดงผ่านสมาร์ตโฟน ซึ่งเป็นโมดูลที่สามารถใช้งานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อวัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ได้แก่ แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า และพลังงานไฟฟ้า เป็นต้น โดยโมดูลวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เลือกใช้ สามารถวัดแรงดันไฟฟ้าได้ 80 – 260 โวลต์ วัดค่ากระแสไฟฟ้าได้ 0 – 10 แอมป์โดยวัดกระแสผ่านขดลวดไม่สัมผัสกับสายไฟโดยตรง และทำงานได้ที่ความถี่ 45 – 65 เฮิร์ต (สุรินทร์ แหยมงาม และคณะ. 2564)



รูปที่ 2 ระบบตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า

3.3 วิธีการคิดอัตราค่าไฟฟ้า อัตราค่าไฟฟ้าของประเทศไทยตามประกาศโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าปี 2558 สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 รูปแบบ คือ อัตราปกติ อัตราตามช่วงเวลาของวัน (Time of day rate : TOD) และอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of use rate : TOU) จากกลุ่มผู้ใช้ไฟทั้งหมด 8 ประเภท ได้แก่ บ้านอยู่อาศัย กิจกรรมขนาดเล็ก กิจกรรมขนาดกลาง กิจกรรมขนาดใหญ่ กิจกรรมเฉพาะอย่าง องค์กรที่ไม่แสวงหากำไร สุบน้ำเพื่อการเกษตร และไฟฟ้าชั่วคราว (การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. 2566) สำหรับพลังงานไฟฟ้าในอุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้า คือ กำลังไฟฟ้าแอมป์ที่อุปกรณ์ หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ ต้องใช้ตลอดระยะเวลาที่เปิดใช้งาน ทั้งนี้การพิจารณาปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในปัจจุบัน และสอดคล้องกับการคิดค่าพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้าจะเรียกเก็บจากหน่วย (Unit) การใช้พลังงานไฟฟ้า หรืออาจเรียกเป็น กิโลวัตต์ - ชั่วโมง (kWh) ก็ได้ โดยสามารถคำนวณหาได้ดังนี้

$$x = P \times t \quad (1)$$

เมื่อ x คือ ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า (หน่วย)

P คือ กำลังแอมป์ที่อุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้าต้องการ (กิโลวัตต์)

t คือ เวลาที่อุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้าถูกเปิดใช้งาน (ชั่วโมง)

จากสมการ (1) จะเห็นว่าพลังงานไฟฟ้าที่อุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้าใช้ไป และถูกเรียกเก็บค่าใช้จ่ายจากการไฟฟ้าจะประกอบไปด้วยตัวแปรเพียง 2 ตัวแปรเท่านั้น ซึ่งก็คือ กำลังแอมป์ที่อุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้าต้องการ และเวลาที่อุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้าถูกเปิดใช้งาน ดังนั้นหากสามารถควบคุมหรือทำให้ตัวแปรทั้งสองนี้มีปริมาณลดลงได้ก็จะส่งผลให้การใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงด้วยเช่นกัน ดังนั้นในงานวิจัยนี้เลือกกระบวนกรคิดอัตราค่าไฟฟ้าประเภท 1 บ้านอยู่อาศัย โดยใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วย สามารถหาอัตราค่าไฟฟ้าได้ดังนี้

กรณีที่ 1 เมื่อพลังงานไฟฟ้าน้อยกว่า 15 หน่วย มีค่าพลังงานไฟฟ้า 2.3488 บาท/หน่วย และพลังงานไฟฟ้ามากกว่า 15 หน่วย และไม่เกิน 25 หน่วย มีค่าพลังงานไฟฟ้า 2.9882 บาท/หน่วย สามารถคำนวณอัตราค่าไฟฟ้าได้ดังสมการ (2)

$$Z = [2.3488 x] + [0.6394x - 9.59]y \quad (2)$$

เมื่อ y คือ ค่าคงที่ กำหนดให้ $y = 0$ ก็ต่อเมื่อ $x \leq 15$ และ $y = 1$ ก็ต่อเมื่อ $x > 15$
 Z คือ อัตราค่าไฟฟ้า (บาท)

