

การพัฒนาสมาร์ตมิเตอร์สำหรับการใช้ในการจัดการพลังงานไฟฟ้า
ในศูนย์พลังงาน มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
DEVELOPMENT OF SMART METER
FOR ELECTRICITY CONSUMPTION MANAGEMENT IN ENERGY PARK,
KAMPHAENGPHETRAJABHAT UNIVERSITY

วันรับ: 27 กุมภาพันธ์ 2563

วันแก้ไข: 1 เมษายน 2563

วันตอบรับ: 14 เมษายน 2563

ภาคิน มณีโชติ^{1*}, วัชร วงศ์ปัญญา¹

และ บุญวัฒน์ วิจารย์พล¹

Pakin Maneechot^{1*}, Watchara Wongpanyo¹

and Bunyawat Vichanpol¹

¹คณะพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยพะเยา

¹School of Energy and Environment, University of Phayao

*Corresponding author e-mail: ball_ccs04@hotmail.co.th



บทคัดย่อ

ในงานวิจัยฉบับนี้ได้นำเสนอการพัฒนาสมาร์ตมิเตอร์สำหรับการใช้ในการจัดการพลังงานไฟฟ้าในศูนย์พลังงาน มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร โดยเริ่มต้นจากการออกแบบและสร้างสมาร์ตมิเตอร์โดยใช้อุปกรณ์ที่ใช้วัดแรงดัน กระแส และค่าพลังงาน เชื่อมต่อกับ Node MCU โดยแสดงผลที่หน้าจอมอนิเตอร์ และเขียนโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ด้วยแอปพลิเคชัน Blynk เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตโดยแสดงผลและควบคุมผ่านสมาร์ตโฟน หลังจากนั้นทำการทดสอบและหาประสิทธิภาพ โดยนำเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ มาทดลองได้แก่ พัดลม ขนาด 46 วัตต์ จำนวน 1 เครื่อง พัดลมไอน้ำ ขนาด 130 วัตต์ จำนวน 1 เครื่อง หลอดไฟ ขนาด 36 วัตต์ จำนวน 1 หลอด โปรเจคเตอร์ ขนาด 440 วัตต์ จำนวน 1 เครื่อง และโน้ตบุ๊ก จำนวน 1 เครื่อง ตามลำดับ จากผลการทดลองพบว่า ใน 1 สัปดาห์ ของอุปกรณ์ไฟฟ้า ทั้ง 5 ชุด มีกระแสไฟฟ้ารวมเท่ากับ 15.84 แอมป์ แรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 230.8 โวลต์ พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 13.6 กิโลวัตต์ และค่าไฟเท่ากับ 80.99 บาท นอกจากนี้สมาร์ตมิเตอร์ที่นำเสนอสามารถตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า แสดงค่าปริมาณไฟฟ้า แจ้งเตือนค่าไฟฟ้า จำนวนเงินที่ต้องจ่ายให้กับการไฟฟ้า และสามารถควบคุมสมาร์ตมิเตอร์ผ่านสมาร์ตโฟน

ได้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ดังนั้นสมาร์ตมิเตอร์นี้สามารถนำไปใช้งานในการจัดการพลังงานไฟฟ้าในศูนย์พลังงาน มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: การจัดการไฟฟ้า, สมาร์ตมิเตอร์, สมาร์ทโฟน, การจัดการพลังงาน



Abstract

Present study proposed research design for development of smart meters for use in electricity consumption management started by designing and constructing smart meters used pressure measuring devices, currents and electrical energy connected with Node MCU by displayed on the monitor screen and programed to control various devices with Blynk application then connected with internet by displaying and controlling via Smart Phone. After that, test and find efficiency with various electrical appliances to experiment include electrical fan (46 W), misting fan (130 W), lamp (36 W), projector (440 W) and notebook, respectively. From the experiment results, it was found that in 1 week of all 5 electrical sets, the total current of 15.84 amps, the voltage of 230.8 volts, electrical power of 13.6 kWh and the electricity cost of 80.99 baht, respectively. Moreover, the proposed research can measure electricity, show electricity quantity, alert electric bill, and the amount of money that must be paid to the electricity authority and can control the smart meter from Smart Phone. Therefore, this smart meter can be used to manage electrical energy in the energy center, KamphaengPhet Rajabhat University.

Keywords: Electricity Management, Smart Meter, Smart Phone, Power Management



บทนำ

ในปัจจุบันพลังงานไฟฟ้ามีความสำคัญต่อมนุษย์เป็นอย่างมาก เนื่องจากพลังงานนั้นคอยอำนวยความสะดวกในการดำรงชีวิตในรูปแบบต่างๆ และเพื่อรองรับการเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศทั้งภาคอุตสาหกรรม การขนส่ง ภาครัฐบาล เอกชน และภาคการศึกษา โดยกระทรวงพลังงานได้มีนโยบายพัฒนาการผลิตพลังงานในประเทศไทยประกอบด้วยแผนการพัฒนาระบบโครงข่ายสมาร์ตกริด (Smart Grid) การรับซื้อไฟฟ้าจากประเทศเพื่อนบ้าน โรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนตามแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก (AEDP) การอนุรักษ์พลังงานด้านไฟฟ้าตามแผนอนุรักษ์พลังงาน (EEP) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการพลังงาน ลดการใช้พลังงาน และการเพิ่มกำลังไฟฟ้าสำรองของประเทศ

ระบบโครงข่ายสมาร์ตกริดเป็นระบบหนึ่งที่ได้นำมาใช้ในการจัดการพลังงาน เนื่องจากระบบนี้มีความฉลาดที่สามารถรวมการทำงานต่างๆ ของโครงข่ายไฟฟ้าเชื่อมโยงผู้ผลิตและผู้บริโภคเข้าด้วยกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ชนพล แสงสุวรรณ, 2562) และมีนักวิจัยได้นำเสนอแนวทางในการจัดการพลังงานไฟฟ้าและพลังงานทดแทนด้วยระบบสมาร์ตกริดแบบแยกเดี่ยวจากพลังงานทดแทน (สมพล โคศรี, 2554) การเพิ่มประสิทธิภาพให้ระบบสมาร์ตกริดด้วยพลังงานทดแทน (การุณย์ ชัยวนิชย์, สุรัตน์ เศษโพธิ์, และ นเรศ ใหญ่วงศ์, 2562; สมชาย เจียจิตต์สวัสดิ์ และคนอื่นๆ, 2560) และการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ 8 เมกะวัตต์ ระหว่างการติดตั้งแบบระบบคงที่กับแบบระบบติดตามดวงอาทิตย์ในประเทศไทย (บดีรินทร์ เสนานนท์ และคนอื่นๆ, 2562) เพื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของโรงไฟฟ้า นอกจากนี้ยังได้นำพลังงานทดแทนไปเพิ่มประสิทธิภาพในการอบข้าวแตน (ภคมน ปินตานา และ ปฏิพัทธ์ ถนอมพงษ์ชาติ, 2562) และใช้พลังงานแสงอาทิตย์สำหรับผลิตน้ำร้อนสำหรับอาคารประเภทโรงแรม (กฤติเดช ดวงใจบุญ, 2562) จะเห็นได้ว่าการนำพลังงานทดแทนร่วมกับระบบสมาร์ตกริดในการจัดการและเพิ่มประสิทธิภาพของระบบนี้จะช่วยให้การจัดการพลังงานไฟฟ้ามีประสิทธิภาพมากขึ้น

