การพัฒนาต้นแบบปลั๊กไฟอัจฉริยะสำหรับการตรวจสอบและจัดการพลังงานไฟฟ้าในบ้านอัจฉริยะ

Development of Smart Plug Prototype for Inspection and Management Electric Energy in Smart Home

ณัฐดนัย สิงห์คลีวรรณ*, ธนกฤต จินดาศรี และ รัตนสุดา สุภดนัยสร

Nutdanai Singkhleewon*, Thanakit Jindasri and Rattanasuda Supadanaison

สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา.

Department of Technology Computer Electronics, Faculty of Science and Technology, Bansomdejchaopraya Rajabhat University.

*Email: mar6666@hotmail.com

Received: April 25, 2022; Revised: June 14, 2022; Accepted: July 01, 2022

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการพัฒนาต้นแบบปลั๊กไฟอัจฉริยะสำหรับช่วยแก้ปัญหาในการตรวจสอบการใช้งานและการจัดการพลังงานซึ่งเชื่อมต่อกับเว็บแอปพลิเคชัน SMARTPLUG ที่พัฒนาขึ้นสำหรับการบันทึกข้อมูลค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า การใช้พลังงานไฟฟ้าและระยะเวลาการใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้าในแต่ละปลั๊ก โดยจะสามารถควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้แต่ละปลั๊กได้อย่างอิสระและจะตัดกระแสไฟฟ้าออกจากปลั๊กไฟฟ้าโดยอัตโนมัติเมื่อตรวจพบว่ามีกระแสไฟฟ้าไหลมากกว่า 10 แอมแปร์ โดยต้นแบบปลั๊กไฟอัจฉริยะใช้เซนเซอร์กระแสไฟฟ้า PZEM-004T ตรวจวัดแรงดันและกระแสไฟฟ้าและส่งข้อมูลให้ไมโครคอนโทรเลอร์ ESP32 ประมวลผลการทำงานและส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตไปยังเว็บแอปพลิเคชัน SMARTPLUG เพื่อแสดงผล

การทดสอบการทำงานพบว่าต้นแบบปลั๊กไฟอัจฉริยะที่พัฒนาขึ้นสามารถควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้แต่ละปลั๊กได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถแสดงผลค่าแรงดัน กระแสไฟฟ้าและค่ากำลังงานที่ใช้ของแต่ละปลั๊กได้ โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนในการวัดแรงดันไฟฟ้าน้อยกว่าร้อยละ 1 ส่วนค่าเฉลี่ยการวัดค่ากระแสไฟฟ้ามีความคลาดเคลื่อนไม่เกินร้อยละ 10 ผลการตัดกระแสไฟฟ้าออกจากเต้าเสียบเมื่อตรวจพบว่ามีกระแสไฟฟ้าไหลเกิน 10 A นั้นพบว่าสามารถทำได้อย่างถูกต้องตามเงื่อนไขที่กำหนด

คำสำคัญ: ปลั๊กไฟอัจฉริยะ, ระบบควบคุมไฟฟ้า, อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

Abstract

This paper presents the development of a smart plug prototype for solving a problem in utilization and power management monitoring connected to a SMARTPLUG application. Developed for data logging of voltage, current, electrical power, and duration of use of electrical devices in each plug. It can

independently control the electrical current to each plug. Automatically cut off the current from the socket. When it detects an electrical current over 10 amperes. The smart plug prototype uses a PZEM -004T current sensor to measure the voltage and current of devices and send the data to the ESP32 microcontroller. To process the operation and send the data via the Internet network to the SMARTPLUG application for display.

Functional testing reveals that the smart plug prototype can effectively control the power supply to each plug. The voltage and current of each plug can be displayed and calculated the power used. The voltage measurement error is less than 1% and the average current measurement error is less than 10%. The result of disconnecting the current from the plugs. When it is detecting an electrical current over 10 amperes were found to be correct under the specified conditions.

Keyword: Smart Plug, Electric Control System, Internet of Things

1.บทนำ

ปัจจุบันกระแสไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานหลักที่สำคัญสำหรับการเติบโตทางเศรษฐกิจและสังคมของทุกประเทศและประชาชนทุกคน การสร้างแหล่งกำเนิดพลังงานไฟฟ้าจึงเป็นประเด็นหลักที่มีการเติบโตมากที่สุดทั่วโลกและยังส่งผลกระทบอย่างมากต่อภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทั่วโลก ระบบสมาร์ทกริดเป็นหนึ่งในโซลูชั่นหลักที่พัฒนาขึ้นเพื่อทำให้การใช้พลังงานไฟฟ้าแบบดั้งเดิมมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยเป็นการพัฒนานวัตกรรมและวิธีการแก้ปัญหาที่จะช่วยตรวจสอบและจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าซึ่งจะนำไปสู่การลดการใช้พลังงานและปรับปรุงโครงข่ายไฟฟ้า การจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าและสามารถคาดการณ์ความต้องการไฟฟ้าล่วงหน้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ [1-2]