กรณีที่ 2 เมื่อใช้พลังงานไฟฟ้ามากกว่า 25 หน่วยและไม่เกิน 35 หน่วย มีค่าพลังงานไฟฟ้า 3.2405 บาท/หน่วย และพลังงานไฟฟ้ามากกว่า 35 หน่วยและไม่เกิน 100 หน่วย มีค่าพลังงานไฟฟ้า 3.6237 บาท/หน่วยสามารถคำนวณอัตราค่าไฟฟ้าได้ดังสมการ (3)

$$Z = [3.2405 x - 15.8985] + [0.3832x - 13.412]y \quad (3)$$

เมื่อ กำหนดให้ $y = 0$ ก็ต่อเมื่อ $x \leq 35$ และ $y = 1$ ก็ต่อเมื่อ $x > 35$

กรณีที่ 3 เมื่อใช้พลังงานไฟฟ้ามากกว่า 100 หน่วยและไม่เกิน 150 หน่วย มีค่าพลังงานไฟฟ้า 3.7171 บาท/หน่วย และพลังงานไฟฟ้ามากกว่า 150 หน่วยและไม่เกิน 400 หน่วย มีค่าพลังงานไฟฟ้า 4.2218 บาท/หน่วยสามารถคำนวณอัตราค่าไฟฟ้าได้ดังสมการ (4)

$$Z = [3.7171 x - 38.6595] + [0.5047x - 75.705]y \quad (4)$$

เมื่อ กำหนดให้ $y = 0$ ก็ต่อเมื่อ $x \leq 150$ และ $y = 1$ ก็ต่อเมื่อ $x > 150$

เมื่อใช้พลังงานไฟฟ้ามากกว่า 400 หน่วย มีค่าพลังงานไฟฟ้า 4.4217 บาท/หน่วย สามารถคำนวณอัตราค่าไฟฟ้าได้ดังสมการ (5)

$$Z = 4.4217 x - 194.31 \quad (5)$$

3.4 ระบบแสดงผล

ข้อมูลการวัดค่าต่างๆที่ได้จากโมดูลวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า ถูกส่งมายังตัวประมวลผลเพื่อคำนวณค่าต่างๆ แล้วนำมาแสดงผ่านหน้าจอมาร์ทโฟน ซึ่งแบ่งออกเป็นสองหน้า โดยหน้าแรก(Tab1) เป็นการแสดงค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสสลับ(Voltage) ค่ากระแสไฟฟ้า(Current) ค่ากำลังไฟฟ้า(Power) และค่าความถี่ไฟฟ้า(Frequency) ที่วัดได้นอกจากนี้ยังมีการแสดงผลค่าพลังงานไฟฟ้า(Unit) และอัตราค่าไฟฟ้า(Electricity Tariff) ที่ได้จากการคำนวณ โดยค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวแสดงผลในลักษณะเกจวัด ดังรูปที่ 3(ก) หากต้องการกำหนดการใช้พลังงานไฟฟ้า(Set Unit) สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความต้องการ แต่ถ้าต้องการรีเซ็ตข้อมูลทั้งหมด(Clear) แสดงผลในหน้าสอง(Tab2) นอกจากนี้ยังมีแสดงสถานะการทำงานของโหลด(Load1-Load4) หากมีโหลดต่ออยู่หรือมีการเปิดใช้งาน มีสถานะเปิด(ON) และหากไม่มีโหลดหรือต้องการปิดสถานะการทำงาน สามารถกดปุ่มให้อยู่ในสถานะปิด (OFF) ได้ดังรูปที่ 3(ข)