สมาร์ตมิเตอร์ หรือระบบมิเตอร์อัจฉริยะ (Advance Metering Infrastructure: AMI) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่จะนำมาใช้ในการจัดการพลังงานไฟฟ้าเพื่อลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยมีนักวิจัยได้พัฒนาเครื่องมือวัดที่สามารถวัดและควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านระบบอินเทอร์เน็ต (สมชาย เจียจิตต์สวัสดิ์ และคนอื่นๆ, 2560) และได้นำเทคโนโลยี IoT (ธนวิชญ์ กมลจำ และ หทัยรัตน์ พินิจสุวรรณ, 2559) มาช่วยในการจัดการพลังงานไฟฟ้า ซึ่งเป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถใช้ในการจัดการพลังงานได้ นอกจากนี้ยังมีนักวิจัยได้ทำการพัฒนาซอฟต์แวร์ที่เป็น Protocol ตามมาตรฐาน DLMS/COSEM (ณัฐภา หอมทรัพย์, วชิระ จงบุรี, ณัฐพล ศรสูงเนิน, และ

อิระภัทร จริยะนวิรัช, 2558) เพื่อนำไปใช้เป็นต้นแบบสำหรับนำไปใช้กับระบบของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และการพัฒนามิเตอร์อัจฉริยะแบบไร้สาย (ศุภมาส วิจารณ์, 2553) ซึ่งในงานวิจัยนี้ทำให้สามารถจัดการพลังงานไฟฟ้าและช่วยลดค่าใช้จ่ายได้ ดังนั้นมิเตอร์อัจฉริยะ (Smart Meter) จึงมีความสำคัญอย่างมากในการนำมาใช้กับระบบโครงข่ายสมาร์ตกริด (Smart Grid) ดังนั้นเพื่อให้สมาร์ตมิเตอร์สามารถช่วยในการจัดการพลังงานไฟฟ้า และสามารถควบคุมการจัดการพลังงานไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น การเพิ่มระบบการควบคุมอุปกรณ์ การวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Real time ได้ แจ้งเตือนข้อมูลแบบอัตโนมัติได้ และสามารถใช้งานและควบคุมสมาร์ตมิเตอร์ผ่านสมาร์ตโฟนจะช่วยให้สามารถจัดการพลังงานไฟฟ้าได้มีประสิทธิภาพ

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบสมาร์ตมิเตอร์ทั่วไปและสมาร์ตมิเตอร์ที่พัฒนา

ความสามารถ ในการทำงาน	สมาร์ตมิเตอร์ ทั่วไป	สมาร์ตมิเตอร์ ที่พัฒนา
เปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านสมาร์ตโฟน	สามารถทำได้	สามารถทำได้
วัดค่าพลังงานไฟฟ้ารวม	สามารถทำได้	สามารถทำได้
การสื่อสารกับศูนย์ควบคุมแบบไร้สาย หรือแบบมีสาย	สามารถทำได้	สามารถทำได้
วัดค่าพลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละชนิด	ไม่สามารถทำได้	สามารถทำได้
แจ้งเตือนค่าไฟ (บาท)	ไม่สามารถทำได้	สามารถทำได้
แจ้งเตือนการใช้พลังงานไฟฟ้าที่กำหนด	ไม่สามารถทำได้	สามารถทำได้
รองรับโครงข่ายอัจฉริยะ	ไม่สามารถทำได้	สามารถทำได้

ในศูนย์พลังงาน มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร เป็นสถานที่ที่ใช้ในการเรียนการสอนของโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีพลังงาน ซึ่งแยกส่วนออกจากมหาวิทยาลัยทำให้เกิดปัญหาในการจัดการพลังงานไฟฟ้า ส่งผลให้ไม่สามารถควบคุมการใช้ไฟฟ้าได้ เช่น ไม่ทราบที่ใช้ไฟฟ้าไปเท่าไร เป็นเงินเท่าไร อุปกรณ์ไฟฟ้าปิดหรือเปิด และไม่สามารถดูได้จากสมาร์ตโฟน ดังนั้นงานวิจัยฉบับนี้จึงนำเสนอการพัฒนาสมาร์ตมิเตอร์ สำหรับใช้ในการจัดการพลังงานไฟฟ้า แจ้งเตือนค่าไฟฟ้าผ่านสมาร์ตโฟนเพื่อช่วยในการจัดการพลังงานไฟฟ้าและลดค่าใช้จ่ายให้กับมหาวิทยาลัย โดยสมาร์ตมิเตอร์ที่นำเสนอนี้สามารถตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า แสดงค่าปริมาณไฟฟ้า แจ้งเตือนค่าไฟฟ้า จำนวนเงินที่ต้องจ่ายให้กับการไฟฟ้า และสามารถควบคุมสมาร์ตมิเตอร์ผ่านสมาร์ตโฟนได้ โดยใช้ศูนย์พลังงานของมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชรเป็นสถานที่ใช้ทดลองและรายละเอียดต่างๆ ในการพัฒนาสมาร์ตมิเตอร์จะกล่าวในลำดับถัดไป



วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อพัฒนาสมาร์ตมิเตอร์สำหรับการใช้ในการจัดการพลังงานไฟฟ้าในศูนย์พลังงาน
มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