ระบบสมาร์ทกริดจะทำงานโดยใช้เทคโนโลยีไอซีทีเป็นสื่อกลางการสื่อสารข้อมูลระหว่างส่วนประกอบต่าง ๆ ของสมาร์ทกริดและใช้เทคโนโลยี พัฒนาอุปกรณ์ ปลั๊กไฟอัจฉริยะ (Smart plug) ที่จะอนุญาตให้อุปกรณ์ทั่วไปสามารถเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตได้ โดยผู้ใช้งานสามารถควบคุมการทำงานได้ เช่น ตั้งเวลาการเปิด/ปิดอัตโนมัติ ตรวจสอบการใช้พลังงาน เก็บข้อมูลการใช้พลังงาน เป็นต้น เพื่อการจัดการด้านอุปสงค์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ [3] โดยพบว่า S. P. Makhanya และคณะ [4] พัฒนาต้นแบบระบบสวิตช์อัจฉริยะด้วยโมดูล Wi-Fi ESP8266 ที่สามารถควบคุมสวิตช์ไฟฟ้าภายในบ้านและควบคุมการทำงานได้จากระยะไกลโดยใช้แอปพลิเคชัน SSCS_4.0 ที่พัฒนาบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ซึ่งสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ A. S. Musleh และคณะ [5] พัฒนาปลั๊กไฟอัจฉริยะสำหรับเป็นต้นแบบการตรวจสอบและจัดการพลังงานไฟฟ้าภายในบ้าน โดยใช้โมดูล ZigBee เป็นอุปกรณ์สื่อสารทำงานร่วมกับเซนเซอร์วัดแรงดันและกระแสไฟฟ้า โดยผู้ใช้งานสามารถควบคุมการเปิดและปิดปลั๊กไฟจากโทรศัพท์มือถือของตนได้และสามารถกำหนดตารางการทำงานล่วงหน้าได้ ซึ่งสามารถแสดงค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าบนเว็ปเพจได้อย่างมีประสิทธิภาพ Z. Deng และคณะ [6] พัฒนาต้นแบบปลั๊กอัจฉริยะขนาด 120V/10A โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อป้องกันอันตรายจากไฟไหม้และไฟฟ้าช็อตที่เกิดจากสายไฟที่มีอายุหรือชำรุดเสียหาย โดยใช้มอสเฟ็ทกำลัง (Power MOSFET) เป็นอุปกรณ์ควบคุมปลั๊กไฟฟ้าแทนรีเลย์ซึ่งสามารถทำงานได้ในระดับมิลลิวินาที Â. K. Matsuo และคณะ [7] พัฒนาปลั๊กไฟอัจฉริยะโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno ร่วมกับโมดูล Wi-Fi ESP-8266 และเซนเซอร์แรงดันไฟฟ้า ZMPT101B และแพลตฟอร์ม IoT ThingSpeak สำหรับการจัดเก็บและประมวลผลข้อมูลในระบบคลาวด์ และควบคุมการทำงานด้วยแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยสามารถคำนวณค่าการใช้พลังงาน (Energy consumption) และข้อมูลการใช้งานโดยละเอียดได้ในรูปแบบกราฟิก ส่วน Trio Adiono และคณะ [8] พัฒนาปลั๊กไฟอัจฉริยะที่ใช้งานกับอุปกรณ์ไฟฟ้าพลังงานต่ำในบ้านขนาด 220 V

โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ SMT32L100 และใช้โมดูล Zigbee เป็นอุปกรณ์สื่อสารซึ่งสามารถควบคุมการทำงานด้วยแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยปลั๊กไฟอัจฉริยะที่พัฒนาขึ้นนี้ใช้กระแสไฟฟ้า 49.9 mA ในขณะที่ไม่ได้ทำงานและใช้กระแสไฟฟ้า 123.7 mA ในขณะทำงาน

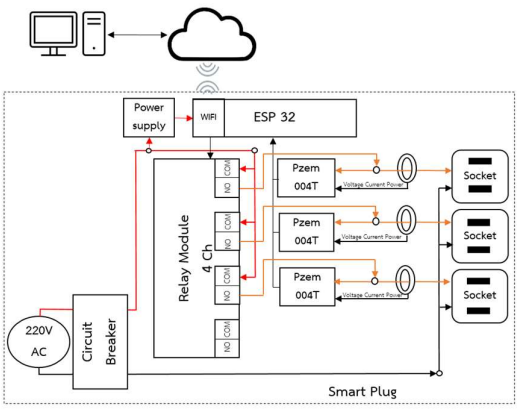
คณะผู้วิจัยจึงพัฒนาปลั๊กไฟอัจฉริยะแบบ 3 ปลั๊กเสียบที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP 32 และเซนเซอร์แรงดันไฟฟ้า PZEM-004T และพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน SMARTPLUG สำหรับควบคุมการปิดเปิดปลั๊กไฟ เก็บข้อมูลแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและคำนวณค่ากำลังงานแบบระบบเวลาปัจจุบัน (Real-time) เพื่อแสดงบนแอปพลิเคชัน SMARTPLUG และยังสามารถตัดวงจรไฟฟ้าออกเมื่อตรวจพบกระแสไฟฟ้าไหลเกิน 10 A ในแต่ละปลั๊กได้อย่างอิสระ

2. ขั้นตอนและวิธีดำเนินงาน

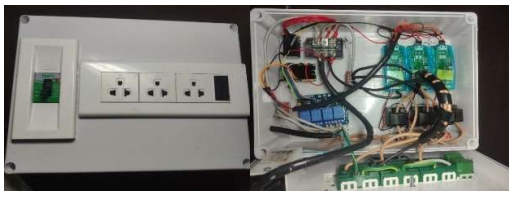
การพัฒนาต้นแบบปลั๊กไฟอัจฉริยะสำหรับการตรวจสอบและจัดการพลังงานไฟฟ้าในบ้านอัจฉริยะ มีการออกแบบการทำงานของระบบประกอบด้วย 2 ส่วนดังนี้

2.1 การออกแบบด้านฮาร์ดแวร์ของปลั๊กไฟอัจฉริยะ

ระบบควบคุมการทำงานแสดงดังภาพที่ 1 โดยมีไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 ทำหน้าที่สื่อสารข้อมูลระหว่างเว็บแอปพลิเคชัน SMARTPLUG เพื่อควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้ปลั๊กไฟ โดยเมื่อได้รับคำสั่งเปิดสวิตช์จากโปรแกรม ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งงานไปที่ชุดรีเลย์ที่ตรงกับคำสั่งให้จ่ายกระแสไฟฟ้าออกไปยังช่องปลั๊กไฟ โดยรีเลย์จะจ่ายกระแสไฟฟ้าออกที่ขา No (Normal Open) เพื่อความปลอดภัยในกรณีที่รีเลย์เสียหายก็จะไม่มีกระแสไฟฟ้าออกไปยังปลั๊กไฟได้ และมีเซนเซอร์ PZEM-004T สำหรับวัดค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าแยกแต่ละปลั๊กไฟแบบระบบเวลาปัจจุบัน โดยสามารถวัดค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับได้สูงสุดที่ 260 VAC วัดค่ากระแสไฟฟ้าได้สูงสุดที่ 100 A นอกจากนี้ยังติดตั้งเซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 15 A ไว้ภายในอีก 1 ตัวเพื่อเป็นอุปกรณ์ป้องกันระดับที่ 2