(ก) หน้าแรกของระบบแสดงผล

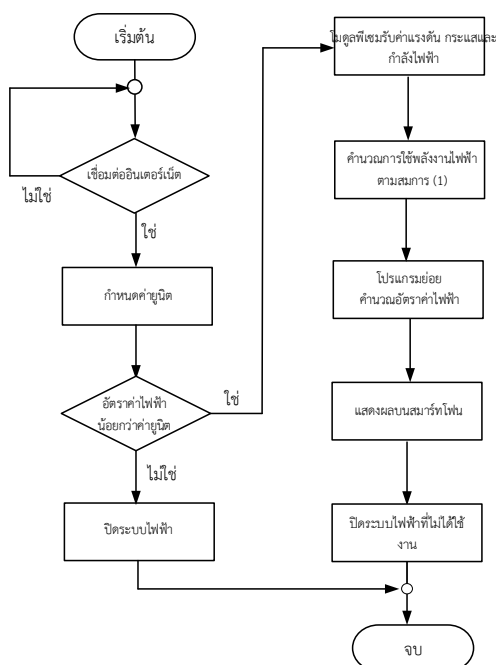


(ข) หน้าสองของระบบแสดงผล

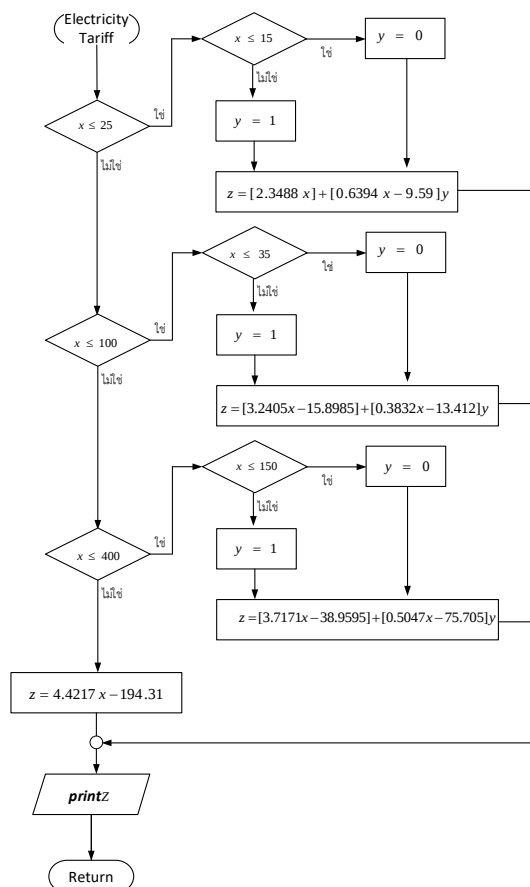
รูปที่ 3 ระบบแสดงผลค่าพารามิเตอร์ต่างๆ

3.5 การออกแบบโปรแกรมควบคุมการทำงาน

แผนผังการออกแบบโปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าผ่านสมาร์ทโฟนแสดงในรูปที่ 4(ก) เริ่มต้นด้วยการกดสวิตช์เพื่อเปิดระบบควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าผ่านสมาร์ทโฟน จากนั้นระบบจะตรวจสอบการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต หากมีการเชื่อมต่อแล้วจะสามารถกำหนดอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าตามความต้องการได้จากหน้าจอสมาร์ทโฟน หากพลังงานไฟฟ้ามีค่าเกินที่กำหนด ระบบจะทำการตัดวงจรทันทีหรือไม่สามารถจ่ายพลังงานให้แก่โหลดได้ ถ้าค่าพลังงานไฟฟ้ายังไม่ถึงที่กำหนด ระบบทำการรับค่ากระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จากโหลด มาคำนวณหาค่าพลังงานไฟฟ้าจากสมการ (1) จากนั้นส่งผลการคำนวณที่ได้ไปทำงานยังโปรแกรมย่อยที่ชื่อว่า Electricity Tariff เพื่อเริ่มคำนวณอัตราค่าไฟฟ้างวดแสดงในรูปที่ 4(ข) และจะเป็นการสั่งให้แสดงปริมาณค่าพารามิเตอร์ต่างๆ บนสมาร์ทโฟน



(ก) โปรแกรมหลักระบบควบคุมการทำงาน



(ข) โปรแกรมย่อยการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า

รูปที่ 4 ไดอะแกรมของโปรแกรมควบคุมการทำงาน

โปรแกรมย่อยการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า ดังรูปที่ 4(ข) จะเริ่มด้วยการตรวจสอบค่าพลังงานไฟฟ้าที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าที่กำหนดไว้ กล่าวคือ หากมีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่มีค่าไม่เกิน 25 หน่วย ให้นำค่าพลังงานไฟฟ้าที่ได้มาคำนวณหาอัตราไฟฟ้าตามสมการที่ (2) ถ้าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้มากกว่า 25 หน่วย แต่ไม่เกิน 100 หน่วย ให้นำค่าพลังงานไฟฟ้าที่ได้มาคำนวณหาอัตราไฟฟ้าตามสมการที่ (3) หากพลังงานไฟฟ้าที่ใช้มีค่ามากกว่า 100 หน่วย แต่ไม่เกิน 400 หน่วย ให้นำค่าพลังงานไฟฟ้าที่ได้มาคำนวณหาอัตราไฟฟ้าตามสมการที่ (4) และพลังงานไฟฟ้าที่ใช้มีค่ามากกว่า 400 หน่วย ให้นำค่าพลังงานไฟฟ้าที่ได้มาคำนวณหาอัตราไฟฟ้าตามสมการที่ (5)

