การพัฒนาสมาร์ตมิเตอร์ตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าในสวนพลังงานของมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

ภาคิณ มณีโชติ

วิทยานิพนธ์เสนอมหาวิทยาลัยพะเยา เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการพลังงานและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี
มิถุนายน 2566

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยพะเยา

การพัฒนาสมาร์ตมิเตอร์ตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าในสวนพลังงานของมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

ภาคิณ มณีโชติ

วิทยานิพนธ์เสนอมหาวิทยาลัยพะเยา เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการพลังงานและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี
มิถุนายน 2566
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยพะเยา

DEVELOPMENT OF SMART METER FOR ELECTRICITY CONSUMPTION IN ENERGY PARK, KAMPHAENGPHETRAJABHAT UNIVERSITY

PAKIN MANEECHOT

A Dissertation Submitted to University of Phayao

in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Doctor of Philosophy Degree in Energy Management and Smart Grid Technology

June 2023

Copyright 2023 by University of Phayao

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาสมาร์ตมิเตอร์ตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าในสวนพลังงานของมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

ของ ภาคิณ มณีโชติ

ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

หลักสูตรปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการพลังงานและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี

ของมหาวิทยาลัยพะเยา

..... ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อาภากร วัฒนะ)

..... ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วัชระ วงค์ปัญโญ)

..... กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ดร. บุญวัฒน์ วิจารณ์พล)

..... กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(รองศาสตราจารย์ ดร. วัฒนพงศ์ รักษ์วิเชียร)

..... อาจารย์บัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยพะเยา

(ดร. ปรเมษฐ์ สิทธิสันติ์)

..... ผู้ทรงคุณวุฒิ

(ดร. กฤษฎา บุญชม)

..... คณบดีคณะพลังงานและสิ่งแวดล้อม

(รองศาสตราจารย์ ดร. ต่อพงศ์ กรีธาชาติ)

เรื่อง: การพัฒนาสมาร์ตมิเตอร์ตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าในสวนพลังงานของมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

ผู้วิจัย: ภาคิณ มณีโชติ, วิทยานิพนธ์: ปร.ด. (การจัดการพลังงานและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี), มหาวิทยาลัยพะเยา, 2566

อาจารย์ที่ปรึกษา: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วัชระ วงค์ปัญโญ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ดร.บุญวัฒน์ วิจารณ์พล รองศาสตราจารย์ ดร.วัฒนพงศ์ รักษ์วิเชียร

คำสำคัญ: การจัดการไฟฟ้า, สมาร์ตมิเตอร์, สมาร์ทโฟน, สมาร์ตโฟนมิเตอร์, การจัดการพลังงาน

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์ออกแบบและสร้างสมาร์ตโฟนมิเตอร์ มาบริหารจัดการพลังงานในสวนพลังงานฯ โดยมีข้อกำหนดขอบเขตความสามารถรวมของระบบสมาร์ตโฟนมิเตอร์ ดังต่อไปนี้ สามารถวัดค่าพลังงานไฟฟ้าของแต่ละอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ สามารถสื่อสารกับอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ สามารถเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านสมาร์ตโฟนมิเตอร์ได้ และสามารถแจ้งเตือนการใช้ไฟฟ้าเกินกำหนดได้ จากข้อกำหนด ผู้วิจัยเลือกอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หลักประกอบรวมกัน ได้แก่ ไมโครคอนโทรลเลอร์ NodeMCU (ESP-8266) เซ็นเซอร์วัดกำลังไฟฟ้า Pzem-004T รีเลย์ (Relay) สมาร์ตโฟน และแอปพลิเคชัน Blynk เป็นตัวเชื่อมต่ออุปกรณ์ไฟฟ้า โดยนำอุปกรณ์ที่กล่าวมาสร้างสมาร์ตโฟนมิเตอร์ตาม Single Line Circuit สมาร์ตโฟนมิเตอร์แล้วส่งทดสอบ การวัดค่าไฟฟ้าความแม่นยำ ณ SGTech มหาวิทยาลัยนเรศวร ผลการวัดเปรียบเทียบกับเครื่องทดสอบ YOGOKAWA โหลด R, RC และ RL ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของแรงดันไฟฟ้า คือ 0.32%, 0.42% และ 0.45% ตามลำดับและค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกระแสไฟฟ้า คือ 0.17%, 0.38% และ 0.34% ตามลำดับ นอกจากนี้ ผลศึกษารูปแบบการบริหารจัดการพลังงานในสวนพลังงานโดยใช้สมาร์ตโฟนมิเตอร์พบว่าสมาร์ตโฟนมิเตอร์สามารถช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ โดยเฉลี่ยลดลงถึงร้อยละ 15.23 ในการใช้พลังงานไฟฟ้าในสวนพลังงาน มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร และผลการศึกษาเกี่ยวกับการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศพบว่าการใช้สมาร์ตโฟนมิเตอร์ในการควบคุมอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศสามารถลดการใช้พลังงานได้ โดยลดลงถึงร้อยละ 14.63 สำหรับห้องออฟฟิศสวนพลังงานมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร และลดลงถึงร้อยละ 15.75 สำหรับอาคารพักอาศัยทั่วไป นอกจากนี้ การศึกษาด้านการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศพบว่าการตั้งอุณหภูมิที่ 28-29 องศาเซลเซียสใช้พลังงานน้อยที่สุดคือ 13.74 -14.08kWh

Title: DEVELOPMENT OF SMART METER FOR ELECTRICITY CONSUMPTION IN ENERGY PARK, KAMPHAENGPHETRAJABHAT UNIVERSITY

Author: PAKIN MANEECHOT, Dissertation: Ph.D. (Energy Management and Smart Grid Technology), University of Phayao, 2023

Advisor: Assistant Professor Dr. Watchara Wongpanyo Co-advisor Dr.Bunyawat Vichanpol Associate Professor Dr.Wattanapong Rakwichian

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

ABSTRACT

In this study, we aimed to create smart meters for use in electrical energy management in an energy garden. A smart meter that is designed and built can be made according to the requirements, measure the electrical energy of each electrical device, communicate with electrical devices, can turn on-off electrical devices through a smartphone meter, and be able to alert the user when the use of electricity exceeds the limit. Based on the requirements, the researcher selected a combination of main electronic components, namely a NodeMCU (ESP-8266) microcontroller, a Pzem-004T power sensor, a relay (Relay), a smartphone, and a Blynk application to connect to electrical devices. Then bring the aforementioned devices to build a smartphone meter according to the Single Line Circuit Smartphone Meter and send it for testing. Accurate electricity measurement at SGTech, Naresuan University showed measurement results compared with YOGOKAWA testing machines for R, RC, and RL loads. The average tolerance for voltage is 0.32%, 0.42%, and 0.45%, respectively, and the average current tolerance is 0.17%, 0.38%, and 0.34%, respectively. The study of the energy management model in the energy park using a smartphone meter found that the smartphone meter can help reduce electricity consumption. On average, there was a decrease of 15.23 percent in the use of electricity in the energy garden at Kamphaeng Phet Rajabhat University, and the results of the study on the energy use of air conditioning found that using a smartphone meter to control the temperature of the air conditioner can reduce energy consumption by a decrease of 14.63 percent for the energy garden office at Kamphaeng Phet Rajabhat University and reduced to 15.75 percent for general residential buildings. In addition, a study on the energy consumption of air conditioners found that setting the temperature at 28–29 degrees Celsius consumed the least energy at 13.74 -14.08kWh.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จขึ้นได้ตามความตั้งใจของผู้เขียน ด้วยความเมตตากรุณาของอาจารย์ที่ปรึกษาทุกท่าน ท่านแรกขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงในความเมตตาของท่านอาจารย์ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วัชระ วงค์ปัญโญ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการรับเป็นที่ปรึกษา ได้ให้ข้อเสนอแนะในการหาหัวข้อวิทยานิพนธ์และแนวทางการเขียนวิทยานิพนธ์ รวมทั้งคอยกำกับติดตามดูแลและให้คำแนะนำการเขียนวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วง ท่านที่สองขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่อท่านอาจารย์ดร.บุญวัฒน์ วิจารณ์พลที่ท่านได้ให้ข้อแนะนำในการแก้ไขความถูกต้องตามหลักวิชาการจนสำเร็จเรียบร้อยท่านที่สามขอขอบพระคุณท่านอาจารย์รองศาสตราจารย์ ดร.วัฒนพงศ์ รักษ์วิเชียรที่กรุณารับเป็นที่ปรึกษาร่วมและเสียสละเวลาอันมีค่าในการให้คำที่ปรึกษาเกี่ยวกับแนวคิดในการทำวิทยานิพนธ์ และท่านที่สี่ขอขอบพระคุณท่านผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาภากร วัฒนะ ที่กรุณาให้คำแนะนำเสนอแนะแนวปรับวิทยานิพนธ์ให้มีเนื้อหาที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ญาติพี่น้อง และผู้มีพระคุณทุกท่านเป็นอย่างสูงที่คอยสนับสนุนการเรียนและคอยให้กำลังใจในวันที่ท้อแท้จนสามารถผ่านพ้นอุปสรรคต่างๆมาได้ด้วยดี ขอขอบพระคุณครูบาอาจารย์ทุกท่านทั้งที่ได้เอ่ยนามและไม่ได้เอ่ยนามที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ทั้งปวงให้กับผู้เขียน

ภาคิณ มณีโชติ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

บทที่ 1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 5

ขอบเขตการวิจัย 5

สมมติฐานของการวิจัย 5

นิยามศัพท์เฉพาะ 6

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 8

สมาร์ตกริดเทคโนโลยี 8

โครงสร้างพื้นฐานการอ่านมาตรวัดอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าแบบก้าวหน้า 11

ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในสมาร์ตกริด 12

การสื่อสารแบบดิจิทัล 12

การตรวจจับแบบไร้สาย 13

ระบบการกระจายศูนย์ 15

ระบบการจัดการพลังงาน 16

ระบบการจัดการพลังงานงานในอาคาร 17

ไมโครคอนโทรลเลอร์ 18

เซนเซอร์ 20
สมาร์ตโฟน 23
แอพพลิเคชั่น 24
การใช้ App Blynk 25
Internet of Thing (IoT) 25
Cloud Computing 26
NodeMCU 28
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 28
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 38
ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 38
ขั้นตอนการทำงานของ Smart Meter 42
การเลือกอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับสร้างสมาร์ตโฟนมิเตอร์ 46
ระเบียบวิธีวิจัย 57
บทที่ 4 ผลการวิจัย 59
ผลการออกแบบและสร้างสมาร์ตมิเตอร์ตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าในสวนพลังงาน 59
ผลการทดสอบการวัดไฟของระบบสมาร์ตมิเตอร์ 64
ผลการทดสอบการวัดไฟของระบบสมาร์ตมิเตอร์ 68
แสดงการทำงานของ โปรแกรม Blynk ในสมาร์ตโฟนมิเตอร์ 71
ศึกษาพฤติกรรมการบริโภคไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้าในสวนพลังงาน 75
การศึกษาการใช้พลังงานเครื่องปรับอากาศที่อุณหภูมิ 20-29 องศาเซลเซียสโดยใช้สมาร์ตมิเตอร์ 87
บทที่ 5 สรุปผล 90
สรุปผล 90
ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป 93

บรรณานุกรม 94

ภาคผนวก 99

ภาคผนวก ก ตารางแสดงค่าการใช้ไฟฟ้า 30 วัน 100

ภาคผนวก ข รายงานการรับรองการทดสอบการวัดไฟของระบบสมาร์ตมิเตอร์ ด้วยเครื่องทดสอบ YOGOHAWA 137

ภาคผนวก ค ผลทดสอบการ Calibrate เซ็นเซอร์วัดไฟ 145

ภาคผนวก ง การศึกษาการใช้พลังงานเครื่องปรับอากาศที่อุณหภูมิ 20–29 องศาเซลเซียส โดยใช้สมาร์ตมิเตอร์ 152

ประวัติผู้วิจัย 157

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 เปรียบเทียบมิเตอร์ไฟฟ้าแบบเดิมและสมาร์ตโฟนมิเตอร์ [6] 4

ตาราง 2 ภาระทางไฟฟ้าสวนพลังงาน 58

ตาราง 3 แสดงผลการทดสอบการวัดไฟของระบบสมาร์ตมิเตอร์ ด้วยเครื่องทดสอบ YOGOKAWAโหลด R ล้วน.....62

ตาราง 4 แสดงผลการทดสอบระบบสมาร์ตมิเตอร์ด้วยโหลด RC pf 0.8.....65

ตาราง 5 แสดงผลการทดสอบระบบสมาร์ตมิเตอร์ด้วยโหลด RL pf 0.8.....69

ตาราง 6 แสดงการเปรียบเทียบการใช้ไฟฟ้าที่ห้อง Workshop ชั้น 5 คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเครื่องปรับอากาศขนาด 30000 BTU 80

ตาราง 7 เปรียบเทียบการใช้ไฟฟ้าที่ห้องออฟฟิตสวนพลังงานมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร 83

ตาราง 8 เปรียบเทียบการใช้ไฟฟ้าที่ในบ้านพักอาศัยทั่วไป(24 ชั่วโมง) 86

ตาราง 10 ตารางแสดงค่าการใช้ไฟฟ้าวันที่ 1 (ใหม่)..... 100

ตาราง 11 การเก็บข้อมูลเครื่องปรับอากาศที่อุณหภูมิ 20–29 องศาเซลเซียส โดยใช้สมาร์ตมิเตอร์..... 153

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันประเทศไทยมีการใช้พลังงานที่เกิดจากเชื้อเพลิงฟอสซิลเป็นปัจจัยสำคัญในการดำรงชีวิตอย่างหนึ่งไม่ว่าจะเป็นการประกอบอาชีพ การศึกษา การคมนาคม และยังรวมไปถึงการใช้ชีวิตประจำวันต้องการใช้ปริมาณพลังงานเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ และพลังงานอาจจะตกอยู่ในสภาวะที่จะคลาดแคลน ทำให้ต้องมีแนวทางลดการใช้พลังงานและแสวงหาพลังงานใหม่ ๆ มาใช้ทดแทนพลังงานที่ได้จากเชื้อเพลิงฟอสซิล นั้นคือพลังงานทดแทน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม และพลังงานน้ำ เป็นต้น ทั้งนี้จากการสนับสนุนของภาครัฐ และการลงทุนของภาคเอกชน เพื่อตอบสนองการใช้พลังงานที่เพิ่มขึ้น ตลอดจนการดึงศักยภาพของพลังงานหมุนเวียนที่มีอยู่ในประเทศมาใช้ให้เกิดประโยชน์ ถือเป็นอีกหนทางที่จะช่วยแก้ไขปัญหาด้านพลังงานที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้ อย่างไรก็ตามพลังงานที่นำมาทดแทนในปัจจุบันยังมีข้อจำกัดและมีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูงในการใช้งานดังนั้นเพื่อให้การใช้พลังงานมีประสิทธิภาพสูงสุดจึงควรหาเทคโนโลยีใหม่ๆ มาบริหารจัดการพลังงานที่เหมาะสมกับประเทศไทย

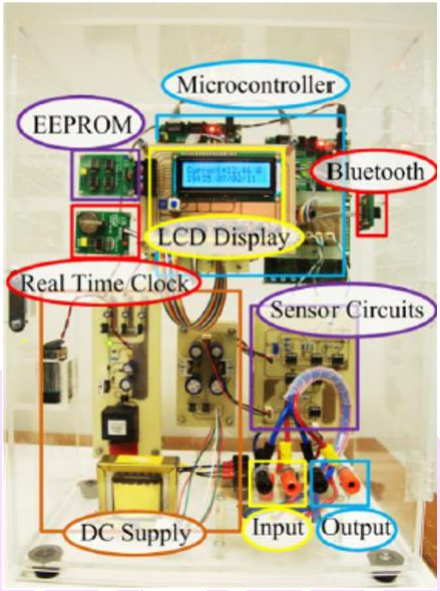
เทคโนโลยีการจัดการพลังงาน มีหลากหลายรูปแบบซึ่งรูปแบบที่น่าสนใจในปัจจุบันที่นำมาใช้งานคือ ระบบ Smart Grid ซึ่งเป็นระบบที่มีความฉลาดที่สามารถรวมการทำงานต่าง ๆ ของโครงข่ายไฟฟ้า ที่เกี่ยวข้องไว้ด้วยกันเพื่อเชื่อมโยงผู้ผลิตและผู้บริโภคเข้าด้วยกัน ให้เกิดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีความมั่นคง ปลอดภัย เชื่อถือได้ มีคุณภาพ ในการผลิตและบริโภค [1] ระบบ Smart Grid เป็นระบบที่รวมเทคโนโลยีมาใช้บริหารทรัพยากรที่มีให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดได้แก่ เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (Information and Communication Technology,ICT) ระบบมิเตอร์อัจฉริยะหรือ สมาร์ตมิเตอร์ (Advance Metering Infrastructure,AMI)ระบบบริหารจัดการด้านความต้องการ (Demand Side Management, DSM), รถยนต์ไฟฟ้า (Electric Car), การเก็บรักษาพลังงาน (Storage) และระบบแหล่งผลิตไฟฟ้ากระจายตัว(Distributed Generation, DG) เป็นต้นประกอบเป็นโครงข่ายไฟฟ้าในอนาคตโดยการประยุกต์ใช้หลากหลายเทคโนโลยีเพื่อความยั่งยืนของการใช้พลังงานในชุมชน [2]

มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชรเป็นหน่วยงานที่เสียค่าไฟฟ้าในแต่ละเดือนค่อนข้างสูงเพราะยังไม่มีระบบการจัดการไฟฟ้าที่ดี และตามมติคณะรัฐมนตรี เมื่อวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2556 กำหนดให้หน่วยงานต่าง ๆ ช่วยกันประหยัดพลังงานโดยเฉพาะส่วนราชการต้องประหยัด

พลังงานลดลง 10% หากหน่วยงานใดใช้ไฟฟ้าเกิน 15% ต้องถูกตัดลดงบประมาณประจำปีในปีต่อไป [3] มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชรจึงขอความร่วมมือจากหน่วยงานต่างๆ ภายในมหาวิทยาลัย เพื่อดำเนินการตามมติดังกล่าว ผู้วิจัยเล็งเห็นความสำคัญในการลดใช้พลังงาน การอนุรักษ์พลังงาน และการจัดการพลังงานในหน่วยงานให้เกิดประโยชน์สูงสุด เพื่อลดค่าไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชรดังนั้นผู้วิจัยจึงอยากจะแก้ปัญหาการใช้พลังงานแบบสิ้นเปลือง ลดการใช้พลังงานภายในสวนพลังงานของมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชรเพื่อเป็นต้นแบบการใช้เทคโนโลยีการจัดการพลังงาน โดยใช้ระบบเทคโนโลยี Smart Grid ซึ่งเป็นระบบการจัดการพลังงานที่มีประสิทธิภาพผู้วิจัยมีความสนใจในการใช้สมาร์ตมิเตอร์มาใช้บริหารการจัดการไฟฟ้าในสวนพลังงาน ซึ่งสมาร์ตมิเตอร์เป็นส่วนหนึ่งของเทคโนโลยี Smart Grid

สาเหตุที่เลือกใช้สมาร์ตมิเตอร์ เพราะมิเตอร์ไฟฟ้าแบบเดิมเป็นแบบจานหมุน ทำได้แค่วัดพลังงานไฟฟ้าที่ผู้บริโภคซื้อไฟฟ้าจาก PEA ได้อย่างเดียวและต้องใช้เจ้าหน้าที่ในการอ่านค่าพลังงานไฟฟ้า(Kilowatt-Hour Meter) ซึ่งต่างจากสมาร์ตมิเตอร์ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดและบันทึกการใช้พลังงานไฟฟ้าอัตโนมัติ โดยมีความสามารถเพิ่มเติมในการสื่อสารและรับส่งข้อมูลด้วยระบบ IoT กับระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart Grid) หรือผู้ให้บริการไฟฟ้า โดยสามารถส่งข้อมูลการใช้ไฟฟ้าให้ผู้ใช้และผู้ให้บริการได้เป็นประจำ ผู้ใช้งานสามารถรับรู้และจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าของตนเองได้มากขึ้น ผู้ให้บริการสามารถจัดการควบคุมระบบพลังงาน และสามารถซื้อ-ขายไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นด้วย

ภาพ 1 มิเตอร์ไฟฟ้าแบบเดิม [5]



ภาพ 2 สมาร์ตโฟนมิเตอร์ [6]

Smart phone คือ อุปกรณ์โทรศัพท์เคลื่อนที่ที่รวมคุณสมบัติของโทรศัพท์มือถือและคอมพิวเตอร์เข้าไว้ด้วยกันในอุปกรณ์เดียว เพื่อให้ผู้ใช้สามารถทำงานหรือบันทึกข้อมูลได้มากขึ้น สามารถทำการโทรหรือส่งข้อความได้เหมือนโทรศัพท์มือถือทั่วไป สามารถเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตผ่านการใช้งานของเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่หรือ Wi–Fi เพื่อเข้าถึงเว็บไซต์ สื่อสารออนไลน์ และบริการอื่น ๆ Smartphone มีระบบปฏิบัติการที่สนับสนุนการติดตั้งและใช้งานแอปพลิเคชั่นต่าง ๆ ที่สามารถดาวน์โหลดจากเว็บไซต์แอปสโตร์หรือร้านค้าออนไลน์ เช่น แอปพลิเคชั่นสำหรับสื่อบันเทิง การท่องเว็บ สื่อสาร การทำงาน เกมส์ และอื่น ๆ

เมื่อเห็นถึงคุณสมบัติของสมาร์ตมิเตอร์และสมาร์ตโฟนถ้านำมาประยุกต์รวมกันจะทำให้มีคุณสมบัติของการวัดและบันทึกการข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าอัตโนมัติเหมือนกับสามาร์ตมิเตอร์ โดยสามารถรับรู้และบันทึกข้อมูลการใช้ไฟฟ้าในระยะเวลาที่สั้น ๆ ได้เป็นประจำ เช่น ต่อชั่วโมง (kWh) หรือ ต่อนาที (kW/min) และระบบสามารถแสดงผลข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าผ่านหน้าจอสมาร์ตโฟน และผู้ใช้สามารถควบคุมและจัดการการใช้พลังงานได้ผ่านแอปพลิเคชั่น หรือสามารถแสดงข้อมูลการใช้พลังงานและสถานะได้ผ่านการแจ้งเตือนที่สมาร์ตโฟน

จากที่กล่าวมาผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะสร้างสมาร์ตโฟนมิเตอร์ที่ประยุกต์สมาร์ตมิเตอร์ร่วมกับสมาร์ตโฟนโดยใช้บริหารจัดการในสวนพลังงาน โดยตัวสมาร์ตโฟนมิเตอร์ที่พัฒนาขึ้นจะใช้ Microcontroller เป็นอุปกรณ์ที่รวมความสามารถของ Microprocessor, หน่วยความจำ (memory) และพอร์ตการเชื่อมต่ออื่น ๆ เข้าด้วยกันในวงจรเดียว โดยที่ความสามารถหลักของ

มันคือการประมวลผลคำสั่งตามโปรแกรมที่รับเข้ามา และควบคุมการทำงานของ Sensor ต่างๆ ที่เชื่อมต่อกับ Microcontroller สามารถเชื่อมต่อ USB, Bluetooth และ Wi-Fi สามารถเชื่อมต่อกับสมาร์ตโฟนด้วยการติดตั้งโปรแกรมซอฟต์แวร์บนสมาร์ตโฟน ใช้สำหรับสื่อสารข้อมูล ควบคุมและแสดงผลข้อมูลผ่านสมาร์ตโฟน ดังนั้นเพื่อการใช้งานสมาร์ตโฟนมิเตอร์ที่พัฒนาขึ้นให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ผู้วิจัยจึงใช้สมาร์ตโฟนมิเตอร์ที่พัฒนาขึ้นทดสอบการบริหารจัดการอุปกรณ์ไฟฟ้าในสวนพลังงาน โดยความสามารถของสมาร์ตโฟนมิเตอร์สามารถตรวจวัดปริมาณไฟฟ้า สามารถควบคุมการสั่งจ่ายไฟฟ้าผ่านระบบอินเทอร์เน็ต สามารถควบคุมการเปิด-ปิดและตั้งเวลาการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ผ่านสมาร์ตโฟน สามารถแจ้งเตือนค่าไฟฟ้า สามารถแจ้งเตือนอุปกรณ์ไฟฟ้าที่กินกระแสไฟฟ้าผิดปกติได้ และสมาร์ตโฟนมิเตอร์ยังสามารถวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าหากมีการจ่ายไฟฟ้าที่เกินปริมาณที่ตั้งไว้ จะสั่งปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าตามลำดับความสำคัญที่ ยกตัวอย่างเช่น กำหนดให้สวนพลังงานใช้ไฟได้ไม่เกิน 2 กิโลวัตต์ และหากมีการใช้ไฟเกินที่กำหนดไว้ จึงจัดลำดับความสำคัญไว้ว่า อันดับแรกให้ปิดเครื่องปรับอากาศ ทีวีหลอดไฟ โปรเจ๊กเตอร์ และคอมพิวเตอร์ตามลำดับ [4]

ตาราง 1 เปรียบเทียบมิเตอร์ไฟฟ้าแบบเดิมและสมาร์ตโฟนมิเตอร์ [6]

ความสามารถในการทำงาน	มิเตอร์ไฟฟ้าแบบเดิม	สมาร์ตโฟนมิเตอร์
วัดค่าพลังงานไฟฟ้ารวม	สามารถทำได้	สามารถทำได้
เปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านสมาร์ตโฟน	ไม่สามารถทำได้	สามารถทำได้
การสื่อสารกับศูนย์ควบคุมแบบไร้สาย หรือแบบมีสาย	ไม่สามารถทำได้	สามารถทำได้
วัดค่าพลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละชนิด	ไม่สามารถทำได้	สามารถทำได้
แจ้งเตือนค่าไฟ(บาท)	ไม่สามารถทำได้	สามารถทำได้
แจ้งเตือนการใช้พลังงานไฟฟ้าที่กำหนด	ไม่สามารถทำได้	สามารถทำได้
รองรับโครงข่ายอัจฉริยะ	ไม่สามารถทำได้	สามารถทำได้

เมื่อมุ่งเป้าไปที่ระบบการจัดการพลังงานงานวิจัยนี้จะออกแบบและสร้างสมาร์ตโฟนมิเตอร์โดยใช้อุปกรณ์ที่หาได้ง่ายและมีราคาไม่แพงมาประกอบรวมกัน ได้แก่ ไมโครคอนโทรลเลอร์ รีเลย์ ระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายและเซ็นเซอร์ต่างๆ เพื่อตรวจวัดการใช้ไฟฟ้าเพื่อบริหารจัดการไฟฟ้าที่ใช้ในสวนพลังงานของมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร เป็นสถานีไฟฟ้าแบบ

กระจายศูนย์ และเป็นแนวทางไปสู่การติดตั้งระบบสมาร์ตกริดในอนาคตเพื่อเป็นแหล่งเรียนรู้เทคโนโลยีสมาร์ตกริด ช่วยให้การบริหารจัดการพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพทำให้มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชรลดค่าใช้จ่ายการใช้ไฟฟ้า

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ออกแบบและสร้างสมาร์ตโฟนมิเตอร์ตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า
2. ศึกษารูปแบบการบริหารจัดการพลังงานในสวนพลังงานโดยใช้สมาร์ตโฟนมิเตอร์

ขอบเขตการวิจัย

1. ขอบเขตเชิงพื้นที่

วิจัยในครั้งนี้จัดทำในสวนพลังงานมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร จังหวัดกำแพงเพชร

2. ขอบเขตเชิงเนื้อหา

งานวิจัยในครั้งนี้ใช้สมาร์ตโฟนมิเตอร์บริหารจัดการพลังงานในสวนพลังงานมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร โดยบริหารจัดการอุปกรณ์ไฟฟ้าในสวนพลังงานได้แก่ เครื่องปรับอากาศ พัดลมไอน้ำ พัดลม โปรเจคเตอร์ โน๊ตบุ๊ค หลอดไฟ และตู้เย็น โดยควบคุมผ่านโทรศัพท์มือถือในการมอนิเตอร์ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในสวนพลังงานได้

3. ขอบเขตเชิงระยะเวลา

ระยะเวลาดำเนินการ เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2560– เดือนเมษายน พ.ศ. 2561

สมมติฐานของการวิจัย

สมาร์ตโฟนมิเตอร์ที่ถูกพัฒนาขึ้นมานี้สามารถตรวจวัดการใช้ไฟฟ้าและบริหารจัดการการใช้ไฟฟ้าในสวนพลังงานได้ สามารถแสดงค่าพลังงานผ่านโทรศัพท์มือถือ ช่วยให้ลดค่าใช้จ่ายการใช้ไฟฟ้าลงได้ 10–15 %

ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย

1. สามารถใช้สมาร์ตโฟนมิเตอร์ควบคุมระบบจำหน่ายจากสถานีไฟฟ้าแบบกระจายศูนย์ได้
2. สามารถบริหารจัดการการใช้ไฟฟ้าใช้ในสวนพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ
3. เป็นแหล่งเรียนรู้เทคโนโลยีสมาร์ตกริดที่เกี่ยวกับสมาร์ตโฟนมิเตอร์ในสวนพลังงาน

นิยามศัพท์เฉพาะ

สมาร์ตกริด (Smart Grid)หมายถึงโครงข่ายไฟฟ้าจากผู้ให้บริการไปยังผู้ใช้บริการด้วยเทคโนโลยีสารสนเทศ ทำให้เกิดความมั่นคง ความเชื่อถือได้ของการผลิตไฟฟ้ามีการบริหารจัดการ ควบคุมการผลิต ส่ง และจ่ายพลังงานไฟฟ้า สามารถรองรับการเชื่อมต่อระบบไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานทางเลือกที่สะอาดที่กระจายอยู่ทั่วไป (Distributed Energy Resource : DER) และระบบบริหารการใช้สินทรัพย์ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

มิเตอร์ไฟฟ้าแบบเดิม (Mechanical Watt Hour Meter) หมายถึง มิเตอร์แบบจานหมุนเป็นเครื่องวัดที่ทำงานด้วยการเหนี่ยวนำไฟฟ้า ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อวัด ปริมาณกำลังไฟฟฟ้ากระแสสลับทั้งในบ้านเรือน และในโรงงานอุตสาหกรรม โดยมีหน่วยวัด พลังงานไฟฟ้า เป็น กิโลวัตชั่วโมง (Kilowatt–hour) มิเตอร์ไฟฟ้าแบบเดิมสามารถวัดพลังงานไฟฟ้าได้อย่างเดียว ไม่สามารถสื่อสารและใช้กับสมาร์ตกริดไม่ได้

สมาร์ตโฟนมิเตอร์(Smart Phone Meter) หมายถึง อุปกรณ์วัดพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะที่สามารถวัดค่าพลังงานไฟฟ้าได้ สามารถประมวลผลคำนวณค่าไฟฟ้าจากพลังงานที่ใช้ไปได้ สามารถรายงานผลบนสมาร์ตโฟนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ทีและเปิดโอกาสให้พัฒนาซอฟแวร์ได้อย่างต่อเนื่อง ผ่านระบบโครงข่ายสมาร์ตโฟน จึงทำให้เกิดการพัฒนาได้ตลอดเวลา ซึ่งระบบนี้จะพัฒนาได้อย่างไม่มีขีดจำกัดเนื่องจากทุกคนที่มีความรู้ด้านซอฟแวร์ Coding Algorithm แบบ open source. ซึ่งราคาถูกเมื่อเทียบกับ สมาร์ตมิเตอร์ ในท้องตลาด

สมาร์ตมิเตอร์(Smart Meter) หมายถึง อุปกรณ์ที่สามารถวัดพลังงานไฟฟ้าแบบใหม่ที่ถูกพัฒนามาเพื่อแทนที่มาตรพลังงานแบบจานหมุนแบบที่มีอยู่ โดยการอ่านค่าพลังงานไฟฟ้าที่ด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์และส่งข้อมูลในรูปแบบดิจิทัลไปที่ระบบควบคุม (Control System) มาตรอัจฉริยะสามารถติดต่อสื่อสารกับระบบควบคุมได้ และสามารถคำนวณค่าใช้จ่ายของการใช้พลังงานได้ทั้งขายไฟและซื้อไฟได้ [6]

สถานีไฟฟ้าแบบกระจายศูนย์ หมายถึง แหล่งผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กที่กระจายอยู่ตามพื้นที่ต่าง ๆ (Distributed Generation) เช่น เซลล์แสงอาทิตย์ขนาดเล็ก ติดตั้งบนหลังคาเรือน (Rooftop Photo Voltaic) กังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก (Small Wind Turbine) เป็นต้น

ไมโครคอนโทรลเลอร์(Microcontroller) หมายถึงเป็นอุปกรณ์ไอซี (IC: Integrated Circuit) ที่สามารถโปรแกรมการทำงานได้ซับซ้อน สามารถรับข้อมูลในรูปสัญญาณดิจิตอลเข้าไปทำการประมวลผลแล้วส่งผลลัพธ์ข้อมูลดิจิตอลออกมาเพื่อนำไปใช้งานตามที่ต้องการได้

เซ็นเซอร์ (Sensor) หมายถึง คืออุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณหรือปริมาณทางฟิสิกส์ต่าง ๆ เช่น อุณหภูมิ เสียง แสง การสัมผัส เป็นต้นปัจจุบันมีการนำระบบ sensor มาใช้บน

โทรศัพท์มือถือ ในหลายรูปแบบ เช่น G-sensor ระบบตรวจจับความเลื่อนไหว Accelerometer Sensor ระบบหมุนภาพ อัตโนมัติ Orientation Sensor เซ็นเซอร์ปรับมุมมองหน้าจอ Sound Sensor เซ็นเซอร์ตรวจวัดระดับเสียงMagnetic Sensor ตรวจวัดความเข้มสนามแม่เหล็ก Light Sensor ตรวจจับแสงสว่างสำหรับการปรับแสงบนหน้าจออัตโนมัติ และ Proximity Sensor ระบบเปิด/ปิดหน้าจออัตโนมัติขณะสนทนาแนบหู เป็นต้น ซึ่งเรามักพบคุณสมบัติเหล่านี้ได้กับโทรศัพท์มือถือ แบบ smartphone ทั้งในระบบ iosและ Android OS[7]

แอปพลิเคชัน(Application)หมายถึงซอฟแวร์ประเภทหนึ่งที่ช่วยให้เราสามารถกระทำการบางอย่างได้ตามความต้องการของเรา แอปพลิเคชันสำหรับใช้งานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะและโน๊ตบุ๊คนั้น เรียกว่า เดสก์ทอป แอปลิเคชั่น (Desktop Applications)ส่วนแอปพลิเคชันที่ทำงานบนเครื่องอุปกรณ์พกพาทั้งหลาย เรียกว่า โมบายล์ แอปพลิเคชัน (Mobile Applications)เมื่อเรารันแอปพลิเคชัน มันจะทำงานอยู่ภายใต้ระบบปฏิบัติการตลอดเวลาจนกว่าเราจะทำการปิดมันไป ภายในเวลาเดียวกัน อาจมีหลายแอปพลิเคชันที่กำลังทำงานพร้อมกันในระบบปฏิบัติการ เราเรียกกระบวนการนี้ว่า มัลติแทสกิ้ง (Multitasking)[8]

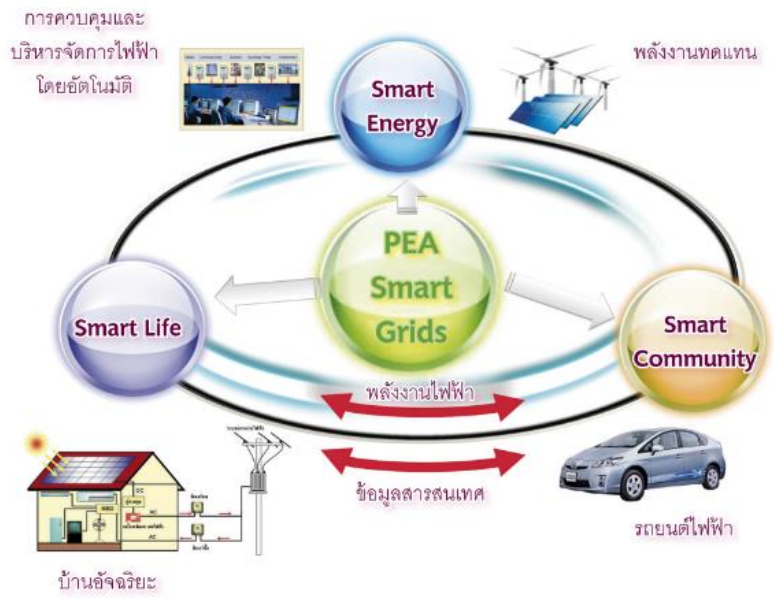
บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สมาร์ตกริดเทคโนโลยี