รูปที่ 1 บล็อกไดอะแกรมของต้นแบบอุปกรณ์ปลั๊กไฟอัจฉริยะ



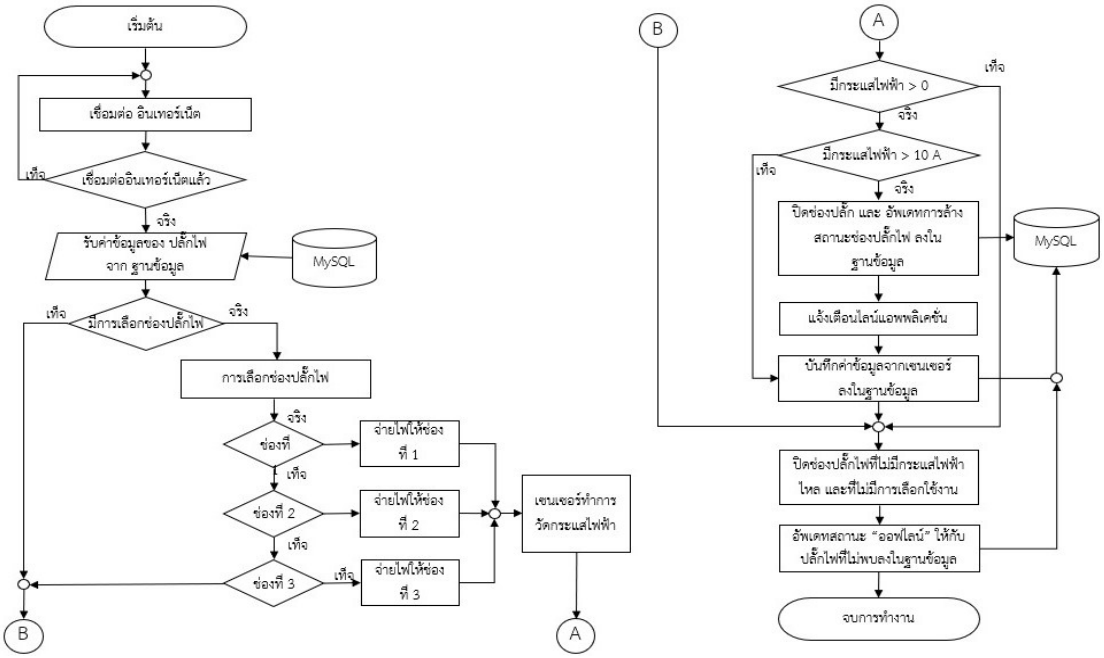
(ก) (ข)

รูปที่ 2 (ก) ด้านบนของปลั๊กไฟอัจฉริยะ (ข) การต่อวงจรของปลั๊กไฟอัจฉริยะ

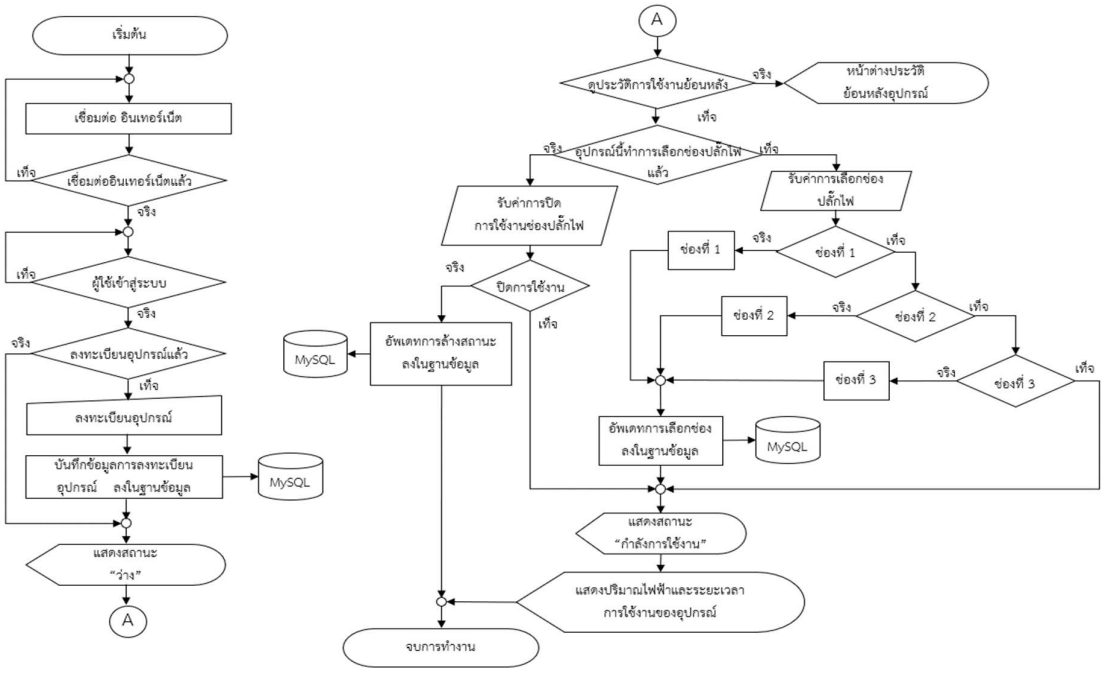
2.2 การออกแบบโปรแกรมการทำงานและแสดงผลประกอบด้วย

2.2.1 โปรแกรมควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32

ซึ่งทำหน้าที่รับข้อมูลจากเซนเซอร์ PZEM-004T เพื่อแปลงให้เป็นค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าของแต่ละปลั๊กไฟ และส่งข้อมูลนี้ไปยังเว็บแอปพลิเคชัน SMARTPLUG ผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ตไร้สายเพื่อบันทึกและประมวลผลเป็นค่าพลังงานไฟฟ้าที่ถูกใช้งานแบบระบบเวลาปัจจุบัน (Realtime) และระยะเวลาการใช้งานของแต่ละปลั๊กไฟ นอกจากนี้หากโปรแกรมตรวจพบว่า หากพบว่ามีค่ากระแสไฟฟ้าไหลเกิน 10 A เกินกว่า 3 วินาที ระบบจะตัดกระแสไฟฟ้าออกจากช่องปลั๊กไฟช่องนั้นทันทีเพื่อป้องกันการเกิดเหตุเพลิงไหม้



รูปที่ 3 แผนภาพการทำงานของโปรแกรมควบคุมบนไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32