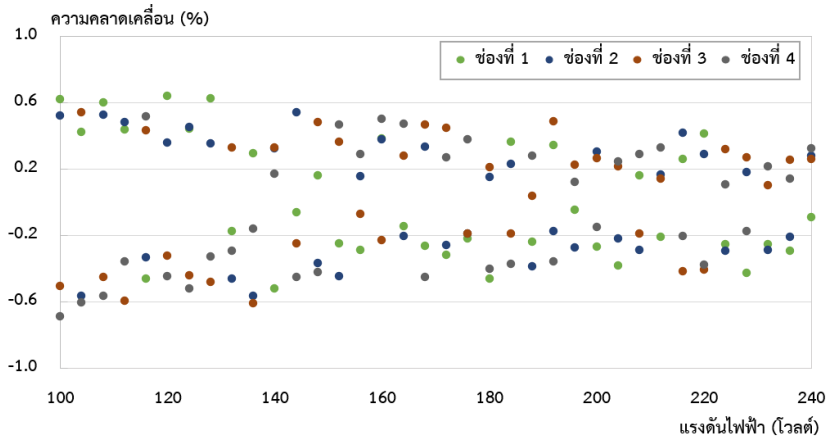
4. ผลการทดสอบ

การยืนยันความเป็นไปได้และความน่าเชื่อถือของระบบควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าผ่านสมาร์ทโฟนที่ออกแบบและสร้างขึ้น ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบดังต่อไปนี้

4.1 การทดสอบวัดค่าแรงดันไฟฟ้า

เพื่อทดสอบหาความคลาดเคลื่อนของระบบควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าผ่านสมาร์ทโฟน โดยปรับตั้งค่าแรงดันไฟฟ้าตั้งแต่ 100 โวลต์ จากนั้นเพิ่มค่าแรงดันไฟฟ้าครั้งละ 4 โวลต์ ไปจนถึงแรงดันไฟฟ้า 240 โวลต์ โดยทดสอบ

วัดค่าแรงดันไฟฟ้าที่ไม่ควบคุมพลังงานไฟฟ้าในแต่ละครั้งมาคำนวณหาร้อยละของความคลาดเคลื่อนจากค่าแรงดันไฟฟ้าจริงที่ได้จากการวัดของมัลติมิเตอร์ยี่ห้อ fluke รุ่น 115 TRUE RMS ได้ผลดังรูปที่ 5

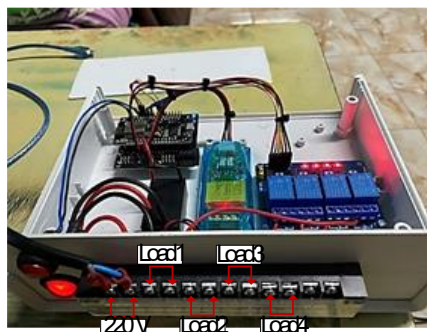


รูปที่ 5 ผลการทดสอบวัดค่าแรงดันไฟฟ้า

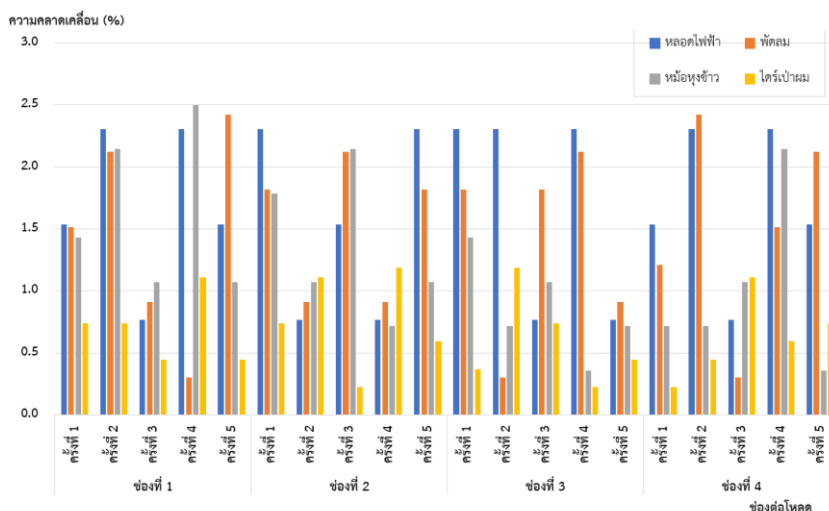
จากรูปที่ 5 พบว่าเมื่อนำระบบควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าผ่านสมาร์ทโฟนไปทดสอบวัดค่าแรงดันไฟฟ้าตั้งแต่ 100–240 โวลต์ ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนที่แตกต่างกันออกไป โดยความคลาดเคลื่อนสูงสุดที่เกิดขึ้นมีค่าร้อยละ 0.64 ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยมีค่าร้อยละ 0.39 ซึ่งต่ำกว่าร้อยละ 1.00