สมาร์ตกริดเทคโนโลยี (Smart Grid Technology: SGT)คือโครงข่ายไฟฟ้าในอนาคตโดยการหลอมรวมกันของหลากหลายเทคโนโลยีล่าสุดแบบครบวงจรเพื่อช่วยพัฒนาความเชื่อมั่นและประสิทธิภาพของการจัดหาแหล่งผลิตไฟฟ้าและระบบส่งจ่ายไฟฟ้า โดยเทคโนโลยีนี้จะช่วยในการลดต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าและระบบส่งจ่ายไฟฟ้าไปสู่ผู้บริโภค และเป็นระบบโครงข่ายสำหรับส่งไฟฟ้าอัจฉริยะสมาร์ตกริดทำหน้าที่ส่งไฟฟ้าจากผู้ให้บริการไปยังผู้ใช้บริการด้วยระบบการสื่อสารสองทางเพื่อควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้า ณ บ้านของผู้ใช้ ซึ่งจะช่วยให้สามารถบริหารจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยบริษัทที่ให้บริการระบบส่งจ่ายไฟฟ้าสมาร์ตกริดได้พัฒนาโปรแกรมพร้อมกับติดตั้งอุปกรณ์ที่สามารถตรวจสอบการใช้ไฟฟ้าได้ตามเวลาจริง (Real Time) ไว้ที่แต่ละครัวเรือนว่ามีการใช้ไฟฟ้าเท่าไหร่ จุดไหนใช้มากน้อยอย่างไร เพื่อช่วยคำนวณการแจกจ่ายกระแสไฟของเมือง ช่วยให้การจ่ายกระแสไฟฟ้ามีความเสถียร ลดปัญหาไฟดับในช่วงที่มีการใช้ไฟสูง ทั้งยังทำให้ผู้ใช้สามารถเห็นพฤติกรรมและปรับลดการใช้พลังงานของตัวเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ [9]

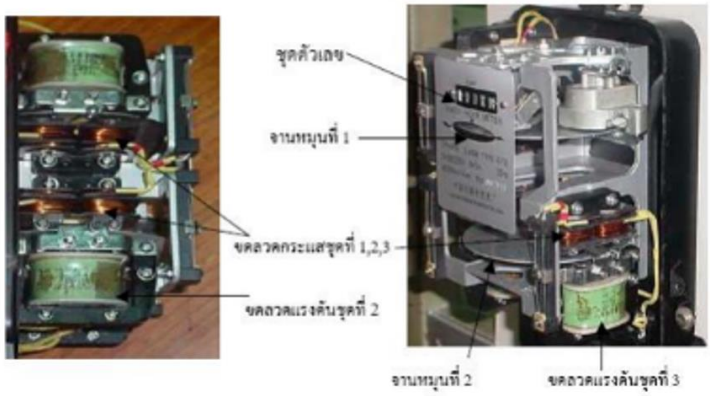
Smart MicroGridคือสถานีไฟฟ้าย่อยในแต่ละพื้นที่ เช่น ในจังหวัด หรือ บนเกาะต่างๆ จะมีการผลิตไฟฟ้าโดยอิสระ ในบริเวณนั้นหรือเชื่อมโยงกับสถานีใหญ่ โดยมีเป้าหมายการทำให้เกิดการผสมผสานระหว่างไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงฟอสซิล และไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน ให้เสมือนหนึ่งเป็นโรงไฟฟ้าโรงเดียว ดูแลและรับผิดชอบกันเองในบริเวณนั้นๆ เมื่อ MicroGridมาผสมผสานกับ Smart Grid จะกลายเป็นสถานีไฟฟ้าย่อยอัจฉริยะ ตัวอย่างเช่น กลางวันใช้ไฟฟ้าจากโซลาเซลล์ และโรงไฟฟ้าชีวมวล ส่วนกลางคืนก็อาจต้องมีไฟจากแหล่งอื่นๆ ร่วมด้วยโดยอาจมีแหล่งไฟฟ้าหลัก จากส่วนกลางคอยช่วยเหลือตามปริมาณที่เพียงพอไม่ต้องสำรองมากเกินไปและนี่คือระบบไฟฟ้าชุมชนแบบอัจฉริยะ [10]



ภาพ 3 ระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart Grid)

ที่มา: โครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ http://www.ee.eng.chula.ac.th/smartgrids/index.php/smart-grids/80--smart-grids/smart-grid-doc/72

มิเตอร์ไฟฟ้า (Kilowatt-Hour Meter) คือ เป็นเครื่องวัดที่ทำงานด้วยการเหนี่ยวนำไฟฟ้า ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อวัด ปริมาณกำลังไฟฟ้ากระแสสลับทั้งในบ้านเรือน และในโรงงานอุตสาหกรรม โดยมีหน่วยวัด พลังงานไฟฟ้า เป็น กิโลวัตชั่วโมง (Kilowatt-hour)



ภาพ 4 โครงสร้างของวัตต์ฮาวร์มิเตอร์

หลักการทำงาน ขดลวดกระแสและขดลวดแรงดัน ทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็กส่งผ่านไปยังจานอะลูมิเนียมที่วางอยู่ระหว่างขดลวดทั้งสองทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำและมีกระแสไหลวน (Eddycurrent) เกิดขึ้นในจานอะลูมิเนียมแรงต้านระหว่างกระแสไหลวนและสนามแม่เหล็กของขดลวดแรงดันจะทำให้เกิดแรงผลักขึ้นกับจานอะลูมิเนียมจึงหมุนไปได้ที่แกนของจานอะลูมิเนียมจะมีเฟืองติดอยู่เฟืองนี้จะไปขับ ชุดตัวเลขที่หน้าปัทม์ของเครื่องวัด แรงผลักที่เกิดขึ้นจะเป็นสัดส่วนระหว่างความเข้มของสนามแม่เหล็กของขดลวดแรงดันและกระแสไหลวนในจานอะลูมิเนียมและขึ้นอยู่กับจานวนรอบของขดลวดด้วยส่วนจำนวนรอบการหมุนของจานอะลูมิเนียมขึ้นอยู่กับการใช้พลังงานไฟฟ้าของโหลดมิเตอร์ไฟฟ้า (Kilowatt–HourMeter) ที่มา : http://watcharin2121.blogspot.com/2016/05/kilowatt–hour–meter.html

มาตรอัจฉริยะ (Smart Meter) คือ มาตรวัดพลังงานไฟฟ้าชนิดใหม่ที่ถูกพัฒนามาเพื่อแทนที่มาตรพลังงานแบบเดิมที่มีอยู่ (แบบจานหมุน) โดยการอ่านค่าพลังงานไฟฟ้าที่ถูกใช้ไปด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์และส่งข้อมูลในรูปแบบดิจิทัลไปที่ระบบควบคุม (Control System) มาตรอัจฉริยะสามารถติดต่อสื่อสารโดยตรงกับระบบควบคุมได้บ่อยเท่าที่ต้องการ โดยไม่จำเป็นต้องส่งพนักงานมาอ่านค่าหน่วยไฟฟ้าเดือนละครั้งแบบปัจจุบัน ดังนั้นผู้ขายไฟฟ้าและผู้ใช้ไฟฟ้าจะสามารถอ่าน หรือคำนวณค่าใช้จ่ายของการใช้พลังงานได้เสมอ ช่องทางการสื่อสารอาจเลือกได้จากหลายรูปแบบ ตัวอย่างเช่น รูปแบบการสื่อสารผ่านทางเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่หรือรูปแบบการสื่อสารผ่านคลื่น RF เป็นต้น นอกจากนี้การบำรุงรักษาซ่อมแซมตัวมาตรสามารถทำได้ง่ายขึ้นเพราะความซับซ้อนทางด้านชิ้นส่วนกลไกมีน้อยลงกว่าแบบเดิมมาก เมื่อเกิดข้อผิดพลาดขึ้นระบบมาตรอัจฉริยะสามารถแจ้งเหตุความผิดปกติทางไฟฟ้า เช่นไฟตก ไฟดับได้ ดังนั้นจึงตรวจสอบหาจุดที่เป็นต้นเหตุ ที่ทำให้ระบบทำงานผิดพลาดได้ไวกว่าเดิมอีกด้วย นอกจากประโยชน์ที่กล่าวมาแล้ว มาตรอัจฉริยะยังสามารถคำนวณค่าไฟฟ้าที่มีวิธีการคิดที่ซับซ้อนได้ เช่น ตามช่วงเวลา หรือตามความต้องการการใช้ไฟฟ้า ยกตัวอย่างเช่น เมื่อความต้องการไฟฟ้าสูง ราคาก็จะสูงตามไปด้วย ซึ่งก็จะจูงใจให้ผู้ที่ไม่มีความจำเป็นต้องใช้ไฟฟ้าในขณะนั้น ชะลอการใช้ไฟฟ้าไปใช้ในเวลาที่มีความต้องการไฟฟ้าน้อยกว่า โดยรวมแล้วการคิดค่าไฟฟ้าแบบนี้ จะช่วยลดความต้องการไฟฟ้าสูงสุดลงได้ มาตรอัจฉริยะยังสนับสนุนการคิดค่าไฟฟ้าแบบจ่ายล่วงหน้า ซึ่งอาจจะมาใช้ในอนาคต นอกจากนี้การตัดต่อการให้บริการไฟฟ้าแก่ผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถกระทำจากระยะไกลได้ [11]

ภาพ 5 มิเตอร์อัจฉริยะของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

ที่มา: https://today.line.me/th/v2/article/9rNxMm

โครงสร้างพื้นฐานการอ่านมาตรวัดอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าแบบก้าวหน้า

โครงสร้างพื้นฐานระบบการอ่านมาตรวัดอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าแบบก้าวหน้า (Advance Metering Infrastructure: AMI) คือการใช้งานหลักของสมาร์ตกริดในอนาคต โครงสร้างพื้นฐานระบบการอ่านมาตรแบบก้าวหน้านี้จะมีให้ประโยชน์ด้านการมีปฏิสัมพันธ์กัน โดยมีมิเตอร์ไฟฟ้าเป็นตัววัดติดตามตรวจสอบแบบตามเวลาการใช้งานจริง เทคโนโลยีโครงสร้างพื้นฐานระบบการอ่านมาตรแบบก้าวหน้าจะเป็นส่วนประกอบที่สำคัญจำเป็นต่อสมาร์ตกริด ซึ่งจะให้ข้อมูลที่ถูกต้องแม่นยำที่จะสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินการในภาคธุรกิจ โครงสร้างพื้นฐานระบบการอ่านมาตรแบบก้าวหน้าสามารถถูกใช้งานโดยการเก็บข้อมูลของการบริโภคไฟฟ้ารายเดือนเพื่อใช้ในเรียกเก็บเงินโดยให้ข้อมูลรายละเอียดการใช้งานเช่น ความต้องการใช้ เวลาใช้งาน ค่าแรงดันไฟฟ้า และข้อมูลคุณภาพไฟฟ้า การใช้งานเทคโนโลยีโครงสร้างพื้นฐานระบบการอ่านมาตรแบบก้าวหน้าในด้านของการดำเนินการสามารถกำจัดความต้องการใช้แรงงานที่มากในกระบวนการของภาคธุรกิจเช่น การใช้คนออกไปอ่านมิเตอร์ไฟฟ้า การใช้คนสำหรับการบริการเชื่อมต่อและตัดไฟฟ้า การพยากรณ์ความต้องการและคาดการการเกิดไฟฟ้าดับหรือขัดข้องและการจัดการซ่อมแซม และอื่น ๆ ที่มิเตอร์สามารถตอบสนองงานได้ ยิ่งไปกว่านั้นระบบโครงสร้างพื้นฐานระบบการอ่านมาตรแบบก้าวหน้าจะมีคุณลักษณะการตอบสนองการใช้งานแบบสองทาง (Two-way communication)

จะสามารถใช้ประโยชน์ในการส่งสัญญาณเตือนช่วงใกล้จุดค่าบริการไฟฟ้าสูงสุดให้แก่ผู้บริโภครับรู้อย่างเช่น การสื่อสารโดยตรงกับผู้บริโภคจะสามารถส่งเสริมการประสิทธิภาพการใช้งานในช่วงของเวลาการใช้ไฟฟ้าสูงสุด เพื่อประโยชน์ในการดำเนินการควบคุมโดยตรงของการบริหารจัดการความต้องการ (DR)

ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในสมาร์ตกริด

ความสมบูรณ์ของการใช้งานของระบบเทคโนโลยีสารสนเทศมีความสำคัญมากสำหรับการใช้งานในระบบสมาร์ตกริด โดยเทคโนโลยีสารสนเทศมีบทบาทที่สำคัญในการริเริ่มดำเนินการงานด้านสมาร์ตกริด เช่น ระบบการสื่อสารไร้สายและโครงข่ายการตรวจจับไร้สาย (Wireless sensor) ได้เริ่มใช้กันอย่างแพร่หลายในหลายองค์กรเช่น โรงงานอุตสาหกรรมและโทรคมนาคม เทคโนโลยีเหล่านี้ในปัจจุบันได้มาถึงจุดที่สมบูรณ์แล้วทำให้สามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีนี้ในการดำเนินงานในระบบส่งจ่ายไฟฟ้า

การสื่อสารแบบดิจิทัล

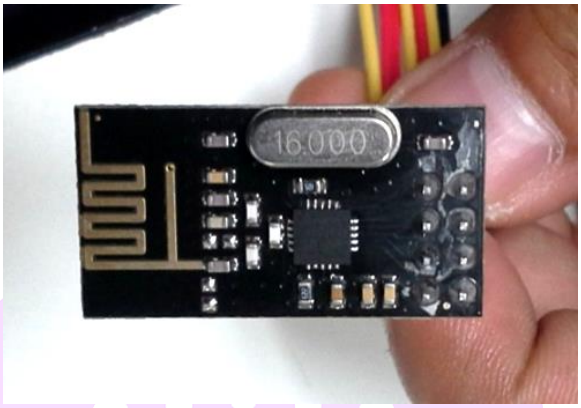
การสื่อสารแบบดิจิทัลเป็นสิ่งที่มีความสำคัญยิ่งในระบบการควบคุมและดำเนินการในสายส่งปัจจุบันและจะกลายเป็นปัจจัยสำคัญในสมาร์ตกริด โดยสายส่งจ่ายไฟฟ้าจะมีระบบการติดตามตรวจสอบโดยปกติทั่วไปด้วยระบบ Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA) [12] ซึ่งทำการเก็บข้อมูลจากอุปกรณ์ควบคุมที่อยู่ในพื้นที่จุดติดตามภายในโครงข่ายไฟฟ้า อย่างไรก็ตามธรรมชาติของระบบควบคุมนี้แสดงให้เห็นได้ภายใต้โครงข่ายการสื่อสารที่มีระดับย่านความถี่ต่ำและไม่มีความยืดหยุ่น ในสมาร์ตกริดโดยโครงสร้างพื้นฐานของการสื่อสารที่มีอยู่จะถูกแทนที่โดยรูปแบบและมาตรฐานของเทคโนโลยีสื่อสารที่พบเห็นในปัจจุบันคือ การใช้งานอินเตอร์เน็ต โครงสร้างพื้นฐานของการสื่อสารจะมีความจำเป็นในการขยายและเพิ่มย่านความถี่คลื่นเพื่อสนับสนุนความกว้างของการใช้งานที่มากขึ้นเช่น โครงสร้างพื้นฐานระบบการอ่านมาตรวันแบบก้าวหน้าและระบบการจัดการพลังงานเช่น การติดตามที่ครอบคลุมทุกพื้นที่และอุปกรณ์การตรวจจับเฉพาะตามความต้องการ ตลอดจนขั้นตอนและการบริการทางด้านโครงสร้างพื้นฐานด้านการสื่อสารในอนาคตซึ่งจะมีความยืดหยุ่นสูง มีความเชื่อมั่น และพอเพียงต่อการใช้งานเพื่อสนับสนุนระบบสมาร์ตกริด

การตรวจจับแบบไร้สาย

ปัจจุบันการดำเนินการควบคุมของสายส่งจ่ายไฟฟ้ามีพื้นฐานการวัดซึ่งเป็นกุญแจสำคัญที่อยู่ภายในโครงสร้างพื้นฐานการกระจายศูนย์ การวัดแบบนี้ช่วยให้ผู้ประกอบการสามารถสังเกตคุณภาพของอุปกรณ์และสายส่งได้ และดูแลคุณภาพของการจัดส่งไฟฟ้าและสร้างเสริมการเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการด้านยุทธศาสตร์ ผู้ควบคุมสายส่งจ่ายไฟฟ้าสามารถเชื่อมั่นในตัวตรวจจับภาคสนามในการตรวจวัด ตัวตรวจจับในทุกวันนี้ส่วนมากนิยมเป็นแบบไร้สายเป็นตัวกลางในการสื่อสารเช่น โทรศัพท์แบบไร้สายที่สามารถส่งข้อมูลและสัญญาณไปยังผู้ควบคุมระบบ อย่างไรก็ตามระบบสายส่งนี้จะเพิ่มต้นทุนการใช้งานและข้อจำกัดในเรื่องจำนวนตัวตรวจจับที่สามารถใช้งานได้ในสายส่งไฟฟ้าเนื่องมากจากมีการขยายการใช้งานเพิ่มขึ้นตัวตรวจจับแบบนี้มีลักษณะที่สอดคล้องกับระบบควบคุมที่มีอยู่ในปัจจุบัน

ในอนาคตการใช้งานสมาร์ตกริดจะสามารถตอบสนองความต้องการในการวัดผลจากสายส่งมากขึ้นและตัวตรวจจับจะจำเป็นต่อการใช้งานที่มากขึ้นและจำเป็นในการวัดผลที่มีจำนวนความถี่มากขึ้น ล่าสุดการพัฒนาเทคโนโลยีการสื่อสารแบบไร้สาย (Wireless technology) และระบบไมโครเทคโนโลยี (Micro–electro–mechanical: MEMS) มีการดำเนินการพัฒนาในตัวของเทคโนโลยีการตรวจจับรูปแบบใหม่ ซึ่งบูรณาการโดยตัวตรวจจับ การประมวลผลข้อมูลและองค์ประกอบของการสื่อสาร ที่สามารถสื่อสารกันในระยะที่สั้นลงนอกเหนือจากนี้ยังให้ต้นทุนที่ต่ำและการใช้งานที่ง่าย ธรรมชาติของอุปกรณ์ไร้สายนั้นจะอำนวยความสะดวกในการรวบรวมข้อมูลการวัดผลที่มีความละเอียดสูงโดยการใช้งานสมาร์ตกริด เทคโนโลยีการตรวจจับไร้สายจะมีความสำคัญมากสำหรับการใช้งานในด้านการบริหารจัดการพลังงานและการใช้ไฟฟ้าภายในบ้านโดยการเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆเช่น อุณหภูมิภายในบ้าน และการเคลื่อนไหวของคนภายในบ้าน ซึ่งสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้พลังงานไฟฟ้าและอุปกรณ์ไฟฟ้า

อุปกรณ์สื่อสารไร้สาย NRF24L01



ภาพ 6 อุปกรณ์สื่อสารไร้สาย

โดยอุปกรณ์สื่อสารไร้สายมีคุณสมบัติดังนี้

1. อุปกรณ์สื่อสารมีการจัดคิวในการรับส่งข้อมูล จึงทำให้ข้อมูลไม่เกิดการชนกันของข้อมูลเมื่อมีการรับส่งข้อมูลหลายๆจุดพร้อมกัน

2. อุปกรณ์สื่อสารใช้พลังงานต่ำในการรับส่งข้อมูล ใช้กระแสไฟฟ้าเพียง 3.3 โวลต์

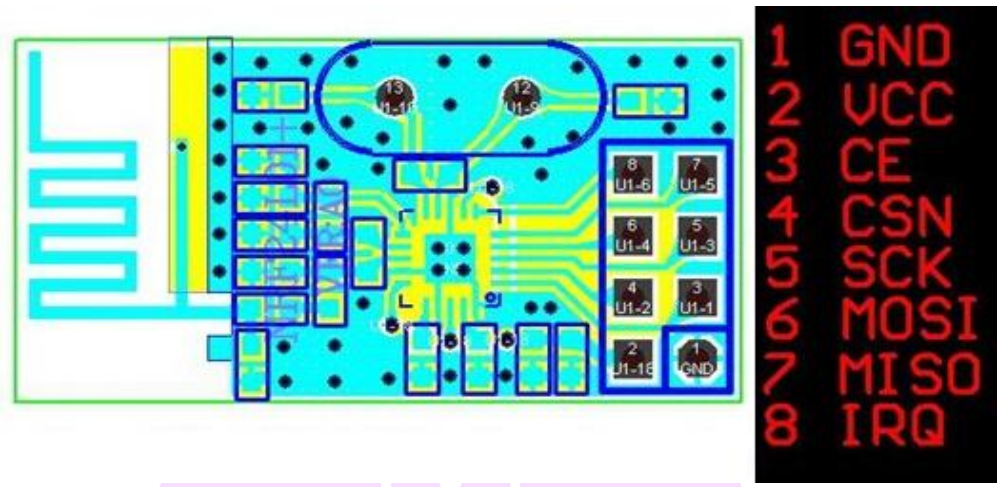
3. ออกแบบให้มีเสาอากาศในตัว 2.4 กิกะเฮิรตซ์ขนาดกะทัดรัด 15 มิลลิเมตร X 29 มิลลิเมตร

4. มี 126 ช่องทางเพื่อตอบสนองการสื่อสารหลายจุดและความถี่การสื่อสาร

5. มีราคาถูก การเขียนโปรแกรมการทำงานสะดวก รวดเร็ว สามารถเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์โดยตรงมีความหลากหลายในการใช้งาน

6. มีระยะทางการรับส่งในพื้นที่โล่ง 175 –200 เมตร

จากคุณสมบัติดังกล่าว อุปกรณ์สื่อสารไร้สาย NRF24L01 จึงมีความเหมาะสมในการเลือกใช้แก้ปัญหาวิจัยในการรับส่งการข้อมูลการตรวจนับและตรวจสอบเครื่องมือด้วยการสื่อสารไร้สาย การเชื่อมต่ออุปกรณ์สื่อสารไร้สายกับไมโครคอนโทรลเลอร์



ภาพ 7 การเชื่อมต่อโมดูลสื่อสารไร้สายกับไมโครคอนโทรลเลอร์

ระบบการกระจายศูนย์

นอกจากการสื่อสารที่รวดเร็วและความสามารถของการตรวจจับแล้วในความเป็นจริง สมาร์ตกริดเทคโนโลยีจะต้องมีความต้องการความสามารถของโครงสร้างพื้นฐานการบริหารจัดการที่มีประสิทธิภาพเพื่อให้การควบคุมและการตัดสินใจมีความชาญฉลาดและไหลรื่นมากขึ้น โครงสร้างพื้นฐานการควบคุมนี้จะจำเป็นในการวิเคราะห์จากการสังเกตเหตุการณ์ต่าง ๆ ทุกเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในสายส่งในการตอบสนองที่สูงขึ้นต่อเหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์ในปัจจุบันสายส่งไฟฟ้ามีการบริหารจัดการโดยระบบการควบคุมแบบรวมศูนย์ (Centralized system) ที่ผ่านการออกแบบและใช้งานกันมาอย่างยาวนานหลายทศวรรษ และระบบการควบคุมแบบรวมศูนย์นี้มีข้อบกพร่องในเรื่องขีดความสามารถและความยืดหยุ่นในการใช้งานเช่น ระบบจะตอบสองต่อเหตุการณ์ที่ฉุกเฉินได้ช้า ดังนั้นสมาร์ตกริดเทคโนโลยีจะนำเสนอการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญจากระบบการควบคุมแบบรวมศูนย์ผ่านไปสู่กรอบแนวคิดระบบการควบคุมแบบกระจายศูนย์ซึ่งจะทำให้ท้องถิ่นและจุดประสานงานการควบคุม ภายในกรอบแนวคิดนี้มีการดำเนินการควบคุมผลักดันการใช้ประโยชน์จากหน่วยควบคุมกลางที่มีความชาญฉลาดที่ควบคุมภายในพื้นที่คือประเด็นสำคัญในสมาร์ตกริดเทคโนโลยี ซอฟแวร์ที่ใช้ในการควบคุมจะดำเนินการโดยใช้เทคโนโลยีซอฟแวร์เช่น Multi-agent system [13,14]

สรุป

สมาร์ตกริดเทคโนโลยี เป็นการจัดการไฟฟ้าโดยใช้เทคโนโลยีที่หลากหลาย สิ่งที่มีผลให้เกิดสมาร์ตกริดเทคโนโลยี คือ นโยบายภาครัฐ ผลกระทบสิ่งแวดล้อม และเศรษฐศาสตร์สังคม สมาร์ตกริดเทคโนโลยี ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งทางด้านการผลิตไฟฟ้า การซื้อขาย

และการบริโภคไฟฟ้า โรงไฟฟ้าขนาดเล็กใหญ่และมลพิษที่เกิดจากการผลิตไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในกระบวนการผลิตจะถูกส่งเสริมและแทนที่ด้วยพลังงานทดแทนที่สะอาดเพิ่มมากขึ้น สมาร์ตกริดเทคโนโลยี เช่น โครงสร้างพื้นฐานระบบการอ่านมิเตอร์แบบก้าวหน้า (AMI) และสมาร์ตมิเตอร์จะให้การตอบสนองแบบทันทีระหว่างผู้ให้บริการและผู้บริโภค และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินการการจัดหาไฟฟ้า เทคโนโลยีเหล่านี้ในที่สุดจะช่วยให้ผู้บริโภคสามารถบริหารจัดการการใช้พลังงานและไฟฟ้าของตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพและเสริมสร้างการประหยัดค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้าเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารแบบดิจิทัลจะมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาและการใช้สมาร์ตกริดเทคโนโลยี ในการดำเนินการจริงคือ บนโครงสร้างพื้นฐานของเทคโนโลยีสารสนเทศแบบใหม่นี้จะได้รับการติดต่อ การติดตาม ตรวจสอบ ความสามารถในการควบคุมที่มีระดับสูงกว่าที่ใช้อยู่ในปัจจุบันโครงสร้างเทคโนโลยีสารสนเทศนี้จะมีความจำเป็นในการติดต่อสื่อสารแบบสองทางอย่างรวดเร็วบนอุปกรณ์ทั้งหมด และบุคคลหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการผลิต จัดหา และบริโภคไฟฟ้า แม้ว่าความต้องการของสมาร์ตกริดเทคโนโลยี จะเพิ่มมากขึ้นจากการใช้งานในลำดับถัดไป การสื่อสารในโครงสร้างพื้นฐานจะมีอย่างแพร่หลายและจะมีความน่าเชื่อถือ ยืดหยุ่นและทนทานต่อความผิดพลาดที่เกิดในระบบส่งไฟฟ้า

ระบบการจัดการพลังงาน

ระบบการจัดการพลังงาน (Energy Management System : EMS) คือ ระบบที่ประยุกต์การเทคโนโลยีมาจัดการข้อมูลให้ดียิ่งขึ้น โดยจะรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ มาช่วยในการบริหารการใช้พลังงาน และลดค่าใช้จ่ายพลังงาน ระบบการจัดการพลังงานหลัก ๆ อยู่ 3 ส่วน คือ การวัด การจัดการข้อมูล และการควบคุม ระบบการจัดการพลังงานมีด้วยกันหลากหลาย มีแบบที่คนใช้งานแบบง่าย ๆ ไปจนถึงระบบที่ใช้คอมพิวเตอร์ในการควบคุมการระบบการจัดการพลังงาน ยังประยุกต์ใช้ได้กับ ภาคอุตสาหกรรม บ้านพักอาศัยโดยปัจจัยที่ทำให้ระบบการจัดการพลังงานทำงานได้อย่างมีประสิทธิผล คือ ระบบการติดตามและการตั้งเป้าหมายที่จะต้องจัดเตรียมข้อมูลให้สัมพันธ์กับผู้ใช้ เพื่อให้เกิดความพร้อมของผู้ใช้มากที่สุด และทำให้ผู้ใช้สามารถตัดสินใจได้ง่าย เพื่อรักษาสมดุลระหว่างการผลิต การใช้พลังงาน และข้อจำกัดในการปฏิบัติงาน [15]

ระบบการจัดการพลังงานงานในอาคาร

ระบบอาคารอัตโนมัติ (Building Automation System: BAS) หรือระบบควบคุมอาคาร (Building Control System: BCS) ประกอบด้วย ระบบการจัดการพลังงานในอาคาร (Building Energy Management System: BEMS) เป็นการจัดการพลังงานภายในอาคารที่รวมถึงการป้องกัน ความปลอดภัยด้านเพลิงไหม้ และระบบอื่น ๆ (เช่น ลิฟต์ ป้ายประชาสัมพันธ์ และกล้องวงจรปิด) โดยระบบการจัดการพลังงานในอาคาร (BEMS) เป็นการนำเอาหลักการสั่งการทำงานของอุปกรณ์ในระบบสาธารณูปโภคทั้งหมดของอาคาร โดยใช้การควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์เพื่ออำนวยความสะดวก และแม่นยำ รวมไปถึงการจัดการงานระบบให้มีประสิทธิภาพสูงสุด นิยมทำเป็นระบบเครือข่าย Network แบบ LAN (Local Area Network) โดยรูปแบบของการเชื่อมต่อเข้าระบบเครือข่ายเพื่อควบคุมระบบความร้อน การระบายอากาศ และเครื่องปรับอากาศ (Heating, Ventilation and Air condition: HVAC) ระบบแสงสว่างภายในอาคาร เครื่องทำความเย็น และองค์ประกอบเครื่องทำความร้อนเป็นส่วนประกอบสำคัญของอาคารสมัยใหม่ ซึ่งทำให้เกิดความต้องการบริโภคพลังงานที่น้อยที่สุดในขณะที่ผู้ใช้งานสามารถใช้งานและบำรุงรักษาได้อย่างสะดวก การใช้พลังงานของสหรัฐอเมริกาจะใช้พลังงานทุกปีโดยประมาณ 40% ของพลังงานรวมทั้งหมด และการใช้ไฟฟ้าประมาณ 70% จะมาจากการใช้ภายในอาคาร ปริมาณดังกล่าวเมื่อเทียบเคียงกับสถิติการใช้พลังงานโลกซึ่งใช้พลังงานภายในอาคารประมาณ 30% ของการใช้พลังงานรวมทั้งหมด และมีการใช้ไฟฟ้าประมาณ 60% อาคารโดยส่วนมากจะเป็นระบบโครงข่ายและมีความเชื่อมโยงกับสิ่งแวดล้อมรอบ ๆ อาคารที่ถูกใช้งานมานานจะมีลักษณะของการเสื่อมสภาพ มีการปรับปรุงพื้นที่ภายในอาคาร และการใช้งานที่เปลี่ยนไป โดยเฉพาะอาคารในกลุ่มธุรกิจ ในเรื่องของสภาพอากาศทั้งภายในภายนอกมีการเปลี่ยนแปลงตามสภาพแวดล้อมของอาคาร ดังนั้นจึงต้องมีการออกแบบระบบ BEMS/HVAC เนื่องจากการเปลี่ยนแปลง ความไม่แน่นอนของการใช้งานในอาคาร และสิ่งแวดล้อมภายนอกอาคาร ระบบการบริหารจัดการพลังงานในอาคารรูปแบบใหม่มีความต้องการพื้นฐานมากมายเนื่องจากจำนวนของข้อมูลที่มีมาก การควบคุม เซนเซอร์ และลักษณะการพัฒนาระบบที่ยุ่งยาก และระบบการคำนวณอัจฉริยะ (Computing intelligent) ซึ่งทั้งหมดเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พลังงาน ความมั่นคงในการใช้พลังงาน และสะดวกต่อผู้ใช้งานภายในอาคาร ขอบเขตของระบบการจัดการพลังงานในอาคารจะประกอบด้วย 3 ส่วนคือ 1) ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน 2) การรวมระบบการจัดการพลังงานในอาคารเข้ากับการไฟฟ้าและระบบสมาร์ตกริดเทคโนโลยีและ 3) ความยืดหยุ่นและความปลอดภัยในการใช้งาน

การจัดการพลังงานแบ่งออกเป็น 3 ระยะ ได้แก่ ระยะสั้น (Short Term) ระยะกลาง (Medium Term) และระยะยาว (Long Term) ระยะสั้น ไม่เน้นเรื่องการลงทุน แต่จะเน้นเรื่องการควบคุม และการปรับเปลี่ยนวิธีการทำงานให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด โดยที่จะต้องไม่กระทบต่อการใช้งาน และความสะดวก สบายของผู้ใช้งาน สามารถช่วยให้เกิดการประหยัดค่าใช้จ่ายเรื่องการใช้พลังงานได้ 5–10 % ของการใช้พลังงานแบบเดิม ตัวอย่างเช่น การปรับเปลี่ยนเวลาการเปิดปิดระบบเครื่องทำความเย็นขนาดใหญ่ ในส่วนต่าง ๆ ของอาคาร ตามเวลาการใช้งานของแต่ละส่วนที่แตกต่างกัน ไม่ต้องเปิดเครื่องทำความเย็นทั้งระบบตลอดเวลา แต่ให้เปิดใช้เฉพาะช่วงที่ใช้งานเท่านั้น ระยะกลาง เป็นการปรับ เสริมอุปกรณ์ โดยมีระยะเวลาการคืนทุน 2–5 ปี อาทิ การเปลี่ยนหลอดไฟใหม่ทั้งระบบ การติดตั้งบัลลาสต์ค่าความสูญเสียต่ำ การติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมสำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน การติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ เป็นต้น ระยะยาว เป็นการเปลี่ยน หรือติดตั้งอุปกรณ์ใหม่ ใช้เทคโนโลยีการประหยัดพลังงาน ใช้เงินลงทุนมากกว่าระยะกลาง ระยะเวลาการคืนทุนมากกว่า 5 ปี ควรมีผู้เชี่ยวชาญให้คำปรึกษา และวิเคราะห์ทางการเงินอย่างละเอียด [16]

ไมโครคอนโทรลเลอร์

อุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก มีความสามารถที่เหมือนกับระบบคอมพิวเตอร์ตัวนึง โดยการรวมไมโครคอนโทรลเลอร์กับซีพียูเข้าด้วยกันหน่วยความจำ และพอร์ต ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักสำคัญของระบบคอมพิวเตอร์เข้าไว้ด้วยกัน โดยทำการบรรจุเข้าไว้ในตัวถังเดียวกัน

โครงสร้างที่สำคัญ ของไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น สามารถแบ่งออกได้เป็น 5 ส่วนใหญ่ ๆ ดังต่อไปนี้

1. หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (CPU: Central Processing Unit)

2. หน่วยความจำ (Memory) สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ หน่วยความจำที่ใช้สำหรับเก็บโปรแกรมหลัก (Program Memory) เปรียบเหมือนฮาร์ดดิสก์ของเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ คือข้อมูลใด ๆ ที่ถูกเก็บไว้ในนี้จะไม่สูญหายไปแม้ไม่มีไฟเลี้ยง อีกส่วนหนึ่งคือหน่วยความจำข้อมูล (Data Memory) ใช้เป็นเครื่องมือทดซึ่งช่วยในการคำนวณของซีพียูและเป็นที่พักสำรองข้อมูลชั่วคราวของการทำงาน แต่จะต้องมีไฟเลี้ยงตลอด หากไม่มีไฟเลี้ยงข้อมูลก็จะสูญหายไปได้ คล้ายกับหน่วยความแรม (RAM) ในเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่ว ๆ ไป แต่สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์สมัยใหม่ หน่วยความจำข้อมูลจะมีทั้งที่เป็นหน่วยความจำแรมและเป็นอีอีพรอม (EEPROM : Erasable Electrically Read-Only Memory) ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลได้แม้ไม่มีไฟเลี้ยงก็ตาม

3. ส่วนติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก หรือพอร์ต (Port) มี 2 ลักษณะคือ เป็นพอร์ตอินพุต (Input Port) และพอร์ตส่งสัญญาณเอาต์พุต (Output Port) ส่วนนี้ใช้ในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกเข้ากับพอร์ต ถือว่าเป็นส่วนที่สำคัญมาก ใช้ร่วมกันระหว่างพอร์ตอินพุต เพื่อรับสัญญาณ อาจจะด้วยการกดสวิตช์ เพื่อนำไปประมวลผลและส่งไปพอร์ตเอาต์พุต เพื่อแสดงผลเช่น การติดสว่างของหลอดไฟ เป็นต้น

4. ช่องทางเดินของสัญญาณ หรือบัส (BUS) คือเส้นทางการแลกเปลี่ยนสัญญาณข้อมูลระหว่าง ซีพียู หน่วยความจำและพอร์ต เป็นลักษณะของสายสัญญาณ จำนวนมากอยู่ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยแบ่งเป็นบัสข้อมูล (Data Bus) บัสแอดเดรส (Address Bus) และบัสควบคุม (Control Bus)

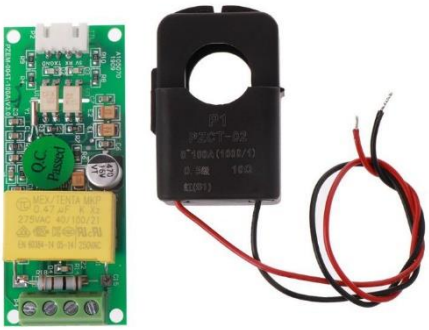
5. วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา นับเป็นส่วนประกอบที่สำคัญมากอีกส่วนหนึ่ง เนื่องจากการทำงานที่เกิดขึ้นในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ จะขึ้นอยู่กับการกำหนดจังหวะ หากสัญญาณนาฬิกามีความถี่สูง จังหวะการทำงานก็จะสามารถทำได้ถี่ขึ้นส่งผลให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวนั้น มีความเร็วในการประมวลผลสูงตามไปด้วย [17]

บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Node McuEsp8266 เพราะว่าไมโครคอนโทรลเลอร์ Node McuEsp8266 มีฟังก์ชั่นการทางานง่ายสามารถควบคุมอุปกรณ์ได้มากมาย เช่น เซนเซอร์ มอเตอร์ระบบสื่อสารผ่านอินเตอร์เน็ตระบบแสดงผลผ่านจอภาพเป็นต้นดังนั้นโดยสรุปคือไมโครคอนโทรลเลอร์จะทาหน้าที่ในการคิดคำนวณ รับค่าจากระบบวัดผลภายนอก เข้ามาประมวลผล เพื่อสั่งการตอบสนองออกไปที่อุปกรณ์ต่อเชื่อมอื่น ๆ ดังแสดงในภาพ 7