รูปที่ 4 โปรแกรมการทำงานและแสดงผลข้อมูลผ่านเว็บแอปพลิเคชัน SMARTPLUG

2.2.2 โปรแกรมการควบคุมการทำงานและแสดงผลข้อมูลผ่านเว็บแอปพลิเคชัน SMART PLUG

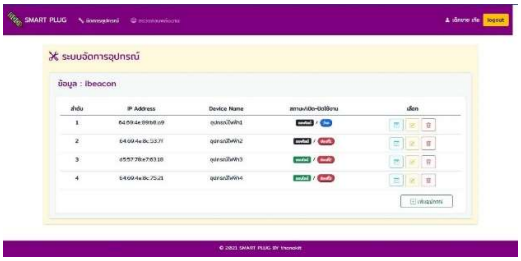
สำหรับควบคุมการเปิด-ปิดปลั๊กไฟและแสดงผลค่าปริมาณแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ค่าพลังงานไฟฟ้าและระยะเวลาการใช้งานของปลั๊กไฟแต่ละตัวแบบระบบเวลาปัจจุบัน (Realtime)

3. ผลการวิจัย

ผลการวิจัยแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ประกอบด้วย

3.1 การทดสอบเว็บแอปพลิเคชัน SMARTPLUG

รูปที่ 5-9 แสดงหน้าจอของเว็บแอปพลิเคชัน SMARTPLUG ในส่วนต่าง ๆ และตารางที่ 1 แสดงการทดสอบในแง่ของการตรวจสอบสถานะของอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกับ SMARTPLUG โดยผลลัพธ์จะแสดงให้เห็นการตอบสนองจากระบบ



รูปที่ 5 หน้าเว็บแอปพลิเคชัน SMARTPLUG แสดงสถานะของสวิตช์

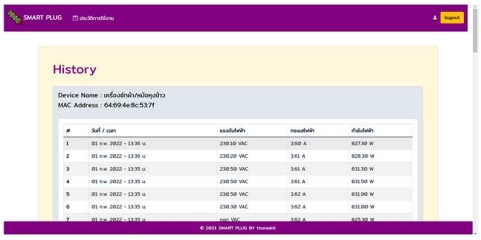
จากรูปที่ 5 เว็บแอปพลิเคชัน SMARTPLUG จะแสดงสถานะของอุปกรณ์ไฟฟ้าว่าใช้งานอยู่หรือไม่ ถ้าใช้กำลังใช้อยู่กับปลั๊กช่องไหน

(ก) (ข)

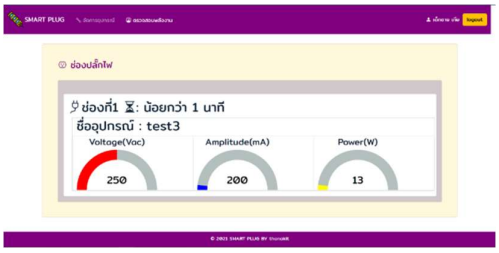
รูปที่ 6 (ก) เพื่อข้อมูลอุปกรณ์ไฟฟ้า (ข) ลบข้อมูลอุปกรณ์ไฟฟ้า

(ก) (ข)

รูปที่ 7 (ก) แก้ไข ชื่ออุปกรณ์ไฟฟ้า (ข) เลือกช่องการใช้งานให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้า



รูปที่ 8 หน้าเว็บแอปพลิเคชัน SMARTPLUG แสดงประวัติการใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้า



รูปที่ 9 เว็บแอปพลิเคชัน SMARTPLUG แสดงค่าแรงดันกระแสไฟฟ้าและระยะเวลาการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้า

จากรูปที่ 9 แสดงหน้าจอเว็บแอปพลิเคชัน SMARTPLUG ซึ่งแสดงค่าแรงดัน กระแสและกำลังไฟฟ้าที่ได้มาจากเซนเซอร์ PZEM-004T ที่ติดตั้งไว้กับสายไลน์ในแต่ละช่องของปลั๊กไฟ จากนั้นจึงอ่านข้อมูลค่าแรงดันกระแสและค่ากำลังงานไฟฟ้าจาก PZEM-004T มาแสดงบนเว็บแอปพลิเคชัน SMARTPLUG ซึ่งพบว่ามีความผิดพลาดเมื่อเทียบกับการคำนวณตามสมการการหาค่ากำลังไฟฟ้า $P = IV$ แทนค่าสมการ $250\,V \times 0.2\,A = 50\,W$ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าการคำนวณจะพบว่ามีความแตกต่างกันถึง 74% แต่เมื่อทดสอบให้ PZEM-004T อ่านค่าทั้งหมดจากอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้กระแสไฟฟ้ามากกว่า 1 A จะพบว่าจะได้ค่ากำลังงานไฟฟ้าใกล้เคียงกับการคำนวณ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้การคำนวณค่ากำลังงานแทนการอ่านค่าจาก PZEM-004T โดยตรง

ตารางที่ 1 การทดสอบการตอบสนองของเว็บแอปพลิเคชัน SMARTPLUG

กระบวนการ	ผลที่คาดว่าจะได้รับ	ผลการทดสอบ
คลิกปุ่มสวิตช์สำหรับตัวควบคุม	สถานะของสวิตช์จะเปลี่ยน	ผ่าน
ต่อโหลดเข้าสู่ปลั๊กไฟ	จะมีการแสดงค่าแรงดัน กระแส พลังงานไฟฟ้า และระยะเวลาการใช้งาน	ผ่าน
ต่อโหลดเข้าสู่ปลั๊กไฟ	กราฟจะแสดงค่าแรงดัน กระแส พลังงานไฟฟ้า และระยะเวลาการใช้งานสำหรับการใช้งานปัจจุบัน	ผ่าน
การตรวจสอบข้อมูลย้อนหลัง	แสดงค่าแรงดัน กระแส และพลังงานไฟฟ้าทั้งหมด	ผ่าน