4.2 การทดสอบวัดค่ากระแสไฟฟ้า

เพื่อทดสอบหาความคลาดเคลื่อนของการวัดกระแสไฟฟ้าทั้ง 4 ช่อง ดังรูปที่ 6 โดยมีอุปกรณ์มาต่อเป็นโหลดจำนวน 4 ชนิด ได้แก่ หลอดไฟฟ้าขนาด 25 วัตต์ พัดลมขนาด 70 วัตต์ หม้อหุงข้าว ไตร่เป่าผมขนาด 300 วัตต์ จากนั้นนำมาวัดหากระแสไฟฟ้าที่ได้จากโมดูลวัดพลังงานไฟฟ้ามาคำนวณหาร้อยละของความคลาดเคลื่อนจากค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จากการวัดของมัลติมิเตอร์ยี่ห้อ fluke รุ่น 115 TRUE RMS ซึ่งทำการทดสอบจำนวน 5 ครั้ง พบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดที่เกิดขึ้นมีค่าร้อยละ 2.50 เมื่อโหลดเป็นหม้อหุงข้าวและค่าความคลาดเคลื่อนน้อยสุดที่เกิดขึ้นมีค่าร้อยละ 0.22 เมื่อโหลดเป็นไตร่เป่าผม แสดงผลดังรูปที่ 7



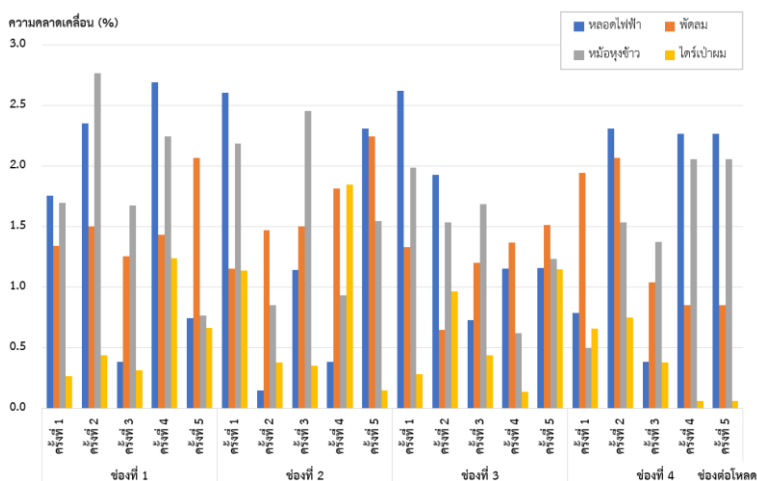
รูปที่ 6 ช่องสำหรับการต่อโหลดเพื่อทดสอบวัดค่ากระแสไฟฟ้า



รูปที่ 7 ผลการทดสอบวัดค่ากระแสไฟฟ้า

4.3 การทดสอบวัดค่ากำลังไฟฟ้า

การทดสอบวัดค่ากำลังไฟฟ้า โดยนำหลอดไฟฟ้า พัดลม หม้อหุงข้าว ไคร์เป่าผม มาต่อเป็นโหลด จากนั้นนำมาวัดหาค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จากโมดูลวัดพลังงานไฟฟ้ามาคำนวณหาร้อยละของความคลาดเคลื่อนค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จากการวัดของวัตต์มิเตอร์ยี่ห้อ METRIX รุ่น PX110 ได้ผลดังรูปที่ 8 พบว่า ร้อยละของค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดเท่ากับ 2.76 มีโหลดเป็นหม้อหุงข้าว และร้อยละของค่าความคลาดเคลื่อนต่ำสุดเท่ากับ 0.05 ซึ่งอุปกรณ์ที่นำมาต่อ คือ ไคร์เป่าผม