ภาพ 8 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อาร์ดูโน่

เซนเซอร์

เซนเซอร์วัดกระแสไฟ PZEM-004T เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ใช้ในการตรวจจับกระแส (Current Sense) ไฟฟ้าสำหรับในวงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์นั้น ซึ่งเป็นสิ่งที่สำคัญมากทั้งนี้ปริมาณการไหลของกระแสไฟฟ้าที่มากเกินกว่าปกติ จะเป็นผลอันตรายต่อวงจรและระบบ ซึ่งจะทำให้เกิดการชำรุดเสียหายได้ ดังนั้นการใช้วงจรตรวจจับกระแสไฟฟ้าเข้ามา ก็จะช่วยลดปัญหาต่างๆ ที่จะเกิดขึ้นได้เช่น จำกัดกระแส (Current Limit) การป้องกัน (Over Current Protection) บันทึกผลข้อมูล (Data logger) และตรวจสอบ (Monitor) เป็นต้น [18]



ภาพ 9 เซนเซอร์วัดกระแสไฟ PZEM-004T

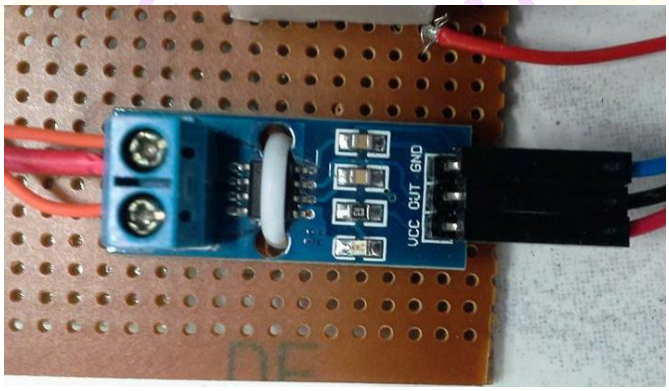
ที่มา: เซนเซอร์วัดกระแส https://www.arduitronics.com/b/72

เซนเซอร์กระแสแบบไม่ Non-Invasive Current Sensor แบบ Split Core Current SENSOR หรือ "หม้อแปลงกระแสแยกแกน" สามารถจับยึดรอบสายไฟฟ้าของโหลด เพื่ออ่านค่ากระแสไฟฟ้าไหลผ่านโดยมีหลักการจากตัวเหนี่ยวนำและตอบสนองต่อสนามแม่เหล็กรอบตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าและอ่านจำนวนกระแสที่เกิดจากขดลวด และนำมาคำนวณค่ากระแสไฟฟ้าไหลผ่านสายไฟฟ้าของโหลด

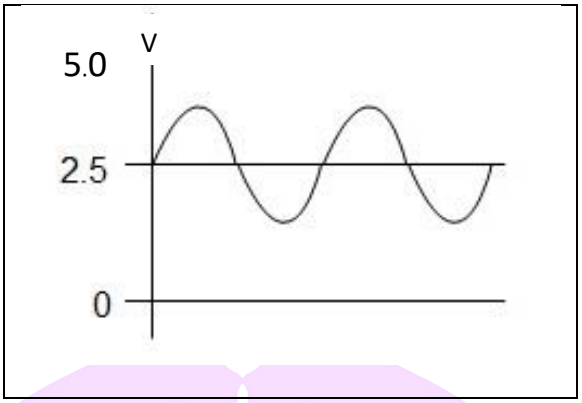
ภาพ 10 Non-Invasive Current Sensor

ที่มา: https://www.sparkfun.com/products/11005

เซ็นเซอร์วัดปริมาณกระแสไฟฟ้าด้วยไอซี ACS712 สามารถวัดกระแสได้สูงสุด 20 A เป็นตัวตรวจจับสัญญาณอนาล็อกให้กับหน่วยประมวลผลไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งอุปกรณ์วัดกระแสไฟฟ้าใช้หลักการของ Hall effect sensor ในการตรวจจับกระแสไฟฟ้าเมื่อวัดไฟกระแสสลับ เอาท์พุตที่ได้ออกมาจะเป็นโวลต์กระแสสลับ (VAC) ที่วิ่งอยู่บนกระแสไฟตรง 2.50 โวลต์ (VDC) ตลอดรูปคลื่นสัญญาณมีทั้งซีกบวกและลบ ซึ่งจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการประมวลผลค่าโวลต์กระแสสลับ (VAC) ที่ได้เปรียบเทียบค่ากับแรงดันกระแสไฟตรง 5 โวลต์ (VDC) แล้วแปลงกลับเป็นค่ากระแสไฟฟ้าที่วัดได้ คำนวณค่ากระแสไฟฟ้าที่เครื่องมือใช้ออกมา



ภาพ 11 อุปกรณ์วัดปริมาณกระแสไฟฟ้าด้วยไอซี ACS712

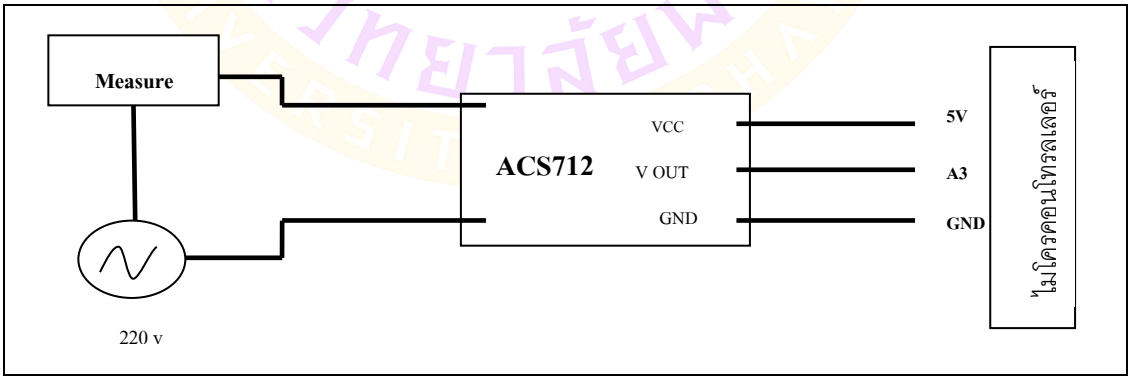


ภาพ 12 แสดงการตรวจจับค่าที่ได้เปรียบเทียบค่ากับแรงดันไฟกระแสตรง 5 โวลต์

จากภาพ 11 เมื่ออุปกรณ์วัดกระแสไฟฟ้ารับสัญญาณอินพุตอนาล็อกเข้ามาจะแปรผันตามค่าที่เครื่องอ่านโดยเทียบค่ากับแกนแรงดันไฟกระแสตรง 2.5 โวลต์ (VDC) โดยให้แกนแรงดันไฟกระแสตรง 2.5 โวลต์ (VDC) เท่ากับกระแสไฟฟ้า 0 A ตัวอย่างเช่น ถ้าอ่านค่าสัญญาณอนาล็อกได้แรงดันกระแสไฟตรง 2.5 โวลต์ (VDC) แสดงว่า กระแสไฟฟ้าเท่ากับ 0 A การเชื่อมต่อโมดูลวัดปริมาณกระแสไฟฟ้าด้วยไอซีกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังนี้

1. เชื่อมต่อกับเครื่องมือที่ต้องการวัดค่ากระแสไฟฟ้าเชื่อมต่อแบบอนุกรม

2. เชื่อมต่อกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ขา VCC ของอุปกรณ์วัดกระแสไฟฟ้าเชื่อมต่อกับแหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์ของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์พอร์ต V OUT ของโมดูลวัดกระแสไฟฟ้าเชื่อมต่อกับขา A3 ของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ และพอร์ต GND ของโมดูลวัดกระแสไฟฟ้าเชื่อมต่อกับขา GND ของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์แสดงดังภาพ 11



ภาพ 13 การเชื่อมต่ออุปกรณ์วัดปริมาณกระแสไฟฟ้าด้วยไอซีกับไมโครคอนโทรลเลอร์

สมาร์ตโฟน

smartphone คือ โทรศัพท์ที่รองรับระบบปฏิบัติการ ต่าง ๆ ได้ เสมือนยกเอาคุณสมบัติที่ PDA และคอมพิวเตอร์มาไว้ในโทรศัพท์ เช่น IOS (ที่ลงในมือถือรุ่น Iphone) ,BlackBerry OS, Android OS , Windows phone 7 และ Symbian Os (Nokia) เป็นต้น (ในปัจจุบันที OS สำหรับ Smartphone เพิ่มขึ้นมามายทั้งจากประเทศจีนก็มี) ซึ่งทำให้ สมาร์ตโฟน สามารถลงโปแกรมเพิ่มเติม (Application) ได้

คุณสมบัติของสมาร์ตโฟน

1. การเชื่อมต่ออุปกรณ์ไร้สาย นี่เป็นคุณสมบัติอย่างหนึ่งที่จะทำให้ smart-Phone เช่นนั่นคือการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่นๆ ไม่ว่าจะเป็น คอมพิวเตอร์ PDA โทรศัพท์เครื่องอื่น พริ้นเตอร์ หรือกล้องดิจิตอล ผ่านทาง อินฟราเรด บลูทูธ หรือ Wi-Fi

2. สามารถรองรับไฟล์ Multimedia ได้หลากหลายรูปแบบ เช่นไฟล์ ภาพ,ภาพเคลื่อนไหว เช่นภาพเคลื่อนไหวสกุล .gif เสียง ซึ่งก็จะมีหลายรูปแบบ เช่น ไฟล์ Wave, MP3, Midi ต่อไปเป็นไฟล์วิดีโอ ซึ่งจะสามารถรองรับภาพเคลื่อนไหว หรือภาพเคลื่อนไหวพร้อมเสียง เช่นสกุล .3gp .mp4 เป็นต้น

ภาพ 14 สมาร์ตโฟน

ระบบปฏิบัติการของสมาร์ตโฟนที่เป็นนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย

1. ระบบปฏิบัติการณ์ Android แอนดรอยด์
2. ระบบปฏิบัติการ IOS ไอโอเอส

สมาร์ตโฟนเป็นสิ่งที่พัฒนามาจากโทรศัพท์ เพิ่มความสามารถต่างๆเข้าไปเพื่อเพิ่มสะดวกของผู้ใช้งาน เปรียบเสมือนเป็นคอมพิวเตอร์เคลื่อนที่ให้กับผู้ใช้ โดยไม่จำกัดความว่าจะเป็นแค่โทรศัพท์ที่สามารถโทรได้เพียงอย่างเดียวหรือแค่ดูเวลา โดยความแตกต่างจะมีดังนี้

1. สมาร์ตโฟนมีจอสัมผัสโดยใช้นิ้วได้ โดยโทรศัพท์จะเป็นปุ่มให้กดเท่านั้น

2. สมาร์ตโฟนจอภาพที่แสดงได้ดีกว่าโทรศัพท์เนื่องจากทั้งเครื่องเป็นจอแสดงภาพ

3. สมาร์ตโฟนสามารถดู VDO คุณภาพสูงได้ ต่างจากโทรศัพท์ที่ส่วนมากสามารถฟังได้เพียงเสียง

4. สมาร์ตโฟนส่วนมากมีแบตที่สามารถใช้งานได้มากกว่าเนื่องจากเทคโนโลยีสูงกว่าสมาร์ตโฟนสามารถชาตร์แบตได้เร็วกว่าเหตุผลเดียวกับข้อด้านบน

5. สมาร์ตโฟนสามารถติดตั้งแอปพลิเคชันได้ตามต้องการ ซึงโทรศัพท์ไม่สามารถทำได้

6. สมาร์ตโฟนในปัจจุบันส่วนมากสามารถถ่ายรูปและ VDO ได้ไม่แพ้กล้องถ่ายรูปเลยทีเดียว

7. แหล่งประมวลผลของสมาร์ตโฟนนั้นมีคุณภาพสูงดังนั้นจึงสามารถมีความเร็วกว่าโทรศัพท์

8. สมาร์ตโฟนแพงกว่าโทรศัพท์แน่นอน เนื่องจากเทคโนโลยีที่ใส่เข้าไปนั้นมีราคา สมาร์ตโฟนสามารถใช้งานเน็ทมือถือ wifi ได้

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า สมาร์ตโฟนนั้นคือโทรศัพท์มือถือที่มีระบบปฏิบัติการเป็นตัวขับเคลื่อน เช่นระบบแอนดรอยด์ ระบบ iOS สมาร์ตโฟนยังได้พัฒนาให้สามารถใช้งานเว็บไซต์ได้ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ยิ่งไปกว่านั้น การเติบโตของบริการเครือข่าย 4G และ 5G ทำให้สามารถใช้งานอินเทอร์เน็ตด้วยความเร็วสูงภายในไม่กี่วินาที และสมาร์ตโฟนทั่วไปยังรองรับการเชื่อมต่อ Wi-Fi สำหรับการท่องอินเทอร์เน็ตผ่านการเชื่อมต่อไร้สาย ข้อดีของสมาร์ตโฟนนั้นมีมากมาย แต่มันก็มีข้อเสียด้วยเช่นกันคือ ความเพียบพร้อมของมัน ทำให้ผู้ใช้งานใช้งานมากเกินไป อย่างเช่นระหว่างเดินด้วยเท้าก็ใช้งานไปด้วย อาจทำให้เกิดอุบัติเหตุขึ้นได้ เพราะฉะนั้นก็ควรตะใช้งานอย่างระมัดระวังด้วย

แอพพลิเคชั่น

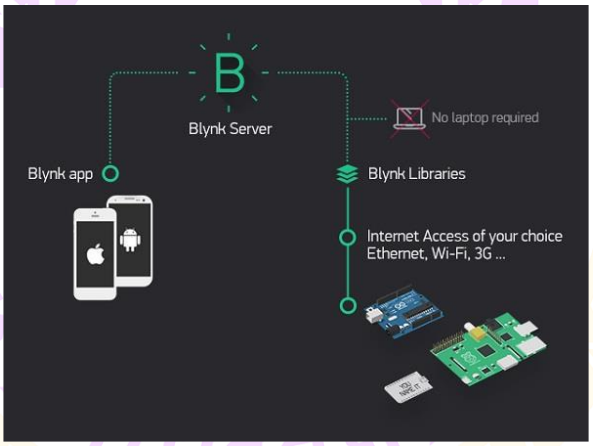
แอพพลิเคชั่น คือ ซอฟแวร์ประเภทหนึ่งที่ช่วยให้เราสามารถกระทำการบางอย่างได้ตามความต้องการ แอพพลิเคชั่นสำหรับใช้งานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะและโน๊ตบุ๊คนั้นเรียกว่า เดสก์ทอป แอพพลิเคชั่น (Desktop Applications)ส่วนแอพพลิเคชั่นที่ทำงานบนเครื่องอุปกรณ์พกพาทั้งหลาย เรียกว่า โมบายล์ แอพพลิเคชั่น (Mobile Applications) เมื่อรัน

แอพพลิเคชั่น ทำงานอยู่ภายใต้ระบบปฏิบัติการตลอดเวลาจนกว่าเราจะทำการปิดมันไป ภายในเวลาเดียวกัน อาจมีหลายแอพพลิเคชั่นที่กำลังทำงานพร้อมกันในระบบปฏิบัติการเรียกกระบวนการนี้ว่า มัลติแทสกิ้ง (Multitasking)

การใช้ App Blynk

การเลือกใช้เครื่องมือที่จะควบคุมอุปกรณ์และส่งข้อมูลการตรวจวัดการใช้ไฟฟ้าในสวนพลังงานของสมาร์ทมิเตอร์ ผู้วิจัยเลือกใช้ App blynk

Blynk Platform เป็น Open Source แพลตฟอร์มอย่างหนึ่ง ซึ่งออกแบบมาสำหรับงาน IoT ที่จะทาให้อุปกรณ์ต่างๆเชื่อมต่อเข้ากับระบบผ่านอินเทอร์เน็ตได้โดยง่าย สามารถควบคุมการทางานอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์จากระยะไกลผ่าน Application บน Smartphone ในส่วนของค่าบริการหากใช้งาน Blynk Server จะสามารถใช้งานฟรีสำหรับอุปกรณ์ Prototype และมีค่าบริการสำหรับเชิงธุรกิจ (ดูเพิ่มเติมได้ที่ link) แต่ข้อดีของ Blynk Platform คือทางผู้ผลิตแจก Source Code สำหรับตั้ง BlynkServer ด้วยตนเองได้ด้วยดังนั้นถ้าใช้วิธีนี้จะฟรีค่าบริการ



ภาพ 15 แสดงการทำงานของBlynk Platform Internet of Thing (IoT)

Internet of Thing (IoT)

Internet of Things ถูกคิดค้นขึ้นโดย Kevin Ashton ในปี 1999 ซึ่งเริ่มต้นจากโครงการ “Auto-ID Center” ในมหาวิทยาลัย Massachusetts Institute of Technology จากเทคโนโลยี RFID ย่อมาจากคำว่า Radio Frequency Identificationเป็นระบบที่นำเอาคลื่นวิทยุมา

ภาพ 16 Internet of Thing (IoT)

ที่มา: www.vcharkarn.com

ใช้ในการสื่อสารข้อมูลระหว่างอุปกรณ์สองชนิด ซึ่งเป็นการสื่อสารแบบไร้สาย ต่อมาในยุคหลังปี 2000 เทคโนโลยีต่าง ๆ ได้รับการพัฒนาอย่างรวดเร็ว เริ่มมีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ออกมาเป็นจำนวนมาก และยังมีการใช้คำว่า Smart เกิดขึ้นเช่น Smart grid, Smart home, Smart device, Smart network เป็นต้น สิ่งเหล่านี้สามารถเชื่อมต่อกับโลกอินเตอร์เน็ตได้ ทำให้อุปกรณ์ดังกล่าวสามารถสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลโดยอาศัยตัว Sensor ในการสื่อสารถึงกัน โดย Kevin ได้ให้นิยามไว้ว่า “Internet-like” ต่อมามีคำว่า “Things” เข้ามาแทนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

Cloud Computing

Cloud Computing หรือการประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ [20] เป็นลักษณะการทำงานโดยใช้ทรัพยากรต่าง ๆ ที่มีอยู่มากบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เช่น พื้นที่เก็บข้อมูล แพลตฟอร์มทางธุรกิจ แอปพลิเคชัน พาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ การตลาดออนไลน์ผู้ใช้งานคอมพิวเตอร์สามารถเลือกใช้งานได้ผ่านผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ต (Internet Service Provider: ISP) ที่ให้บริการใดบริการหนึ่งกับผู้ใช้ โดยผู้ให้บริการจะแบ่งปันทรัพยากร ให้กับผู้ต้องการใช้งานนั้น และจ่ายค่าบริการตามการใช้งานจริง

ภาพ 17 Cloud Computing

ที่มา: thumbsup.in.th/2014/11/cloud-computing-thailand-survey-by-imc

ส่วนข้อดีของ Cloud Computing ได้แก่

1. ลดต้นทุนค่าดูแลบำรุงรักษาเนื่องจากค่าบริการได้รวมค่าใช้จ่ายตามที่ใช้งานจริง เช่น ค่าจ้างพนักงานค่าซ่อมแซม ค่าลิขสิทธิ์ ค่าไฟฟ้า ค่าน้ำ ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าอัพเกรด และค่าเช่าคู่สาย

2. ลดความเสี่ยงจากการเริ่มต้น หรือการทดลองโครงการ

3. มีความยืดหยุ่นในการเพิ่มหรือลดระบบตามความต้องการ

4. ได้เครื่องเซิร์ฟเวอร์ที่มีประสิทธิภาพ มีระบบสำรองข้อมูลที่ดี มีเครือข่ายความเร็วสูง

5. มีผู้เชี่ยวชาญดูแลระบบและพร้อมให้บริการช่วยเหลือ 24 ชั่วโมง

ส่วนข้อเสียของ Cloud Computing ได้แก่

1. เนื่องจากเป็นการใช้ทรัพยากรที่มาจากหลายที่หลายแห่งทำให้อาจมีปัญหาในเรื่องของความต่อเนื่องและความเร็วในการเข้าถึงทรัพยากรมากกว่าการใช้บริการแม่ข่ายที่อยู่ภายในองค์กร

2. ยังไม่มีการรับประกันในการทำงานอย่างต่อเนื่องของระบบและความปลอดภัยของข้อมูล

3. แพลตฟอร์มยังไม่มีมาตรฐาน ทำให้ผู้ใช้มีข้อจำกัดสำหรับตัวเลือกในการพัฒนาหรือติดตั้งระบบ

NodeMCU

NodeMCU เป็นบอร์ดที่ใช้ ESP8266 เป็น CPU สำหรับประมวลผล มีข้อดีกว่า Arduinoตรงที่มีขนาดเล็กกว่า มีพื้นที่เขียนโปรแกรมลงไปมากกว่า และสามารถเชื่อมต่อกับ Wi-Fi ได้ สามารถประมวลผลโค้ดโปรแกรมได้อย่างรวดเร็วในงานวิจัยนี้ เลือกใช้ NodeMCU ESP8266 ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่สามารถเขียนโปรแกรมคอนโทรลอุปกรณ์ได้โดยไม่ต้องผ่านอุปกรณ์ อื่น ๆ ใช้ภาษา C/C++ ในการเขียนโปรแกรมได้ ทำให้สามารถใช้งานได้หลากหลาย

ภาพ 18 NodeMCU ESP8266 V3

ที่มา: devicter.ru/catalog/besprovodnyje-komponenty

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ZvonimirKlaić, KrešimirFekete & DamirŠljivac. (2015) [22] ได้ศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยในการจัดการโหลดร่วมกับระบบโซลาร์เซลล์ โดยปัจจุบันมีความพยายามที่จะนำพลังงานทดแทนเข้ามาใช้ในระบบไฟฟ้าแต่ทำให้เกิดความไม่สมดุลระหว่างการผลิตไฟฟ้าและความต้องการของผู้บริโภคซึ่งต้องสามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของโหลดได้อย่างรวดเร็วและเพียงพอ โดยพลังงานทดแทนจำเป็นต้องมีระบบการจัดเก็บพลังงานที่เพียงพอดังนั้นการแก้ปัญหาและการจัดการด้านการใช้ไฟฟ้าต้องนำระบบสมาร์ตกริดเข้ามาใช้เพื่อให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคให้มีความสมดุลโดยบทความนี้จะแสดงให้เห็นว่าถึงการออกแบบระบบการใช้พลังงานทดแทนร่วมกับระบบไฟฟ้าโดยจะเน้นการจัดการโหลดที่มี

อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุดของบ้านโดยเครื่องปรับอากาศจะมีผลทำให้เกิดภาวะโหลดสูงสุดเมื่อนำพลังงานแสงอาทิตย์มาจัดการในส่วนของเครื่องปรับอากาศเพื่อให้ลดอัตราความต้องการสูงสุดลง

นายธีรพัฒน์ เป็นสุข และนายนพรัตน์ กิจก้องขจร. (2553) [23] ได้ศึกษามิเตอร์อัจฉริยะสาหรับบ้านสมัยใหม่ 1 เฟส ที่พิกัดแรงดันไฟฟ้า 220V ±10 % และกระแสไฟฟ้า 10(100) A เพื่อเป็นแนวทางอันนำไปสู่การติดตั้งระบบสมาร์ตกริดในอนาคต โดยมิเตอร์ไฟฟ้าอัจฉริยะสามารถบันทึกและแสดงผลค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าจริง กำลังไฟฟ้าเสมือน ตัวประกอบกำลังไฟฟ้าและปริมาณหน่วยไฟฟ้าที่ใช้ไป ด้วยเทคนิคการคำนวณแบบบวกสะสมอีกทั้งยังสามารถเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่านระบบสื่อสารไร้สายบูลทูธ ด้วยโปรแกรมที่จัดสร้างขึ้น ซึ่งสามารถติดตั้งได้บนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ทั่วไป ทำให้ผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถทราบถึงพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของตนเองและสามารถลดการใช้ไฟฟ้าที่สิ้นเปลืองได้ จากผลการทดลองสรุปได้ว่ามิเตอร์ไฟฟ้าอัจฉริยะสามารถวัดค่าปริมาณทางไฟฟ้า และแสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ได้ โดยมีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเทียบกับเครื่องวิเคราะห์คุณภาพกำลังไฟฟ้า CHAUVIN ARNOUX ที่เชื่อมต่อกับภาระทางไฟฟ้าทั้งแบบเชิงเส้นและไม่เชิงเส้นเท่ากับ 1.30 % ทำให้มิเตอร์ไฟฟ้าอัจฉริยะสามารถนำไปประยุกต์ติดตั้งในระบบจำหน่ายกำลังไฟฟ้าได้จริง

นายสมพล โคศรี (2553) [24] ได้ศึกษาระบบควบคุมและการจัดการสมาร์ตกริดสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าแบบแยกเดี่ยวจากพลังงานทดแทน โดยระบบที่ใช้เป็นแบบผสมผสานประกอบด้วยเครื่องจำลองเซลล์แสงอาทิตย์ แบตเตอรี่ และชุดพลังงานไฟฟ้าสำรองที่สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าแก่ภาระทางไฟฟ้าได้ตามขนาดพิกัดและสามารถจ่ายพลังงานเพื่อประจุแบตเตอรี่จากพลังงานที่เหลือจากการจ่ายโหลดได้ พลังงานที่กักเก็บจะถูกนำมาใช้ในเวลากลางคืน ระบบจะจ่ายไฟฟ้าให้กับโหลดที่บ้านตลอดเวลา เมื่อพลังงานแบตเตอรี่ต่ำลงได้ขนาดตามพิกัดที่ตั้งไว้ ชุดพลังงานไฟฟ้าสำรองจะถูกต่อเข้ากับระบบโดยอัตโนมัติและจ่ายพลังงานให้กับระบบประจุแบตเตอรี่ด้วยพลังงานที่เหลือจนเต็มจึงตัดการทำงานออกจากระบบ จากการออกแบบระบบด้วยการคำนวณพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าและการจำลอง สถานการณ์ด้วยโปรแกรม HOMER ในเบื้องต้น โดยเลือกพิกัดแสงอาทิตย์ที่ตึกเฉลิมพระเกียรต์80 พรรษา 5 ธันวาคม 2550 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ตำบลคลองหก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี ประเทศไทยได้ออกแบบระบบประกอบด้วยไพรานอมิเตอร์ (Pyranometer) ใช้สำหรับวัดรังสีแสงอาทิตย์เป็นข้อมูลพื้นฐาน เครื่องมือวัดอุณภูมิแบตเตอรี่ (Battery Termperature Sensor) ขนาดเครื่องจำลองเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 1.8 kWpแบตเตอรี่พิกัดขนาด 18 kWh

Inverter ขนาด 1 kW Bi-directioal Inverter ขนาด 2.2 kW ขนาดของไฟฟ้าสูงสุดที่ 1 kW จากผลทดสอบจริงสถานะแบตเตอรี่อยู่ที่ 40 % จากกราฟพฤติกรรมการใช้พลังงานของระบบ เริ่มจากเวลา 00.00-03.30 น. เป็นช่วงที่แบตเตอรี่มีการจ่ายโหลดที่ 600 W เมื่อเวลา 03.30-07.00 น. จะเห็นว่าการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำการจ่ายโหลดและชาร์จแบตเตอรี่จึงทำให้กราฟสูงขึ้นเกือบ 2 เท่าของโหลดประมาณ 1900 W และเครื่องกำเนิดจะทำงานอีกครั้งเมื่อเวลา 19.30 – 23.30 น. เนื่องจากเป็นช่วงที่เวลาที่มีโหลดสูงสุดที่ 1 kW ทำให้แบตเตอรี่จ่ายกำลังไฟฟ้าได้ไม่เพียงพอและในเวลากลางวันตั้งแต่ 07.00-18.00 น. จะเป็นช่วงการทำงานของ PV ที่จะจ่ายโหลดและชาร์จแบตเตอรี่ และบางครั้งของปีเมื่อแสงน้อยอาจมีการช่วยจ่ายโหลดของแบตเตอรี่ด้วย

Stefan Feuerriegel, Philipp Bodenbenner & Dirk Neumann. (2015) [25] การรวมกลุ่มขนาดใหญ่ของผู้ผลิตกระแสไฟฟ้าจะนำไปสู่ความผันแปรอย่างที่ไม่เคยปรากฏมาก่อนในด้านการจ่ายไฟให้กับร้านเครื่องใช้ไฟฟ้าแบบค้าปลีกซึ่งสามารถแก้ปัญหาโดยการหากลยุทธ์ที่มีความยืดหยุ่นหรือกลไกที่มีการตอบสนองความต้องการของผู้ขายไฟ งานนี้เกี่ยวข้องกับด้านธุรกิจการค้าระหว่างการทำงานของกระทรวง ICT และผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจ ด้วยการออกแบบระบบของ ICT ที่จะต้องตอบสนองความต้องการในรูปแบบประหยัดค่าใช้จ่ายซึ่งประกอบด้วยชิ้นส่วนค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องทั้งหมดและการวิเคราะห์เปรียบเทียบรายได้กับผู้ค้าปลีกด้วย ผู้ค้าปลีกชาวเยอรมันโดยทั่วไปแล้วจะใช้สมาร์ตมิเตอร์คอยกำหนดควบคุมชุดพารามิเตอร์ในข้อมูลเชิงบวก ค่าของผลการคำนวณจากสมาร์ตมิเตอร์ จะสำเร็จผลภายในช่วงเวลา 21-57 นาที ตามต้นทุนการผันแปรของร้านค้าปลีกซึ่งสามารถเพิ่มการทำกำไรได้ให้กับร้านค้าได้ โดยการกำหนดสมาร์ตมิเตอร์ที่จะผลิตออกให้กับลูกค้าขนาดใหญ่

Janis Kossahl et al. [26] สมาร์ตกริดเทคโนโลยี (SGT) ประกอบด้วยเทคโนโลยีจากโดเมนต่าง ๆ กับระบบสารสนเทศ (IS) ระบบสารสนเทศสามารถสนับสนุนการยกระดับระบบควบคุมพลังงานปัจจุบันไปสู่การควบคุมด้วยโครงข่ายอิเล็กทรอนิคส์ อย่างไรก็ตามในการใช้งานสมาร์ตกริดเทคโนโลยีในองค์กรยังมีค่อนข้างจำกัด ดังนั้นจึงได้พัฒนาแบบจำลองบนกรอบแนวคิดThe technology-organization-environment (TOE) โดยTornatzky and Fleischer (1990) และตรวจสอบแบบจำลองด้วยการเก็บข้อมูลจาก 180 ผู้ดำเนินการระบบกระจายศูนย์ของเยอรมัน (DSOs) แบบจำลองอธิบายว่า ค่า 0.62 ของความแปรปรวนในการใช้งาน งานวิจัยได้เสนอแนะว่าตัวแปรด้านเทคโนโลยีและเครื่องควบคุมเป็นตัวขับเคลื่อนที่น้อยในขณะที่ตัวแปรด้านองค์กรมีผลกระทบเป็นรูปธรรมในการตัดสินใจใช้งาน เช่นเดียวกันการควบคุมตัวแปรด้าน

ขนาดบริษัทและจำนวนของลูกค้าอุตสาหกรรมพบว่าเป็นตัวกำหนดอย่างมีนัยสำคัญ งานวิจัยจะช่วยทำให้นักวิจัยเข้าใจการใช้เทคโนโลยีในองค์กรและจะเป็นประโยชน์ต่อผู้มีส่วนเกี่ยวข้องให้สนใจในการยอมรับใช้สมาร์ตกริดเทคโนโลยี

Fujitsu (2012). [27] Fujitsu's Communication Technology for Smart Meters Gains Status with International Standards Promotion Organization ฟูจิตสึ จำกัด ซึ่งเป็นผู้ผลิตรายใหญ่ของญี่ปุ่นได้พัฒนา สมาร์ตมิเตอร์ ซึ่งเป็นเทคโนโลยีการสื่อสารครั้งแรกของโลกแบบไร้สายสามารถถ่ายโอนข้อมูลในด้านเทคโนโลยีการถ่ายโอนข้อมูลสำหรับการใช้พลังงานต่ำและได้ข้อมูลเหมือนต้นฉบับจากเดิม ได้การยอมรับโดยองค์กรวางมาตรฐานอินเทอร์เน็ต (IETF) หมายความว่าการไฟฟ้าและผู้ผลิตอุปกรณ์ทั่วโลกสามารถดูและใช้สเปคเป็นมาตรฐานในการเชื่อมต่ออุปกรณ์สื่อสารเทคโนโลยีเครือข่ายการกระจายอำนาจอย่างอิสระ สามารถที่จะสร้างเครือข่ายโดยอัตโนมัติและถูกออกแบบมาเพื่อระบบการสื่อสารที่มีอยู่ในสมาร์ตมิเตอร์และอุปกรณ์อื่น ๆ ในโรงงานผลิตไฟฟ้าเคนไซน์ ซึ่งใช้เทคโนโลยีนี้ เขาตระหนักถึงการสื่อสารโต้ตอบซึ่งเป็นบริษัทที่เก็บรวบรวมข้อมูลการใช้ไฟฟ้าและการควบคุมเพื่อที่จะได้นำไปประยุกต์ใช้ในเทคโนโลยีได้มากกว่าสองล้านเท่าในระบบสมาร์ตกริดขนาดใหญ่และ ได้รับการดำเนินงานที่มั่นคง ด้วยแนวคิดนี้บริษัทจะปรับปรุงการอ่านมิเตอร์ให้มีประสิทธิภาพและปรับปรุงการใช้ข้อมูลเพื่อแสดงการใช้งานของเครื่องใช้ไฟฟ้า วัตถุประสงค์ท้ายสุดคือสามารถติดตั้งสมาร์ตมิเตอร์ได้ถึงสามสิบล้านเครื่อง

กัมปนาท สุวรรนาวุธ [28] การพัฒนาระบบการอ่านมิเตอร์โดยอัตโนมัติผ่านคลื่นวิทยุย่านความถี่ 2.4 GHz ตามมาตรฐาน Zigbee/IEEE 802.15.4 โดยระบบที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ มิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้าโดยใช้โมดูลแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตัลที่มีความละเอียด 12 บิต อัตราการชักสัญญาณ 2 ksps ส่วนที่สองคือ การอ่านค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในระบบเครือข่าย โดยส่งข้อมูลที่วัดได้ผ่านคลื่นสัญญาณวิทยุตามมาตรฐาน Zigbee/IEEE 802.15.4 ในย่านความถี่ 2.4 GHz ที่ใช้โมดูล MRF24J40MB ทั้งสองส่วนนี้อาศัยชิปdsPIC33FJ256GP506 ในการประมวลผลพร้อมกับอ่านค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าระหว่างมิเตอร์กับตัวอ่าน ซึ่งหากระยะห่างระหว่างมิเตอร์กับตัวอ่านเกินรัศมีการสื่อสารโดยตรง ข้อมูลดังกล่าวจะถูกส่งไปยังมิเตอร์ตัวอื่น ๆ เพื่อส่งไปที่ตัวอ่านอีกทอดหนึ่ง

นายรุ่งโรจน์ สงวนวัฒนา (2557) [29] ระบบตรวจนับและตรวจสอบเครื่องมือด้วยเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย งานวิจัยนี้นำเสนอระบบต้นแบบตรวจนับและตรวจสอบเครื่องมือด้วยเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายเพื่อตรวจนับจานวนเครื่องมือที่มีอยู่ทั้งหมดภายในห้องตรวจสอบเวลาการใช้งาน วัดค่ากระแสไฟฟ้าของเครื่องมือที่ใช้พลังงานไฟฟ้า เช่น เครื่องอัด

อากาศ เครื่องปรับอากาศและหลอดไฟเป็นต้นระบบต้นแบบประกอบด้วยมโครคอนโทรลเลอร์เชื่อมต่อกับโมดูลวัดกระแสไฟฟ้า โมดูลสื่อสารไร้สายในการรับส่งข้อมูลกับจุดตรวจจับ และเก็บบันทึกข้อมูลระบุตัวตน เวลาการเปิดใช้งาน ค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้ของเครื่องมือสามารถนาข้อมูลที่ได้ ตรวจสอบความเสื่อมสภาพของเครื่องมือผลการวิจัยพบว่าระบบต้นแบบสามารถตรวจนับและตรวจสอบเครื่องมือทั้งหมดที่มีอยู่ภายในห้องได้ การเปรียบเทียบความเที่ยงตรงในการจับเวลาการเปิดใช้งานของอุปกรณ์ต้นแบบมีความเที่ยงตรงการเปรียบเทียบความแม่นยาในการวัดค่ากระแสไฟฟ้าของเครื่องต้นแบบมีความแม่นยำ การสื่อสารไร้สายระหว่างเครื่องมือกับจุดตรวจจับสามารถรับส่งข้อมูลระบุตัวตน เวลาการเปิดใช้งาน ค่ากระแสไฟฟ้าของเครื่องมือได้ถูกต้องตามเงื่อนไขที่ต้องการและการเก็บบันทึกข้อมูลเครื่องมือของจุดตรวจจับสามารถบันทึกข้อมูลได้ถูกต้องตามเงื่อนไขที่ต้องการ

ศิริวรรณ เอี่ยมบัณฑิต (2557) [30] ปัญหาพิเศษนั้นมีวัตถุประสงค์เพื่อการจัดการการใช้พลังงานในสถานที่พักอาศัยแบบชาญฉลาดบนสมาร์ทโฟน แอนดรอยด์แอปพลิเคชันซึ่งระบบที่ได้พัฒนาขึ้น เน้นในด้านการจัดการพลังงานที่ใช้งานภายในสถานที่พักอาศัยโดยนำตัวตรวจจับอินฟราเรดมาช่วยในการตรวจจับความเคลื่อนไหวพร้อมกับนำาระบบ เครือข่ายไร้สายและสมาร์ทโฟนมาช่วยในการควบคุม อุปกรณ์ไฟฟ้าภายในห้องพักอาศัยซึ่งระบบจะทำการวัดค่าพลังงานที่อุปกรณ์ไฟฟ้าใช้แล้วนำผลการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในสถานที่พักอาศัยมาประมวลผลเป็นค่าไฟฟ้าที่ต้องจ่ายโดยผู้จัดทำปัญหาพิเศษพบว่าสามารถช่วยให้เกิดการประหยัดพลังงานซึ่งถือว่ามีประสิทธิภาพและสามารถนำ ผลที่ได้ไปวิเคราะห์แนวทางในการนำไปใช้ในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าต่อไป