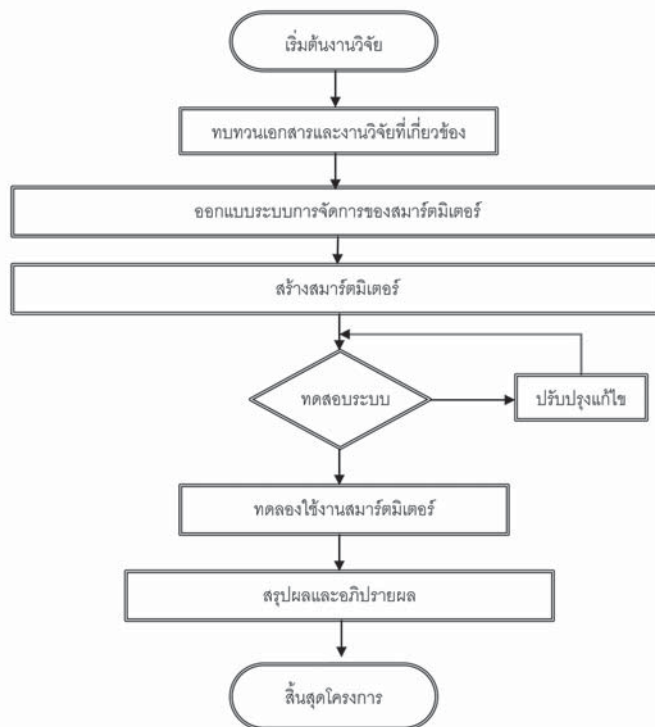


วิธีดำเนินการวิจัย

เพื่อเป็นแนวทางให้การดำเนินงานวิจัยอย่างมีระบบ และดำเนินงานวิจัยให้บรรลุ
ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยอย่างครบถ้วน ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนของการวิจัยดังต่อไปนี้

1. ทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. ออกแบบระบบการจัดการของสมาร์ตมิเตอร์
3. สร้างสมาร์ตมิเตอร์
4. ทดสอบระบบการจัดการของสมาร์ตมิเตอร์
5. นำไปทดลองใช้งานจริงและบันทึกผล
6. สรุปผลและอภิปราย

การดำเนินงานวิจัยการพัฒนาสมาร์ตมิเตอร์เพื่อใช้ในการจัดการไฟฟ้าในศูนย์พลังงาน
มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร โดยมีลำดับขั้นตอนการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้



รูปที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย



ผลการวิจัย

1. ออกแบบและพัฒนาระบบสมาร์ทมิเตอร์สำหรับศูนย์พลังงาน มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

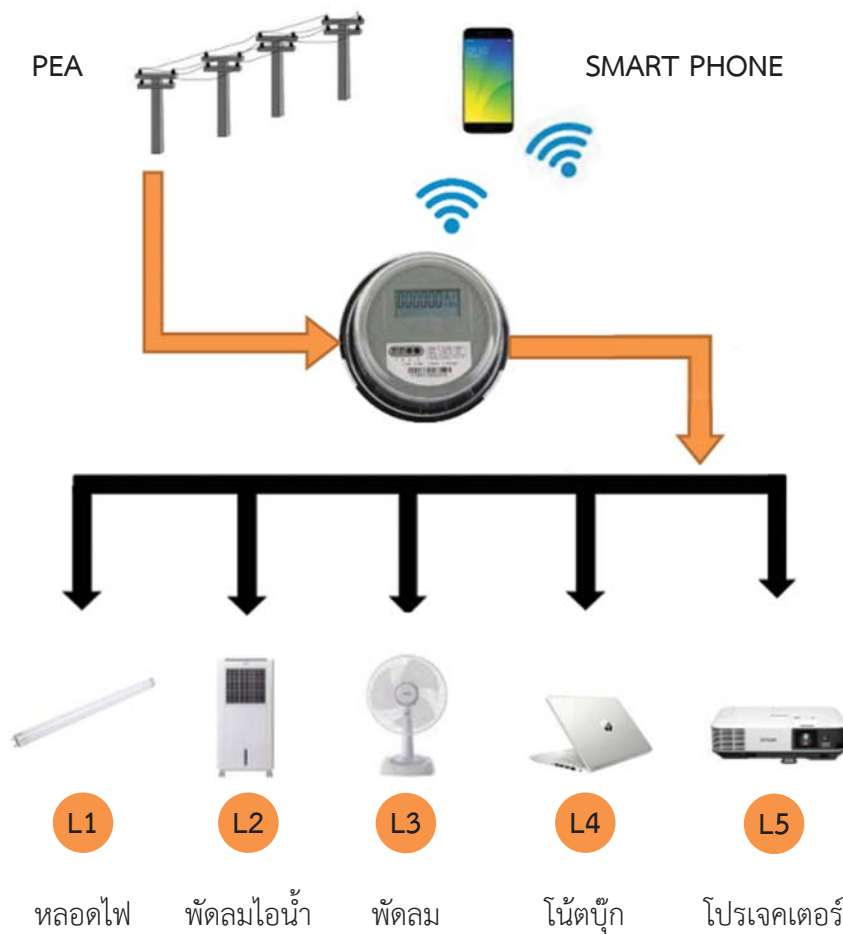
ในการออกแบบและพัฒนาระบบสมาร์ทมิเตอร์สำหรับในศูนย์พลังงาน มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร นำระบบอุปกรณ์ Relay module JQC-3FF-S-Z อุปกรณ์วัดกระแส PZEM-004T AC 80-260V 100A Electric Monitoring and Communication Module และอุปกรณ์ Node MCU v2 LUA based esp8266-12e มาประกอบแล้วทดสอบวัดกระแสรวมจากเซนเซอร์วัดกระแสเปรียบเทียบกับ Clamp Meter เพื่อหาความคลาดเคลื่อน โดยผลการทดสอบการหาค่าความคลาดเคลื่อนจากโหลด หัวแรง พัดลมไอน้ำ และโปรเจกเตอร์ ผลคือ Clamp Meter อ่านค่าได้ 0.56 A จากเซนเซอร์วัดกระแสอ่านค่าได้อยู่ในช่วง 0.56-0.57 แอมป์ คิดเป็นความคลาดเคลื่อน 1.75% (ภาคิน มณีโชติ, วัชร วงศ์ปัญญา, และ บุญวัฒน์ วิจารย์พล, 2561) แล้วจึงนำมาพัฒนาซอฟต์แวร์ในแอปพลิเคชัน Blynk แสดงผลผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์และสมาร์ทโฟนซึ่ง Blynk เป็นแพลตฟอร์มที่เป็นแอปพลิเคชันสำหรับ iOS และ Android เพื่อควบคุม Arduino, Raspberry Pi บนระบบอินเทอร์เน็ต (Hersent, Boswarthick, & Elloumi, 2012; Stephen, 2014; ประพนธ์ อัครภาณุวัฒน์, 2555; พงศ์พันธุ์ ปรีรวงศ์, 2558; รุ่งโรจน์ เกื้อกุลพงศ์, 2556) โดยการหลักการทำงานของแอปพลิเคชัน Blynk เริ่มต้นจากการเชื่อมโยงอุปกรณ์ Node MCU จอแสดงผลรีเลย์ที่ใช้ในการสื่อสาร และ PZEM-004T ที่ใช้วัดค่าพลังงานเข้าด้วยกัน หลังจากนั้นทำการเชื่อมต่อไปยัง Sever Blynk โดยตรงเพื่อให้สามารถส่งข้อมูลระหว่างกันได้ ดังนั้นคอมพิวเตอร์และสมาร์ทโฟนก็สามารถจะเชื่อมต่อกับ Server ของ Blynk ได้โดยตรง ทำให้อุปกรณ์ทุกตัวสามารถสื่อสารข้อมูลถึงกันได้ทั้งหมด หลังจากนั้นทำการกำหนดเงื่อนไขในการจัดการและควบคุมอุปกรณ์ในแอปพลิเคชัน Blynk ให้เป็นไปตามเงื่อนไขในการออกแบบและพัฒนาระบบสมาร์ทมิเตอร์ให้ได้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ และระบบสมาร์ทมิเตอร์ที่ออกแบบและสร้างเสร็จแสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 สมาร์ทมิเตอร์