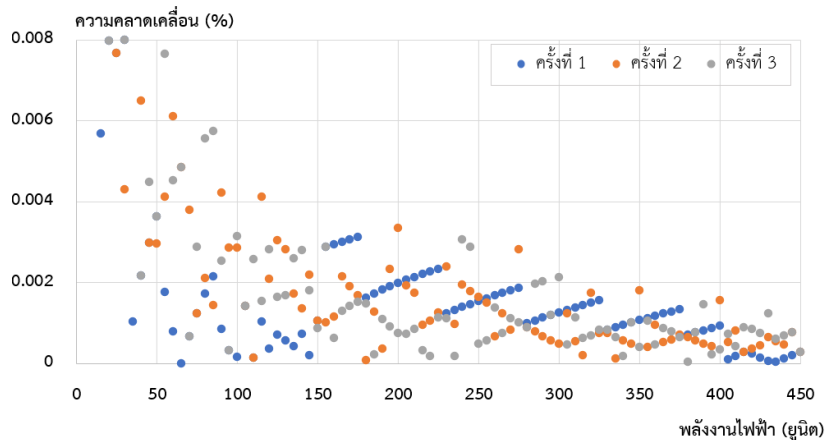


รูปที่ 8 ผลการทดสอบวัดค่ากำลังไฟฟ้า

4.4 การทดสอบวิธีการคิดอัตราค่าไฟฟ้า

การทดสอบร้อยละของความคลาดเคลื่อนของวิธีการคิดอัตราการคิดค่าไฟฟ้าของสมการที่นำเสนอเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากระบบประมาณการค่าไฟของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยการปรับค่าพลังงานไฟฟ้า ตั้งแต่ 5 หน่วย จากนั้นเพิ่มขึ้นครั้งละ 5 หน่วย จนกระทั่งถึงค่าพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 450 หน่วย แสดงดังรูปที่ 9 ผลการทดสอบ พบว่า เมื่อใช้พลังงานไฟฟ้า 50 หน่วยแรก มีค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดมากกว่าร้อยละ 0.006 และเมื่อใช้

พลังงาน 50 -150 หน่วย มีค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุด มากกว่าร้อยละ 0.004 และใช้พลังงานไฟฟ้า 150 – 450 หน่วย มีค่าความคลาดเคลื่อน น้อยกว่าร้อยละ 0.004 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าร้อยละ 0.01



รูปที่ 9 ผลการทดสอบวิธีการคิดอัตราค่าไฟฟ้า

4.5 การทดสอบการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์แต่ละตัว

เพื่อทดสอบการใช้พลังงานไฟฟ้า ทำการวัดค่ากำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์แต่ละตัว ได้แก่ หลอดไฟฟ้าใช้งานวันละ 3 ชั่วโมง พัดลมใช้งานวันละ 5 ชั่วโมงต่อวัน หม้อหุงข้าวใช้งานวันละ 1 ชั่วโมงและไดร์เป่าผมใช้งานวันละ 5 นาที โดยทำการทดสอบเป็นระยะเวลา 7 วัน แสดงผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์แต่ละตัว

วัน	หลอดไฟฟ้า			พัดลม			หม้อหุงข้าว			ไดร์เป่าผม		
	กำลังไฟฟ้า	พลังงานไฟฟ้า	ค่าไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้า	พลังงานไฟฟ้า	ค่าไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้า	พลังงานไฟฟ้า	ค่าไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้า	พลังงานไฟฟ้า	ค่าไฟฟ้า
1	0.03	0.09	0.21	0.07	0.35	0.82	0.07	0.07	0.16	0.3	0.02	0.06
2	0.03	0.09	0.21	0.07	0.35	0.82	0.07	0.07	0.16	0.3	0.02	0.06
3	0.03	0.09	0.21	0.07	0.35	0.82	0.07	0.07	0.16	0.3	0.02	0.06
4	0.03	0.09	0.21	0.07	0.35	0.82	0.07	0.07	0.16	0.3	0.02	0.06
5	0.03	0.09	0.21	0.07	0.35	0.82	0.07	0.07	0.16	0.3	0.02	0.06
6	0.03	0.09	0.21	0.07	0.35	0.82	0.07	0.07	0.16	0.3	0.02	0.06
7	0.03	0.09	0.21	0.07	0.35	0.82	0.07	0.07	0.16	0.3	0.02	0.06
รวม	0.21	0.63	1.47	0.49	2.45	5.74	0.49	0.49	1.12	2.1	0.14	0.42