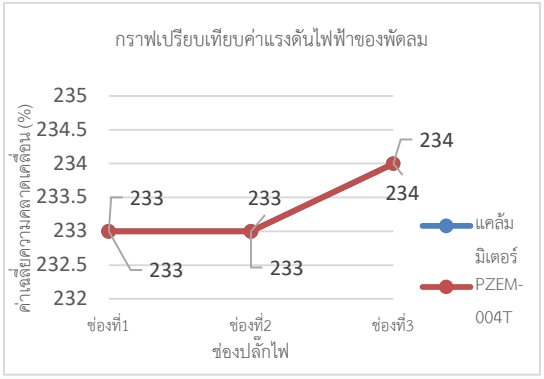
3.2 การทดสอบการวัดค่ากระแสไฟฟ้า

ทดสอบโดยใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า 3 ชิ้น คือ 1.พัดลม 2.ไดร์เป่าผม และ 3.หม้อหุงข้าวไฟฟ้า มาเสียบกับปลั๊กไฟทีละช่องแล้วอ่านค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าจากเว็บแอปพลิเคชัน SMARTPLUG เทียบกับดิจิตอลแคลมป์มิเตอร์ยี่ห้อ SZBJ รุ่น BM5266 แสดงดังตารางที่ 2 – 4

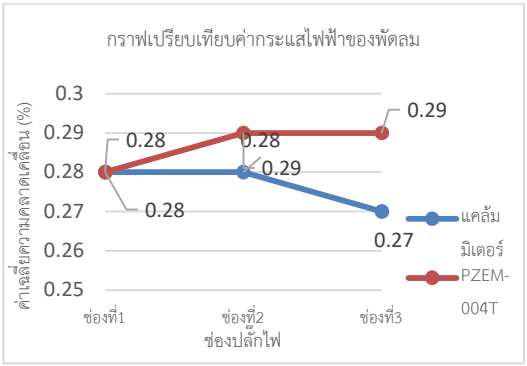
จากตารางที่ 2 ผลการทดสอบการวัดค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าของพัดลมตั้งพื้นเปรียบเทียบกันระหว่างเซนเซอร์ PZEM-004T และดิจิตอลแคลมป์มิเตอร์ SZBJ รุ่น BM5266 พบว่าไม่มีความคลาดเคลื่อนของแรงดันไฟฟ้า ส่วนความคลาดเคลื่อนของกระแสไฟฟ้าน้อยที่สุดคือ 0% และมากที่สุด คือ 5%

ตารางที่ 2 ผลการวัดค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าของพัดลมตั้งพื้นเปรียบเทียบกันระหว่างเซนเซอร์ PZEM-004T และดิจิตอลแคลมป์มิเตอร์ SZBJ รุ่น BM5266

ปลั๊กไฟช่องที่	หน่วยวัด	อุปกรณ์ที่ใช้	ค่าเฉลี่ย (5ครั้ง)	% Error
1	แรงดัน (V)	แคลมป์มิเตอร์	233.00	0.00
		PZEM-004T	233.00	
	กระแส (A)	แคลมป์มิเตอร์	0.21	0.00
		PZEM-004T	0.21	
2	แรงดัน (V)	แคลมป์มิเตอร์	233.00	0.00
		PZEM-004T	233.00	
	กระแส (A)	แคลมป์มิเตอร์	0.20	5.00
		PZEM-004T	0.21	
3	แรงดัน (V)	แคลมป์มิเตอร์	234.00	0.00
		PZEM-004T	234.00	
	กระแส (A)	แคลมป์มิเตอร์	0.20	5.00
		PZEM-004T	0.21	



รูปที่ 10 กราฟเปรียบเทียบการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าระหว่าง PZEM-004Tและแคลมป์มิเตอร์ ทั้ง 3 ช่องของพัดลม

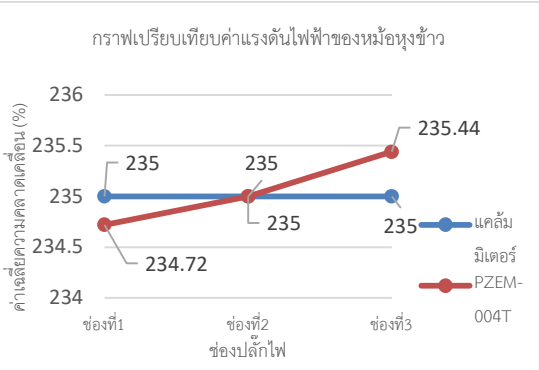


รูปที่ 11 กราฟเปรียบเทียบการวัดค่ากระแสไฟฟ้าระหว่าง PZEM-004Tและแคลมป์มิเตอร์ ทั้ง 3 ช่องของพัดลม

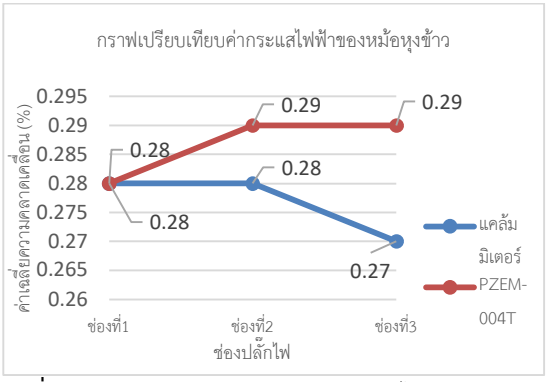
ตารางที่ 3 ผลการวัดค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าของหม้อหุงข้าวไฟฟ้าเปรียบเทียบกันระหว่างเซนเซอร์ PZEM-004T และดิจิตอลแคลมป์มิเตอร์ SZBJ รุ่น BM5266

ปลั๊กไฟช่องที่	หน่วยวัด	อุปกรณ์ที่ใช้	ค่าเฉลี่ย (5ครั้ง)	% Error
1	แรงดัน (V)	แคลมป์มิเตอร์	235.00	0.12
		PZEM-004T	234.72	
	กระแส (A)	แคลมป์มิเตอร์	0.28	0.00
		PZEM-004T	0.28	
2	แรงดัน (V)	แคลมป์มิเตอร์	235.00	0.00
		PZEM-004T	235.00	
	กระแส (A)	แคลมป์มิเตอร์	0.28	2.84
		PZEM-004T	0.29	
3	แรงดัน (V)	แคลมป์มิเตอร์	235.00	0.19
		PZEM-004T	235.44	
	กระแส (A)	แคลมป์มิเตอร์	0.27	7.41
		PZEM-004T	0.29	