2. หาประสิทธิภาพของสมาร์ตมิเตอร์สำหรับศูนย์พลังงาน มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

ในการหาประสิทธิภาพของสมาร์ตมิเตอร์สำหรับในศูนย์พลังงานของมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร สถานที่ใช้ทดลอง คือ ศูนย์พลังงานของมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร โดยการจำลองรูปแบบการใช้งานตามเวลาทำงานราชการ ซึ่งเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้ ได้แก่ พัดลม ขนาด 46 วัตต์ จำนวน 1 เครื่อง พัดลมไอน้ำ ขนาด 130 วัตต์ จำนวน 1 เครื่อง หลอดไฟ ขนาด 36 วัตต์ จำนวน 1 หลอด โปรเจคเตอร์ ขนาด 440 วัตต์ จำนวน 1 เครื่อง และ โน้ตบุ๊ก จำนวน 1 เครื่อง ตามลำดับ



รูปที่ 3 การต่อวงจรไฟฟ้าเข้ากับสมาร์ตมิเตอร์

จากรูปที่ 3 การต่อวงจรไฟฟ้าเข้ากับสมาร์ตมิเตอร์และต่อไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้ง 5 ตัว และสมาร์ตมิเตอร์สามารถเชื่อมไปยังสมาร์ตโฟนโดยผ่านเครือข่ายไร้สาย ส่งผล + ให้สมาร์ตโฟนสามารถแสดงค่าทั้งหมดได้เหมือนสมาร์ตมิเตอร์ได้แก่ การใช้พลังงานไฟฟ้า การแสดงค่าปริมาณไฟฟ้ารวมทั้งหมด คำนวณเงินค่าไฟฟ้า แจ้งเตือนค่าไฟฟ้า และยังสามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ผ่านสมาร์ตโฟนได้ ซึ่งจะกล่าวถึงในรายละเอียดถัดไป

2.1 วัดการใช้พลังงานไฟฟ้า

การวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าในการทดลองนี้จะทำการแยกอุปกรณ์ไฟฟ้าออกเป็น 5 ชุด ประกอบด้วย หลอดไฟ พัดลม พัดลมไอน้ำ โน้ตบุ๊ก และ โปรเจคเตอร์แสดงในรูปที่ 4 และทำการวัดค่าเป็น กระแสไฟฟ้า (I (Am)) แรงดัน (V) วัตต์ (W (kWh)) และค่าไฟ โดยทำการทดลองเก็บข้อมูลเป็นระยะเวลา 7 วัน โดยค่าต่างๆ ที่วัดได้จากการทดลองแสดงดังตารางที่ 2



รูปที่ 4 วงจรไฟฟ้าเข้ากับสมาร์ตมิเตอร์ที่ใช้ในการหาประสิทธิภาพ

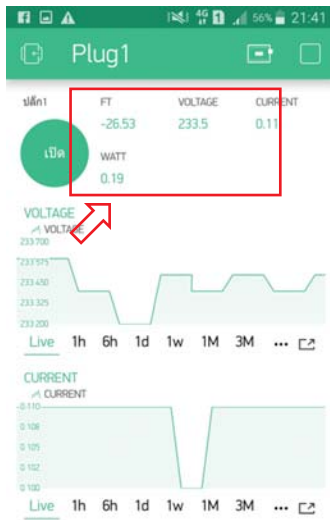
ตารางที่ 2 การวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละตัว

วัน	หลอดไฟ (L1)				พัดลมไอน้ำ (L2)				พัดลม (L3)				โน้ตบุ๊ก (L4)				โปรเจกเตอร์ (L5)			
	I (Am)	V	W (kWH)	ค่าไฟ	I (Am)	V	W (kWH)	ค่าไฟ	I (Am)	V	W (kWH)	ค่าไฟ	I (Am)	V	W (kWH)	ค่าไฟ	I (Am)	V	W (kWH)	ค่าไฟ
1	0.1	232	0.1	0.61	0.2	232	0.2	1.19	0.2	232	0.2	1.19	0.12	231	0.1	0.73	1.7	231	1.3	8.06
2	0.1	232	0.1	0.62	0.2	222	0.2	1.26	0.2	233	0.2	1.19	0.12	232	0.1	0.81	1.8	231	1.3	7.53
3	0.1	224	0.1	0.62	0.2	232	0.2	1.19	0.2	232	0.2	1.19	0.16	232	0.2	1.14	1.36	232	1.3	8.29
4	0.1	232	0.1	0.65	0.2	232	0.2	1.21	0.2	232	0.2	1.09	0.2	232	0.2	0.78	1.6	231	1.3	8.06
5	0.1	232	0.1	0.61	0.2	232	0.2	1.26	0.2	232	0.2	1.19	0.2	232	0.1	0.78	1.36	232	1.3	7.53
6	0.1	232	0.1	0.62	0.2	222	0.2	1.26	0.2	233	0.2	1.19	0.12	232	0.1	0.81	1.8	231	1.3	7.53
7	0.1	232	0.1	0.65	0.2	232	0.2	1.21	0.2	232	0.2	1.09	0.2	232	0.2	0.78	1.6	231	1.3	8.06
รวม	0.7	1,616	0.7	4.38	1.4	1,640	1.4	7.5	1.4	1,626	1.4	8.13	1.12	1,623	1	5.92	11.22	1,619	9.1	55.06