เจษฎา ขจรฤทธิ์, ปิยนุช ชัยพรแก้ว และหนึ่งนฤทัย เอ้งฉ้วน (2561) [31] การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Internet of Things ในการควบคุมระบบส่องสว่างสำหรับบ้านอัจฉริยะในปัจจุบันเทคโนโลยี Intenet of Things เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของมนุษย์มากขึ้น เทคโนโลยีดังกล่าวเชื่อมโยงอุปกรณ์อัฉริยะต่างๆ สู่ระบบอินเทอร์เน็ต ทำให้การควบคุมอุปกรณ์มีความเป็นอิสระมากขึ้น บ้านอัจฉริยะเป็นผลิตผลหนึ่งของการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีนี้ ในงานวิจัยชิ้นนี้ผู้เขียนได้พัฒนาระบบต้นแบบการควบคุมระบบ ส่องสว่างในครัวเรือนจกสมาร์ทโฟน ระบบดังกล่าวประกอบด้วยสามด่วนได้แก่ แอปพลิเคชั่น Androidบริการ NETPIE และ หน่วยควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ ผู้ใช้สามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านผ่านสมาร์ทโฟนได้จากทุกที่ที่สามารถเข้าถึงระบบอินเทอร์เน็ต การควบคุมสมารถทำได้ทั้งระบบทัชกรีนและการสั่งงานด้วยเสียง ผลงานวิจัยชิ้นนี้เป็นต้นแบบเพื่อนำไปสู่การพัฒนาผลิตภัณฑ์สำหรับบ้านอัจฉริยะและเพื่อตอบโจทย์ความต้องการในยุดไทยแลนด์ 4.0

BoonruangMarungsri (2017) [32] อัลกอริทึมสำหรับการจัดการโหลดให้มีประสิทธิภาพสูงสุดโดยใช้ระบบพลังงานทดแทนในบ้านอัจฉริยะ ปัจจัยที่ส่งผลต่อระบบไฟฟ้าคือความต้องการการใช้งานที่เพิ่มขึ้น โดยปกติแล้วถการใช้พลังงานไฟฟ้ามากขึ้นจะทำให้ระบบไฟฟ้าขาดความสมดุลแล้วจ่ายพลังงานไฟฟ้าไม่เพียงพอต่อผู้ใช้งาน ดังนั้นเพื่อให้ระบบเพียงพอต่อความต้องการ ต้องมีการหาจุดที่เหมาะสมและดีที่สุดของอุปสงค์และอุปทาน เทคนิคที่ใช้ในการจัดการนี้คือผลการจำลองพบว่าเทคนิคนี้สามารถลดค่าไฟฟ้าได้ถึง 40% เมื่อไม่มีชุดพลังงานทดแทน แต่เมื่อมีชุดพลังงานทดแทนต่อร่วม ด้วยจะสามารถลดค่าไฟฟ้าได้ถึง 53% และจะสูงถึง 66% เมื่อชุดพลังงานหมุนเวียนมีชุดกักเก็บพลังงานซึ่งได้ไปเทียบกับราคาของ TOU แล้ว การลดค่าไฟฟ้าหมายถึงการลดความต้องการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้เฉพาะที่สมารถให้บริการได้ในช่วงที่มีความต้องการสูงสุด ในทางตรงกันข้าม WOA สามารถนำไปใช้ในการตั้งเวลาเครื่องใช้ไฟฟ้าในครัวเรือนในการลดค่าไฟฟ้า

นัฐพงษ์ ว่องไว (2559) [33] การพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อควบคุมการทำงานของระบบบ้านอัจฉริยะแอปพลิเคชันควบคุมการทำงานของระบบบ้านอัจฉริยะ มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันเพื่อการควบคุมการทำงานของระบบบ้านอัจฉริยะและเพื่อทดสอบ สมรรถนะของระบบบ้านอัจฉริยะการสร้างแอปพลิเคชันเพื่อควบคุมการทำงานของระบบบ้าน อัจฉริยะในการพัฒนาแอปพลิเคชันเลือกที่จะพัฒนาบนเว็บแอปพลิเคชันในลักษณะ Responsive Web Designเพื่อทำให้สามารถใช้งานได้บนทุกอุปกรณ์ช่วยเพิ่มความสะดวกสบายต่อผู้ใช้งานการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของแอปพลิเคชันเพื่อควบคุมการทำงานของระบบ บ้านอัจฉริยะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 3.56 (ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐานอยู่ที่ 0.49) เมื่อพิจารณาแต่ละรายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ได้แก่ การทำงานของระบบ ตรวจสอบอุณหภูมิความชื่นภายในบ้านและการทำงานของระบบโรงจอดรถ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.59 (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.49) รองลงมา ได้แก่ การทำงานของระบบสั่ง ปิด-เปิด อุปกรณ์ ไฟฟ้าผ่านเว็บแอปพลิเคชัน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.58 (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.49) รองลงมา ได้แก่ การทำงานของระบบตรวจอุณหภูมิความชื้นภายนอกบ้าน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.57 (ส่วน เบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.48) การทดสอบสมรรถนะการทำงานของแอปพลิเคชันเพื่อควบคุมการทำงานของระบบบ้าน อัจฉริยะได้ทำการบันทึกผลการทดลองการทำงานในระบบต่าง ๆ โดยวิธีการทดสอบการทำงานถึง 10 ครั้ง ผลการทดสอบสรรถนะการทำงานของระบบต่าง ๆ สามารถทำงานได้อย่างมีสมรรถนะสูงมาก ทุกระบบสามารถทำงานได้อย่างแม่นยำถึง 10 ครั้ง โดยคิดเป็นร้อยละเท่ากับ 100

จรรยา แหยมเจริญ และวิวัฒน์ สถิรชาติ(2560) [34] ระบบรักษาความปลอดภัยที่อยู่อาศัยด้วยโปรแกรมประยุกต์บนแพลตฟอร์มแอนดรอยด์ ระบบรักษาความปลอดภัยที่อยู่อาศัย

ด้วยโปรแกรมประยุกต์บนแพลตฟอร์มแอนดรอยด์ เป็นการประยุกต์ความรู้ทาง เทคโนโลยี Internet of Things (IoT) บ้านอัจฉริยะ (Smart Home) คลาวด์คอมพิวติ้ง (Cloud Computing) และอุปกรณ์สื่อสารไร้สาย มาพัฒนา เนื่องจากที่อยู่อาศัยหรือบ้านเป็นปัจจัยที่สำคัญสำหรับมนุษย์และเป็นทรัพย์สินที่มีมูลค่าสูง และภายในบ้านประกอบด้วยทรัพย์สินที่มีค่าต่าง ๆ เพื่อเป็นการรักษาความปลอดภัยให้กับทรัพย์สินภายในบ้าน จึงได้พัฒนาอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ต้นแบบ ประกอบด้วยArduino ESP8266 Node MCU 280 ทำหน้าที่แม่ข่ายให้บริการเว็บ (Web Server) และเป็นตัวกลางในการติดต่อสื่อสารกับ PIR Motion Sensor ทำหน้าที่ตรวจจับการเคลื่อนไหวของสิ่งมีชีวิตและ Passive Buzzer Module ทำหน้าที่แสดงเสียงแจ้งเตือน และพัฒนาเนทีฟแอพพลิเคชั่นที่ทำงานบนอุปกรณ์แอนดรอยด์เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์จากระยะไกลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต และมีฟังก์ชั่นการแจ้งเตือนเมื่อตรวจพบผู้บุกรุก โดยการส่งผ่านข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์และแอพพลิเคชั่นผ่านฐานข้อมูลที่เก็บอยู่บนคลาวด์คอมพิวติ้ง ในการเขียนโปรแกรมทางฝั่งอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์จะเขียนชุดคำสั่งผ่าน SDK ของ Arduinoและฝั่งแอพพลิเคชั่นจะเขียนชุดคำสั่งด้วย Android SDK จัดเก็บข้อมูลลงในฐานข้อมูล SQLite ผลการทดสอบระบบสามารถตรวจจับการเคลื่อนไหวของสิ่งมีชีวิตได้เท่านั้นกรณีเป็นสิ่งของเคลื่อนที่ผ่านตัวตรวจจับจะไม่สามารถตรวจจับได้ และเมื่อตรวจพบผู้บุกรุกแอพพลิเคชั่นบนอุปกรณ์แอนดรอยด์จะแสดงการแจ้งเตือนแบบทันทีทันใด ทำให้เจ้าของบ้านทราบและสามารถโทรแจ้งตำรวจได้ทันทีสำหรับการนำไปใช้งานจริงควรจะมีการศึกษาและเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น และมีการเชื่อมต่อกับระบบกล้องวงจรปิดเพื่อให้สามารถดูภาพจากบ้าน ณ เวลานั้นได้เลย

ขวัญชัย ปะวะสาร (2560) [35] การพัฒนาเครือข่ายสมาร์ทตัวตรวจรู้กำลังงานไฟฟ้าบนเทคโนโลยี IoTวิทยานิพนธ์เล่มนี้เสนอ การออกแบบและพัฒนาเครือข่ายสมาร์ทตัวตรวจรู้กำลังไฟฟ้าบนเทคโนโลยีอินเตอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่งสร้างต้นแบบศูนย์กลางระบบเชื่อโยงข้อมูลตัวตรวจรู้กำลังไฟฟ้าแต่ละอาคารหรือจุดย่อยเข้าเป็นโครงข่าย เพื่อเฝ้าดูจัดเก็บสะสมข้อมูล รายงานผล ได้จากทุกที่ทุกเวลาเพื่อให้การบริหารจัดการพลังงานภายในองค์กรมีประสิทธิภาพ บนพื้นฐานเทคโนโลยีใหม่ต้นทุนต่ำ ลดความยุ่งยากและความผิดพลาดการใช้บุคคลเข้าไปจัดเก็บข้อมูล ใช้กับระบบไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส 4 สาย พิกัดแรงดัน 380 โวลต์ 50 เฮิร์ต กระแสไฟฟ้าไม่น้อยกว่า 50 แอมแปร์ ระบบดังกล่าวประกอบไปด้วยชุดตัวตรวจรู้กำลังไฟฟ้ามีไมโครไทรลเลอร์เป็นตัวประมวลผลและศูนย์กลางการควบคุมบนแพลตฟอร์มอินเตอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่งการถ่ายโอนข้อมูลจากแต่ละโหนดตัวตรวจรู้ ส่งข้อมูลไปยังคลาว

เซิฟเวอร์ สำหรับเตรียมข้อมูลให้ผู้ใช้หรือผู้ดูและระบบเครือข่ายมีข้อมูลมากเพียงพอในการเข้าถึงพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของหน่วยงานหรือองค์กร และเพื่อนำไปวิเคราะห์ข้อมูล

แก้วกาญจน์กาญสมบูรณ์ และกอบเกียรติ สระอุบล (2560) [36] นวัตกรรม IoT ในการอนุรักษ์พลังงาน อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง หรือ IoTได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของมนุษย์มากขึ้น เทคโนโลยีของ IoTได้มีการเชื่อมโยงกับอุปกรณ์อัจฉริยะต่างๆ สู่ระบบอินเทอร์เน็ต ทำให้การควบคุมอุปกรณ์มีความสะดวกและมีอิสระมากยิ่งขึ้น ซึ่ง IoTมีนวัตกรรมที่ทำให้ช่วยลดภาระต่างๆ รวมทั้งยังช่วยประหยัดพลังงาน เนื่องจากเทคโนโลยี IoTนั้นช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการอนุรักษ์พลังงาน ไม่ว่าจะเป็น อาคาร ที่อยู่อาศัย ลานจอดรถ หรืออุปกรณ์สวมใส่ ผ่านการควบคุมและจัดการระบบการทำงานของอุปกรณ์ที่ได้ทาการเชื่อมต่อกับระบบ IoTไว้ ด้วยการควบคุมผ่านสมาร์ทโฟน หรือเซนเซอร์ตรวจจับ เป็นต้น ดังนั้นในด้านการอนุรักษ์พลังงานด้วยเทคโนโลยี IOT จึงเป็นนวัตกรรมที่ตอบโจทย์ความต้องการของผู้ใช้เป็นอย่างมาก

เสรี ขุนไชย และชัยยพล ธงชัยสุรัชต์กูล (2562) [37] การพัฒนาแอพพลิเคชั่นร่วมกับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสำหรับควบคุมระบบบ้านอัจฉริยะในปัจจุบันเทคโนโลยี Internet of Things เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของมนุษย์มากขึ้น เทคโนโลยีดังกล่าวเชื่อมโยงอุปกรณ์อัจฉริยะต่าง ๆ สู่ระบบอินเทอร์เน็ตทำให้การควบคุมอุปกรณ์มีความเป็นอิสระมากขึ้น บ้านอัจฉริยะ เป็นผลิตผลหนึ่งของการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีนี้ ในงานวิจัยนี้ ได้พัฒนาระบบควบคุมระบบบ้านอัจฉริยะจากสมาร์ทโฟน ระบบดังกล่าวประกอบด้วยส่วนประกอบหลักได้แก่ แอพพลิเคชั่น Android และ iOSบริการ Netpie และ หน่วย ควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ ผู้ใช้สามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านผ่านทางสมาร์ทโฟนได้จากทุกที่ที่ สามารถเข้าถึงระบบอินเทอร์เน็ต การควบคุมสามารถทำได้ทั้งระบบทัชสกรีนและการสั่งงานด้วยเสียง งานวิจัยนี้เป็น ต้นแบบเพื่อนาไปสู่การพัฒนาผลิตภัณฑ์นวัตกรรมสำหรับบ้านอัจฉริยะและเพื่อตอบโจทย์ความต้องการในยุคไทย แลนด์ 4.0 และจะเป็นต้นแบบในการพัฒนาชุดฝึกการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน

ต่วนนูรีซันน์ สุริยะ (2559) [38] อินเทอร์เน็ตออฟธิงส์กับการบริหารจัดการห้องเรียนอัจฉริยะ บทความนี้นำเสนอแนวทางในการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟธิงส์มาใช้งานร่วมกับการบริหารจัดการห้องเรียนอัจฉริยะ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพทางด้านการจัดการศึกษาในยุคปัจจุบันที่มีความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่มีพัฒนาการอย่างก้าวกระโดดซึ่งแนวโน้มทางเทคโนโลยีที่เรียกว่า Internet of Things หรือ IoTที่มีแนวคิดที่ต้องการนำอุปกรณ์เครื่องมือเครื่องใช้ทั่วไปที่สามารถเชื่อมต่อสื่อสารและสั่งการได้อย่างอัตโนมัติ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อที่

ต้องการนำเทคโนโลยีทั้งระบบมาขับเคลื่อนการบริหารจัดการห้องเรียนอัจฉริยะร่วมกับอินเทอร์เน็ตออฟธิงส์ ได้อย่างมีประสิทธิภาพอย่างยั่งยืนต่อไป

ศรีรุ่ง แก้วไพฑูรย์ และสมชาย เล็กเจริญ (2561) [39] ระบบควบคุมห้องเรียนอัจฉริยะด้วย Internet of Thing (IOT) ผ่าน Android และ IOS งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาระบบควบคุมการปิด-ปิด เครื่องปรับอากาศในห้องเรียนอัจฉริยะด้วยInternet of Things (IOT) ของคณะทันตแพทย์ศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต 2) เพื่อพัฒนาระบบควบคุมการเปิด-ปิดไฟฟ้าในห้องเรียนอัจฉริยะด้วย Internet of Things (OT) ของคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต และ 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจระบบควบคุมห้องเรียนอัจฉริยะด้วย Internet of Things (IOT) ผ่าน Android และ IOS ของคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต วิธีดำเนินการวิจัยได้แบ่งออกเป็น2 ส่วนคือ 1) กรพัฒนาระบบอัจฉริยะในห้องเรียนประกอบด้วย Hardware แและ Software โดยในส่วนของ Hardware จะประกอบไปด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ArduinoNodeMCU V3 ทำหน้าที่ประมาลผลชุดคำสั่งร่วมกับ ESP8266 ซึ่งเป็นโมดูล WiFi ขนาดเล็กใช้พลังงานน้อยเพียง 3.3V โดยทำหน้าที่รับส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตไร้สาย WiFi ทำงานร่วมกับ Relay Module 5V/10A จำนาน 8 Chanel ทำหน้าที่เปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศและทำหน้าที่ เปิด-ปิด ไฟฟ้าทำ ในส่วน Software จะใช้แอพพลิเคชั่น Blynkที่ติดตั้งบนสมาร์ทโฟน Andriod และ IOS เป็นชุดควบคุมหลักในการ เปิด-ปิด และแจ้งสถานการณ์ทำงาน 2) การประเมินความพึงพอใจระบบควบคุมห้องเรียนอัจฉริยะกับเจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบ โดยใช้แบบสอบถามซึ่งประกอบไปด้วยด้านประสิทธิภาพการทำงานฟังก์ชั่นระบบ ด้านอุปกรณ์ชุดควบคุมระบบ ด้านโปรแกรมควบคุมระบบด้านการติดต่อกับผู้ใช้งาน ด้านองค์ความรู้ และด้านประโยชน์กับองค์กร

ชินวัจน์ งามวรรณากร, สุทัศน์ รุ่งระวิวรรณ และอมรเทพ มณีเนียม (2561) [40] การพัฒนาระบบควบคุมอุปกรณ์ภายในโรงงานขนาดย่อมด้วยเทคโนโลยีไร้สายผ่านแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ภายใต้แนวคิดอินเทอร์เน็ตสำหรับทุกสรรพสิ่งการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 2 ประการคือ 1)เพื่อพัฒนาระบบควบคุมอุปกรณ์ภายในโรงงานขนาดย่อมผ่านแอปพลิเคชันภายใต้แนวคิดอินเทอร์เน็ตสำหรับทุกสรรพสิ่ง 2)เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของระบบควบคุมอุปกรณ์ภายในโรงงานขนาดย่อมผ่านแอปพลิเคชัน ภายใต้แนวคิดอินเทอร์เน็ตสำหรับทุกสรรพสิ่ง โดยได้มีพัฒนาระบบตามขั้นตอนการพัฒนาระบบ กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ประกอบการโรงงานเฟอร์นิเจอร์ ที่มีความต้องการจัดการเกี่ยวกับระบบไฟส่องสว่างในโรงงานและระบบรักษาความปลอดภัยโดยใช้กล้องวงจรปิดในโรงงาน การพัฒนาระบบได้ใช้อุปกรณ์ Arduino และเขียนโปรแกรมควบคุมโดยใช้ภาษา C++ และพัฒนา App บนอุปกรณ์เคลื่อนที่ด้วย App

Inventer ผลจากการทดลองระบบดังกล่าวทำให้ผู้ประกอบการสามารถควบคุมการเปิดปิดไฟส่องสว่างในโรงงานและระบบความปลอดภัยจากกล้องวงจรปิดได้ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบควบคุมอุปกรณ์ภายในโรงงานขนาดย่อมด้วยเทคโนโลยีไร้สายผ่านแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ภายใต้แนวคิดอินเทอร์เน็ตสำหรับทุกสรรพสิ่งโดยภาพรวมอยู่ในระดับมากมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับ 4.19 และ S.D. – 0.83

ธีระชัย หลำเหนียม (2559) [41] การออกแบบและประยุกต์สวนอัจฉริยะบนระบบไอโอที วิทยานิพนนี้ได้ศึกษาและออกแบบการนำเทคโนโลยี IOT หรือ Internet of Thing เข้ามาใช้ร่วมกับเทคโนโลยีทางการเกษตร โดยการนำเทคโนโลยีเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ไปเก็บพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในการควบคุมดูแลสวนผลไม้จากหลายๆสวนให้สามารถเฝ้ามองและควบคุมระบบได้อย่างอัตโนมัติพร้อมกันและแสดงผลด้วยอุปกรณ์สมาร์ทโฟน คือค่าความเค็มของน้ำ แรงดันและอัตราการไหลของระบบการจ่ายน้ำ ระดับของน้ำในบ่อน้ำคุณภาพของน้ำที่นำมาใช้ประโยชน์ และรวมสัญญาณทั้งหมดส่งผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตให้ผู้ใช้งานสามารถมองสภาวะของสวนผลไม้ได้ตลอดเวลา จากผลการทดลองพบว่าระบบแสดงผลและแจ้งเตือนค่าน้ำเค็มสามารถใช้งานได้ตามเงื่อนไขของตัวควบคุมและสามารถส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายข้อมูลได้ในเวลาจริง

จากการศึกษาเอกสารงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นนำสามารถนำมาประยุกต์ใช้การทำวิจัยการพัฒนาสมาร์ตมิเตอร์และอัลกอลิทึมเพื่อใช้ในการจัดการไฟฟ้าในสวนพลังงานมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร โดยได้แนวทางการจัดการโหลดโดยใช้โซล่าเซลล์ร่วมกับระบบไฟฟ้าโดยใช้ระบบสมาร์ตกริดการใช้มิเตอร์ไฟฟ้าอัจฉริยะวัดค่าปริมาณทางไฟฟ้า และแสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ได้การใช้แบตเตอรี่สำรองไฟจ่ายพลังงานไฟฟ้าในยามที่โซล่าเซลล์ไม่พอจ่ายโหลด การใช้ระบบการอ่านมิเตอร์โดยอัตโนมัติผ่านคลื่นวิทยุย่านความถี่ 2.4 GHz และการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เชื่อมต่อกับโมดูลวัดกระแสไฟฟ้า โมดูลสื่อสารไร้สายในการรับส่งข้อมูลกับจุดตรวจจับ และเก็บบันทึกข้อมูล จากการศึกษาข้อมูลดังกล่าวทำให้เราสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในงานวิจัยของเราได้อย่างมีประสิทธิภาพและสำเร็จลุล่วงด้วยดี

บทที่ 3

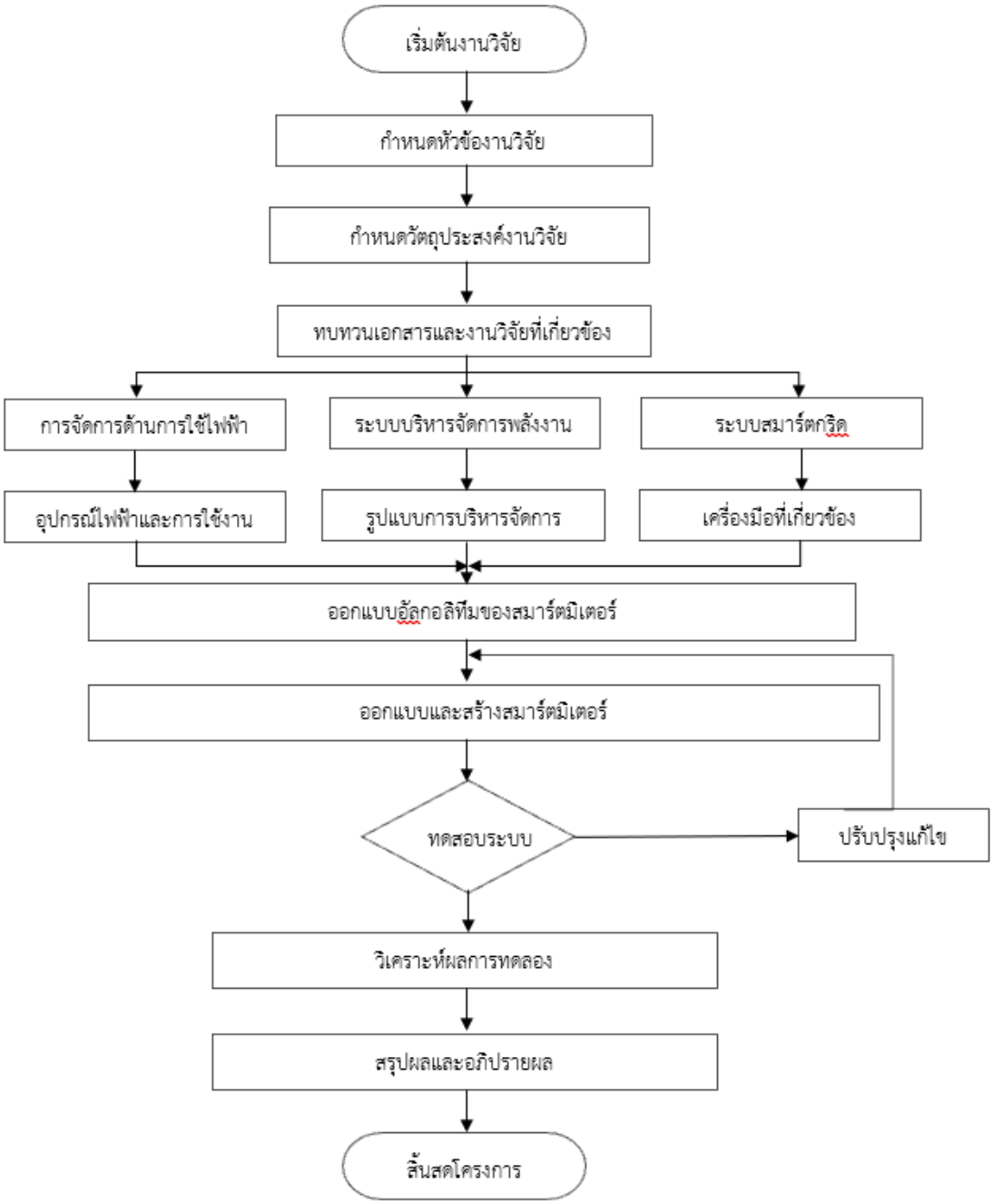
วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยกำหนดขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย หลักการทำงานระบบสมาร์ตมิเตอร์ ขั้นตอนการทำงานของ Smart Meter สมาร์ตมิเตอร์ที่พัฒนาขึ้น การทำงานของ โปรแกรม Blynk ในสมาร์ทโฟน และระเบียบวิธีวิจัยอธิบายได้ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

เพื่อเป็นแนวทางให้การดำเนินงานวิจัยอย่างมีระบบและดำเนินงานวิจัยให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยอย่างครบถ้วน แล้วเสร็จทันตามกำหนดอย่างมีประสิทธิภาพ ผู้วิจัยจึงกำหนดขั้นตอนของการวิจัยเป็นให้เป็นขั้นตอนดังต่อไปนี้ซึ่งแสดงได้ตามภาพ 17

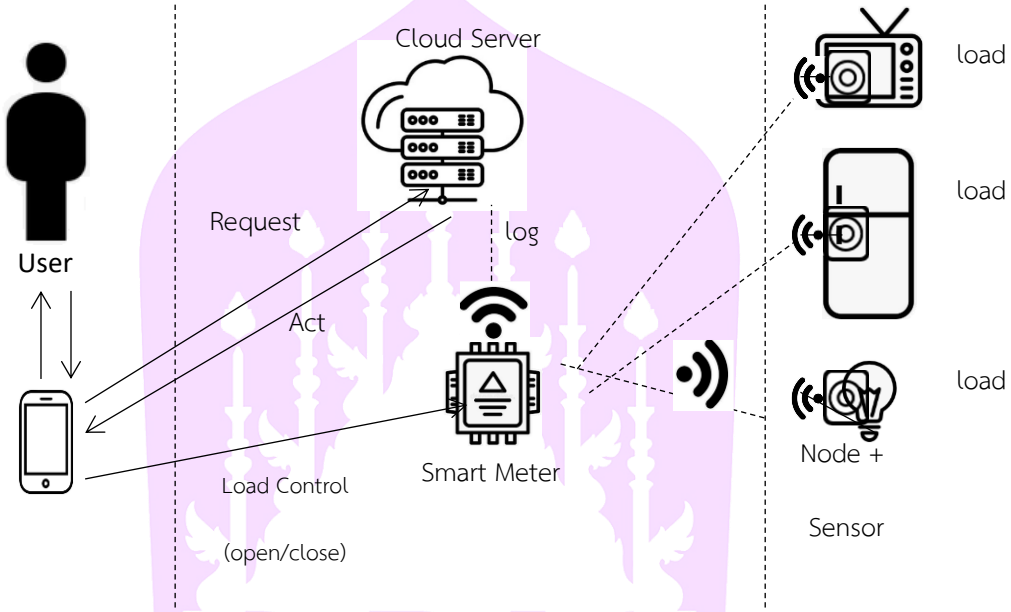
1. การกำหนดหัวข้องานวิจัย
2. กำหนดวัตถุประสงค์ของงานวิจัย
3. ทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
4. ออกแบบอัลกอลิทึมของสมาร์ตมิเตอร์
5. ออกแบบและสร้างสมาร์ตมิเตอร์
6. วิเคราะห์ผลการทดลอง
7. สรุปผลและอภิปราย



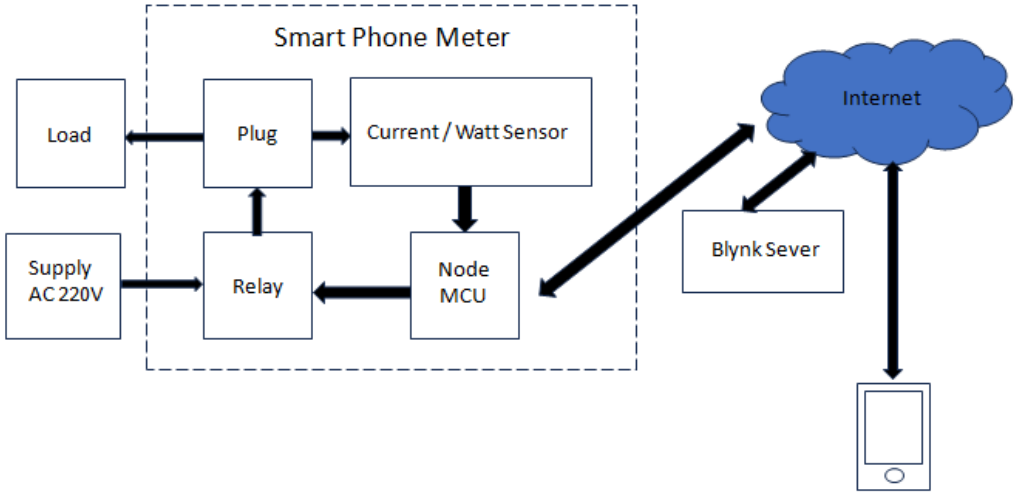
ภาพ 19 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

การออกแบบระบบสมาร์ตโฟนมิเตอร์ตรวจวัดการใช้ไฟฟ้าในสวนพลังงาน

ในการพัฒนาสมาร์ตโฟนมิเตอร์จะต้องมีการออกแบบระบบให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงมีการออกแบบระบบในส่วนต่าง ๆ ทั้งตัวอุปกรณ์ และส่วนติดต่อผู้ใช้ดังภาพ 20–21



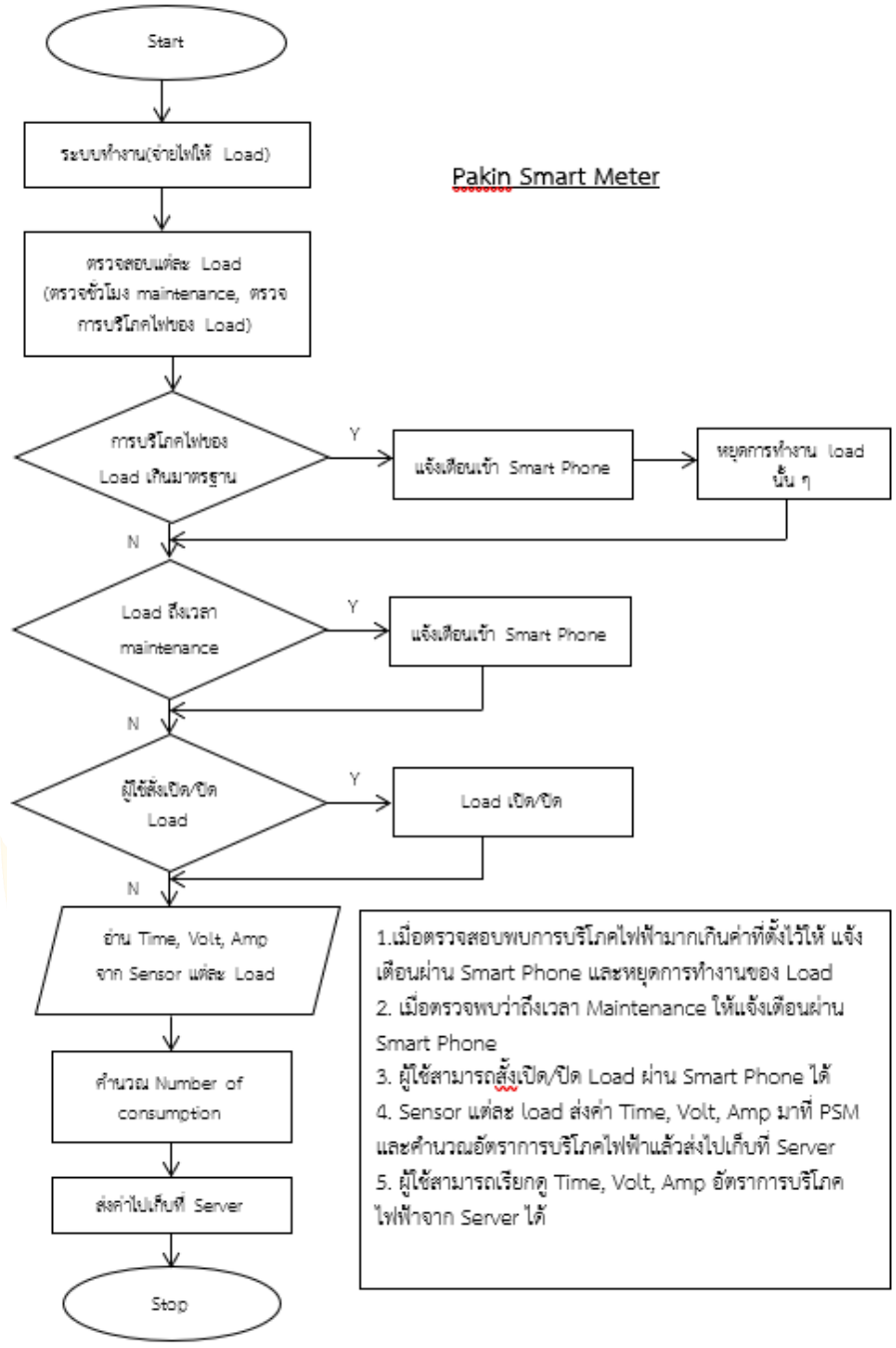
ภาพ 20 การทำงานของสมาร์ตมิเตอร์



ภาพ 21 บล๊อกไดอะแกรมของสมาร์ตโฟนมิเตอร์

จากภาพ 20 และ ภาพ 21 เป็นการออกแบบกรอบแนวคิดในการสร้างสมาร์ตโฟนมิเตอร์ให้สามารถทำงานได้โดยมีการกำหนดขอบเขตการทำงานของสมาร์ตโฟนมิเตอร์ให้สามารถวัดค่าต่าง ๆ ได้ เช่น กระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า พลังงานไฟฟ้า ของอุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละตัวได้ เพื่อช่วยบริหารจัดการพลังงานแบบอัตโนมัติได้ (Demand Respond,DR) ในการควบคุมปริมาณไฟฟ้าหากมีการใช้กระแสไฟฟ้าเกินปริมาณที่ตั้งไว้ ระบบจะสั่งปิดการใช้งานในแต่ละส่วนได้อย่างอัตโนมัติ และรายงานผ่านสมาร์ตโฟนมิเตอร์ทำให้ป้องกันการเสียหายของอุปกรณ์ สามารถตรวจซ่อมบำรุงอุปกรณ์ได้ทันก่อนชำรุดเสียหาย อีกทั้งยังทำให้ประหยัดพลังงานมากขึ้นอีกด้วย โดยสามาร์ตโฟนมิเตอร์จะเก็บข้อมูลไว้ที่ Cloud Server เพื่อให้สามารถดูข้อมูลได้แบบเรียลไทม์และยังสามารถดูย้อนหลังได้ทุกเมื่อ

ขั้นตอนการทำงานของ Smart Meter



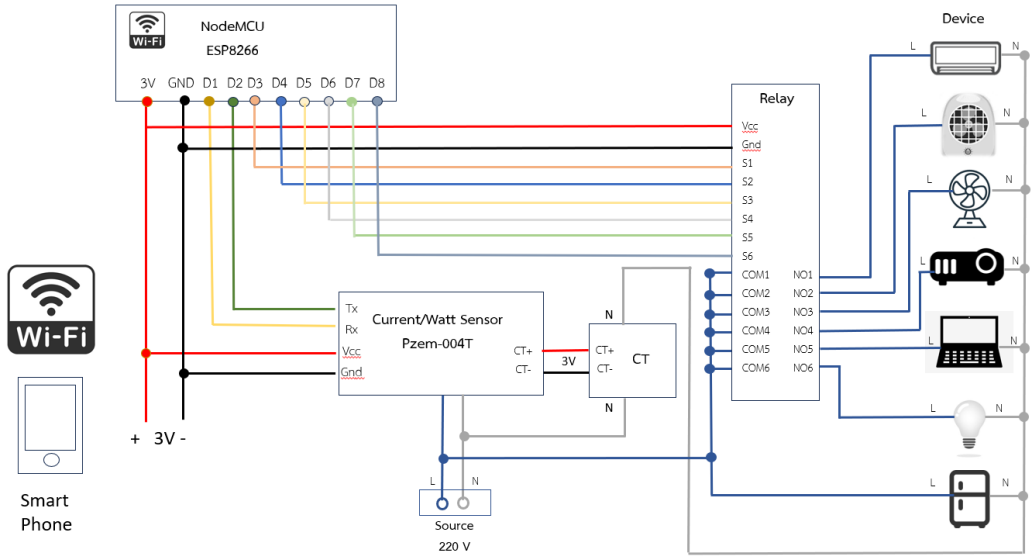
ภาพ 22 ขั้นตอนการทำงานของ Smart Meter

จากภาพ 22 การออกแบบขั้นตอนการทำงานสำหรับใช้งานสมาร์ตโฟนมิเตอร์เมื่อเริ่มทำงานระบบจะทำการจ่ายไฟให้กับโหลด และทำการอ่านค่ากระแส (I) และ แรงดัน (V) จากเซ็นเซอร์แต่ละตัวที่ติดไว้กับโหลดทั้ง 7 ตัว จากนั้นคำนวณหาค่าพลังงานไฟฟ้าจาก ค่ากระแส (I) และ แรงดัน (V) ที่วัดได้ พร้อมทั้งคำนวณค่าไฟฟ้าที่ใช้ไป