จากตารางที่ 3 ผลการทดสอบการวัดค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าของหม้อหุงข้าวไฟฟ้าเปรียบเทียบกันระหว่างเซนเซอร์ PZEM-004T และดิจิตอลแคลมป์มิเตอร์ SZBJ รุ่น BM5266 พบว่ามีความคลาดเคลื่อนของแรงดันไฟฟ้าน้อยที่สุดคือ ร้อยละ 0 และมากที่สุด คือ ร้อยละ 0.19 ส่วนความคลาดเคลื่อนของกระแสไฟฟ้าน้อยที่สุดคือ ร้อยละ 0 และมากที่สุดคือ ร้อยละ 7.41



รูปที่ 12 กราฟเปรียบเทียบการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าระหว่าง PZEM-004Tและแคลมป์มิเตอร์ ทั้ง 3 ช่องของหม้อหุงข้าว

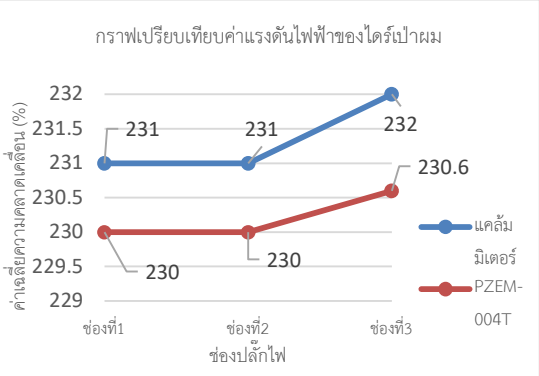


รูปที่ 13 กราฟเปรียบเทียบการวัดค่ากระแสไฟฟ้าระหว่าง PZEM-004Tและแคลมป์มิเตอร์ ทั้ง 3 ช่องของหม้อหุงข้าว

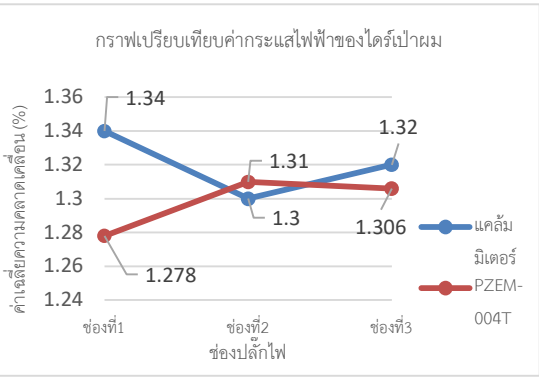
ตารางที่ 4 ผลการวัดค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าของไดร์เป่าผมเปรียบเทียบกันระหว่างเซนเซอร์ PZEM-004T และดิจิตอลแคลมป์มิเตอร์ SZBJ รุ่น BM5266

ปลั๊กไฟช่องที่	หน่วยวัด	อุปกรณ์ที่ใช้	ค่าเฉลี่ย (5ครั้ง)	% Error
1	แรงดัน (V)	แคลมป์มิเตอร์	231.00	0.43
		PZEM-004T	230.00	
	กระแส (A)	แคลมป์มิเตอร์	1.34	4.63
		PZEM-004T	1.278	
2	แรงดัน (V)	แคลมป์มิเตอร์	231.00	0.43
		PZEM-004T	230.00	
	กระแส (A)	แคลมป์มิเตอร์	1.30	0.77
		PZEM-004T	1.31	
3	แรงดัน (V)	แคลมป์มิเตอร์	232.00	0.60
		PZEM-004T	230.6	
	กระแส (A)	แคลมป์มิเตอร์	1.32	1.06
		PZEM-004T	1.306	

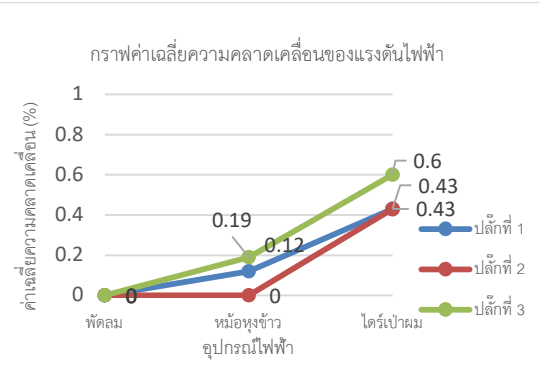
จากตารางที่ 4 ผลการทดสอบการวัดค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าของไดร์เป่าผมเปรียบเทียบกันระหว่างเซนเซอร์ PZEM-004T และดิจิตอลแคลมป์มิเตอร์ SZBJ รุ่น BM5266 พบว่ามีความคลาดเคลื่อนของแรงดันไฟฟ้า น้อยที่สุดคือ ร้อยละ 0.43 และมากที่สุด คือ ร้อยละ 0.6 ส่วนความคลาดเคลื่อนของกระแสไฟฟ้าน้อยที่สุดคือ ร้อยละ 0.77 และมากที่สุด คือ ร้อยละ 4.63



รูปที่ 14 กราฟเปรียบเทียบการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าระหว่าง PZEM-004Tและแคลมป์มิเตอร์ ทั้ง 3 ช่องของไดร์เป่าผม

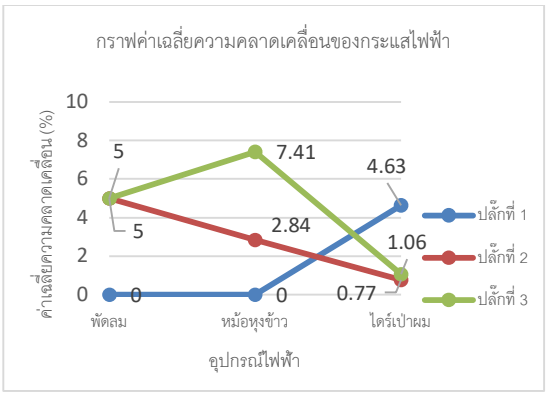


รูปที่ 15 กราฟเปรียบเทียบการวัดค่ากระแสไฟฟ้าระหว่าง PZEM-004Tและแคลมป์มิเตอร์ ทั้ง 3 ช่องของไดร์เป่าผม



รูปที่ 16 กราฟค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนจากการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าทั้ง 3 ปลั๊ก