จากผลการทดลองพบว่า กระแสไฟฟ้าเฉลี่ยของหลอดไฟฟ้า เท่ากับ 0.1 แอมป์ แรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 230.8 โวลต์ พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 0.1 กิโลวัตต์ และค่าไฟเท่ากับ 0.62 บาทต่อวัน และใน 1 สัปดาห์เท่ากับ 4.38 บาท พัดลมไอน้ำมีกระแสไฟฟ้าของหลอดไฟฟ้าเท่ากับ 0.2 แอมป์ แรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 234.2 โวลต์ พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 0.2 กิโลวัตต์ และค่าไฟเฉลี่ย 1.07 บาทต่อวัน และใน 1 สัปดาห์เท่ากับ 7.5 บาท พัดลมไอน้ำมีกระแสไฟฟ้าของหลอดไฟฟ้าเท่ากับ 0.2 แอมป์ แรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 232.2 โวลต์ พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 0.2 กิโลวัตต์ และค่าไฟเท่ากับ 1.16 บาทต่อวัน และใน 1 สัปดาห์เท่ากับ 8.13 บาท โน้ตบุ๊กมีกระแสไฟฟ้าของหลอดไฟฟ้าเท่ากับ 0.16 แอมป์ แรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 231.8 โวลต์ พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 0.14 กิโลวัตต์ และค่าไฟเท่ากับ 0.84 บาทต่อวัน และใน 1 สัปดาห์เท่ากับ 5.92 บาท และโปรเจกเตอร์มีกระแสไฟฟ้าของหลอดไฟฟ้าเท่ากับ 0.16 แอมป์ แรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 231.2 โวลต์ พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 1.3 กิโลวัตต์ และค่าไฟเท่ากับ 55.06 บาทต่อสัปดาห์ ใน 1 สัปดาห์ของอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้ง 5 ชุด มีกระแสไฟฟ้ารวมเท่ากับ 15.84 แอมป์ แรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 230.8 โวลต์ พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 13.6 กิโลวัตต์ และค่าไฟเท่ากับ 80.99 บาท

2.2 การแสดงค่าทางไฟฟ้าและค่าใช้จ่ายในการใช้ไฟฟ้า

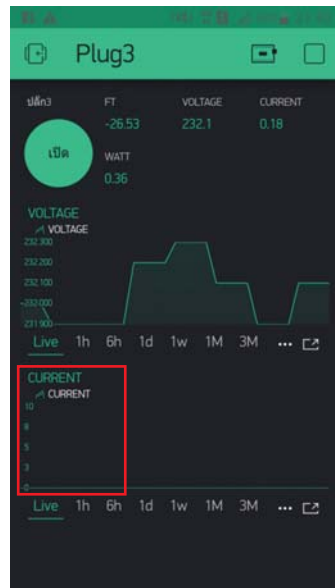
ในการแสดงปริมาณค่าไฟฟ้าจากสมาร์ตมิเตอร์ที่ทำการออกแบบนั้น เมื่อทำการเชื่อมโยงข้อมูลจากอุปกรณ์จากสมาร์ตมิเตอร์เข้ากับสมาร์ตโฟน และเขียนโปรแกรมในการจัดการพลังงานไฟฟ้าผ่านแอปพลิเคชัน Blynk และทำการออกแบบและพัฒนาซอฟต์แวร์เพื่อใช้ในการจัดการพลังงาน



(ก) ชุดที่ 1



(ข) ชุดที่ 2



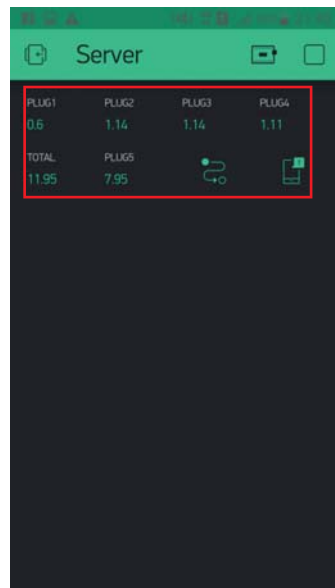
(ค) ชุดที่ 3



(ง) ชุดที่ 4



(จ) ชุดที่ 5



(ฉ) Server

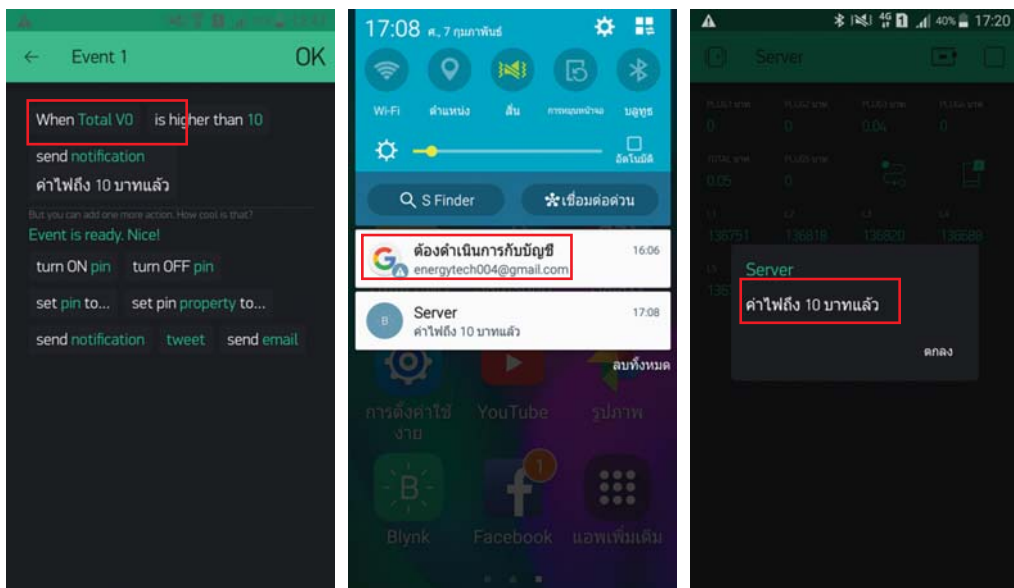
รูปที่ 5 การแสดงค่าปริมาณไฟฟ้า

ในการทดลองนี้ใช้อุปกรณ์ 5 ชุด และมีอุปกรณ์ Server เป็นตัวแสดงข้อมูลหลักทั้งหมด โดยผลที่ได้จากการทดลองแสดงดังรูปที่ 5