จากผลการทดสอบพบว่า ค่ากำลังไฟฟ้าของหลอดไฟฟ้า เท่ากับ 0.03 กิโลวัตต์ พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 0.09 หน่วยและค่าไฟฟ้าเท่ากับ 0.21 บาท และใน 1 สัปดาห์เท่ากับ 1.47 บาท ค่ากำลังไฟฟ้าของพัดลม เท่ากับ 0.07 กิโลวัตต์ พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 0.35 หน่วยและค่าไฟฟ้าเท่ากับ 0.82 บาท และใน 1 สัปดาห์เท่ากับ 5.74 บาท ค่ากำลังไฟฟ้าของหม้อหุงข้าว เท่ากับ 0.07 กิโลวัตต์ พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 0.07 หน่วยและค่าไฟฟ้าเท่ากับ 0.16 บาท และใน 1 สัปดาห์เท่ากับ 1.12 บาท ค่ากำลังไฟฟ้าของไดร์เป่าผม เท่ากับ 0.3 กิโลวัตต์ พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 0.02 หน่วยและค่าไฟฟ้าเท่ากับ 0.06 บาท และใน 1 สัปดาห์เท่ากับ 0.42 บาท

5. อภิปรายผลและสรุปผล

การศึกษาและการวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างระบบควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าผ่านสมาร์ตโฟนด้วยการใช้โมดูลวัดการใช้พลังงานไฟฟ้ามาทำหน้าที่วัดแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า เพื่อส่งข้อมูลให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลเอวีอาร์ประมวลผลตามสมการที่นำเสนอ พร้อมทั้งแสดงข้อมูลผ่านหน้าจอสมาร์ตโฟน และยังทำหน้าที่ควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้าแต่ละช่องผ่านรีเลย์ขนาด 10 แอมป์ ผลการทดสอบใช้งานในห้องปฏิบัติการเพื่อวัดค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า เปรียบเทียบกับการวัดของมัลติมิเตอร์ยี่ห้อ fluke รุ่น 115 TRUE RMS นั้นพบว่าค่าความคลาดเคลื่อนของการวัดแรงดันไฟฟ้ามากที่สุดร้อยละ 0.64 แต่ไม่เกินร้อยละ 1 ค่าความคลาดเคลื่อนของการวัดค่ากระแสไฟฟ้ามากที่สุดร้อยละ 2.5 และค่าความคลาดเคลื่อนของการวัดกำลังไฟฟ้ามากที่สุดร้อยละ 2.76 แต่ไม่เกินร้อยละ 10 ซึ่งต่ำกว่าผลงานวิจัยของ ณัฐดนัยและคณะ (2565) ที่ได้ออกแบบและสร้างปลั๊กอัจฉริยะสำหรับการตรวจสอบและจัดการพลังงานไฟฟ้าภายในบ้านอัจฉริยะ โดยใช้เซนเซอร์พีเอ็ม ซึ่งได้รับผลการทดสอบวัดค่าแรงดันไฟฟ้า ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนสูงสุดเท่ากับร้อยละ 0.6 และทดสอบวัดค่ากระแสไฟฟ้า ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนสูงสุดเท่ากับร้อยละ 7.41 แต่ยังคงอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ตามมาตรฐานเที่ยงตรงของการวัด หากนำวิธีการคิดอัตราค่าไฟฟ้าที่นำเสนอมาทดสอบหาความคลาดเคลื่อน พบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดมากกว่าร้อยละ 0.006 แต่ไม่เกินร้อยละ 1 เมื่อนำอุปกรณ์แต่ละตัวมาทดสอบการใช้งานเป็นระยะเวลา 7 วัน ได้แก่ หลอดไฟฟ้าจำนวน 1 หลอด พัดลมจำนวน 1 ตัว หม้อหุงข้าวจำนวน 1 เครื่อง และไดร์เป่าผมจำนวน 1 ตัว โดยทำการทดสอบเป็นระยะเวลา 7 วัน พบว่าสามารถวัดและแสดงค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า อัตราค่าไฟฟ้า รวมทั้งสามารถควบคุมระบบผ่านสมาร์ตโฟนได้ ซึ่งเป็นไปตามหลักการที่ได้ออกแบบไว้ และยังสอดคล้องผลงานวิจัยของภาคินและคณะ (2563) ที่ได้ออกแบบและสร้างสมาร์ตมิเตอร์สำหรับการจัดการพลังงานไฟฟ้าโดยใช้อุปกรณ์ที่วัดแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และค่าพลังงานไฟฟ้า เชื่อมต่อกับโน้ตบุ๊กเพื่อแสดงผลและควบคุมผ่านสมาร์ตโฟน ซึ่งผลการทดสอบสามารถตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า แสดงค่าปริมาณไฟฟ้า แอมป์แอมป์และจำนวนเงินค่าไฟฟ้า และสามารถควบคุมผ่านสมาร์ตโฟนได้