จากนั้นระบบจะตรวจสอบบริโภคไฟฟ้าของโหลดรวมทั้งหมด หากไฟฟ้าเกินที่กำหนดไว้จะทำการตรวจเช็คการใช้ไฟฟ้าจากโหลดแต่ละตัว และแจ้งเตือนไปยังสมาร์ตโฟนมิเตอร์พร้อมทั้งสั่งปิดการทำงานของโหลดนั้น ๆ แบบอัตโนมัติ โดยเรียงลำดับการปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าดังนี้ 1.เครื่องปรับอากาศ 2.พัดลมไอน้ำ 3.พัดลม 4.โปรเจคเตอร์ 5.โน๊ตบุ๊ค 6.หลอดไฟ 7.ตู้เย็น ตามลำดับ และระบบจะทำการส่งค่าที่คำนวณไว้ และอ่านได้ไปบันทึกบน Cloud Server หากโหลดแต่ละตัวมีระยะเวลาการใช้งานตามที่กำหนดไว้จะมีการแจ้งเตือนไปยังสมาร์ตโฟนมิเตอร์ให้ผู้ใช้งานทราบต่อไป

การสร้างระบบสมาร์ตโฟนมิเตอร์ตรวจวัดการใช้ไฟฟ้าในสวนพลังงาน

ในการสร้างสมาร์ตโฟนมิเตอร์ได้มีการต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์ร่วมกันดังภาพ 23

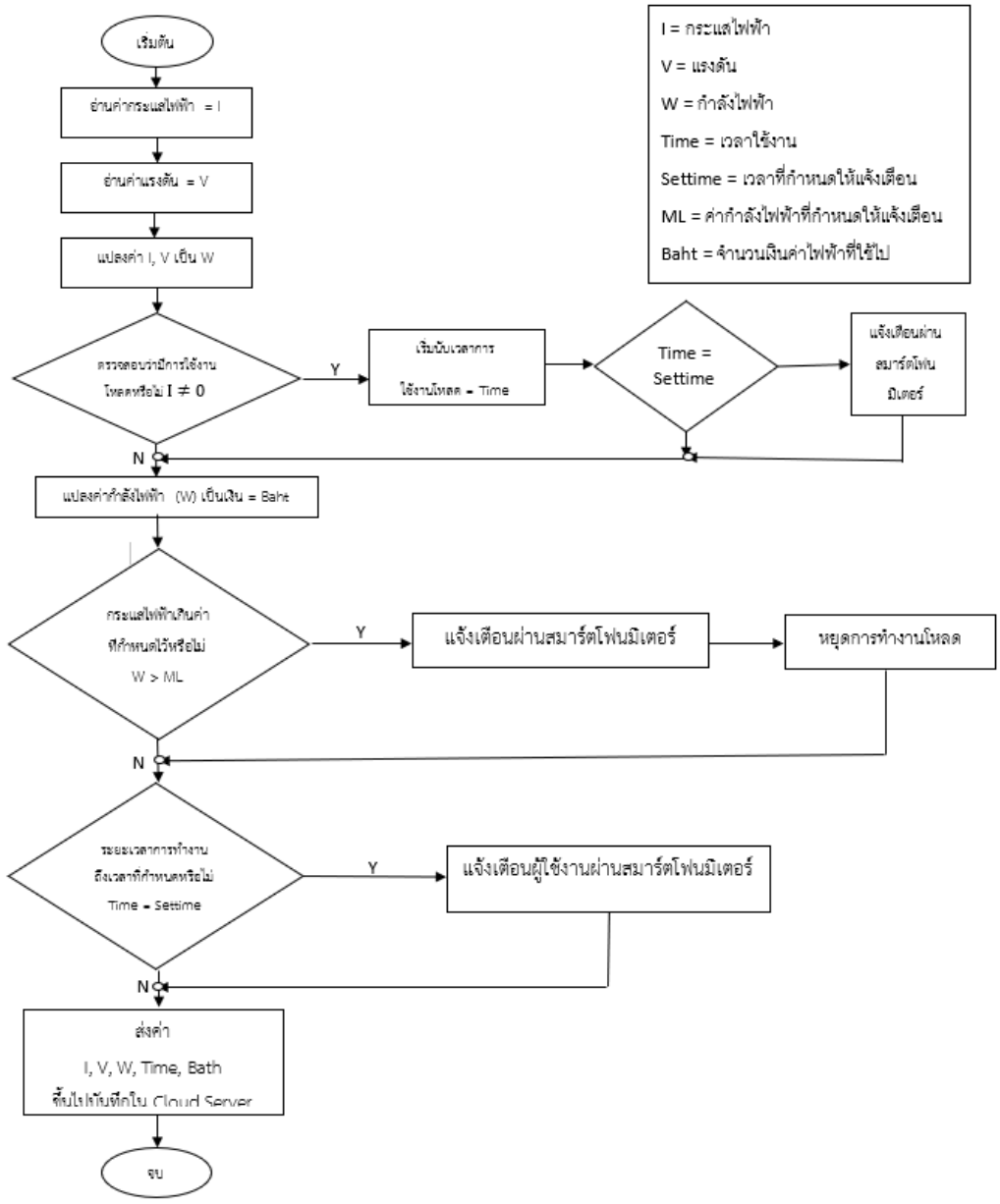


ภาพ 23 Single Line Circuit ของสมาร์ตโฟนมิเตอร์

จากภาพ 23 ระบบสมาร์ตโฟนมิเตอร์ที่พัฒนาขึ้นใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ NodeMCU (ESP-8266) เป็นตัวควบคุมการทำงานและอ่านค่าการใช้ไฟฟ้าจากเซ็นเซอร์วัดกำลังไฟฟ้า Pzem-004T โดยมีการใช้รีเลย์เป็นตัวควบคุมโหลดทั้ง 6 ตัว ให้สามารถ เปิด-ปิด ตามเงื่อนไขของระบบที่ได้กำหนดไว้ และระบบจะตรวจสอบการบริโภคไฟฟ้าขอโหลดทีละตัว ตามลำดับความสำคัญที่ตั้งไว้ ดั้งนี้คือ หากเครื่องปรับอากาศมีการใช้ไฟฟ้าเกินที่กำหนด ระบบจะสั่งให้รีเลย์ช่องที่ 1 ตัดการทำงานอัตโนมัติ และแจ้งเตือนไปที่สมาร์ตโฟนมิเตอร์ของผู้ใช้งาน โดยจะทำการตรวจสอบโหลดทุกตัวจนถึงโหลดลำดับสุดท้ายคือตู้เย็น ซึ่งในกรณีของตู้เย็นหากตัดการทำงานอาจจะทำให้ของที่แช่ในตู่เย็นเน่าเสียได้ จึงออกแบบระบบทำการต่อไฟเลี้ยงโดยไม่ผ่านรีเลย์โดยไม่ตัดการทำงานแต่จะมีการแจ้งเตือนเมื่อมีการบริโภคไฟฟ้าเกินผู้ใช้งานสามารถทราบการแจ้งเตือนผ่านสมาร์ตโฟนมิเตอร์ เป็นการจัดการพลังงานไฟฟ้าในสวนพลังงาน มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร โดยการจำลองรูปแบบการบริโภคไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าตามเวลาราชการ เครื่องใช้ไฟฟ้าได้แก่

1. เครื่องปรับอากาศขนาด 1550 W จำนวน 1 เครื่อง
2. พัดลมไอน้ำ ขนาด 130 W จำนวน 1 เครื่อง
3. พัดลม ขนาด 46 W จำนวน 1 เครื่อง
4. โปรเจคเตอร์ ขนาด 440 W จำนวน 1 เครื่อง
5. โน๊ตบุ๊ค ขนาด 90 W จำนวน 1 เครื่อง
6. หลอดไฟ ขนาด 36 W จำนวน 1 หลอด
7. ตู้เย็น ขนาด 70 W จำนวน 1 เครื่อง

โดยการต่อวงจรไฟฟ้าเข้ากับสมาร์ตโฟนมิเตอร์ และต่อไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้ง 7 ตัว ซึ่งสมาร์ตโฟนมิเตอร์จะเป็นตัวควบคุมและแสดงค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า ค่าปริมาณไฟฟ้ารวมทั้งหมด แจ้งเตือนค่าไฟฟ้าผ่านเครือข่ายไร้สาย และยังสามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า แบบอัตโนมัติผ่านสมาร์ตโฟนมิเตอร์ได้



ภาพ 24 ผังการทำงานซอฟแวร์ที่ใช้ควบคุมระบบสมาร์ตโฟนมิเตอร์

เมื่อเปิดใช้งานระบบจะเริ่มอ่านค่ากระแสไฟฟ้า (I) และทำการอ่านค่าแรงดันไฟฟ้า (V) จากนั้นทำการคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้า (W) จากนั้นระบบจะตรวจสอบว่ามีการใช้งานโหลดหรือไม่ หากมีการใช้งานโหลดตัวใดจะทำการนับเวลาใช้งานของโหลดตัวนั้น จากนั้นทำการแปลงค่ากำลังไฟฟ้า (W) เป็น Baht จากนั้นทำการตรวจสอบค่ากระแสไฟฟ้าเกินโหลดที่

กำหนดค่าไว้หรือไม่ หากเกินระบบจะสั่งให้รีเลย์ตัดการทำงานของโหลดแล้วแจ้งเตือนผ่านสมาร์ตโฟนมิเตอร์จากนั้นทำการเปรียบเทียบระยะเวลาทำงาน (Time) ถึงเวลาที่กำหนด (Settime) หรือไม่ หากถึงค่าที่กำหนด ระบบแจ้งเตือนผู้ใช้งานผ่านสมาร์ตโฟนมิเตอร์ จากนั้นระบบทำการส่งค่าที่วัดและคำนวณได้ค่า I, V, W, Time, Baht ขึ้นไปบันทึกใน Cloud Server เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเข้ามาดูค่าได้ต่อไป

การเลือกอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับสร้างสมาร์ตโฟนมิเตอร์

จากเดิมสวนพลังงานมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชรซื้อไฟฟ้าจาก PEA เพียงอย่างเดียวซึ่งใช้มิเตอร์ไฟฟ้าแบบเดิม(แบบจานหมุน) ในอนาคตสวนพลังงาน มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชรสามารถผลิตไฟฟ้าจากโซล่าเซลล์สามารถบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าที่เหลือใช้นำมาขายไฟฟ้าให้เกิดประโยชน์มากที่สุด ดังนั้นต้องใช้สมาร์ตโฟนมิเตอร์ที่พัฒนาขึ้นจึงออกแบบสมาร์ตโฟนมิเตอร์ที่เหมาะกับสวนพลังงานดังนี้

ขั้นตอนการออกแบบสมาร์ตโฟนมิเตอร์

1. เลือกอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับสร้างสมาร์ตโฟนมิเตอร์
2. สร้างสมาร์ตโฟนมิเตอร์
3. วิธีติดตั้งโปรแกรม Blynk บนสมาร์ตโฟนมิเตอร์
4. Fundamental Software เพื่อใช้ทดสอบ
5. สอบเทียบค่าความถูกต้องและเที่ยงตรงกับเครื่องมือมาตรฐาน

1. เลือกอุปกรณ์การสร้างสมาร์ตโฟนมิเตอร์

ในการพัฒนาสมาร์ตโฟนมิเตอร์ต้องมีการกำหนดขอบเขตการทำงานให้ครอบคลุม ตอบโจทย์การใช้งาน และมีความเหมาะสมดังนี้

1.1 สามารถวัดค่าพลังงานไฟฟ้าได้

1.2 สามารถประมวลผลคำนวณค่าไฟฟ้าจากพลังงานที่ใช้ไปได้

1.3 สามารถรายงานผลบนสมาร์ตโฟนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้

1.4 สามารถสร้างฟังชั่นการทำงาน ต่อไปนี้ได้

1.4.1 แจ้งเตือนกำลังไฟฟ้าและจำนวนเงินที่ใช้ไปได้

1.4.2 แจ้งเตือนเวลาที่งานใช้อุปกรณ์แต่ละชิ้นได้

1.4.3 สามารถตั้งค่าเพื่อเปิด-ปิด อุปกรณ์เมื่อใช้กำลังไฟฟ้าเกินที่กำหนดได้

1.5 สามารถมอนิเตอร์ได้

จากขอบเขตด้านการทำงานที่กำหนดไว้จึงต้องมีการเลือกใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสมโดยมีคุณสมบัติเบื้องต้นของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ดังนี้

1.5.1 เซ็นเซอร์ต้องวัดไฟได้อย่างแม่นยำ ค่าความผิดพลาดไม่เกิน ±1%รับแรงดันไฟฟ้า80-260V รับกระแสไฟฟ้าไม่น้อยกว่า20A

1.5.2 Microcontrollerสามารถประมวลผลได้ดี มีภาษาโปรแกรมเมอร์ที่ใช้งานง่าย สามารถ ลง Firmware และเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Lau ได้ รองรับแอปพลิเคชันที่ใช้พัฒนาสมาร์ตโฟนมิเตอร์สามารถสื่อสาร WiFiได้ เชื่อมต่อกับ Cloud Server ได้

1.5.3 เซ็นเซอร์ควบคุมการเปิดปิดวงจรไฟฟ้า รับแรงดันไฟฟ้า 5 V รับกระแสไฟฟ้า ไม่น้อยกว่า 10 A ใช้งานได้ทั้งไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับต้องมีความทนทาน ตอบสนองและทำงานได้อย่างรวดเร็วเมื่อได้รับสัญญาณควบคุม มีพอร์ตสำหรับเชื่อมต่อสายไฟและสายควบคุมที่สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่น ๆ

1.5.4 จอแสดงผลมีขนาดไม่น้อยกว่า LCD 20*4 สามารถแสดงข้อความอักษรและตัวเลขได้ในหลายบรรทัด และสามารถแสดงสัญลักษณ์หรือกราฟิกเล็ก ๆ เช่น ไอคอน สัญลักษณ์เฉพาะและสามารถเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์

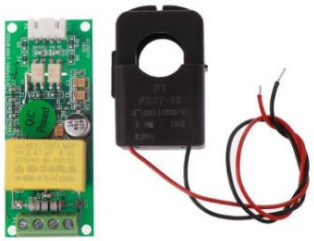
1.5.5 สมาร์ตโฟนมิเตอร์ รองรับระบบปฏิบัติการ Android หรือ iOS สามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายไร้สาย (Wi-Fi, Bluetooth) สามารถใช้งานร่วมกับแอปพลิเคชันในการสร้างสมาร์ตโฟนมิเตอร์ได้

1.5.6 แอปพลิเคชันเป็นOpen Sourceสามารถพัฒนาโปรแกรมได้ สามารถสร้างและปรับแต่งการแสดงผลข้อมูลและการควบคุมอุปกรณ์ผ่านแอปพลิเคชันที่ใช้ในการสร้างสมาร์ตโฟนมิเตอร์ รองรับการเชื่อมต่อและการสื่อสารกับ Microcontroller สามารถกำหนดค่าการทำงานของอุปกรณ์ ต่างๆของสมาร์ตโฟนมิเตอร์ รองรับระบบปฏิบัติการAndroid หรือ iOS

ในการเลือกอุปกรณ์สร้างสมาร์ตโฟนมิเตอร์ผู้วิจัยเลือกใช้ Relay module JQC-3FF-S-Zอุปกรณ์ PZEM-004T AC 80-260V 100A อุปกรณ์ Node MCU v2 LUA based esp 8266-12e หน้าโทรศัพท์มือถือ และแอปพลิเคชันBlynk ซึ่ง Blynkเป็นแพลตฟอร์มที่เป็นแอปพลิเคชันสำหรับ iOSและ Android เพื่อควบคุม Arduino

ภาพ 25 Relay module JQC-3FF-S-Z

ผู้วิจัยเลือกใช้ Relay module JQC-3FF-S-Z 5 V 10 A สามารถใช้งานได้ทั้งไฟฟ้ากระแสตรง และ กระแสสลับเพราะโมดูลรีเลย์ที่ใช้ในการควบคุมการเปิดหรือปิดวงจรไฟฟ้า จึงต้องเลือกขนาดรีเลย์ ให้มีความเหมาะสมในการใช้งานกับอุปกรณ์ไฟฟ้า สมาร์ตโฟนมิเตอร์สามารถควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นความทนทานและเชื่อถือได้สามารถตอบสนองและทำงานได้อย่างรวดเร็วเมื่อได้รับสัญญาณควบคุม มีพอร์ตสำหรับเชื่อมต่อสายไฟและสายควบคุมที่สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่น ๆ ได้และที่สำคัญหาซื้อง่าย ราคาถูก



ภาพ 26 PZEM-004T AC 80-260V 100A

ผู้วิจัยเลือกใช้อุปกรณ์ PZEM-004T AC 80-260V 100A เพราะเป็นเครื่องวัดและตรวจสอบข้อมูลพลังงานไฟฟ้าแบบหนึ่งเฟส มีคุณสมบัติหลัก เหมาะสมกับการนำมาสร้างสมาร์ตโฟนมิเตอร์ สามารถวัดแรงดันไฟฟ้าในช่วง 80-260V AC ซึ่งเป็นช่วงที่ใช้งานได้กว้างและสามารถตรวจสอบความเสถียรของแรงดันได้และวัดกระแสไฟฟ้าได้สูงสุดที่ 100A สามารถแสดงผลข้อมูลพลังงานไฟฟ้าบนหน้าจอ LED หรือผ่านการติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ หาซื้อได้ง่ายและราคาถูก

ภาพ 27 Node MCU v2 LUA based esp8266-12e

ผู้วิจัยเลือกใช้อุปกรณ์ Node MCU v2 LUA based esp8266-12e เพราะบอร์ดพัฒนาที่ใช้ชิป ESP8266-12E เป็นตัวประมวลผลหลัก มีภาษาโปรแกรมเมอร์ที่ใช้งานง่ายสามารถลง Firmware และเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Lau ได้มีชุดคำสั่งที่มีความสะดวกNodeMCU v2 มาพร้อมกับโมดูล Wi-Fi ที่ใช้ในการเชื่อมต่อกับเครือข่ายไร้สาย ทำให้คุณสามารถเข้าถึงอินเทอร์เน็ตและสื่อสารกับอุปกรณ์อื่น ๆ ได้อย่างง่ายดายและสามารถนำไปใช้ในหลายโปรเจกต์ เช่น การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านเครือข่าย Wi-Fi การส่งข้อมูลเซ็นเซอร์หรืออุปกรณ์อื่น ๆ ผ่านอินเทอร์เน็ต หรือการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันต่าง ๆซึ่งเหมาะสมกับการนำมาสร้างสมาร์ตโฟนมิเตอร์

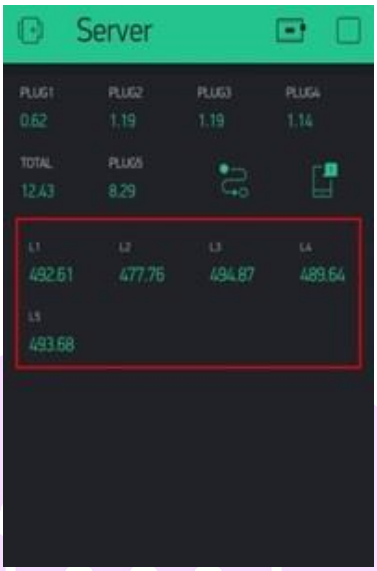
ภาพ 28 LCD 20*4 มอนิเตอร์

ผู้วิจัยเลือกใช้อุปกรณ์ LCD 20*4 โมดูลจอแสดงผล LCD พร้อม I2C Interface การมอนิเตอร์เป็นส่วนหนึ่งของการพัฒนาสมาร์ตโฟนมิเตอร์ในการบริหารจัดการสวนพลังงานสามารถแสดงข้อความอักษรและตัวเลขได้ในหลายบรรทัด และสามารถแสดงสัญลักษณ์หรือ

กราฟิกเล็ก ๆ เช่น ไอคอน สัญลักษณ์เฉพาะและสามารถเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์เหมาะสมที่นำมามอนิเตอร์ระบบรวมServer ของสมาร์ตโฟนมิเตอร์

ภาพ 29 สมาร์ตโฟนมิเตอร์

ผู้วิจัยเลือกใช้อุปกรณ์สมาร์ตโฟนเป็นหัวใจของการพัฒนาสมาร์ตโฟนมิเตอร์เป็นทางเลือกที่น่าสนใจและมีความสามารถมากมาย ด้วยความสามารถของสมาร์ตโฟนที่มีในปัจจุบัน เช่น การเชื่อมต่อกับเครือข่ายไร้สาย (Wi-Fi, Bluetooth), การติดตามตำแหน่งทาง GPS, การใช้งานกล้องถ่ายภาพและวิดีโอ, การนำเข้าและส่งออกข้อมูลผ่านแอปพลิเคชัน และอื่น ๆ สมาร์ตโฟนมีระบบปฏิบัติการที่แข็งแกร่งและมีความยืดหยุ่นสูง เช่น Android หรือ iOS สามารถนำมาประยุกต์ใช้ควบคุมปริมาณไฟฟ้า สั่งเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า และยังเป็นตัวมอนิเตอร์ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ แทนสมาร์ตมิเตอร์

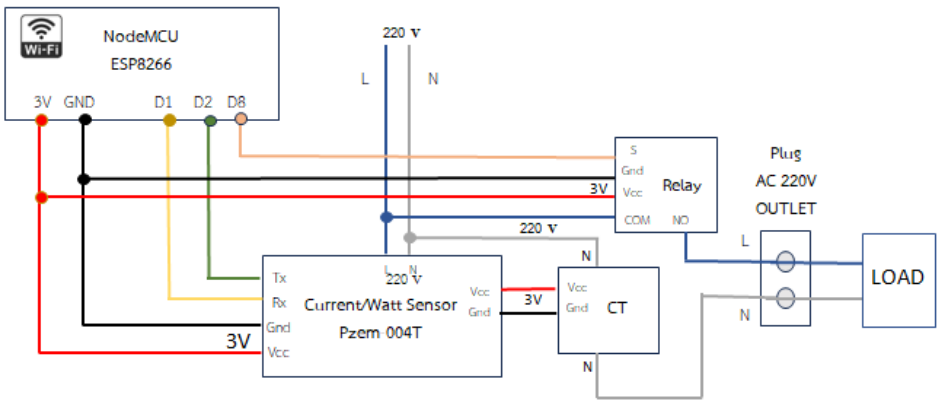


ภาพ 30 Application Blynk

ผู้วิจัยเลือกใช้แอปพลิเคชัน Blynk เพราะรองรับระบบปฏิบัติการ Android หรือ iOS เป็นOpen Sourceสามารถพัฒนาโปรแกรมได้และเชื่อมต่อกับNode MCU v2 LUA based esp8266-12eเพื่อควบคุมและติดตามข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าบนสมาร์ตโฟนมิเตอร์ มีความสะดวกในการใช้งานและมีความยืดหยุ่นในการปรับแต่งแอปพลิเคชันตามความต้องการของผู้ใช้งานสามารถเพิ่มอุปกรณ์และกำหนดการทำงานของสมาร์ตโฟนมิเตอร์ได้ตามความต้องการสามารถเชื่อมต่อกับสมาร์ตโฟนมิเตอร์ผ่านสื่อสาร Wi-Fi Ethernet หรือการใช้งานบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่รองรับการเชื่อมต่อกับ Blynk อย่างเหมาะสม

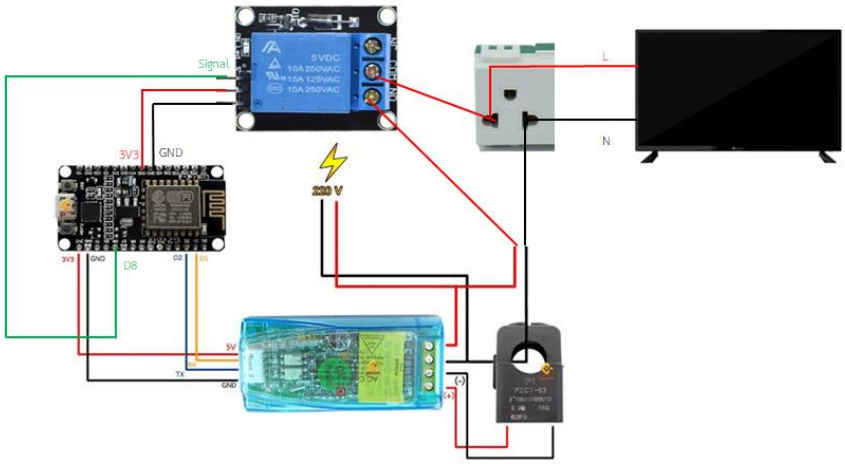
2. การสร้างสมาร์ตโฟนมิเตอร์

การสร้างสมาร์ตโฟนมิเตอร์ที่พัฒนาขึ้นมีหัวใจหลักสำคัญคือ การใช้อุปกรณ์ที่หาง่ายในท้องตลาด มีราคาถูกและมีคุณภาพมาประกอบรวมกัน ใช้งานได้จริง ซึ่งสมาร์ตโฟนมิเตอร์เป็นตัวหลักในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า เปิด-ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้าได้ สามารถสื่อสารได้กับเซ็นเซอร์ วัดค่าปริมาณพลังงานได้



ภาพ 31 Single Line Circuit ของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้สร้างสมาร์ตโฟนมิเตอร์

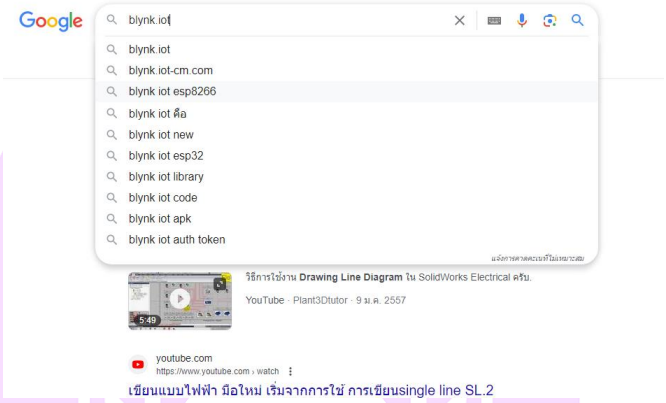
จากภาพ 31 อธิบายหน้าที่ของวงจรของสมาร์ตโฟนมิเตอร์แต่ละส่วนเริ่มจาก NodeMCUเมื่อได้รับไฟ +-3V จะเริ่มทำงาน โดยรับและส่งข้อมูล ที่ขา D1 D2 กับ ขา RX TX ของเซ็นเซอร์ Pzemที่กำลังวัดค่าพลังงาน เพื่อมาประมวลผลวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการตัดสินใจ จึงส่งสัญญาณ จากขา D8ไปยัง ขา S ของรีเลย์ เพื่อทำการควบคุมการ เปิด-ปิด โหลดตามได้รับคำสั่ง



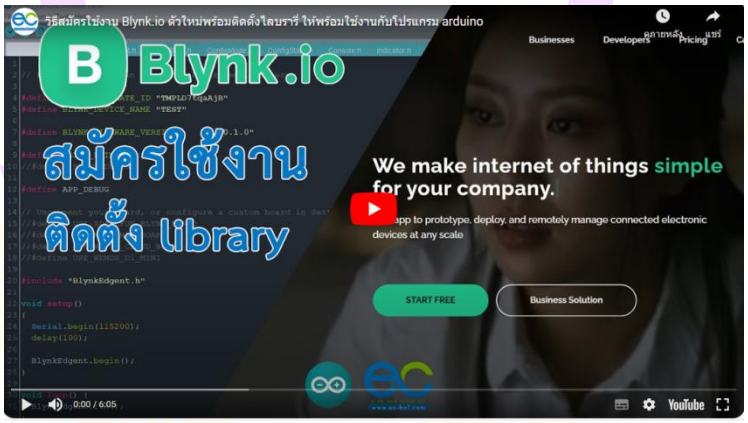
ภาพ 32 ไดอะแกรมวงจรการต่ออุปกรณ์อิเลคทรอนิกส์เพื่อใช้สร้างสมาร์ตโฟนมิเตอร์

หลักการใช้ Current transformer เพื่อวัดการเหนี่ยวนำของกระแสไฟฟ้า คำนวณผ่านโมดูล Pzem-004t ส่งข้อมูลเข้า Node McuEsp8266 ประมวลผลและเก็บข้อมูลขึ้น Firebase และ Google Sheet

3. วิธีติดตั้งโปรแกรม Blynk โดยการสมัคร Blynk.ioและ Blynk.h เพื่อทำการเขียนโค้ด



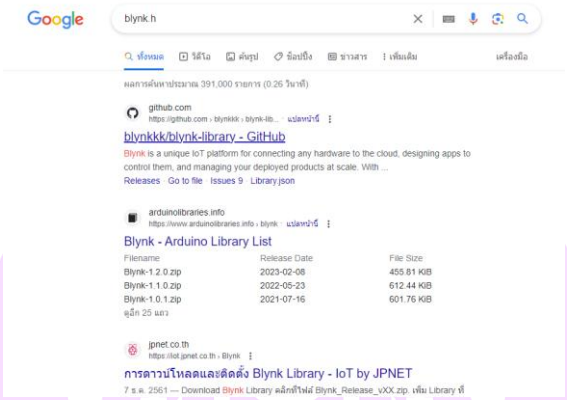
ภาพ 33 แสดงการค้นหา Blynk.io



ภาพ 34 แสดงการค้นหา Blynk.h

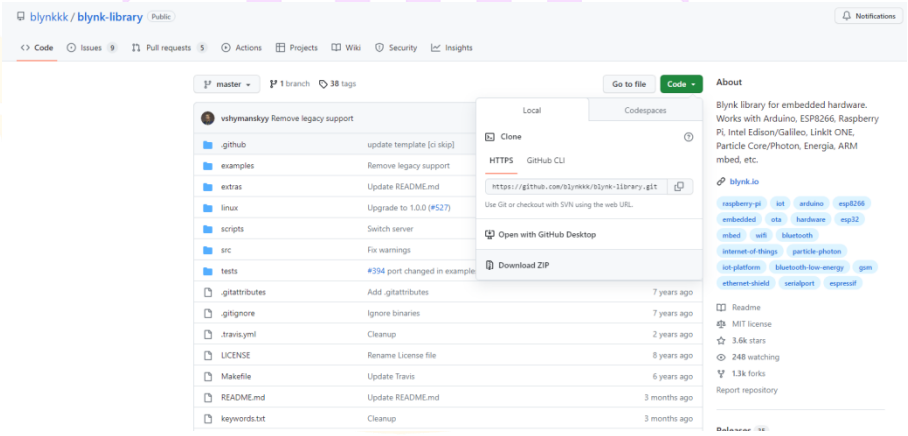
3.1 ให้เราเข้า google พิมพ์ว่าBlynk.ioและ Blynk.

3.2 จากนั้นทำการสมัคร ตามคลิปวีดีโอ https://shorturl.asia/ihJpe



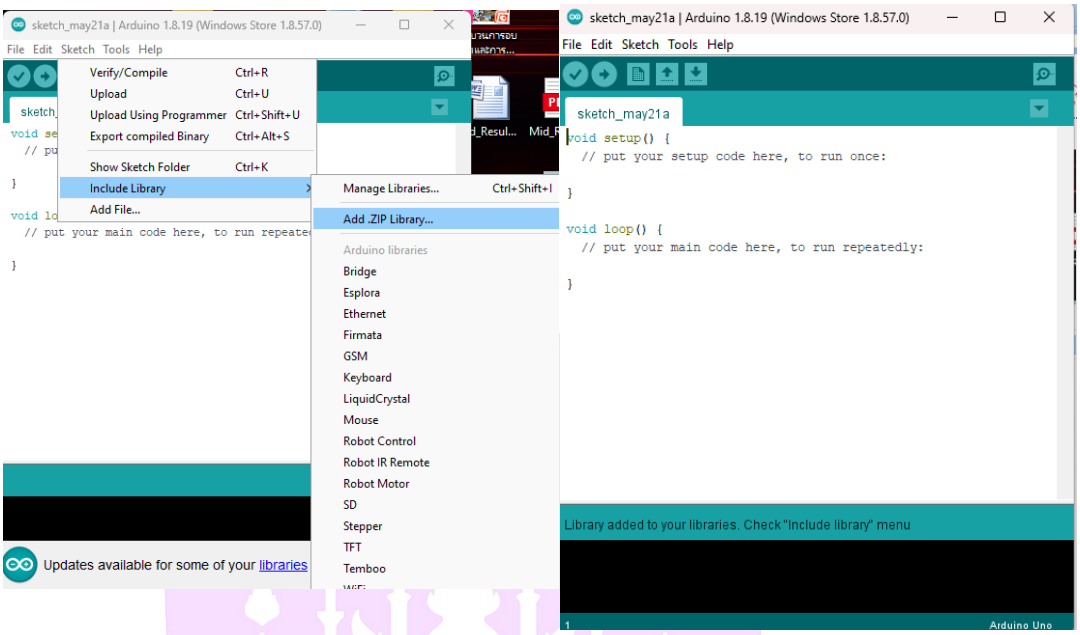
ภาพ 35 คลิปวีดีโอสอนการสมัคร Blynk.io และBlynk.h

วิธีสมัครใช้งาน Blynk.io ตัวใหม่พร้อมติดตั้งlibraryที่มา https://shorturl.asia/ihJpe เมื่อสมัคร Blynk.io และ Blynk.hเสร็จแล้ว ไปที่ Blynkkk/–library ดังภาพ 36



ภาพ 36 แสดง Blynkkk/–library

จากภาพ 36 ให้เลือกที่ Code แล้วเลือก Download ZiPเพื่อทำการดาวห์โหลดlibrary



ภาพ 37 แสดงการติดตั้ง library

จากภาพ 37 ให้เปิดโปรแกรม Arduino คลิกตรง sketch เลือก Include libraryและเลือก Add.ZIP libraryจากนั้นเลือกไฟล์ที่เราทำการโหลดมา และกด OK เพื่อทำการติดตั้ง library เป็นอันเสร็จ

4. Fundamental Software เพื่อใช้ทดสอบ

นอกจากการเลือกอุปกรณ์ที่เหมาะสม มีคุณภาพ การเขียน Software ถือเป็นส่วนสำคัญของการทำสมาร์ตมิเตอร์เพื่อให้สามารถควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า การรายงานข้อมูล เชื่อมต่อสมาร์ตมิเตอร์และสมาร์ตโฟนมิเตอร์ ให้ทำงานร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพ

PZEM017_Blynk_AJ_AM_1_Googlesheet02 | Arduino 1.8.19

File Edit Sketch Tools Help

PZEM017_Blynk_AJ_AM_1_Googlesheet02

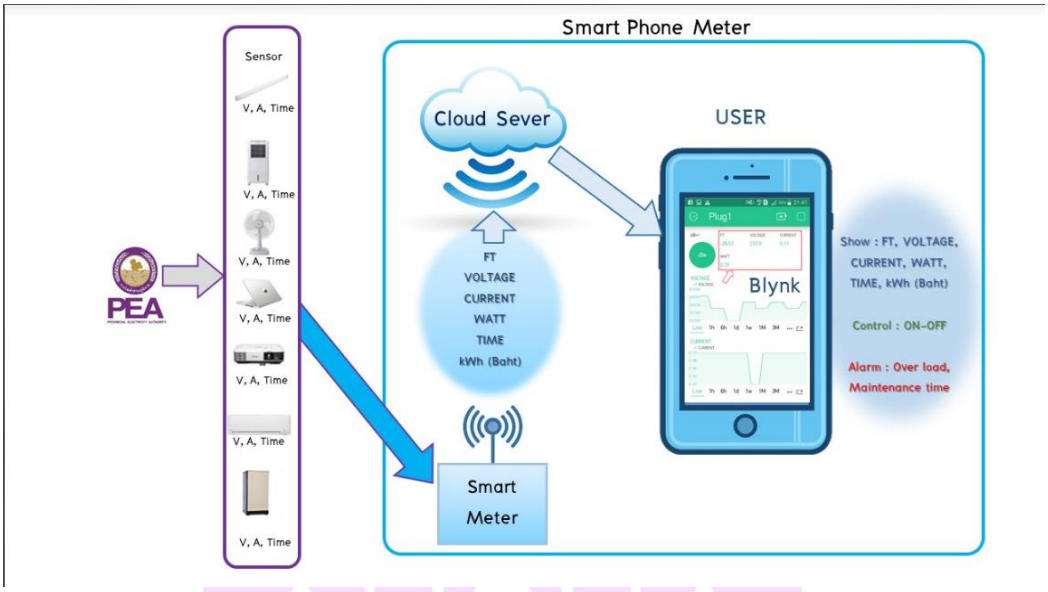
```
//==================== PZEM ====================//
#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial PZEMSerial;

//==================== BLYNK ====================//
#include <ESP8266WiFi.h>
//#include <BlynkSimpleEsp8266.h>
//char auth[] = "TZ8YnLWNOtWRTvrEJf-9_wIGO7f-zXYs";
char ssid[] = "ENERGY_2.4GHz";
char pass[] = "0891840843";

//==================== WIFI ====================//
#include <WiFiClientSecure.h>
#define ON_Board_LED 2
//unsigned long previousMillis = 0;
//unsigned long currentMillis = millis();
const char* host = "script.google.com";
const int httpsPort = 443;
WiFiClientSecure client;
String GAS_ID = "AKfycbxdCx76IJ5JFoGnKTUW9JvPjCD5zVqcnLVesYE-YzhaEYqUx7ir0aY8bxSVQUbXoIFC6g"; //ชุดนอนหา1
//
//BLYNK_CONNECTED() {
//  Blynk.syncAll();
```