จากรูปที่ 5 (ก) ชุดที่ 1 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าเท่ากับ 0.11 แอมป์ แรงดันเท่ากับ 233.5 โวลต์ และพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 0.19 กิโลวัตต์ ตามลำดับ และในรูปที่ 5 (ข) ชุดที่ 2 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าเป็นกราฟแบบ real time และกระแสไฟฟ้าเป็นกราฟแบบ real time แสดงดังรูปที่ 5 (ค) ชุดที่ 3 รูปที่ 5 (ง) ชุดที่ 4 แสดงสถานะว่ามีการบันทึกข้อมูลแบบ real time (Live) และชุดที่ 5 ในรูปที่ 5 (จ) เป็นปุ่มเปิดปิดการทำงานของอุปกรณ์ และรูปที่ 5 (ฉ) แสดงหน้าจอ Server ซึ่ง Server จะทำหน้าที่แสดงข้อมูลค่าไฟฟ้าที่ผ่านการคำนวณจากอุปกรณ์ชุดที่ 1 ถึง ชุดที่ 5 โดยผลของการคำนวณค่าไฟฟ้าตั้งแต่ชุดที่ 1 ถึงชุดที่ 5 คือ 0.6 บาท, 1.14 บาท, 1.14 บาท, 1.11 บาท และ 7.95 บาท ตามลำดับ นอกจากนี้ยังสามารถแสดงค่าไฟฟ้ารวมทั้งหมดแบบ real time เท่ากับ 11.95 บาท ดังรูปที่ 5 (ฉ)

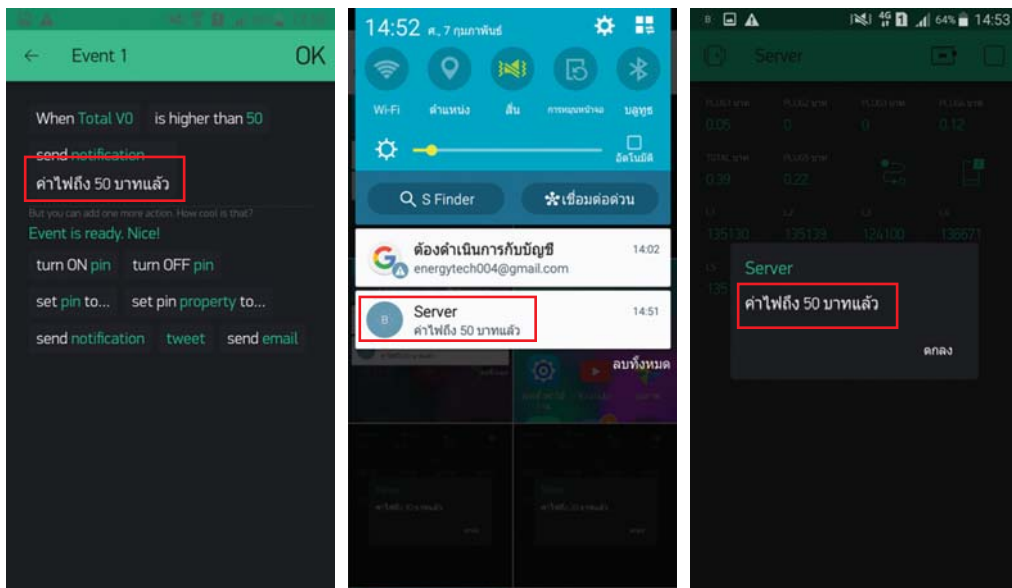
2.3 แจ้งเตือนค่าไฟฟ้า

ในการทดลองนี้แสดงการแจ้งเตือนการใช้งานค่าไฟฟ้าซึ่งจะทำการทดลองอยู่ในสองกรณี คือ แจ้งเตือนเมื่อค่าไฟฟ้าถึง 10 บาท และ 50 บาท โดยผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 6



กำหนดค่าไฟฟ้าเพื่อแจ้งเตือน แจ้งเตือนค่าไฟที่สมาร์ทโฟน แจ้งเตือนค่าไฟที่ Server

(ก) มีการแจ้งเตือนเมื่อค่าไฟฟ้าถึง 10 บาท



กำหนดค่าไฟฟ้าเพื่อแจ้งเตือน แจ้งเตือนค่าไฟที่สมาร์ทโฟน แจ้งเตือนค่าไฟที่ Server

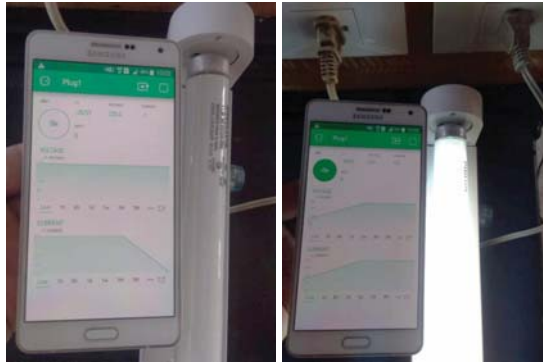
(ข) มีการแจ้งเตือนเมื่อค่าไฟฟ้าถึง 50 บาท

รูปที่ 6 การแจ้งเตือนค่าไฟฟ้า

จากรูปที่ 6 (ก) แสดงค่าการแจ้งเตือนค่าไฟฟ้าถึง 10 บาท โดยในการทดลองจะเริ่มต้นจากการเข้าไปกำหนดค่าเพื่อแจ้งเตือนค่าไฟฟ้า ดังรูปที่ 6 (ก) ด้านซ้าย และเมื่อค่าไฟฟ้าถึงค่าที่กำหนดไว้ ระบบจะแสดงค่าแจ้งเตือนมายังสมาร์ทโฟนและ Server ดังรูปที่ 6 (ก) ตรงกลาง และด้านขวาในทำนองเดียว ในรูปที่ 6 (ข) แสดงค่าการแจ้งเตือนค่าไฟฟ้าถึง 50 บาท ซึ่งจากผลการทดลอง ระบบสามารถแจ้งค่าไฟได้ตามที่กำหนดไว้เช่นเดียวกันดังรูปที่ 6 (ข)