จากรูปที่ 16 เปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนแรงดันไฟฟ้า จากเซนเซอร์ PZEM-004T ของปลั๊กทั้ง 3 ช่องพบว่า พัดลมไม่มีค่าความคลาดเคลื่อน รองลงมาคือส่วนหม้อหุงข้าวน้อยมีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดคือ ร้อยละ 0 ที่ปลั๊ก 2 และมากที่สุด คือ ร้อยละ 0.19 ที่ปลั๊ก 3 ส่วนไดร์เป่าผมมีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดคือ ร้อยละ 0.43 ที่ปลั๊ก 1 และ 2 และ มีความคลาดเคลื่อนมากที่สุด ร้อยละ 0.6 ที่ 3



รูปที่ 17 กราฟค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนจากการวัดค่ากระแสไฟฟ้าทั้ง 3 ปลั๊ก

จากรูปที่ 17 ความคลาดเคลื่อนกระแสไฟฟ้า จากเซนเซอร์ PZEM-004T ของปลั๊กทั้ง 3 ช่องพบว่า ความคลาดเคลื่อนของพัดลมน้อยที่สุดคือ ร้อยละ 0 และมากที่สุด คือ ร้อยละ 5 ส่วนความคลาดเคลื่อนของหม้อหุงข้าวน้อยที่สุดคือ ร้อยละ 0 และมากที่สุด คือ ร้อยละ 7.41 และความคลาดเคลื่อนของไดร์เป่าผมน้อยที่สุดคือ ร้อยละ 0.77 และมากที่สุด คือ ร้อยละ 4.63

3.3 การทดสอบการใช้งานปลั๊กไฟพร้อมกันทั้ง 3 ช่อง

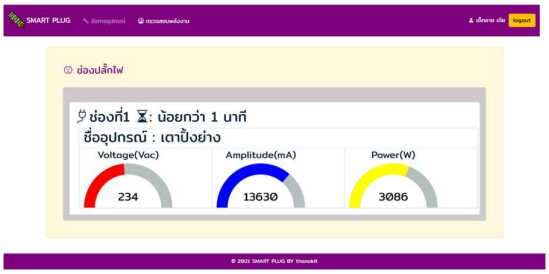
ทดสอบโดยใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า 3 ชนิดเสียบปลั๊กไฟพร้อมกับ คือ โคมไฟตั้งโต๊ะ พัดลมตั้งโต๊ะและหม้อหุงข้าวไฟฟ้า

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบการใช้งานปลั๊กไฟพร้อมกันทั้ง 3 ช่อง

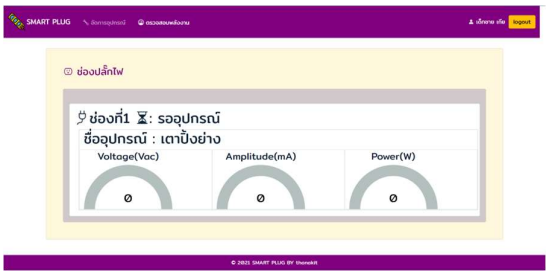
ปลั๊กไฟช่องที่	หน่วยวัด	ค่าเฉลี่ย(5ครั้ง)
1 (โคมไฟตั้งโต๊ะ)	แรงดัน (V)	234.54
	กระแส (A)	0.09
2 (พัดลมตั้งโต๊ะ)	แรงดัน (V)	234.76
	กระแส (A)	0.19
3 (หม้อหุงข้าวไฟฟ้า)	แรงดัน (V)	234.78
	กระแส (A)	0.30

3.4 การทดสอบความปลอดภัยจากกระแสไฟฟ้า

การทดสอบทำโดยการใช้เตาปิ้งไฟฟ้าขนาด 3,000 W ซึ่งใช้กระแสไฟฟ้า 13.63 A ต่อเข้ากับปลั๊กไฟที่ละช่องโดยที่ยังไม่เปิดสวิตช์ของเครื่อง จากนั้นสั่งเปิดสวิตช์ไฟฟ้าและเปิดสวิตช์การทำงานของเตาปิ้งไฟฟ้าและจับเวลา ปลั๊กไฟจะต้องตัดการจ่ายกระแสไฟฟ้าตามเงื่อนไขที่กำหนด ซึ่งผลการทดสอบพบว่าปลั๊กไฟอัจฉริยะสามารถตัดการจ่ายกระแสไฟฟ้าได้ทุกครั้ง



รูปที่ 18 เว็บแอปพลิเคชัน SMARTPLUG แสดงค่าแรงดันกระแสไฟฟ้าและระยะเวลาการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้า



รูปที่ 19 เว็บแอปพลิเคชัน SMARTPLUG เมื่อถูกสั่งให้ตัดการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้อุปกรณ์ไฟฟ้า

4. สรุปผลและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

ต้นแบบปลั๊กไฟอัจฉริยะที่พัฒนาขึ้นนี้ประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ 1) เว็บแอปพลิเคชัน SMARTPLUG ซึ่งใช้สำหรับควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้เต้าเสียบทั้ง 3 เต้า ซึ่งแต่ละเต้าเสียบสามารถควบคุมและแสดงผลค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ค่าพลังงานไฟฟ้า ที่ได้จากเซนเซอร์ PZEM-004T และระยะเวลาการใช้งานแยกเป็นอิสระต่อกัน ซึ่งยังไม่พบงานวิจัยใดที่พัฒนาปลั๊กไฟอัจฉริยะถึง 3 เต้าเสียบในชุดเดียวกัน

การทดสอบการควบคุมการทำงานจากเว็บแอปพลิเคชัน SMARTPLUG พบว่าสามารถควบคุมการทำงานและแสดงสถานะของสวิตช์เมื่อเปิด-ปิดได้โดยไม่ผิดพลาด และสามารถเก็บประวัติการใช้งานของแต่ละเต้าเสียบได้ ซึ่งสอดคล้องกับ S. P. Makhanya และคณะ, Z. Deng และคณะ ที่สามารถแสดงข้อมูลต่าง ๆ ในระบบคลาวด์ และควบคุมการทำงานด้วยแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ และสามารถคำนวณค่าการใช้พลังงาน (Energy consumption) และข้อมูลการใช้งานต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ส่วนเต้าเสียบประกอบด้วย 3 เต้าเสียบโดยมีไมโครคอนโทรเลอร์ ESP32 ทำหน้าที่อ่านค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าจากเซนเซอร์ PZEM-004T และส่งข้อมูลไปยังเว็บแอปพลิเคชัน SMARTPLUG เพื่อแสดงผล และยังทำหน้าที่ควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังเต้าเสียบแต่ละเต้าผ่านโมดูลรีเลย์ขนาด 10 A โดยผลการวัดค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าจากทั้ง 3 ปลั๊กเมื่อวัดเทียบกับ Digital Clamp meter ยี่ห้อ SZBJ รุ่น BM5266 จะพบว่าค่าเฉลี่ยการวัดค่าแรงดันไฟฟ้ามีความแตกต่างกันไม่เกินร้อยละ 1 ส่วนค่าเฉลี่ยการวัดค่ากระแสไฟฟ้ามีความแตกต่างกันไม่เกินร้อยละ 10 จึงอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้