ภาพ 38 การเขียนโปรแกรม ESP8266 รับ WiFi

Pzem004_google_sheet1

```
  v = getVoltage();
  i = getCurrent();
  p = v * i;
  if (p >= 1) {
    time += 1;
    e += (p * time) / (1000 * 3600);
    b = e * 4 ;
  } else {
    time = 0;
  }
}
float getVoltage() {
  int i = 0;
  float r = -1.0;
  do {
    r = pzem.voltage(ip);
    wdt_reset();
    i++;
  } while ( i < MAX_ATTEMPTS && r < 0.0);
  return r;
}
float getCurrent() {
  int i = 0;
```

ภาพ 39 ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมวัดปริมาณไฟฟ้า



ภาพ 40 แสดงหลักการทำงานของสมาร์ตโฟนมิเตอร์สำหรับใช้ในสวนพลังงาน มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

สมาร์ตโฟนมิเตอร์สำหรับใช้ในสวนพลังงานมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ใช้สมาร์ตโฟนมิเตอร์ร่วมกับสมาร์ตมิเตอร์และโปรแกรม Blynkที่พัฒนาขึ้น เป็นตัวควบคุมและมอนิเตอร์การวัดปริมาณไฟฟ้า ของโหลด เครื่องปรับอากาศ พัดลม พัดลมไอน้ำ โปรเจคเตอร์ โหลอดไฟน๊ตบุ๊คตู้เย็นและ สามารถเปิด–ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า คำนวณเงินค่าไฟฟ้าแจ้งเตือนผ่านสมาร์ตโฟนมิเตอร์แจ้งเตือนอุปกรณ์ไฟฟ้าที่กินกระแสไฟฟ้าผิดปกติและสามารถนับเวลาการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าเพื่อแจ้งเตือนเมื่อถึงเวลาซ่อมบำรุงได้และเก็บข้อมูลไว้ที่ Cloud Sever

ระเบียบวิธีวิจัย

ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบและสร้างสมาร์ตโฟนมิเตอร์ตรวจวัดการใช้ไฟฟ้าในสวนพลังงานเพื่อดูการบริโภคไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้ามาบริหารจัดการการใช้ไฟฟ้าและแสดงผลการใช้ไฟฟ้าผ่านสมาร์ตโฟนมิเตอร์โดยเริ่มต้นดังนี้ 1.นำสมาร์ตโฟนมิเตอร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดสอบด้วยเครื่องมือวัดที่ได้มาตรฐาน เพื่อความเชื่อมั่นของผลการวัด 2.นำสมาร์ตโฟนมิเตอร์ที่พัฒนาขึ้นมาบริหารจัดการพลังงานในสวนพลังงานโดยภาระทางไฟฟ้าที่ใช้ดังแสดงตามตาราง 2

ตาราง 2 ภาระทางไฟฟ้าสวนพลังงาน

No.	Equipment	Power (W)	Amount	Time (hr)	Energy (kWh/day)
1	พัดลม	46	1	6	0.28
2	พัดลมไอน้ำ	130	1	6	0.78
3	หลอดไฟ	36	1	6	0.22
4	โปรเจกเตอร์	440	1	6	2.64
5	โน๊ตบุ๊ค	90	1	6	0.54
6	ตู้เย็น	70	1	24	0.17
7	เครื่องปรับอากาศ	1550	1	6	9.3
		รวม			**13.93**

จากตาราง 2 อุปกรณ์ไฟฟฟ้าที่นำมาเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้ามีกำลังรวม 2,362 W และมีการใช้พลังงานรวม 13.93 kWh/day

บทที่ 4

ผลการวิจัย

บทนี้บรรยายเกี่ยวกับผลการวิจัยออกแบบและสร้างสมาร์ตมิเตอร์ตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าในสวนพลังงานของมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร รวมทั้งการศึกษารูปแบบการบริหารการจัดการพลังงานในสวนพลังงานโดยใช้สมาร์มิเตอร์ ดังต่อไปนี้

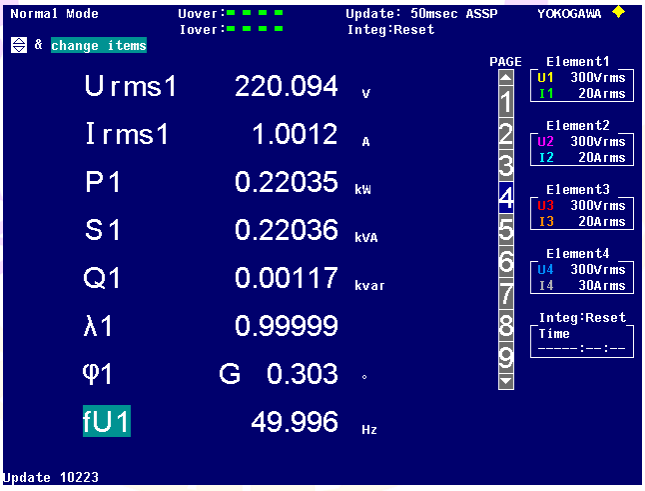
ผลการออกแบบและสร้างสมาร์ตมิเตอร์ตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าในสวนพลังงาน

สมาร์ตโฟนมิเตอร์สำหรับใช้ในสวนพลังงานมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร โดยนำระบบอุปกรณ์ Relay module JQC-3FF-S-Zอุปกรณ์ PZEM-004T AC 80-260V 100A Electric Monitoring and Communication Module อุปกรณ์ Node MCU v2 LUA based esp8266-12e หน้าจอมอนิเตอร์ โทรศัพท์มือถือ และแอปพลิเคชันBlynk ซึ่ง Blynkเป็นแพลตฟอร์มที่เป็นแอปพลิเคชั่นสำหรับ iOSและ Android เพื่อควบคุม Arduino, RaspberryPi บนระบบอินเทอร์เน็ต Hersent,O.Boswarthick,DandO.Elloumi, (StephenF.Bush,2011, (PraphonAsavaphanuwat,2012), (PanyaMakasorn,2016), (PhongphanPariyawong,2016) และ (RoongroteKuakulpong, 2013) เพื่อนำมาพัฒนาเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ เข้าด้วยกันและสมาร์ตโฟนมิเตอร์ที่พัฒนาขึ้น สามารถแสดงค่าปริมาณไฟฟ้า เปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า คำนวณเงินค่าไฟฟ้าแจ้งเตือนผ่านสมาร์ตโฟน แจ้งเตือนอุปกรณ์ไฟฟ้าที่กินกระแสไฟฟ้าผิดปกติและสามารถนับเวลาการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าเพื่อแจ้งเตือนเมื่อถึงเวลาซ่อมบำรุงได้

ภาพ 41 สมาร์ตโฟนมิเตอร์ที่พัฒนาขึ้น

ผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างสมาร์ตโฟนมิเตอร์ตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าในสวนพลังงาน โดยนำสมาร์ตโฟนมิเตอร์ที่พัฒนาขึ้นมาทดสอบการ Calibrate เซ็นเซอร์วัดไฟเพื่อให้การวัดค่าที่ถูกต้องของเซ็นเซอร์วัดไฟมีประสิทธิภาพในการใช้งานได้จริงจึงทดสอบเปรียบเทียบค่าการวัดระหว่างเซ็นเซอร์วัดกระแสกับ Clamp Meter เพื่อหาความคลาดเคลื่อน ผลคือค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 1.75 % ซึ่งถือว่าเป็นค่าความคลาดเคลื่อนที่ใช้งานได้ (ผลการทดสอบการ Calibrate เซ็นเซอร์อยู่ในภาคผนวก) และเพื่อความเชื่อมั่นของสมาร์ตโฟนมิเตอร์ที่พัฒนาขึ้น ผู้วิจัยได้ส่งสมาร์ตโฟนมิเตอร์ไปทดสอบด้วยเครื่องมือวัดที่ได้มาตรฐาน ซึ่งได้รับการตรวจสอบจากทางวิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนเรศวร ซึ่งเป็นศูนย์ทดสอบที่ ผ่านมาตรฐาน IEC61727 IEC62116 IEEE1547 IEEE1547.1 และสมาร์ตโฟนมิเตอร์ผ่านการรับรองจากวิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนเรศวร(หนังสือรับรองงานวิจัยและสมาร์ตโฟนมิเตอร์อยู่ในภาคผนวก

รายงานการทดสอบการวัดไฟของสมาร์ตโฟนมิเตอร์ ด้วยเครื่องทดสอบ YOGOKAWA
โหลด R ล้วนดังแสดงตามภาพ 42–43



ภาพ 42 ผลYOGOKAWAโหลด R ล้วน

ภาพ 43 ผลSmart MeterโหลดRล้วน

ผลการทดสอบการวัดค่าไฟฟ้าด้วยสมาร์ตมิเตอร์ เปรียบเทียบกับเครื่องทดสอบ YOGOKAWAโหลด R ล้วน โดยจ่ายแรงดันไฟฟ้า 220V และกระแสไฟฟ้า ที่ 1A– 10A ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของแรงดันไฟฟ้าคือ 0.32 %และค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกระแสไฟฟ้า คือ 0.17%แสดงผลดังตาราง 3

ตาราง 3 แสดงผลการทดสอบการวัดไฟของระบบสมาร์ตมิเตอร์ ด้วยเครื่องทดสอบ YOGOKAWAโหลด R ล้วน

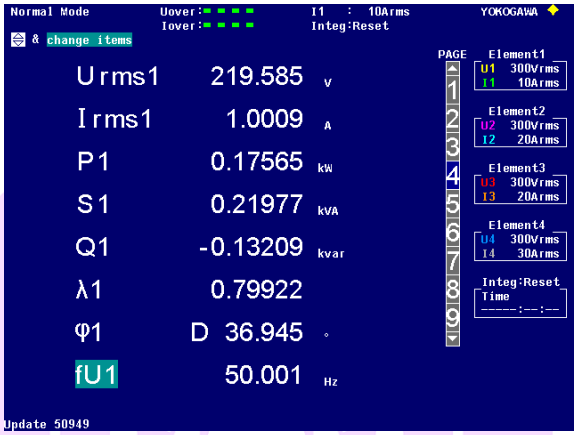
โหลด R ล้วน	YOGOKAWA	Smart Meter	YOGOKAWA	Smart Meter	YOGOKAWA	Smart Meter	YOGOKAWA	Smart Meter	YOGOKAWA	Smart Meter
	1 A		2 A		3 A		4 A		5 A	
Urms1	220.094 V	220.2 V	220.017 V	220 V	219.994 V	220 V	219.933 V	220 V	219.88 V	220 V
Irms1	1.0012 A	1 A	2.0027 A	2 A	3.005 A	3 A	4.0035 A	4 A	5.0087 A	5 A
P1	0.22035 kW	–	0.44062 kW	–	0.66092 kW	–	0.8805 kW	–	1.1013 kW	–
S1	0.22036 kvar	220.2 W	0.44062 kvar	440 W	0.66093 kvar	660.3 W	0.8805 kvar	880.8 W	1.10131 kvar	1100.5 W
Q1	0.00117	–	0.00127	–	0.00098	–	0.00125	–	0.00187	–
PF-1-Total	0.99999	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Phi-1-Total	0.303	–	0.164	–	0.084	–	0.082	–	0.097	–
fU1	49.996 Hz	–	49.997 Hz	–	49.995 Hz	–	50.002 Hz	–	49.994 Hz	–

ตาราง 3 (ต่อ)

โหลด R ล้วน	YOGOKAWA	Smart Meter	YOGOKAWA	Smart Meter	YOGOKAWA	Smart Meter	YOGOKAWA	Smart Meter	YOGOKAWA	Smart Meter
	6 A		7 A		8 A		9 A		10 A	
Urms1	219.804 V	220 V	219.752 V	220 V	219.73 V	220 V	219.711 V	219 V	219.538 V	219 V
Irms1	6.004 A	6 A	7.0084 A	7 A	8.0059 A	8 A	9.007 A	9 A	10.0022 A	10 A
P1	1.3197 kW	-	1.540011 kW	-	1.75915 kW	-	1.97895 kW	-	2.19587 kW	-
S1	1.3197 kvar	1320 W	1.54011 kvar	1540 W	1.75915 kvar	1760 W	1.97895 kvar	1977.3 W	2.19587 kvar	219.7 W
Q1	0.00221	-	0.00194	-	0.00194	-	0.00229	-	0.00339	-
PF-1-Total	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Phi-1-Total	0.095	-	0.071	-	0.063	-	0.066	-	0.088	-
fU1	50.001 Hz	-	50.002 Hz	-	49.99 Hz	-	50.016 Hz	-	50.015 Hz	-

ผลการทดสอบการวัดไฟของระบบสมาร์ตมิเตอร์

การทดสอบด้วยเครื่องทดสอบYOGOKAWAโหลด RC ด้วยใช้เครื่องมือและห้องปฏิบัติการทดสอบ ณ วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนเรศวร



ภาพ 44 ผลYOGOKAWAโหลด RC

ภาพ 45 ผลSmart MeterโหลดRC

ผลการทดสอบการวัดค่าไฟฟ้าด้วยสมาร์ตมิเตอร์ เปรียบเทียบกับเครื่องทดสอบ YOGOKAWAโหลด RC โดยจ่ายแรงดันไฟฟ้า 220V และกระแสไฟฟ้า ที่ 1A– 10A ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยแรงดันไฟฟ้าคือ 0.42% และค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกระแสไฟฟ้าคือ 0.38% แสดงผลดังตาราง 4

ตาราง 4 แสดงผลการทดสอบระบบสมาร์ตมิเตอร์ด้วยโหลด RC pf 0.8

โหลด RC pf 0.8	YOGOKAWA	Smart Meter	YOGOKAWA	Smart Meter	YOGOKAWA	Smart Meter	YOGOKAWA	Smart Meter	YOGOKAWA	Smart Meter
	1 A		2 A		3 A		4 A		5 A	
Urms1	219.585 V	220 V	219.795 V	220 V	220.078 V	220 V	220.025 V	220 V	220.027 V	220 V
Irms1	1.0009 A	1 A	2.0068 A	2 A	3.0113 A	3 A	4.0154 A	4 A	5.0073 A	5 A
P1	0.17565 kW	-	0.35316 kW	-	0.53167 kW	-	0.70852 kW	-	0.88178 kW	-
S1	0.21977 kvar	220.3 W	0.44108 kvar	440.2 W	0.66272 kvar	660.6 W	0.88349 kvar	880.8 W	1.10173 kvar	1101 W
Q1	-0.13209	-	-0.26425	-	-0.39563	-	-0.52278	-	-0.66051	-
PF-1-Total	0.79922	1	0.80067	1	0.80226	1	0.80196	1	0.80036	1
Phi-1-Total	36.945	-	36.805	-	36.654	-	36.683	-	36.835	-
fU1	50.001 Hz	-	50.002 Hz	-	49.986 Hz	-	50.002 Hz	-	49.999 Hz	-

ตาราง 4 (ต่อ)

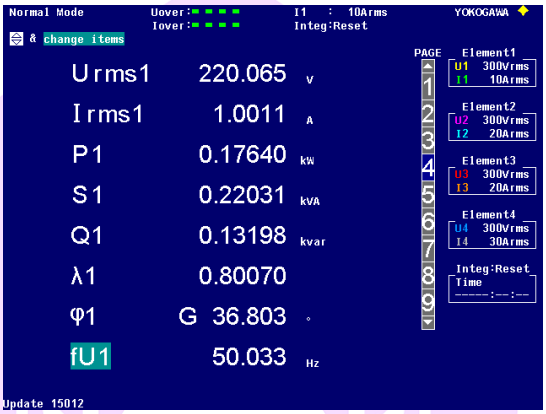
โหลด RC	YOGOKAWA	Smart Meter	YOGOKAWA	Smart Meter	YOGOKAWA	Smart Meter	YOGOKAWA	Smart Meter	YOGOKAWA	Smart Meter
pf 0.8	1 A		2 A		3 A		4 A		5 A	
Urms1	219.585 V	220 V	219.795 V	220 V	220.078 V	220 V	220.025 V	220 V	220.027 V	220 V
Irms1	1.0009 A	1 A	2.0068 A	2 A	3.0113 A	3 A	4.0154 A	4 A	5.0073 A	5 A
P1	0.17565 kW	–	0.35316 kW	–	0.53167 kW	–	0.70852 kW	–	0.88178 kW	–
S1	0.21977 kvar	220.3 W	0.44108 kvar	440.2 W	0.66272 kvar	660.6 W	0.88349 kvar	880.8 W	1.10173 kvar	1101 W
Q1	-0.13209	–	-0.26425	–	-0.39563	–	-0.52278	–	-0.66051	–
PF-1-Total	0.79922	1	0.80067	1	0.80226	1	0.80196	1	0.80036	1
Phi-1-Total	36.945	–	36.805	–	36.654	–	36.683	–	36.835	–
fU1	50.001 Hz	–	50.002 Hz	–	49.986 Hz	–	50.002 Hz	–	49.999 Hz	–

ตาราง 4 (ต่อ)

โหลด RC	YOGOKAWA	Smart Meter	YOGOKAWA	Smart Meter	YOGOKAWA	Smart Meter	YOGOKAWA	Smart Meter	YOGOKAWA	Smart Meter
pf 0.8	6 A		7 A		8 A		9 A		10 A	
Urms1	219.924 V	219 V	219.927 V	220 V	219.852 V	220 V	219.743 V	220 V	219.789 V	219 V
Irms1	6.0138 A	6 A	7.0151 A	7 A	8.0179 A	8 A	9.0014 A	9 A	10.0188 A	10 A
P1	1.05949 kW	-	1.23553 kW	-	1.41281 kW	-	1.58272 kW	-	1.76295 kW	-
S1	1.32257 kvar	1319.4 W	1.54281 kvar	1540 W	1.76276 kvar	1760 W	1.978 kvar	1980 W	2.20202 kvar	2203.59 W
Q1	-0.79163	-	-0.92397	-	-1.05417	-	-1.18637	-	-1.31942	-
PF-1-Total	0.80108	1	0.80083	1	0.80148	1	0.80016	1	0.80061	1
Phi-1-Total	36.766	-	36.79	-	36.728	-	36.854	-	36.812	-
fU1	50 Hz	-	49.997 Hz	-	50.003 Hz	-	50.003 Hz	-	50.003 Hz	-

ผลการทดสอบการวัดไฟของระบบสมาร์ตมิเตอร์

การทดสอบด้วยเครื่องทดสอบ YOGOKAWAโหลด RL ด้วยใช้เครื่องมือและห้องปฏิบัติการทดสอบ ณ วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนเรศวร



ภาพ 46 ผลYOGOKAWAโหลด RL

ภาพ 47 ผลSmart Meterโหลด RL

ผลการทดสอบการวัดค่าไฟฟ้าด้วยสมาร์ตมิเตอร์ เปรียบเทียบกับเครื่องทดสอบ YOGOKAWAโหลดRL โดยจ่ายแรงดันไฟฟ้า 220V และกระแสไฟฟ้า ที่ 1A– 10A ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของแรงดันไฟฟ้าคือ 0.45% และค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกระแสไฟฟ้า คือ 0.34% แสดงผลดังตาราง 5

ตาราง 5 แสดงผลการทดสอบระบบสมาร์ตมิเตอร์ด้วยโหลด RL pf 0.8

โหลด RL pf 0.8	YOGOKAWA	Smart Meter	YOGOKAWA	Smart Meter	YOGOKAWA	Smart Meter	YOGOKAWA	Smart Meter	YOGOKAWA	Smart Meter
	1 A		2 A		3 A		4 A		5 A	
Urms1	220.065 V	220 V	220.046 V	220 V	220.089 V	220 V	219.985 V	219 V	219.906 V	220 V
Irms1	1.0011 A	0.99 A	2.0047 A	2 A	3.0102 A	3 A	4.0067 A	4 A	5.0026 A	5 A
P1	0.1764 kW	–	0.35328 kW	–	0.53039 kW	–	0.70553 kW	–	0.8808 kW	–
S1	0.22031 kvar	217.9 W	0.44113 kvar	440.2 W	0.66251 kvar	660 W	0.8814 kvar	879.6 W	1.1001 kvar	1100 W
Q1	0.13198	–	0.26418	–	0.39669	–	0.52829	–	0.65909	–
PF-1-Total	0.8007	1	0.80085	1	0.80058	1	0.80047	1	0.80066	1
Phi-1-Total	36.8030	–	36.7890	–	36.8140	–	36.8250	–	36.807	–
fU1	50.033 Hz	–	49.987 Hz	–	49.979 Hz	–	49.976 Hz	–	49.99 Hz	–

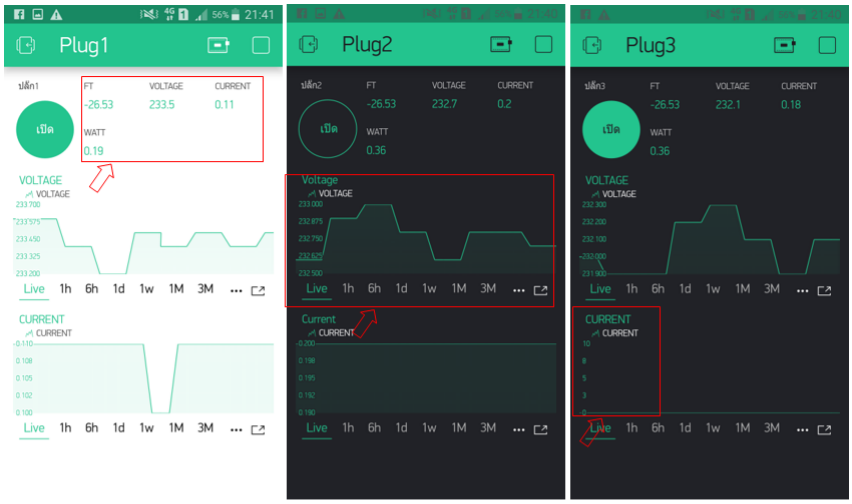
ตาราง 5 (ต่อ)

โหลด RL	YOGOKAWA	Smart Meter	YOGOKAWA	Smart Meter	YOGOKAWA	Smart Meter	YOGOKAWA	Smart Meter	YOGOKAWA	Smart Meter
pf 0.8	6 A		7 A		8 A		9 A		10 A	
Urms1	219.843 V	220 V	219.791 V	220 V	219.859 V	219 V	219.718 V	220 V	219.732 V	219 V
Irms1	6.0004 A	6 A	7.0006 A	7.01 A	8.0094 A	8 A	9.0054 A	9.01 A	10.005 A	10 A
P1	1.05609 kW	–	1.23969 kW	–	1.40917 kW	–	1.5838 kW	–	1.7593 kW	–
S1	1.31915 kvar	1320 W	1.53866 kvar	1542.9 W	1.76094 kvar	1758.4 W	1.97864 kvar	1982.2 W	2.19842 kvar	2205.6 W
Q1	0.79046	–	0.9114	–	1.056	–	1.186	–	1.31831	–
PF-1-Total	0.80058	1	0.80569	1	0.80024	1	0.80045	1	0.80025	1
Phi-1-Total	36.814	–	36.323	–	36.847	–	36.827	–	36.846	–
fU1	49.976 Hz	–	49.998 Hz	–	50.022 Hz	–	50.002 Hz	–	49.991 Hz	–

แสดงการทำงานของ โปรแกรม Blynk ในสมาร์ตโฟนมิเตอร์

การทำงานของ โปรแกรม Blynk ในสมาร์ตโฟนมิเตอร์สามารถแสดงค่าปริมาณไฟฟ้า เปิด–ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า คำนวณเงินค่าไฟฟ้าแจ้งเตือนผ่านสมาร์ตโฟนมิเตอร์ แจ้งเตือนอุปกรณ์ไฟฟ้าที่กินกระแสไฟฟ้าผิดปกติและสามารถนับเวลาการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าเพื่อแจ้งเตือนเมื่อถึงเวลาซ่อมบำรุงได้แสดงดังต่อไปนี้

1. แสดงค่าปริมาณไฟฟ้าและค่าไฟฟ้า (บาท)



ชุด(ก) ชุด(ข) ชุด(ค)

ชุด (ง) ชุด(จ) ชุด(ฉ)

ภาพ 48 แสดงค่าปริมาณไฟฟ้าและค่าไฟฟ้า(บาท)

ในการทดลองนี้ใช้อุปกรณ์ 5 ชุด และมีอุปกรณ์ Server เป็นตัวแสดงข้อมูลหลักทั้งหมด โดยผลที่ได้จากการทดลองแสดงดังภาพ 48

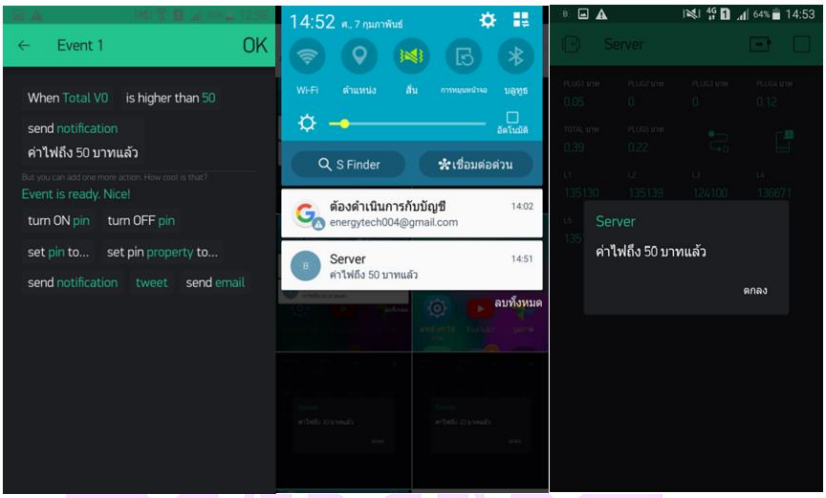
จากภาพ 48 ชุด (ก) แสดงค่ากระแสไฟฟ้า เท่ากับ 0.11 A แรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 233.5 Vและพลังงานไฟฟ้า เท่ากับ 0.19 kWh ตามลำดับ และในภาพ 48 ชุด(ข)แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าเป็นกราฟแบบ Real time และกระแสไฟฟ้าเป็นกราฟแบบ Real time แสดงดังภาพ 48 ชุด(ค) ภาพ 48 ชุด(ง) แสดงสถานะว่าตอนนี้มีการบักทึกข้อมูลแบบ Real time(Live)และในภาพ 48 ชุด (จ) เป็นปุ่มปิดเปิดการทำงานของอุปกรณ์ และภาพ 47ชุด(ฉ) แสดงหน้าจอ Server ซึ่งทำหน้าที่แสดงข้อมูลค่าไฟฟ้าที่ผ่านการคำนวณจากอุปกรณ์ชุดที่ 1 ถึง ชุดที่ 5 โดยผลของการคำนวณค่าไฟฟ้าตั้งแต่ชุดที่ 1 ถึง ชุดที่ 5 คือ 0.6, 1.14, 1.14, 1.11 และ 7.95 บาท ตามลำดับ นอกจากนั้นยังสามารถแสดงค่าไฟฟ้ารวมทั้งหมดแบบ Real time เท่ากับ 11.95 บาท ดังภาพ 48 ชุด(ฉ)

2. การควบคุมการปิด-เปิดพัดลมผ่าน สมาร์ตโฟนมิเตอร์

ภาพ 49 การควบคุมการเปิด-ปิดพัดลมผ่าน สมาร์ตโฟนมิเตอร์

จากภาพ 49 จะแสดงการทดสอบการปิด-เปิดพัดลมเมื่อกดปุ่มที่โทรศัพท์มือถือให้ปิดพัดลมจะไม่ทำงาน ดังภาพ 49 ด้านซ้ายมือ และเมื่อกดปุ่มที่โทรศัพท์มือถือให้เปิดพัดลมจะทำงาน ดังภาพ 49 ด้านขวามือดังนั้นสมาร์ตโฟนมิเตอร์นี้สามารถนำไปใช้งานในการจัดการพลังงานไฟฟ้าในสวนพลังงาน มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

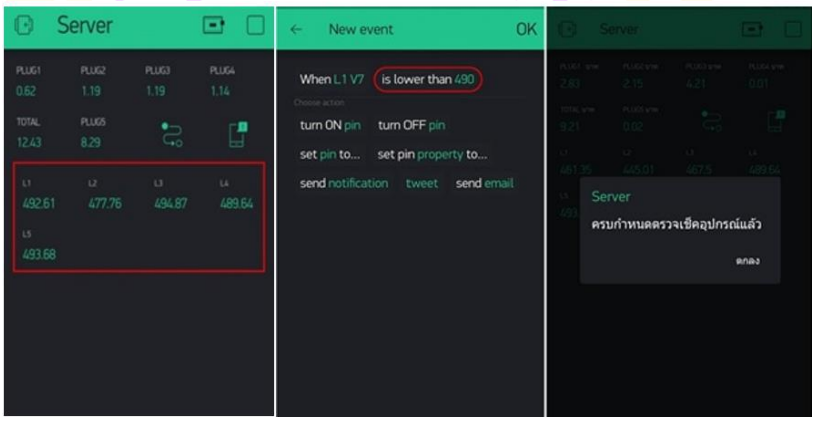
3. แจ้งเตือนค่าไฟที่ สมาร์ตโฟนมิเตอร์



ภาพ 50 แสดงกำหนดค่าไฟฟ้าเพื่อแจ้งเตือนค่าไฟที่ สมาร์ตโฟนมิเตอร์แจ้งเตือนค่าไฟที่ Server เมื่อค่าไฟฟ้าถึง 50 บาท

จากภาพ 50 แสดงค่าการแจ้งเตือนค่าไฟฟ้าถึง 50 บาท โดยในการทดลองจะเริ่มต้นจากการเข้าไปกำหนดค่าเพื่อแจ้งเตือนค่าไฟฟ้า และเมื่อค่าไฟฟ้าถึงค่าที่กำหนดไว้ ระบบจะแสดงค่าแจ้งเตือนมายังสมาร์ตโฟนมิเตอร์และ Serverซึ่งจากผลการทดลอง ระบบสามารถแจ้งค่าไฟได้ตามที่กำหนดไว้

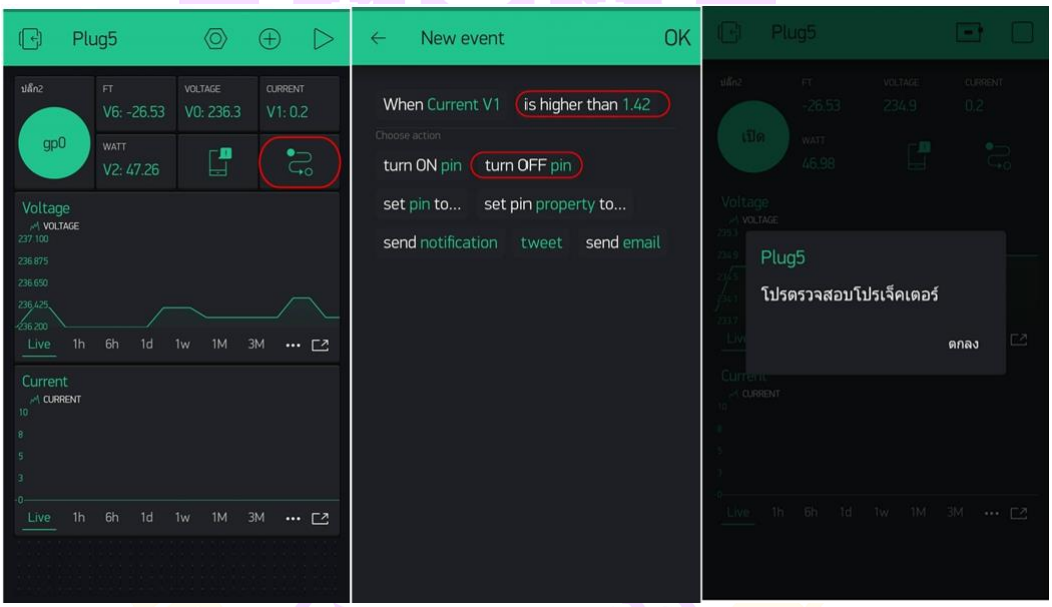
4. ระบบนับเวลาการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าและแจ้งเตือน ผ่าน สมาร์ตโฟนมิเตอร์



ภาพ 51 แสดงเวลาการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่าน สมาร์ตโฟนมิเตอร์

จากภาพ 51 การตั้งเวลานับการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าเพื่อวางแผนการซ่อมบำรุงอุปกรณ์ไฟฟ้าทำได้โดยเข้าไปในแอปพลิเคชัน Blynk จากภาพ 51 ด้านซ้ายมือ แสดงค่าการนับเวลาใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละตัว โดยกำหนดเริ่มต้นจาก 500 ชั่วโมง(เขียนโปรแกรมใน Arduino IDE) แล้วเมื่ออุปกรณ์ไฟฟ้าทำงานครบ 1 ชั่วโมง ค่าใน Server จะค่อยๆ ลดลง จากภาพ 51 ตรงกลาง แสดงการตั้งค่าใน Blynkเมื่อเราต้องการให้ระบบแจ้งเตือนก่อนครบกำหนด 500 ชั่วโมง ดังภาพ ตั้งค่าให้ระบบแจ้งเตือนเมื่อลดลงถึง 490 ชั่วโมง ระบบจะแจ้งเตือน ในภาพ 31 ขวามือแสดงการนับเวลาใช้งานตั้งค่านับเวลาใช้งาน(นับถอยหลัง)แจ้งเตือนเมื่อครบกำหนด

5. ระบบแจ้งเตือนและสั่งปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าที่กินกระแสไฟฟ้าผิดปกติ



ภาพ 52 แสดงการตั้งค่าแจ้งเตือนกระแสของโปรเจ็คเตอร์

จากภาพ 52 แสดงการตั้งค่าการแจ้งเตือนอุปกรณ์ที่กินกระแสผิดปกติ โดยข้อมูลจากการวัดค่ากินกระแสจากโปรเจ็คเตอร์กินกระแสสูงสุด ที่ 1.42 A ผู้วิจัยจึงตั้งค่าให้ระบบแจ้งเตือนเมื่อค่ากระแสโปรเจ็คเตอร์ถึง 1.42 A ระบบแจ้งเตือนผ่านสมาร์ตโฟนและสั่งปิดการทำงานของโปรเจ็คเตอร์เพื่อป้องกันอุปกรณ์เสียให้หนัก

ศึกษาพฤติกรรมการบริโภคไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้าในสวนพลังงาน

เมื่อผลทดสอบสมาร์ตมิเตอร์ผ่านการรับรองจากทางวิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนเรศวร ผู้วิจัยจึงใช้สมาร์ตมิเตอร์ที่พัฒนาขึ้นมาตรวจวัดการบริโภคไฟฟ้าในสวนพลังงาน 30 วัน เพื่อศึกษาข้อมูลโดยอุปกรณ์ไฟฟ้ามีดังนี้ พัดลมขนาด 46 W จำนวน 1 เครื่องพัดลมไอน้ำ ขนาด 130 W จำนวน 1 เครื่อง หลอดไฟ ขนาด 36 Wจำนวน 1 หลอด โปรเจกเตอร์ ขนาด 440 W จำนวน 1 เครื่อง และโน๊ตบุ๊ค ขนาด 90 W จำนวน 1 เครื่อง (เป็นข้อมูลเก่าก่อน มีตู้เย็นและเครื่องปรับอากาศ) ผลการเก็บ ข้อมูลแสดงดังภาพ

ผลการวิเคราะห์การบริหารจัดการระบบไฟฟ้าในสวนพลังงานโดยใช้สมาร์ตมิเตอร์

ภาพ 53 การใช้พลังงานไฟฟ้า 30 วัน

จากภาพ 53 ผลการทดลองเก็บข้อมูลการใช้ไฟฟ้าเป็นเวลา 30 วัน โดยอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุดคือ โปรเจ็คเตอร์ ใช้พลังงานไฟฟ้า เท่ากับ 2.43 kWh รองลงมาคือหลอดไฟ ใช้พลังงานไฟฟ้า เท่ากับ 0.54 kWhพัดลมไอน้ำ ใช้พลังงานไฟฟ้า เท่ากับ 0.35 kWhพัดลมใช้พลังงานไฟฟ้า เท่ากับ 0.35 kWhและโน๊ตบุ๊คใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยที่สุด เท่ากับ 0.24 kWhคิดการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมเท่ากับ 3.91 kWh

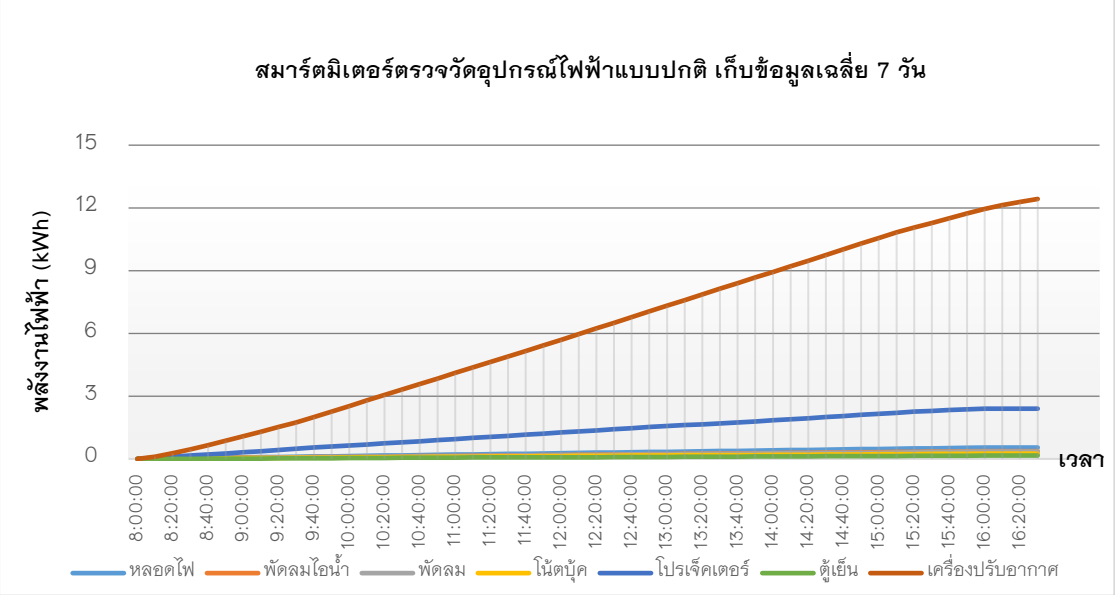
ศึกษารูปแบบการบริหารจัดการพลังงานในสวนพลังงานโดยใช้สมาร์ตมิเตอร์

ศึกษารูปแบบการบริหารจัดการพลังงานในสวนพลังงานโดยใช้สมาร์ตมิเตอร์ตรวจวัดอุปกรณ์ไฟฟ้าแบบปกติ เพื่อเปรียบเทียบกับการใช้สมาร์ตมิเตอร์ตั้งเวลาเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าตามที่กำหนด เก็บข้อมูลเฉลี่ย 7 วันโดยการจัดลำดับความสำคัญของการเปิด-ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้า ดังนี้

1. เครื่องปรับอากาศ เปิด เวลา 08.00-11.30 น.และ 13.30-15.30 น.
2. พัดลม เปิด เวลา 11.30-12.00 น. และ 15.30-16.30 น.
3. พัดลมไอน้ำ เปิด เวลา 11.30-12.00 น. และ 15.30-16.30 น.
4. โปรเจ็คเตอร์ เปิด เวลา 8.00-12.00 น.และ 13.00- 16.30 น.
5. โน๊ตบุ๊ค เปิด เวลา 8.00-12.00 น.และ 13.00- 16.30 น.
6.หลอดไฟ เปิด เวลา 8.00-12.00 น.และ 13.00- 16.30 น.
7.ตู้เย็น เปิด เวลา 8.00-16.30 น.