2.4 การควบคุมสมาร์ตมิเตอร์ผ่านสมาร์ทโฟน

ในการควบคุมสมาร์ตมิเตอร์ผ่านสมาร์ทโฟนสามารถทำได้โดยเข้าไปในแอปพลิเคชัน Blynk ในสมาร์ทโฟนที่เราได้พัฒนาขึ้นเพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ตั้งแต่ชุดที่ 1 ถึงชุดที่ 5 โดยผู้วิจัยได้ยกตัวอย่างการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า 2 ตัว คือ หลอดไฟฟ้าและพัดลม ซึ่งภาพการทดลองแสดงดังรูปที่ 7



(ก) การควบคุมการปิด-เปิดหลอดไฟฟ้า



(ข) การควบคุมการปิด-เปิดพัดลม

รูปที่ 7 การควบคุมสมาร์ตมิเตอร์ผ่านสมาร์ทโฟน

จากรูปที่ 7 แสดงการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เชื่อมต่อกับสมาร์ตมิเตอร์ผ่านสมาร์ทโฟนในรูปที่ 7 (ก) จะแสดงการทดสอบการปิด-เปิดหลอดไฟฟ้า เมื่อกดปุ่มที่สมาร์ทโฟนให้ปิดหลอดไฟฟ้าจะดับ ดังรูปที่ 7 (ก) ด้านซ้ายมือ และเมื่อกดปุ่มที่สมาร์ทโฟนให้เปิดหลอดไฟฟ้าจะสว่าง ดังรูปที่ 7 (ก) ด้านขวามือ ในรูปที่ 7 (ข) จะแสดงการทดสอบการปิด-เปิดพัดลม เมื่อกดปุ่มที่สมาร์ทโฟนให้ปิดพัดลมจะไม่ทำงาน ดังรูปที่ 7 (ข) ด้านซ้ายมือ และเมื่อกดปุ่มที่สมาร์ทโฟนให้เปิดพัดลมจะทำงาน ดังรูปที่ 7 (ข) ด้านขวามือ ดังนั้นสมาร์ตมิเตอร์นี้สามารถนำไปใช้งานในการจัดการพลังงานไฟฟ้าในศูนย์พลังงาน มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

2.5 ต้นทุนในการสร้างสมาร์ตมิเตอร์

สมาร์ตมิเตอร์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ เป็นการพัฒนาสมาร์ตมิเตอร์ทั่วไปที่มีคุณสมบัติตามตารางที่ 1 ซึ่งยังไม่มีขายในท้องตลาดจึงไม่สามารถเปรียบเทียบราคาได้ แต่สมาร์ตมิเตอร์ที่พัฒนาขึ้นนี้ มีราคาต้นทุน 450 บาท/เครื่อง อย่างไรก็ตามราคานี้เป็นเพียงต้นแบบของงานวิจัยเท่านั้น ซึ่งถ้านำไปใช้ในเชิงพาณิชย์อาจมีราคาสูงกว่านี้



อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยการพัฒนาสมาร์ตมิเตอร์ใช้ในการจัดการพลังงานไฟฟ้าในศูนย์พลังงาน มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร โดยใช้อุปกรณ์ที่ใช้วัดแรงดัน กระแส และค่าพลังงาน เชื่อมต่อกับ Node MCU โดยแสดงผลที่หน้าจอมอนิเตอร์ และเขียนโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ด้วยแอปพลิเคชัน Blynk เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตโดยแสดงผลและควบคุมผ่านสมาร์ตโฟน โดยนำเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ มาทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของสมาร์ตมิเตอร์พบว่า ซึ่งจากผลการทดลองในวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า ปริมาณทางไฟฟ้า และคำนวณมาเป็นค่าไฟฟ้า กล่าวคือ สมาร์ตมิเตอร์สามารถวัดค่ากระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า และวัตต์ เพื่อนำมาคำนวณค่าไฟฟ้า เช่น หลอดไฟฟ้า ขนาด 36 วัตต์ ใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 0.62 บาทต่อวัน พัดลมไอน้ำขนาด 130 วัตต์ ใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 1.07 บาทต่อวัน พัดลมขนาด 46 วัตต์ ใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 1.16 บาทต่อวัน โน้ตบุ๊กใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 0.84 บาทต่อวัน และโปรเจกเตอร์ขนาด 440 วัตต์ ใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 55.06 บาทต่อวัน ตามลำดับ ซึ่งใน 1 สัปดาห์อุปกรณ์ไฟฟ้า ทั้ง 5 ชุด มีกระแสไฟฟ้ารวมเท่ากับ 15.84 แอมป์ แรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 230.8 โวลต์ พลังงานไฟฟ้า เท่ากับ 13.6 กิโลวัตต์ และค่าไฟเท่ากับ 80.99 บาท สมาร์ตมิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบนี้สามารถ แจ้งเตือนค่าไฟฟ้าผ่านสมาร์ตโฟนเมื่อค่าไฟฟ้าถึงค่าที่กำหนดไว้ และสามารถใช้สมาร์ตโฟน ในการควบคุมการปิด-เปิดอุปกรณ์ต่างๆ ได้ตามต้องการทำให้สมาร์ตมิเตอร์ที่นำเสนอมีข้อดี เป็นอย่างมากเมื่อเทียบกับมิเตอร์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ซึ่งสมาร์ตมิเตอร์นี้สามารถนำไปใช้งาน ในการจัดการพลังงานไฟฟ้าในศูนย์พลังงาน มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ได้อย่างมีประสิทธิภาพ



สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ในงานวิจัยฉบับนี้นำเสนอการพัฒนาสมาร์ตมิเตอร์สำหรับใช้จัดการพลังงานไฟฟ้า ในศูนย์พลังงาน มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร โดยเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ พัดลม จำนวน 1 เครื่อง พัดลมไอน้ำ จำนวน 1 เครื่อง หลอดไฟ จำนวน 1 หลอด โปรเจกเตอร์ จำนวน 1 เครื่อง และโน้ตบุ๊ก จำนวน 1 เครื่อง ตามลำดับ จากผลการทดลองพบว่า ใน 1 สัปดาห์ ของอุปกรณ์ไฟฟ้า ทั้ง 5 ชุด สามารถวัดและแสดงค่ามีกระแสไฟฟ้าแรงดันไฟฟ้า แสดงค่า ปริมาณไฟฟ้า แจ้งเตือนค่าไฟฟ้า จำนวนเงินที่ต้องจ่ายให้กับการไฟฟ้า และสามารถควบคุม สมาร์ตมิเตอร์ผ่านสมาร์ตโฟนได้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ดังนั้นสมาร์ตมิเตอร์นี้สามารถนำไป ใช้งานในการจัดการพลังงานไฟฟ้าในศูนย์พลังงาน มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชรได้อย่าง มีประสิทธิภาพ นอกจากนี้สมาร์ตมิเตอร์ที่พัฒนาขึ้นยังสามารถนำไปใช้ในการจัดการพลังงาน ไฟฟ้าให้กับอาคารบ้านเรือน ยังใช้ได้หน่วยงานอนุรักษ์พลังงานของรัฐบาลและเอกชน หรือ อาคารที่มีขนาดเล็ก เป็นต้น