6. ข้อเสนอแนะ

เพื่อเพิ่มความความปลอดภัยของผู้ใช้งาน ควรมีระบบตรวจวัดอุณหภูมิ ในกรณีที่เกิดความร้อนสูงจากการใช้งานให้ระบบสามารถตัดกระแสไฟฟ้าออกจากวงจรได้ทันที รวมถึงมีสัญญาณแจ้งเตือนไปยังผู้ใช้งาน หากมีการใช้งานเกินเงื่อนไขที่กำหนด

เอกสารอ้างอิง

- การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. (2566). “อัตราค่าไฟฟ้า.” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://www.pea.co.th/Portals/0/demand_response/Electricity%20Reconsider.pdf?ver=2018-10-01-155123-370
สืบค้น : 30 มิถุนายน 2566.
- ณัฐดนัย สิงห์สิทธิ์, ธนกฤต จินดาศรี และรัตนสุตา สุภดนัยสร. (2565). “การพัฒนาต้นแบบปลั๊กไฟอัจฉริยะสำหรับการตรวจสอบและจัดการพลังงานไฟฟ้าในบ้านอัจฉริยะ”. วารสารวิชาการเทพสตรี I-TECH. 17(2) : 159 -169.
- ประภาพร กุลลิมรัตน์ชัย. (2559). “Internet of things: แนวโน้มเทคโนโลยีปัจจุบันกับการใช้งานในอนาคต”. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 10(1) : 29 – 36.
- ภาคิน มณีโชติ, วัชร เวศม์บุญ และบุญวัฒน์ วิจารย์พล. (2563). “การพัฒนาสมาร์ตมิเตอร์สำหรับใช้ในการจัดการพลังงาน ในศูนย์พลังงาน มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร”. วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์. 15(1), 51 -66.

วิวัฒน์ มีสุวรรณ. (2559). “อินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง (Internet of Things) กับการศึกษา”.

วารสารวิชาการนวัตกรรมสื่อสารสังคม. 4(2) : 83 -92.

สุชาติ ดุมนิล. (2566). “การพัฒนาระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีIoT”.

วารสารวิชาการเกษตร I-TECH. 18(1) : 1 -16.

สุรินทร์ แหวมงาม, ณัฐ ตั้งปรีชาพาณิชย์, อีระพล เหมือนขาว, สุทธิ ทับทองดี, กัญจน์เอนก ทุมแก้ว และ

ประวี ภูอินทร์. (2564). “ระบบการใช้พลังงานไฟฟ้าแบบเติมเงินผ่านระบบเติมเงินออนไลน์และแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์”. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชชมงคลธัญบุรี. 19(2) : 43 -52.

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. (2566). รายงานสถิติพลังงานของประเทศไทย 2566. กรุงเทพฯ :

กระทรวงพลังงาน.

คุณค่าทางวิชาการ

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอการออกแบบและสร้างระบบควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าผ่านสมาร์ทโฟน สามารถนำมาต่อยอดโดยนำไปใช้กับคนในชุมชนฐานรากได้ ทำให้ผู้ใช้งานได้ทราบถึงอัตราค่าไฟฟ้าในแต่ละวันที่ใช้งาน จะส่งผลให้ใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างรู้คุณค่า