ซึ่งผลการใช้สมาร์ตมิเตอร์ตรวจวัดอุปกรณ์ไฟฟ้าแบบปกติ เพื่อเปรียบเทียบกับการใช้สมาร์ตมิเตอร์ตั้งเวลาเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าดังภาพ 33 และ 34

การใช้สมาร์ตมิเตอร์ตรวจวัดอุปกรณ์ไฟฟ้าแบบปกติ เก็บข้อมูลเฉลี่ย 7 วัน

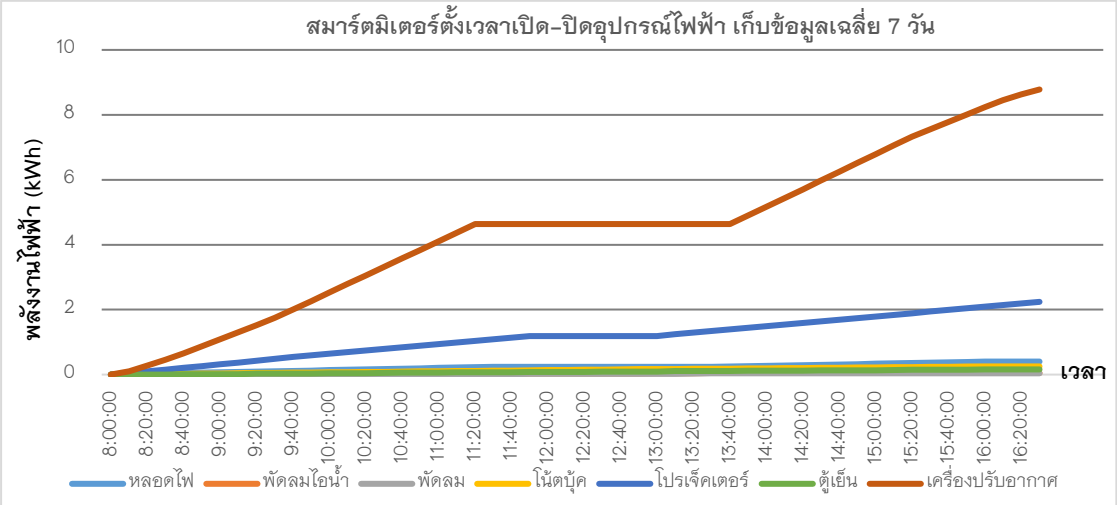


ภาพ 54 แสดงค่าพลังงานเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าแบบปกติ

จากภาพ 54 ผลการทดลองพบว่า อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุดคือเครื่องปรับอากาศ ใช้ค่าพลังงานไฟฟ้า เท่ากับ 12.43 kWh รองลงมาคือโปรเจ็กเตอร์ ใช้ค่า

พลังงานไฟฟ้า เท่ากับ 2.40 kWh หลอดไฟ ใช้ค่าพลังงานไฟฟ้า เท่ากับ 0.54 kWh พัดลมไอน้ำ ใช้ค่าพลังงานไฟฟ้า เท่ากับ 0.37 kWh พัดลม ใช้ค่าพลังงานไฟฟ้า เท่ากับ 0.35 kWh โน๊ตบุ๊ค ใช้ค่าพลังงานไฟฟ้า เท่ากับ 0.25 kWh และตู้เย็น ใช้ค่าพลังงานไฟฟ้าน้อยที่สุด เท่ากับ 0.16 kWh ค่าพลังงานไฟฟ้ารวม เท่ากับ 16.50 kWh

การใช้สมาร์ตมิเตอร์ตั้งเวลาเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าตามที่กำหนด เก็บข้อมูลเฉลี่ย 7 วัน



ภาพ 55 แสดงค่าพลังงานเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าตามที่กำหนด เก็บข้อมูลเฉลี่ย 7 วัน

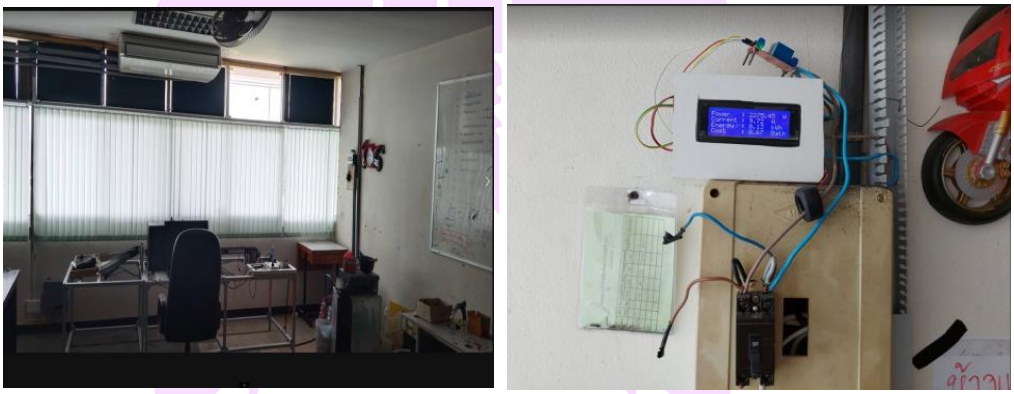
จากภาพ 55 ผลการทดลองพบว่า อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุดคือ เครื่องปรับอากาศ ใช้ค่าพลังงานไฟฟ้า เท่ากับ 8.78 kWh รองลงมาคือโปรเจ็กเตอร์ ใช้ค่าพลังงานไฟฟ้า เท่ากับ 2.24 kWh หลอดไฟ ใช้ค่าพลังงานไฟฟ้า เท่ากับ 0.40 kWh โน๊ตบุ๊ค ใช้ค่าพลังงานไฟฟ้า เท่ากับ 0.25 kWh ตู้เย็น ใช้ค่าพลังงานไฟฟ้า เท่ากับ 0.16 kWh พัดลมไอน้ำ ใช้ค่าพลังงานไฟฟ้า เท่ากับ 0.05 kWh และพัดลม ใช้ค่าพลังงานไฟฟ้าน้อยที่สุด เท่ากับ 0.04 kWh ค่าพลังงานไฟฟ้ารวม เท่ากับ 11.92 kWh

ผลการเปรียบเทียบการใช้ไฟฟ้าโดยใช้สมาร์ตมิเตอร์ตรวจวัดอุปกรณ์ไฟฟ้าแบบปกติ เพื่อเปรียบเทียบกับการใช้สมาร์ตมิเตอร์ตั้งเวลาเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าตามที่กำหนด เก็บข้อมูลเฉลี่ย 7 วันพบว่าการใช้สมาร์ตมิเตอร์ตรวจวัดแบบปกติใช้ไฟฟ้าใน 7 วัน ใช้พลังงานไฟฟ้ารวม16.50kWhแบบสมาร์ตมิเตอร์เปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าตามที่กำหนด ใช้ไฟฟ้าใน 7 วัน ใช้พลังงานไฟฟ้ารวม 11.92 kWh โดยแบบสมาร์ตมิเตอร์เปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าตามที่กำหนด สามารถลดค่าพลังงานไฟฟ้าได้ทั้งหมด 4.58 kWhคิดเป็นร้อยละ 27.75

การศึกษารูปแบบการจัดการพลังงานของเครื่องปรับอากาศ

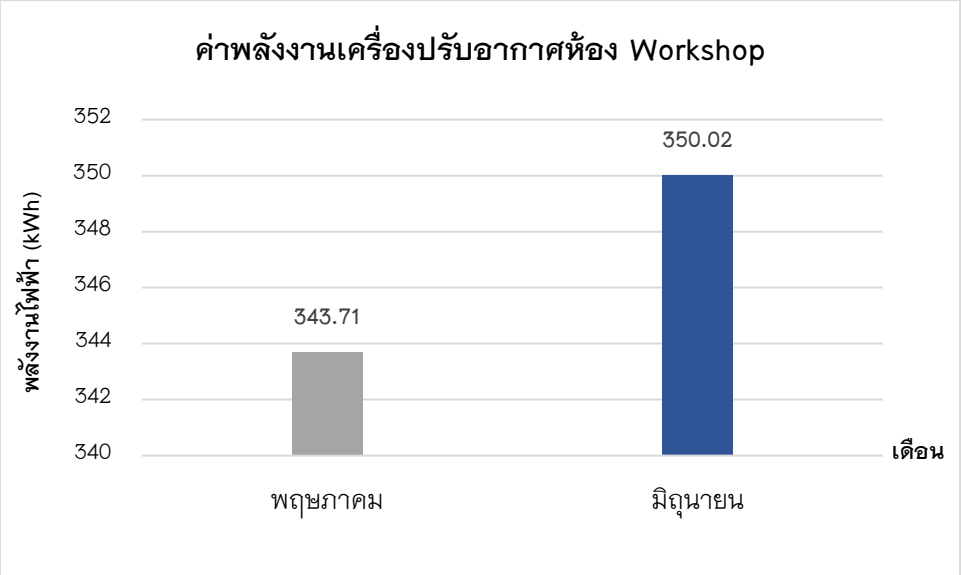
จากผลสรุปจากข้อมูลการใช้พลังงานเครื่องใช้ไฟฟ้าของสวนพลังงานจะเห็นได้ว่าเครื่องปรับอากาศใช้พลังงานมากที่สุด ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำสมาร์ตมิเตอร์มาใช้ในการบริหารจัดการอุปกรณ์ไฟฟ้าเฉพาะเครื่องปรับอากาศ โดยทำการติดตั้งสมาร์ตมิเตอร์เพื่อศึกษาการใช้พลังงาน 3 สถานที่ คือ 1) ห้อง Workshop ชั้น 5 คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม 2) ออฟฟิตสวนพลังงานมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร และ 3) บ้านพักอาศัยทั่วไป ซึ่งผลการทดสอบดังนี้

1. ทดสอบติดตั้งสมาร์ตมิเตอร์ที่ห้อง Workshopชั้น 5 คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม



ภาพ 56 ห้อง Workshop ชั้น 5 คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

จากภาพ 56 แสดงการติดตั้งสมาร์ตมิเตอร์เปรียบเทียบการใช้ไฟฟ้าที่ห้อง Workshop ชั้น 5 คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเครื่องปรับอากาศขนาด 30000 BTU และเก็บผลปริมาณการใช้ไฟฟ้าแบบเดิม เป็นเวลา 60 วัน



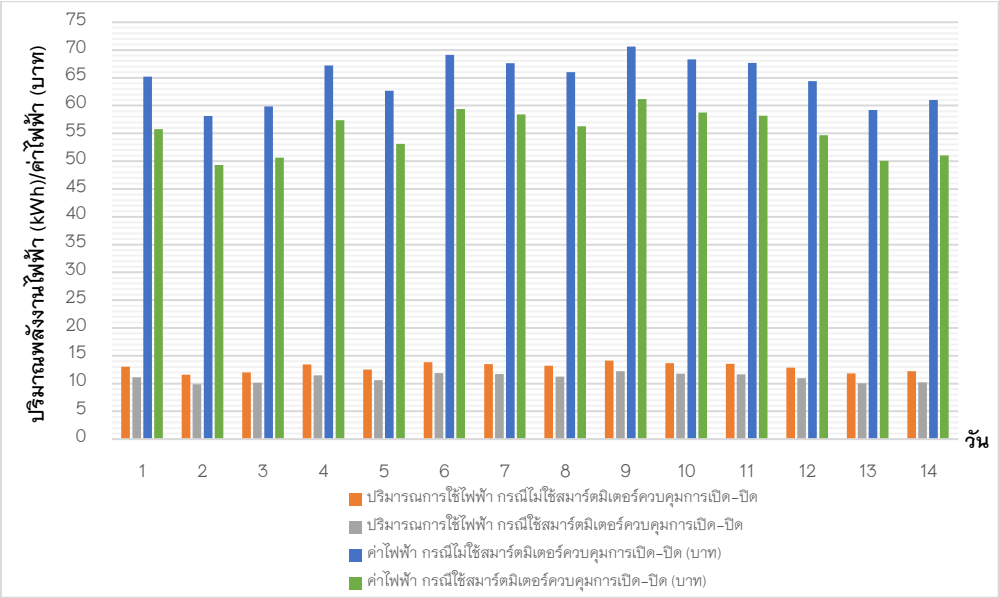
ภาพ 57 กราฟแสดงผลการใช้ปริมาณพลังงานเครื่องปรับอากาศขนาด 30000 BTU 2 เดือน

จากภาพ 57 แสดงการใช้ปริมาณพลังงานเครื่องปรับอากาศขนาด 30000 BTU ผลคือ เดือน มิถุนายนใช้ปริมาณไฟฟ้าสูงสุด อยู่ที่ 350.02 kWh เพราะว่ามีการทำโครงงานพิเศษที่ห้องนี้นอกเหนือจากตารางการใช้งานปกติ

นำสมาร์ตโฟนมิเตอร์ทดสอบสั่งการควบคุมการปิดเครื่องปรับอากาศขนาด 30000 BTU การใช้งานเวลา 12.00-13.00 น. ทดลองเก็บข้อมูลเป็นเวลา 14 วัน ซึ่งผลการเปรียบเทียบแสดงตามตาราง 6

ตาราง 6 แสดงการเปรียบเทียบการใช้ไฟฟ้าที่ห้อง Workshop ชั้น 5 คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเครื่องปรับอากาศขนาด 30000 BTU

	ชั้น 5			หน่วยละ 5 บาท		เครื่องปรับอากาศ 30000 BTU
วันที่	kWh ก่อน	kWh หลัง	kWh ลดได้	บาท ก่อน	บาท หลัง	บาท ลดได้
1	13.04	11.15	1.89	65.20	55.75	9.45
2	11.62	9.86	1.76	58.10	49.30	8.80
3	11.97	10.13	1.84	59.85	50.65	9.20
4	13.44	11.48	1.96	67.20	57.40	9.80
5	12.54	10.62	1.92	62.70	53.10	9.60
6	13.82	11.88	1.94	69.10	59.40	9.70
7	13.52	11.68	1.84	67.60	58.40	9.20
8	13.20	11.26	1.94	66.00	56.30	9.70
9	14.12	12.24	1.88	70.60	61.20	9.40
10	13.66	11.75	1.91	68.30	58.75	9.55
11	13.54	11.64	1.90	67.70	58.20	9.50
12	12.88	10.93	1.95	64.40	54.65	9.75
13	11.84	10.01	1.83	59.20	50.05	9.15
14	12.20	10.21	1.99	61.00	51.05	9.95
รวม	**181.39**	**154.84**	**26.55**	**906.95**	**774.20**	**132.75**
		ผลการประหยัด				**14.63%**

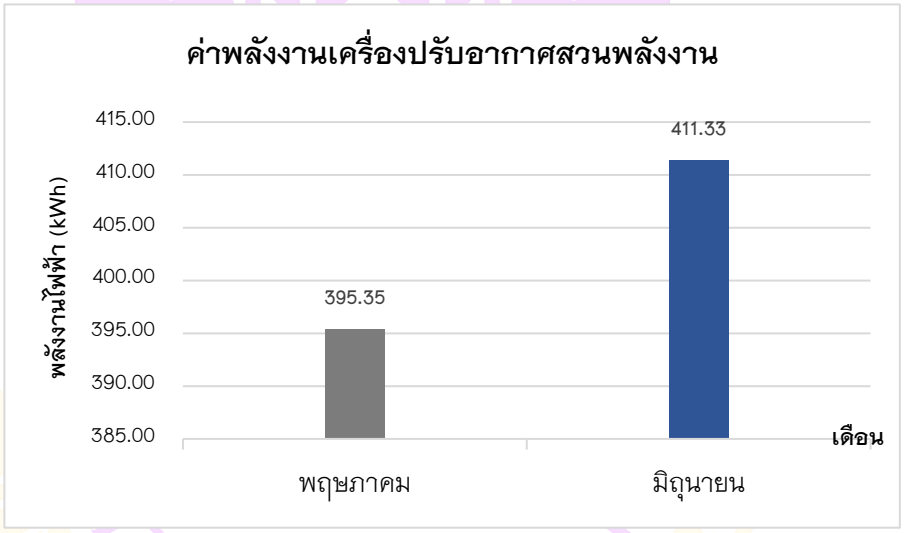


ภาพ 58 กราฟเปรียบเทียบการใช้ไฟฟ้าที่ห้อง Workshop ชั้น 5 คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม เครื่องปรับอากาศขนาด 30000 BTU

จากภาพ 58 ผลการเปรียบเทียบพบว่าระบบสมาร์ตมิเตอร์ปกติใช้ไฟฟ้าใน 14 วัน ใช้พลังงานไฟฟ้ารวม181.39 kWh เฉลี่ยวันละ 12.95 kWhระบบสมาร์ตมิเตอร์แบบควบคุมเวลาใช้พลังงานไฟฟ้าใน 14 วัน ใช้พลังงานไฟฟ้ารวม 154.84 kWh เฉลี่ยวันละ 11 kWh โดยระบบสมาร์ตมิเตอร์แบบควบคุมเวลาสามารถลดค่าไฟฟ้าได้ทั้งหมด 26.55 kWh คิดเป็นร้อยละ 14.63

2. ทดสอบติดตั้งสมาร์ตมิเตอร์ที่ห้องออฟฟิตสวนพลังงาน มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

ภาพ 59 การติดตั้งสมาร์ตมิเตอร์ที่ห้องออฟฟิตสวนพลังงานมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร



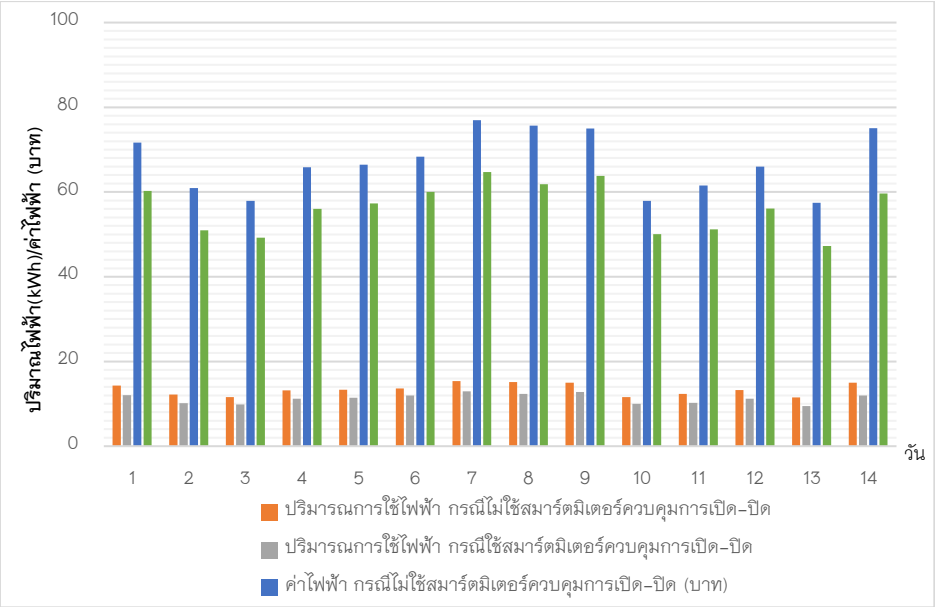
ภาพ 60 กราฟแสดงผลการใช้ปริมาณพลังงานเครื่องปรับอากาศขนาด 18000 BTU 2เดือน

จากภาพ 60 แสดงให้เห็นปริมาณการใช้พลังงานเครื่องปรับอากาศขนาด 18000 BTU เห็นได้ว่าทั้ง 2 เดือนมีการใช้พลังงานที่ใกล้เคียงกันโดยเดือน มิถุนายนใช้พลังงานมากกว่าเดือนพฤษภาคมที่ 15.97 kWhซึ่งจากการใช้พลังงานไฟฟ้าของสวนพลังงาน ในเดือนมิถุนายนมากกว่าเดือนพฤษภาคม ตรงกับการใช้พลังงานไฟฟ้าเครื่องปรับอากาศของห้อง Workshop

การติดตั้งเปรียบเทียบการใช้ไฟฟ้าที่ห้องออฟฟิตสวนพลังงาน มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชรขนาด 18000 BTU โดยสมาร์ตมิเตอร์สั่งการควบคุมการปิดการใช้งานเวลา 12.00–13.00 น. ทดลองเก็บข้อมูลเป็นเวลา 14 วัน ซึ่งผลการเปรียบเทียบแสดงดังตาราง 7

ตาราง 7 เปรียบเทียบการใช้ไฟฟ้าที่ห้องออฟฟิตสวนพลังงานมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

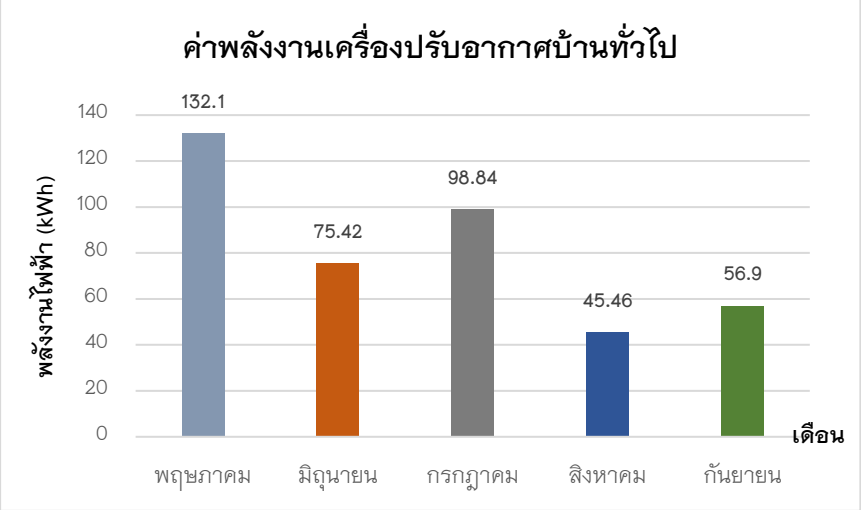
	Office		หน่วยละ 5 บาท		เครื่องปรับอากาศ18000 BTU	
วันที่	kWh ก่อน	kWh หลัง	kWh ลดได้	บาท ก่อน	บาท หลัง	บาท ลดได้
1	14.33	12.04	2.29	71.65	60.22	11.43
2	12.18	10.18	2.00	60.90	50.92	9.98
3	11.58	9.84	1.74	57.90	49.22	8.69
4	13.18	11.21	1.97	65.88	56.05	9.83
5	13.30	11.46	1.84	66.48	57.28	9.19
6	13.66	12.00	1.66	68.30	60.00	8.30
7	15.40	12.95	2.45	76.98	64.73	12.25
8	15.14	12.37	2.77	75.70	61.87	13.83
9	15.00	12.76	2.24	75.00	63.80	11.20
10	11.58	10.01	1.57	57.90	50.05	7.85
11	12.31	10.23	2.08	61.55	51.16	10.39
12	13.21	11.22	1.99	66.02	56.10	9.93
13	11.49	9.44	2.05	57.45	47.22	10.23
14	15.02	11.93	3.09	75.10	59.63	15.47
รวม	**187.36**	**157.65**	**29.71**	**936.80**	**788.25**	**148.55**
			ประหยัด			**15.86%**



ภาพ 61 การเปรียบเทียบการใช้ไฟฟ้าห้องออฟฟิตสวนพลังงาน มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

ผลการเปรียบเทียบในตาราง 7 พบว่าระบบสมาร์ตมิเตอร์ปกติใช้ไฟฟ้าใน 14 วัน ใช้พลังงานไฟฟ้ารวม 39.62 kWh เฉลี่ยวันละ 2.83 kWhระบบสมาร์ตมิเตอร์แบบควบคุมเวลา ใช้พลังงานไฟฟ้าใน 14 วัน ใช้พลังงานไฟฟ้ารวม 33.38 kWh เฉลี่ยวันละ 2.38 kWhโดยระบบสมาร์ตมิเตอร์แบบควบคุมเวลาสามารถลดค่าไฟฟ้าได้ทั้งหมด 6.24 kWhคิดเป็นร้อยละ 15.75

3.ทดสอบติดตั้งสมาร์ตมิเตอร์บ้านพักอาศัยทั่วไป



ภาพ 62 กราฟแสดงผลการใช้ปริมาณพลังงานเครื่องปรับอากาศขนาด 25000 BTU 5 เดือน (ช่วง 8.00–17.00 น.)

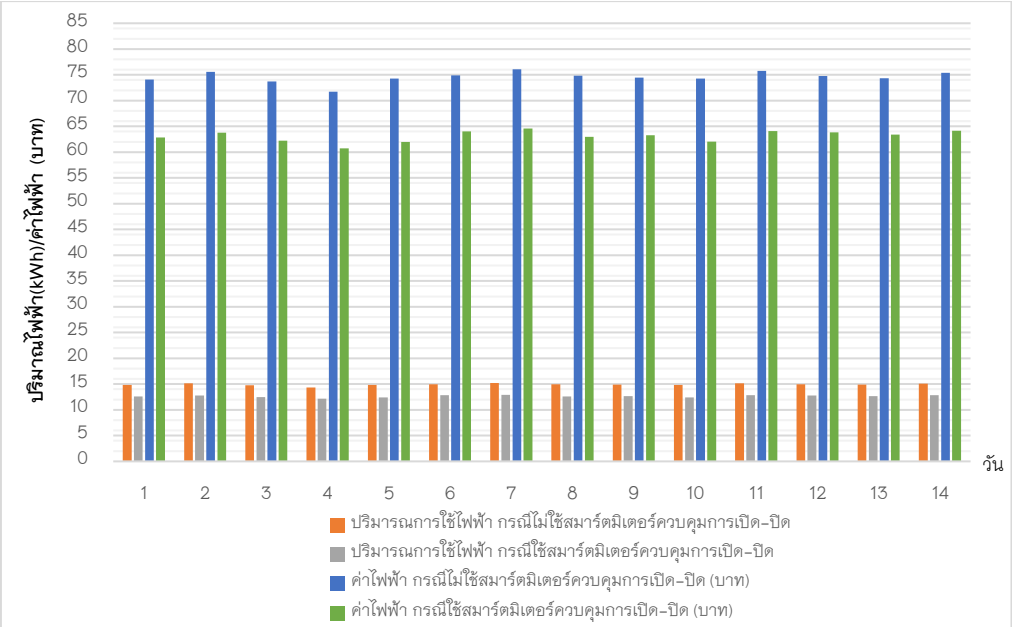
จากภาพ 62 แสดงให้เห็นปริมาณการใช้พลังงานเครื่องปรับอากาศขนาด 25000 BTU เห็นได้ว่าใน 5 เดือนที่เก็บผล เดือนพฤษภาคมมีการใช้พลังงานสูงที่สุดอยู่ที่ 132.1 kWh เนื่องจากเป็นเดือนที่มีสภาพอากาศร้อนและเป็นช่วงปิดเทอมการศึกษา ญาติพี่น้องได้มารวมตัวกันบ่อย จึงมีการใช้เครื่องปรับอากาศมากกว่าเดือนอื่น ๆ เดือนสิงหาคมเป็นเดือนที่ใช้พลังงานน้อยที่สุดอยู่ที่ 45.46 kWh เนื่องจากมีการทำงานนอกที่พักอาศัยบ่อยกว่าเดือนอื่น ๆ จึงทำให้ไม่มีการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศ

ภาพ 63 การติดตั้งสมาร์ตมิเตอร์บ้านพักอาศัยทั่วไป

การติดตั้งเปรียบเทียบการใช้ไฟฟ้า ขนาด 25000BTUโดยสมาร์ตมิเตอร์สั่งการควบคุมการปิดการใช้งานเวลา 12.00–13.00 น. และ 17.00–19.00 น. ทดลองเก็บข้อมูลเป็นเวลา14 วัน ซึ่งผลการเปรียบเทียบแสดงดังตาราง 8

ตาราง 8 เปรียบเทียบการใช้ไฟฟ้าที่ในบ้านพักอาศัยทั่วไป(24 ชั่วโมง)

	บ้านทั่วไป		หน่วยละ 5 บาท		เครื่องปรับอากาศ 25000 BTU	
วันที่	kWh ก่อน	kW/h หลัง	kW/h ลดได้	บาท ก่อน	บาท หลัง	บาท ลดได้
1	14.82	12.57	2.25	74.10	62.85	11.25
2	15.12	12.75	2.37	75.60	63.75	11.85
3	14.74	12.45	2.29	73.70	62.25	11.45
4	14.35	12.15	2.20	71.75	60.75	11.00
5	14.85	12.39	2.46	74.25	61.95	12.30
6	14.98	12.81	2.17	74.90	64.05	10.85
7	15.21	12.92	2.29	76.05	64.60	11.45
8	14.96	12.59	2.37	74.80	62.95	11.85
9	14.89	12.66	2.23	74.45	63.30	11.15
10	14.85	12.41	2.44	74.25	62.05	12.20
11	15.15	12.82	2.33	75.75	64.10	11.65
12	14.95	12.77	2.18	74.75	63.85	10.90
13	14.87	12.68	2.19	74.35	63.40	10.95
14	15.08	12.83	2.25	75.40	64.15	11.25
รวม	**208.82**	**176.80**	**32.02**	**1044.10**	**884.00**	**160.10**
		ผลการประหยัด				**15.33%**



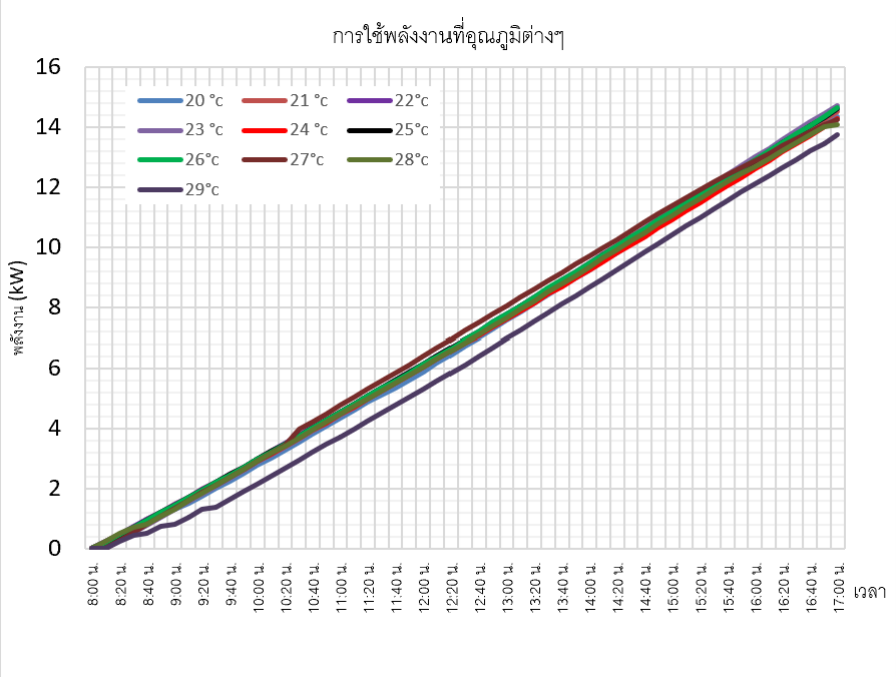
ภาพ 64 การเปรียบเทียบการใช้ไฟฟ้าในบ้านพักอาศัยทั่วไป

ผลการเปรียบเทียบในตาราง 8 พบว่าระบบสมาร์ตมิเตอร์ปกติใช้ไฟฟ้าใน 14 วัน ใช้พลังงานไฟฟ้ารวม 208.82 kWh เฉลี่ยวันละ 14.91 kWhระบบสมาร์ตมิเตอร์แบบควบคุมเวลาใช้พลังงานไฟฟ้าใน 14 วัน ใช้พลังงานไฟฟ้ารวม 176.80 kWh เฉลี่ยวันละ 12.62 kWhโดยระบบสมาร์ตมิเตอร์แบบควบคุมเวลาสามารถลดค่าไฟฟ้าได้ทั้งหมด 32.02 kWhคิดเป็นร้อยละ 15.33

สรุปผลการใช้สมาร์ตมิเตอร์ตรวจวัดไฟฟ้าแบบปกติเปรียบเทียบกับ ระบบสมาร์ตมิเตอร์แบบควบคุมเวลาสำหรับเครื่องปรับอากาศ ทั้ง 3 แห่ง พบว่าระบบสมาร์ตมิเตอร์แบบควบคุมเวลาสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้า คิดเป็นร้อยละ 15.27

การศึกษาการใช้พลังงานเครื่องปรับอากาศที่อุณหภูมิ 20-29 องศาเซลเซียสโดยใช้สมาร์ตมิเตอร์

จากผลข้อมูลการใช้พลังงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าในสวนพลังงาน เครื่องปรับอากาศใช้พลังงานไฟฟ้าที่สูงสุด ผู้วิจัยจึงอยากทดลองการใช้พลังงานไฟฟ้าเครื่องปรับอากาศที่อุณหภูมิ 20-29 องศาเซลเซียสว่าแต่อุณหภูมิมีค่าการใช้พลังงานแตกต่างกันอย่างไร เพื่อเป็นข้อมูลในการเลือกปรับอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศให้เหมาะสมแลประหยัดพลังงาน



ภาพ 65 การใช้พลังงานเครื่องปรับอากาศที่อุณภูมิต่าง ๆ

จากภาพ 44 ผลการเก็บข้อมูลการใช้พลังงานเครื่องปรับอากาศที่อุณภูมิ 20-29 องศาเซลเซียสเวลา 8.00-17.00 น. พบว่า ตั้งเครื่องปรับอากาศที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายนอกเฉลี่ย 40.7 องศาเซลเซียสค่าพลังงานที่ใช้ 14.35 kWh ตั้งเครื่องปรับอากาศที่อุณหภูมิ 21 องศาเซลเซียสอุณหภูมิภายนอกเฉลี่ย 41.7 องศาเซลเซียสค่าพลังงานที่ใช้ 14.52 kWh ตั้งเครื่องปรับอากาศที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียสอุณหภูมิภายนอกเฉลี่ย 41.4 องศาเซลเซียสค่าพลังงานที่ใช้ 14.35 kWh ตั้งเครื่องปรับอากาศที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายนอกเฉลี่ย 42.5 องศาเซลเซียสค่าพลังงานที่ใช้ 14.70kWh ตั้งเครื่องปรับอากาศที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียสอุณหภูมิภายนอกเฉลี่ย 39.8 องศาเซลเซียสค่าพลังงานที่ใช้ 14.28 kWh ตั้งเครื่องปรับอากาศที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสอุณหภูมิภายนอกเฉลี่ย 41 องศาเซลเซียสค่าพลังงานที่ใช้ 14.61 kWhตั้งเครื่องปรับอากาศที่อุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายนอกเฉลี่ย 40.7 องศาเซลเซียสค่าพลังงานที่ใช้ 14.64 kWhตั้งเครื่องปรับอากาศที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียสอุณหภูมิภายนอกเฉลี่ย 40.7 องศาเซลเซียสค่าพลังงานที่ใช้ 14.25kWh ตั้งเครื่องปรับอากาศที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียสอุณหภูมิภายนอกเฉลี่ย 39.4 องศาเซลเซียสค่าพลังงานที่ใช้ 14.08kWhและตั้งเครื่องปรับอากาศที่อุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียสอุณหภูมิภายนอกเฉลี่ย 38.8 องศาเซลเซียสค่าพลังงานที่ใช้ 13.74 kWh