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

การพัฒนาสมาร์ตมิเตอร์สำหรับนำมาใช้ในการจัดการพลังงานศูนย์พลังงาน มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร เป็นงานวิจัยที่ออกแบบมาใช้งานเฉพาะที่เท่านั้น การทดลองครั้งต่อไปจะทดลองกับอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้าน เช่น แอร์ ตู้เย็น เป็นต้น หากการดำเนินงานวิจัยนี้สำเร็จจะขยายผลสู่ชุมชนฐานราก และถ้าต้องการนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการพลังงานไฟฟ้าที่มีไฟฟ้าแรงสูง จะต้องทำการออกแบบและพัฒนาตัวสมาร์ตมิเตอร์ให้มีขนาดใหญ่ขึ้น และใช้อุปกรณ์ที่ทนไฟฟ้าที่มากขึ้นเพื่อรองรับกับกำลังไฟฟ้าที่สูงขึ้นเพื่อจะได้นำไปใช้งานในสถานที่อื่นๆ ต่อไป



กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากมหาวิทยาลัยพะเยาประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561 และขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชรและคณะพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยพะเยา ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์และสถานที่ในการทำวิจัย



เอกสารอ้างอิง

- กฤติเดช ดวงใจบุญ. (2562). การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตน้ำร้อนแสงอาทิตย์แบบผสมผสานสำหรับอาคารประเภทโรงแรม. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์*, 13(1), 65-78.
- การุณย์ ชัยวณิชย์, สุรัตน์ เศษโพธิ์, และ นเรศ ใหญ่วงศ์. (2562). การวิเคราะห์ประสิทธิภาพและแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพทางพลังงานของระบบสมาร์ตกริด. *วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ*, 22(2), 59-66.
- ณัฐภา หอมทรัพย์, วชิระ จงบุรี, ณัฐพล ศรสูงเนิน, และ ธิระภัทร จริยะนวิรัช. (2558). การพัฒนา Protocol ตามมาตรฐาน DLMS/COSEM สำหรับต้นแบบมิเตอร์อัจฉริยะ. *วิศวกรรมสาร มก*, 28(94), 39-48.
- ธนพล แสงสุวรรณ. (2562). การยอมรับและการใช้งานสมาร์ตกริดเทคโนโลยีของผู้บริโภค. *วารสารสังคมศาสตร์วิชาการ*, 12(2), 215-230.
- ธนวิษฐ์ กมลน้า และ หทัยรัตน์ พินิจสุวรรณ. (2559). อินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่งของการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าและบันทึกข้อมูลการใช้พลังงาน. *วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- บดินทร์ เสนานนท์ และคนอื่นๆ. (2562). การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ 8 เมกะวัตต์ ระหว่างการติดตั้งแบบระบบคงที่กับแบบระบบติดตามดวงอาทิตย์ในประเทศไทย. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์*, 14(2), 1-19.

- ประพนธ์ อัครภาณุวัฒน์. (2555). เรียนให้รู้เล่นให้เป็นใช้ให้เกิดประโยชน์ ตอน MIT App Inventor กับการพัฒนาโปรแกรมแอนดรอยด์. *ไมโครคอมพิวเตอร์*, 30(321), 163.
- พงศ์พันธุ์ ปรีรวงศ์. (2558). การวิเคราะห์การเชื่อมโยงในระบบ IoT. *เซมิคอนดักเตอร์อิเล็กทรอนิกส์*, ฉบับพิเศษ(419), 80-2.
- ภคมน ปินตานา และ ปฏิพัทธ์ ถนอมพงษ์ชาติ. (2562). สมรรถนะของระบบการอบแห้งข้าวแต๋น โดยใช้แหล่งพลังงานความร้อนแบบผสมผสาน. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์*, 14(1), 27-38.
- ภาคิน มณีโชติ, วัชร วงศ์ปัญญา, และ บุญวัฒน์ วิจารณ์พล. (2561). การพัฒนาสมาร์ตมิเตอร์ตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าในสวนพลังงานของมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร*, 5(2), 65-74.
- รุ่งโรจน์ เกื้อกุลพงศ์. (2556). วิวัฒนาการของระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android)สู่เทคโนโลยีในอนาคต. *เซมิคอนดักเตอร์อิเล็กทรอนิกส์*, 5(392), 135-7.
- ศุภมาส วิจารณ์. (2553). *การพัฒนาเชิงนวัตกรรมมิเตอร์อัจฉริยะแบบไร้สายสำหรับสังเกตการใช้ไฟฟ้าแบบเวลาจริง*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาธุรกิจเทคโนโลยีและการจัดการนวัตกรรม (สหสาขาวิชา). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สมชาย เจียจิตต์สวัสดิ์ และคนอื่นๆ. (2560). การประเมินศักยภาพในการบริหารและจัดการพลังงานของระบบสะสมพลังงานแบบไฮบริดสำหรับระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์. *วารสารวิชาการเทคโนโลยีพลังงานและสิ่งแวดล้อม*, 4(2), 46-55.
- สมพล โคศรี. (2554). *ระบบการควบคุมและจัดการพลังงานสมาร์ตกริดสำหรับผลิตไฟฟ้าแบบแยกเดี่ยวจากพลังงานทดแทน*. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า. ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- สมรรถชัย จันทรัตน์ และ นชิรัตน์ ราชบุรี. (2557). เครื่องวัดปริมาณการใช้ไฟฟ้าผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต. ใน *การประชุมสัมมนาทางวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 7*, (น. 802-806). ประจวบคีรีขันธ์: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ วิทยาเขตวังไกลกังวล.
- สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. (2562). *แผนพัฒนาการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2558-2579 (PDP2018)*. กรุงเทพฯ: กระทรวงพลังงาน.
- Hersent, O .B., Boswarthick, D., & Elloumi, O. (2012). *The Internet of Things Key applications and Protocols*. USA: John Wiley & Sons Ltd.
- Stephen, F .B. (2014). *Smart grid communications-enabled intelligence for the electric power grid*. USA: John Wiley & Sons Ltd.