การอ่านค่ากำลังงานจาก PZEM-004T ผ่านไลบรารี่นั้นพบว่า จะมีความคลาดเคลื่อนแบบสุ่มที่สูงกว่าร้อยละ 10 เกิดขึ้นเมื่อค่ากระแสไฟฟ้าที่วัดได้ต่ำกว่า 1 A และความคลาดเคลื่อนนี้จะลดลงต่ำกว่า ร้อยละ 10 เมื่อกระแสไฟฟ้าสูงกว่า 1 A ซึ่งในงานวิจัยนี้ไม่ได้ใช้โปรโตคอล MQTT ในการรับส่งข้อมูลจึงอาจทำให้เกิดความผิดพลาดในการรับส่งข้อมูลระหว่างไมโครคอนโทรเลอร์ ESP 32 และฐานข้อมูลบนเว็บเพจได้ ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงเลือกใช้วิธีการคำนวณค่ากำลังงานแทนการอ่านค่าผ่านไลบรารี่

ผลการวัดค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าจากเซนเซอร์ PZEM-004T เมื่อเปรียบเทียบกับดิจิตอลแคลมป์มิเตอร์ SZBJ รุ่น BM5266 นั้นพบว่าความแตกต่างกันของการวัดค่าแรงดันไฟฟ้ามากที่สุดที่ร้อยละ 0.60 ส่วนความแตกต่างกันของการวัดค่ากระแสไฟฟ้านั้นมากที่สุดที่ร้อยละ 7.41 ซึ่งอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ตามมาตรฐานความเที่ยงตรงของ

เครื่องวัดกับความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ในระดับ ±1.0 หรือ ไม่เกินร้อยละ 10

ส่วนผลการตัดกระแสไฟฟ้าออกจากเต้าเสียบเมื่อตรวจพบว่าเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลเกิน 10 A นั้นสามารถทำได้อย่างถูกต้องตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ซึ่งสอดคล้องกับ Z. Deng และคณะ ที่สามารถตัดกระแสไฟฟ้าออกจากเต้าเสียบได้เพื่อป้องกันอันตรายจากไฟไหม้และไฟฟ้าช็อต

ข้อเสนอแนะสำหรับผู้ที่จะพัฒนาต่อคือ 1) ควรติดตั้งเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิภายในเพื่อเพิ่มความปลอดภัยอีกชั้นหนึ่งในกรณีเกิดความร้อนสูงจากการใช้งาน 2) เนื่องจากเซนเซอร์ PZEM-004T มีขนาดใหญ่ อาจจะเปลี่ยนไปใช้เซนเซอร์ชนิดอื่นที่มีขนาดเล็กกว่า 3) ควรพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน SMARTPLUG ให้สามารถกำหนดตารางการทำงานล่วงหน้าได้เช่นเดียวกับงานวิจัยของ A. S. Musleh และคณะ

5. เอกสารอ้างอิง

[1] G. Dileep, “A survey on smart grid technologies and applications,” *Renewable Energy,* vol. 146, pp 2589-2625, Feb. 2020.

[2] R. C. C. Castro, M. A. R. Lunaria, E. dR. Magsakay and M. C. Leyesa, N. E. G. Silao, J. G. Jaudian and E. J. Morsiquillo, “IntelliPlugs: IoT-based Smart Plug for Energy Monitoring and Control Through WiFi and GSM,” *in Proceeding of The 2020 IEEE 12th International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment, and Management (HNICEM)*, Philippines, December. 2020, pp.03-07.

[3] P. Mtshali and F. Khubia, “A Smart Home Energy Management System using Smart Plugs,” *in Proceeding of The 2019 Conference on Information Communications Technology and Society (ICTAS)*, South Africa, March. 2019, pp. 06-08.

[4] S. P. Makhanya, E. M. Dogo, N. I. Nwulu and U. Damisa, “A Smart Switch Control System Using ESP8 2 6 6 Wi-Fi Module Integrated with an Android Application,” *in Proceeding of The 2019 IEEE 7th International Conference on Smart Energy Grid Engineering (SEGE),* Canada, August. 12-14, 2019, pp.125 – 128.

[5] A. S. Musleh, M Debouza and M. Farook, “Design and Implementation of Smart Plug: An Internet of Things (IoT) Approach,” *in Proceeding of The 2017 International Conference on Electrical and Computing Technologies and Applications (ICECTA)*, United Arab Emirates, November. 2017, pp. 21-23.

[6] Z. Deng, Y. Zhou, R. Na and Z. J. Shen, “Smart Plug 2.0: Solid State Smart Plugs Preventing Fire and Shock Hazards in Smart Homes and Offices,” *in Proceeding of The 2020 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE)*, United States of America, October. 11-15, 2020, pp.6065 – 6070.

[7] Â. K. Matsuo, A. E. Santos, C. B. Carvalho, D. M. Abreu, D. F. Luiz, D. L. S. Figueira, L. A. Silva, V. F. Souza and W. S. S. Júnior, “Smart Plug Prototype for Residential Electrical Energy Monitoring,” *in Proceeding of The 2021 IEEE International Conference on Consumer Electronics-Taiwan (ICCE-TW)*, Taiwan, September. 2021**,** pp. 15-17.

[8] T. Adiono, M. Y. Fathany, S. F. Anindya, S. Fuada and I. G. Purwanda, “Using A Smart Plug based on Consumer Electronics to Support Low Power Smart Home,” *in Proceeding of The 2019 4th International Conference on Intelligent Green Building and Smart Grid (IGBSG),* China, September. 06-09, 2019, pp.376 – 379.