จากข้อมูลที่กล่าวมา พบว่า ค่าพลังงานที่ใช้ในอุณภูมิ 20–29 องศาเซลเซียสต่างกันเล็กน้อยเมื่อวิเคราะห์จากข้อมูล พลังงานจะเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับอุณหภูมิภายนอกที่สูงขึ้น แต่เมื่อตั้งค่าอุณหภูมิภายในเครื่องปรับอากาศให้ใกล้เคียงกับอุณหภูมิภายนอก จะใช้พลังงานน้อยลง เวลาในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศคือ ช่วงเวลา 8.00–17.00 น. พบว่า ตั้งเครื่องปรับอากาศที่อุณหภูมิ 28–29 องศาเซลเซียสใช้พลังงานน้อยที่สุดคือ 13.74 –14.08 kWh

ดังนั้น หากต้องการประหยัดพลังงานในการใช้เครื่องปรับอากาศ ควรตั้งค่าอุณหภูมิภายในเครื่องปรับอากาศ 28–29 องศาเซลเซียสเซลเซศ ซึ่งการทดลองนี้สอดคล้องกับงานวิจัย A field study on thermal comfort and air–conditioning energy use in an office building in Guangzhou [42] และเพื่อให้การทำงานของเครื่องปรับอากาศมีประสิทธิภาพสูงสุดและประหยัดพลังงานมากที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ควรดูแลบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศอย่างสม่ำเสมอ แต่การเก็บข้อมูลครั้งนี้เป็นการทดลองในระยะเวลาสั้นๆ หากอยากให้ผลการวิเคราห์แม่นยำต้องใช้เวลาการเก็บข้อมูลมากกว่านี้

บทที่ 5

สรุปผล

สรุปผล

การพัฒนาสมาร์ตมิเตอร์ตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าในสวนพลังงานของมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชรสามารถสรุปผลดังนี้

1. การออกแบบและสร้างสมาร์ตโฟนมิเตอร์ตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า

การออกแบบสมาร์ตโฟนมิเตอร์ เป็นการออกแบบข้อกำหนดที่ใช้สร้างสมาร์ตโฟนมิเตอร์ให้ได้ตามฟังชั่นก์ต่าง ๆ โดยสมาร์ตโฟนมิเตอร์ ต้องวัดปริมาณไฟฟ้า ของแต่ละอุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละตัว ติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์ไฟฟ้า สามารถสั่งเปิด-ปิด หรือตั้งเวลาเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านสมาร์ตโฟนมิเตอร์ได้ และสามารถแจ้งเตือนการใช้ไฟฟ้าเกินที่กำหนดได้ และสร้างจากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีคุณสมบัติตามข้อกำหนด จากการสร้างและทดสอบสมาร์ตโฟนมิเตอร์เบื้องต้น สามารถทำได้ตามข้อกำหนดทุกอย่าง แต่ข้อสำคัญของสมาร์ตโฟนมิเตอร์คือการวัดค่าพลังงานฟ้าจะต้องมีความแม่นยำ มีค่าความผิดพลาดน้อยที่สุดเพื่อความเชื่อมั่นของสมาร์ตโฟนมิเตอร์ที่พัฒนาขึ้น ผู้วิจัยได้ส่งสมาร์ตโฟนมิเตอร์ไปทดสอบด้วยเครื่องมือวัดที่ได้มาตรฐาน ซึ่งได้รับการตรวจสอบจากทางวิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนเรศวร รายงานผลการทดสอบดังนี้

ผลการทดสอบการวัดค่าไฟฟ้าด้วยสมาร์ตโฟนมิเตอร์ เปรียบเทียบกับเครื่องทดสอบ YOGOKAWA โหลด R ล้วน โดยจ่ายแรงดันไฟฟ้า 220V และกระแสไฟฟ้าที่ 1A- 10A ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของแรงดันไฟฟ้าสูงสุดคือ 0.32% และค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกระแสไฟฟ้า คือ 0.17%

ผลการทดสอบการวัดค่าไฟฟ้าด้วยสมาร์ตโฟนมิเตอร์ เปรียบเทียบกับเครื่องทดสอบYOGOKAWA โหลด RC โดยจ่ายแรงดันไฟฟ้า 220V และกระแสไฟฟ้า ที่ 1A- 10A ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยแรงดันไฟฟ้า คือ 0.42% และค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกระแสไฟฟ้า คือ 0.38%

ผลการทดสอบการวัดค่าไฟฟ้าด้วยสมาร์ตโฟนมิเตอร์ เปรียบเทียบกับเครื่องทดสอบ YOGOKAWA โหลด RL โดยจ่ายแรงดันไฟฟ้า 220V และกระแสไฟฟ้า ที่ 1A- 10A ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของแรงดันไฟฟ้า คือ 0.45% และค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกระแสไฟฟ้า คือ 0.34%

สรุปการออกแบบและสร้างสมาร์ตโฟนมิเตอร์ตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ดี สามารถ เปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านสมาร์ตโฟนมิเตอร์ อ่านค่าพลังงานไฟฟ้า แจ้งเตือนค่าไฟฟ้า นับเวลาการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้า และสามารถแจ้งเตือนอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำงานผิดปกติได้และ ผ่านการรับรองมาตรฐานจากวิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนเรศวร

2. ศึกษารูปแบบการบริหารจัดการพลังงานในสวนพลังงานโดยใช้สมาร์ตโฟนมิเตอร์

ผลการเปรียบเทียบการใช้ไฟฟ้าโดยใช้สมาร์ตโฟนมิเตอร์ตรวจวัดอุปกรณ์ไฟฟ้าแบบปกติ เพื่อเปรียบเทียบกับการใช้สมาร์ตโฟนมิเตอร์ตั้งเวลาเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าตามที่กำหนด เก็บข้อมูลเฉลี่ย 7 วัน พบว่าการใช้สมาร์ตโฟนมิเตอร์ตรวจวัดแบบปกติใช้ไฟฟ้าใน 7 วัน ใช้พลังงานไฟฟ้ารวม16.50 kWh คิดเป็นเงิน 82.5 บาท แบบสมาร์ตโฟนมิเตอร์เปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าตามที่กำหนด ใช้ไฟฟ้าใน 7 วัน ใช้พลังงานไฟฟ้ารวม 11.92 kWh คิดเป็นเงิน 59.6 บาทโดยแบบสมาร์ตโฟนมิเตอร์เปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าตามที่กำหนดสามารถลดค่าพลังงานไฟฟ้าได้ทั้งหมด 4.58 kWh คิดเป็นเงิน 22.9 บาท คิดเป็นร้อยละ 27.75

ผลการทดลองติดตั้งสมาร์ตโฟนมิเตอร์เปรียบเทียบการใช้เฉพาะเครื่องปรับอากาศ 3 แห่ง ประกอบด้วย 1.ห้อง Workshop ชั้น 5 คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร 2.ออฟฟิศสวนพลังงานมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชรและ 3.บ้านพักอาศัยทั่วไป

2.1 ระบบสมาร์ตโฟนมิเตอร์แบบควบคุมเวลาห้อง Workshop ชั้น 5 คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมสามารถลดค่าไฟฟ้าได้ทั้งหมด 26.55 kWh เป็นเงิน 132.75 บาท คิดเป็นร้อยละ 14.63

2.2 ระบบสมาร์ตโฟนมิเตอร์แบบควบคุมเวลาสามารถห้องออฟฟิศสวนพลังงานมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชรลดค่าไฟฟ้าได้ทั้งหมด 6.24 kWh เป็นเงิน 31.2 บาท คิดเป็นร้อยละ 15.75

2.3 ระบบสมาร์ตโฟนมิเตอร์แบบควบคุมเวลาในบ้านพักอาศัยทั่วไปสามารถลดค่าไฟฟ้าได้ทั้งหมด 32.02 kWh เป็นเงิน 160.10 บาท คิดเป็นร้อยละ 15.33 ผลรวมการติดตั้งสมาร์ตมิเตอร์ ทั้ง 3 แห่ง สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย ร้อยละ 15.23

3. การศึกษาการใช้พลังงานเครื่องปรับอากาศที่อุณหภูมิ 20-29 องศาเซลเซียส โดยใช้สมาร์ตมิเตอร์

ผลการศึกษาการใช้พลังงานเครื่องปรับอากาศพบว่า ค่าพลังงานที่ใช้ในอุณภูมิ 20-29 องศาเซลเซียส ต่างกันเล็กน้อยเมื่อวิเคราะห์จากข้อมูล พลังงานจะเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับ

อุณหภูมิภายนอกที่สูงขึ้น แต่เมื่อตั้งค่าอุณหภูมิภายในเครื่องปรับอากาศให้ใกล้เคียงกับอุณหภูมิภายนอก จะใช้พลังงานน้อยลง เวลาในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศคือช่วงเวลา 8.00–17.00 น. พบว่า ตั้งเครื่องปรับอากาศที่อุณหภูมิ 28–29 องศาเซลเซียส ใช้พลังงานน้อยที่สุดคือ 13.74 –14.08kWh ดังนั้นหากต้องการประหยัดพลังงานในการใช้เครื่องปรับอากาศ ควรตั้งค่าอุณหภูมิภายในเครื่องปรับอากาศ 28–29 องศาเซลเซียสและควรดูแลและบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้การทำงานของเครื่องปรับอากาศมีประสิทธิภาพสูงสุด และประหยัดพลังงานมากที่สุดเท่าที่เป็นไปได้

อภิปรายผล

ในการออกแบบและสร้างสมาร์ตมิเตอร์ตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าก็เพื่อให้ทราบถึงการใช้พลังงานไฟฟ้าว่าใช้มากน้อยเพียงไร จะได้บริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าในการใช้งานได้อย่างเป็นระบบและประหยัดไฟได้มากที่สุด ในขณะเดียวกันก็ได้มีการศึกษารูปแบบการบริหารจัดการระบบไฟฟ้าในสวนพลังงานโดยใช้สมาร์ตโฟนมิเตอร์ เพื่อให้ง่ายต่อการควบคุมพลังงานไฟฟ้าโดยใช้เทคโนโลยีเข้ามามีส่วนร่วมในการบริหารจัดการระบบไฟฟ้าให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด โดยการทดสอบความแม่นยำของสมาร์ตโฟนมิเตอร์ โดยผู้วิจัยส่งสมาร์ตโฟนมิเตอร์ไปทดสอบและได้ผ่านมาตรฐานวิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนเรศวร

ผลการใช้สมาร์ตโฟนมิเตอร์ในการบริหารจัดการระบบไฟฟ้าใช้งานได้ดี สามารถเปิด – ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าได้อย่างแม่นยำ การอ่านค่าไฟฟ้าออกมาเป็นจำนวนเงินบาท ทำให้เราสามารถบริหารการใช้ไฟฟ้าได้อย่างประหยัด และการแจ้งเตือนการตรวจซ่อมอุปกรณ์ไฟฟ้าและการสั่งปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ผิดปกติถือว่าเป็นการประยุกต์การใช้งานที่ดี เพื่อป้องกันอุปกรณ์เสียหายลดการสูญเสียที่มีราคาแพง เหมาะสมที่จะนำไปใช้กับ สมาร์ตโฮม ในยุคปัจจุบัน และจากผลการสำรวจภาระทางการใช้ไฟฟ้าที่สวนพลังงาน พบว่าเครื่องใช้ไฟฟ้าที่กินไฟสูงสุดคือเครื่องปรับอากาศ ผู้วิจัยจึงทดลองการติดตั้งสมาร์ตโฮมมิเตอร์บริหารจัดการสำหรับเครื่องปรับอากาศ ทั้ง 3 แห่ง ผลคือสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้เฉลี่ยร้อยละ 15.23

ผู้วิจัยทดสอบการศึกษาการใช้พลังงานเครื่องปรับอากาศที่อุณหภูมิ 20–29 องศาเซลเซียส โดยใช้สมาร์ตโฟนมิเตอร์ พบว่า ในช่วงเวลา 8.00–17.00 น. พบว่า ตั้งเครื่องปรับอากาศที่อุณหภูมิ 28–29 องศาเซลเซียส ใช้พลังงานน้อยที่สุดคือ 13.73 kWh

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. การทดลองครั้งต่อไปจะนำสมาร์ตมิเตอร์ ไปทดลองกับ ปั๊มน้ำ และ ตรวจวัดการกินกระแสผิดปกติของเครื่องปรับอากาศ เพื่อขยายผลจากงานวิจัยให้มีคุณภาพยิ่งขึ้น

2. สามารถนำไปพัฒนาในเชิงพาณิชย์ได้

3. การวิจัยควรเผยแพร่สู่ชุมชน

บรรณานุกรม

[1] กระทรวงพลังงาน. (2558). **แผนแม่บทการพัฒนาระบบโครงข่ายสมาร์ตกริดของประเทศไทย พ.ศ. 2558-2579.** สืบค้นเมื่อ 16 มีนาคม 2559, จาก www.eppo.go.th/ power/smart_grid%20plan.pdf .

[2] การไฟฟ้านครหลวง. (2559). **Smart Grid คืออะไร.** สืบค้นเมื่อ 18 มีนาคม 2559, จาก https://www.mea.or.th/content/detail/82/3131/5524.

[3] Energy Saving. (2558). **การบริหารจัดการอาคารด้วยระบบ Building Automation System (BAS) เพื่อการประหยัดพลังงาน.** สืบค้นเมื่อ 9 พฤศจิกายน 2558, จาก http://www.energysavingmedia.com/news/page.php?a=10&n=114&cno=3162.

[4] สุรินทร์ คำฝอย และวิศิษฏ์ หิรัญกิตติ. (2556). **สมาร์ทกริด-สมาร์ทมิเตอร์" คุมจ่ายไฟฟ้าเปิด-ปิดส่วนไม่จำเป็น**. สืบค้นเมื่อ 9 พฤษจิกายน 2558, จาก https://mgronline.com/science/detail/9560000041623

[5] ธีรพัฒน์ เป็นสุข, นพรัตน์ กิจก้องขจร, นรุตม์ ไพศาลธนกิตติ และนฤดล ตติยวัฒนชัย. (2553). **มิเตอร์อัจฉริยะสาหรับบ้านสมัยใหม่.** รายงานการวิจัย กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[6] วันเฉลิม โปรา. (2558). **ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับมาตรอัจฉริยะ (Smart Meter) และแนวทางการจัดทาข้อกำหนดเฉพาะมาตรอัจฉริยะ.** สืบค้นเมื่อ 9 พฤศจิกายน 2559, จาก http://www.eri.chula.ac.th/eri-main/wp-content/uploads/2014/03/Paper-3-of-3-Smart-Meter.pdf.

[7] mindphp. (2560). **sensor คืออะไร** สืบค้นเมื่อ 2 กรกฎาคม 2559, จาก http://sensor-of-fluid.exteen.com/

[8] Thaieasy. (2556). **คอมพิวเตอร์พื้นฐาน.** สืบค้นเมื่อ 2 กรกฎาคม 2559, จาก http://thaieasy-it.blogspot.com/2013/06/blog-post_12.html

[9] กระทรวงพลังงาน. (2558). **แผนแม่บทการพัฒนาระบบโครงข่ายสมาร์ตกริดของประเทศไทย พ.ศ. 2558-2579.** กรุงเทพฯ: กระทรวงพลังงาน.

[10] พิชัย ถิ่นสันติสุข. (2557). **Smart Grid, Smart Energy, Smart Policy.** สืบค้นเมื่อ 5 พฤษภาคม 2559, จาก zerowaste.co.th/images/Smart%20Grid%20Energy

%20Policy.pdf.

[11] วันเฉลิม โปรา. (2557). **ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับมาตรอัจฉริยะ (Smart Meter) และแนวทางการจัดทาข้อกำหนดเฉพาะมาตรอัจฉริยะ.** สืบค้นเมื่อ 5 พฤษภาคม 2559, จาก www.Smartmeter"[Online].Available:http://en.wikipedia.org/wiki/Smart.

[12] Milos, M., Dumidu W., Kasun A. & JUAN J. (2016). Building Energy Management Systems The Age of Intelligent and Adaptive Buildings. **IEEE industrial electronics magazine,** 10(1), 25–39.

[13] Schumacher, M. (2001). **Objective Coordination in Multi–Agent System Engineering: Design and Implementation, in Lecture Note in Computer Science.** Switzerland: Springer.

[14] Euan M. Davidson, and McArthur, S. (speaker). (4–8 November 2007). Exploiting Multi–agent System Technology within an Autonomous Regional Active Network Management System. In **International Conference on Intelligent Systems Applications to Power System.** (pp.587–592). Taiwan: Kaohsiung.

[15] Arab Forum for Environment and Development (AFED). (2012). **Environmental Housekeeping Handbook for Office Buildings in the Arab Countries. Energy Efficiency Handbook.** Lebanon: Beirut.

[16] ยรรยง เต็งอำนวย. (2558). **ระบบบริหารจัดการพลังงานHEMS, BEMS, FEMS, CEMS และพลังงานทดแทน.** โครงการสมาร์ทซิตี้ โดยคณะกรรมการสภาวิจัย แห่งชาติ สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศและนิเทศศาสตร์. สืบค้นเมื่อ 20 มีนาคม 2559, จาก http://www.pointthai.net/index.php.

[17] วิกีพีเดีย. (2558). **ไมโครคอนโทรลเลอร์.** สืบค้นเมื่อ 3 กรกฎาคม 2559, จาก https://th.wikipedia.org/wiki/ไมโครคอนโทรลเลอร์.

[18] กรวิทย์ ภานิล. (2556). **Senson.** สืบค้นเมื่อ 3 กรกฎาคม 2559, จาก http://korawit55.blogspot.com/2013/07/senson–sensor–sensor–sensor–g–sensor.html.

[19] CyberTice. (2564). **NodeMCU ESP8266 เริ่มต้นใช้งานติดตั้งโปรแกรม blynk เบื้องต้น.** สืบค้นเมื่อ 10 ม.ค. 65, จาก http://https://www.cybertice.com/b/238.

[20] Saxena, V. K., & Pushkar, S. (speaker). (3–5 March 2016). Cloud computing challenges and implementations. In **2016 International Conference on Electrical, Electronics,**

and Optimization Techniques (ICEEOT) (pp. 2583–2588). India: Chennai.

[21] Solahuddin, Y. F., & Ismail, W. (speaker). (3–5 June 2014). Data fusion for reducing power consumption In Arduino–Xbee wireless sensor network platform. **In 2014 international conference on computer and information sciences (ICCOINS)** (pp. 1–6). Malaysia: Kuala Lumpur.

[22] ZvonimirKlaić, Krešimir Fekete &DamirŠljivac. (2015). Demand Side Load Management in The Distribution System With Photovoltaic Generation. **Tehničkivjesnik** 22(4), 989–995.

[23] ธีรพัฒน์ เป็นสุข, นพรัตน์ กิจก้องขจร, นรุตม์ ไพศาลธนกิตติ และคณะ. (2553). **มิเตอร์อัจฉริยะสาหรับบ้านสมัยใหม่.** วิทยานิพนธ์ วศ.ม., สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

[24] สมพล โคศรี. (2553). **ระบบควบคุมและการจัดการสมาร์ตกริดสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าแบบแยกเดี่ยวจากพลังงานทดแทน.** วิทยานิพนธ์ วศ.ม., มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี.

[25] Stefan Feuerriegel, Philipp Bodenbenner & Dirk Neumann. (2015). Value and granularity of ICT and smart meter data in demand response systems. **Energy Economics,** 54(2016), 1–10.

[26] Janis Kossahl, Johnn Kranz, Lutz M. Kolbe (speaker). (9–12 August 2012). A Perception–base Model for Smart Grid Adoption of Distribution System Operators – An Empirical Analysis. In **Proceedings of the Eighteenth Americans Conference on Information System.** (pp.1–12). Washiton: Seattle.

[27] Fujitsu. (2012). **Fujitsu's Communication Technology for Smart Meters Gains Status with International Standards Promotion Organization.** Retrieved May 9, 2016, from http://www.japanfs.org/en/news/archives/news_id034785.html

[28] กัมปนาท สุวรรนาวุธ. (2552). **การพัฒนาระบบการอ่านมิเตอร์โดยอัตโนมัติผ่านคลื่นวิทยุย่านความถี่ 2.4 GHz ตามมาตรฐาน Zigbee/IEEE 802.15.4.** วิทยานิพนธ์ วศ.ม., จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

[29] รุ่งโรจน์ สงวนวัฒนา และพินิจ กาหอม. (2558). **ระบบตรวจนับและตรวจสอบเครื่องมือด้วยเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย.** วิทยานิพนธ์ วศ.ม., มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

[30] ศิริวรรณ เอี่ยมบัณฑิต. (2557). ระบบบ้านอัจฉริยะควบคุมด้วยเทคโนโลยีเครือข่ายไร้สายเซ็นเซอร์อและแอนดรอยด์แอปพลิเคชั่นภายใต้แนวคิดอินเตอร์เน็ตเพื่อทุกสิ่ง. **วารสารวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม,** 1(2), 11–20.

[31] เจษฎา ขจรฤทธิ์, ปิยนุช ชัยพรแก้ว และหนึ่งนฤทัย เอ้งฉ้วน. (2561). การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Internet of Things ในการควบคุมระบบส่องสว่างสำหรับบ้านอัจฉริยะ. **Journal of Information Science and Technology,** 7(1), 1–11.

[32] บุญเรือง มะรังศรี. (2560). **อัลกอริทึมสำหรับการจัดการโหลดให้มีประสิทธิภาพสูงสุดโดยใช้ระบบพลังงานทดแทนในบ้านอัจฉริยะ.** วิทยานิพน์ วศ.ม., มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา.

[33] นัฐพงษ์ ว่องไว. (2559). **การพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อควบคุมการทำงานของระบบบ้านอัจฉริยะ.** วิทยานิพนธ์ วศ.ม., มหาวิทยาวิทยาลัยราภัฏเชียงราย, เชียงราย.

[34] จรรยา แหยมเจริญ และวิวัฒน์ สถิรชาติ (ผู้บรรยาย). (2560). (วันที่ 26 พฤษภาคม 2560). ระบบรักษาความปลอดภัยที่อยู่อาศัยด้วยโปรแกรมประยุกต์บนแพลตฟอร์มแอนดรอยด์. **ในการประชุมวิชาการระดับชาติวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างสถาบัน ครั้งที่ 5.** (หน้า 1111–1119). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยสยาม.

[35] ขวัญชัย ปะวะสาร. (2560). **การพัฒนาเครือข่ายสมาร์ทตัวตรวจรู้กำลังงานไฟฟ้าบนเทคโนโลยี IoT.** วิทยานิพนธ์ วศ.ม., มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น.

[36] แก้วกาญจน์ กาญสมบูรณ์ และกอบเกียรติ สระอุบล. (2560). นวัตกรรมIoT ในการอนุรักษ์พลังงาน. **วารสารการอาชีวะและเทคนิคศึกษา,** 9(17), 27–32.

[37] เสรี ขุนไชย และชัยยพล ธงชัยสุรัชต์กูล. (2562). **การพัฒนาแอพพลิเคชั่นร่วมกับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสำหรับควบคุมระบบบ้านอัจฉริยะ.** วิทยานิพนธ์ วศ.ม., มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.

[38] ต่วนนูรีซันน์ สุริยะ. (2559). อินเทอร์เน็ตออฟธิงส์กับการบริหารจัดการห้องเรียนอัจฉริยะ. **วารสารการอาชีวะและเทคนิคศึกษา,** 6(11), 26–31.

[39] ศรีรุ่ง แก้วไพฑูรย์ และสมชาย เล็กเจริญ (ผู้บรรยาย). (วันที่16 สิงหาคม 2561). ระบบควบคุมห้องเรียนอัจฉริยะด้วย Internet of Thing (IOT) ผ่าน Android และ IOS. ใน **การประชุมนำเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 11 ปีการศึกษา 2561** (หน้า 2839–2851). กรุงเทพฯ: วิทยาลัยนวัตกรรมดิจิทัลและเทคโนโลยีสารสนเทศ

มหาวิทยาลัยรังสิต.

[40] ชินวัจน์ งามวรรณากร, สุทัศน์ รุ่งระวิวรรณ และอมรเทพ มณีเนียม. (2561). **การพัฒนาระบบควบคุมอุปกรณ์ภายในโรงงานขนาดย่อมด้วยเทคโนโลยีไร้สายผ่านแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ภายใต้แนวคิดอินเทอร์เน็ตสำหรับทุกสรรพสิ่ง**. รายงานวิจัย ยะลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

[41] ธีระชัย หลำเนียม. (2559). **การออกแบบและประยุกต์สวนอัจฉริยะบนระบบไอโอที.** วิทยานิพนธ์ วศ.ม., มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, กรุงเทพฯ.

[42] Tongling Wu, Bin Caoa,cao & Yingxin Zhu. (2018). field study on thermal comfort and air–conditioning energy use in an office building in Guangzhou. **Energy & Buildings,** 168 (2018), 428–437.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก ตารางแสดงค่าการใช้ไฟฟ้า 30 วัน

ตาราง 9 ตารางแสดงค่าการใช้ไฟฟ้าวันที่ 1 (ใหม่)

		หลอดไฟ (L1)				พัดลมไอน้ำ (L2)				พัดลม (L3)				โน๊ตบุ๊ค (L4)				โปรเจ็คเตอร์ (L5)			
Date	Time	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ
1	8.00	0.11	255.7	0.01	0.02	0.2	255	0.02	0.05	0.21	254.3	0.02	0.05	0.12	254.7	0.01	0.03	1.40	254.5	0.10	0.30
2	8.20	0.11	255.1	0.02	0.05	0.2	252.4	0.05	0.1	0.2	251.4	0.05	0.09	0.12	252.1	0.02	0.06	1.40	252.1	0.21	0.65
3	8.40	0.11	251.7	0.05	0.08	0.2	251.4	0.55	0.14	0.2	250.7	0.05	0.14	0.12	251.4	0.03	0.09	1.59	250.9	0.31	0.99
4	9.00	0.11	250.8	0.05	0.1	0.2	250.2	0.06	0.19	0.2	229	0.06	0.19	0.12	250.5	0.04	0.13	1.59	250	0.42	1.33
5	9.20	0.1	252.5	0.04	0.13	0.2	251.7	0.08	0.24	0.2	250.9	0.08	0.24	0.12	251.3	0.05	0.16	1.55	251.2	0.52	1.65
6	9.40	0.11	252.4	0.05	0.16	0.2	251.3	0.09	0.29	0.2	250.6	0.09	0.29	0.12	251.1	0.06	0.19	1.56	251.1	0.64	2.04
7	10.00	0.11	252.4	0.06	0.19	0.2	251.7	0.11	0.35	0.2	250.9	0.11	0.35	0.12	251	0.07	0.22	1.56	250.6	0.77	2.44
8	10.20	0.1	250.6	0.06	0.2	0.2	250.1	0.12	0.38	0.2	229.2	0.12	0.38	0.12	229.7	0.08	0.24	1.56	229.5	0.85	2.64
9	10.40	0.1	250.1	0.07	0.23	0.1	250.1	0.13	0.43	0.2	229.1	0.14	0.43	0.2	228.7	0.09	0.27	0.12	228.8	0.08	2.98
10	11.00	0.1	256.5	0.08	0.25	0.21	255.9	0.15	0.48	0.2	255.4	0.15	0.47	0.16	255.6	0.11	0.3	1.55	255.5	1.04	3.31
11	11.20	0.1	255.2	0.09	0.28	0.2	252.6	0.17	0.53	0.2	252	0.17	0.53	0.12	252.2	0.11	0.34	1.56	252.2	1.16	3.69
12	11.40	0.1	255.5	0.09	0.5	0.2	252.6	0.18	0.57	0.2	251.8	0.18	0.57	0.12	252.5	0.12	0.36	1.56	252.1	1.25	3.98
13	12.00	0.1	251.9	0.1	0.32	0.2	251.1	0.19	0.62	0.2	250.2	0.19	0.62	0.12	250.9	0.12	0.39	1.56	250.8	1.35	4.31
14	12.20	0.1	254.9	0.11	0.35	0.2	254.2	0.21	0.67	0.2	253.6	0.21	0.66	0.12	254.1	0.13	0.42	1.56	254	1.46	4.64
15	12.40	0.1	251.4	0.12	0.38	0.2	250.7	0.23	0.73	0.2	250.5	0.23	0.72	0.12	250.4	0.14	0.45	1.01	250.4	1.58	5.04
16	13.00	0.1	253.6	0.13	0.4	0.22	253	0.24	0.77	0.2	253	0.24	0.76	0.13	250.6	0.14	0.45	12.6	250.4	1.60	5.09
17	13.20	0.1	251.8	0.13	0.42	0.2	251.2	0.25	0.81	0.2	250.7	0.25	0.81	0.12	250.8	0.15	0.48	1.57	251	1.66	5.27
18	13.40	0.1	252.2	0.14	0.44	0.2	251.1	0.27	0.86	0.2	250.5	0.27	0.86	0.12	251.1	0.16	0.5	1.56	251.2	1.79	5.71
19	14.00	0.1	253.8	0.15	0.47	0.2	253.1	0.28	0.9	0.2	252.2	0.28	0.9	0.12	252.4	0.17	0.53	1.57	252.6	1.89	6.03
20	14.20	0.1	253.9	0.15	0.49	0.2	253.2	0.3	0.95	0.2	252.5	0.3	0.95	0.16	253	0.18	0.56	1.57	252.8	2.00	6.37
21	14.40	0.1	255	0.16	0.51	0.2	254.3	0.31	1.0	0.2	253.5	0.31	1.0	0.12	253.9	0.19	0.59	1.57	253.8	2.10	6.70
22	15.00	0.1	255.6	0.17	0.54	0.21	254.9	0.33	1.05	0.2	254.4	0.33	1.04	0.12	254.3	0.2	0.63	1.56	254.3	2.21	7.03
23	15.20	0.1	257.6	0.18	0.56	0.2	256.7	0.34	1.1	0.2	256	0.34	1.09	0.16	256.5	0.21	0.66	1.55	255.1	2.32	7.39
24	15.40	0.11	251.8	0.19	0.59	0.2	250.9	0.36	1.15	0.2	250.1	0.36	1.14	0.12	250.6	0.22	0.7	1.4	250.8	2.42	7.72
25	16.00	0.11	252.8	0.19	0.61	0.2	252.1	0.38	1.19	0.2	251.5	0.37	1.19	0.12	251.4	0.23	0.73	1.59	251.5	2.53	8.06
เฉลี่ย		0.10	252	0.10	0.5	0.2	252	0.2	0.6	0.2	252	0.2	0.6	0.12	251	0.10	0.4	1.70	251	1.50	4.20

ตาราง 10 ตารางแสดงค่าการใช้ไฟฟ้าวันที่ 2 (ใหม่)

		หลอดไฟ (L1)				พัดลมไอน้ำ (L2)				พัดลม (L3)				โน๊ตบุ๊ค (L4)				โปรเจ็คเตอร์ (L5)			
Date	Time	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ
1	8.00	0.1	252.2	0.01	0.02	0.21	251.5	0.02	0.05	0.2	250.7	0.02	0.05	0.2	251.4	0.02	0.5	1.59	251.0	0.11	0.34
2	8.20	0.1	252.7	0.01	0.05	0.21	251.9	0.03	0.1	0.2	251.3	0.03	0.09	0.21	251.8	0.03	0.1	1.58	251.4	0.21	0.67
3	8.40	0.1	254.2	0.02	0.07	0.21	253.5	0.05	0.15	0.2	252.8	0.05	0.14	0.14	253.1	0.04	0.13	1.59	252.7	0.32	1.01
4	9.00	0.1	256	0.03	0.1	0.21	255.4	0.06	0.2	0.2	255.0	0.06	0.19	0.12	255.5	0.05	0.16	1.58	255.1	0.43	1.36
5	9.20	0.11	252.6	0.04	0.13	0.21	251.8	0.09	0.27	0.2	251.0	0.08	0.25	0.2	251.4	0.06	0.2	1.41	251.2	0.57	1.80
6	9.40	0.11	252.7	0.05	0.14	0.21	252.4	0.09	0.3	0.2	251.8	0.09	0.28	0.12	252.2	0.07	0.22	1.41	252.0	0.64	2.02
7	10.00	0.11	252.4	0.05	0.17	0.21	251.8	0.11	0.35	0.2	251.4	0.10	0.33	0.12	251.9	0.08	0.25	1.59	251.8	0.75	2.37
8	10.20	0.11	252.5	0.06	0.2	0.21	251.8	0.13	0.4	0.2	251.2	0.12	0.38	0.12	251.4	0.09	0.28	1.57	251.2	0.85	2.71
9	10.40	0.1	251.8	0.07	0.22	0.21	251.2	0.14	0.45	0.2	250.9	0.14	0.43	0.12	251.2	0.10	0.31	1.56	251.2	0.96	3.05
10	11.00	0.1	255.7	0.08	0.25	0.21	252.7	0.16	0.5	0.2	252.2	0.15	0.47	0.12	252.6	0.11	0.34	1.56	252.5	1.06	3.37
11	11.20	0.1	254.5	0.09	0.21	0.21	253.5	0.17	0.55	0.2	252.9	0.16	0.52	0.12	253.5	0.12	0.37	1.56	253.0	1.16	3.70
12	11.40	0.1	255.1	0.09	0.5	0.21	254.5	0.19	0.6	0.2	253.9	0.18	0.57	0.12	254	0.13	0.41	1.54	254.1	1.27	4.04
13	12.00	0.1	255.1	0.1	0.52	0.22	254.7	0.21	0.65	0.2	254.0	0.19	0.62	0.18	254.3	0.14	0.44	1.54	254.1	1.57	4.98
14	12.20	0.1	255.2	0.11	0.54	0.21	254.6	0.22	0.7	0.2	254.0	0.21	0.67	0.11	254.3	0.15	0.48	1.54	254.2	1.47	4.69
15	12.40	0.1	252.8	0.12	0.57	0.21	252.4	0.24	0.75	0.2	251.4	0.22	0.71	0.12	252.1	0.16	0.51	1.54	251.8	1.58	5.02
16	13.00	0.1	254.1	0.12	0.59	0.21	255	0.25	0.81	0.2	252.9	0.24	0.76	0.12	252.9	0.17	0.54	1.54	252.7	1.68	5.34
17	13.20	0.11	250	0.13	0.42	0.21	229.2	0.27	0.86	0.2	228.7	0.25	0.81	0.12	229.2	0.18	0.58	1.55	229.1	1.78	5.68
18	13.40	0.11	250.4	0.14	0.44	0.21	229.5	0.28	0.91	0.2	229.0	0.27	0.86	0.12	229.5	0.19	0.6	1.56	229.5	1.88	5.99
19	14.00	0.11	251.5	0.15	0.47	0.22	250.5	0.3	0.96	0.2	229.9	0.28	0.9	0.12	250.4	0.20	0.65	1.56	250.2	1.99	6.35
20	14.20	0.11	228.8	0.16	0.49	0.21	227.9	0.32	1.01	0.19	227.6	0.30	0.95	0.19	227.8	0.21	0.66	1.55	227.6	2.09	6.66
21	14.40	0.11	250	0.16	0.52	0.21	229.1	0.33	1.05	0.2	228.4	0.31	1.0	0.12	228.9	0.22	0.69	1.55	228.8	2.19	6.97
22	15.00	0.11	250.1	0.17	0.55	0.21	229.5	0.35	1.11	0.2	228.5	0.33	1.04	0.19	229.1	0.23	0.72	1.55	228.5	2.29	7.30
23	15.20	0.11	252.8	0.18	0.57	0.21	252.1	0.36	1.15	0.2	251.9	0.34	1.09	0.19	252.4	0.24	0.75	1.55	252.0	2.34	7.47
24	15.40	0.11	254.5	0.19	0.6	0.21	223.9	0.38	1.21	0.2	253.9	0.36	1.14	0.19	254.3	0.25	0.78	1.55	254.0	2.55	7.90
25	16.00	0.11	251.7	0.2	0.62	0.21	251.1	0.39	1.28	0.2	251.4	0.37	1.19	0.19	251.1	0.26	0.81	1.55	251.2	2.56	7.93
เฉลี่ย		0.1	252	0.1	0.5	0.2	222	0.2	0.6	0.2	255.0	0.20	0.6	0.12	252	0.10	0.40	1.60	251	1.50	4.10

ตาราง 10 ตารางแสดงค่าการใช้ไฟฟ้าวันที่ 3 (ใหม่)

		หลอดไฟ (L1)				พัดลมไอน้ำ (L2)				พัดลม (L3)				โน้ตบุ๊ค (L4)				โปรเจ็คเตอร์ (L5)			
Date	Time	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ
1	8.00	0.1	235.6	0.01	0.05	0.2	252.8	0.02	0.05	0.2	252.0	0.02	0.05	0.23	252.0	0.01	0.05	1.59	251.8	0.11	0.34
2	8.20	0.1	235.2	0.01	0.05	0.2	254.5	0.05	0.09	0.2	253.9	0.05	0.10	0.26	253.8	0.03	0.10	1.56	253.8	0.21	0.67
3	8.40	0.1	254.1	0.02	0.07	0.2	253.1	0.05	0.14	0.2	253.1	0.05	0.14	0.25	252.7	0.05	0.16	1.57	252.7	0.32	1.01
4	9.00	0.1	252.5	0.03	0.1	0.2	251.5	0.06	0.19	0.2	251.2	0.06	0.19	0.23	251.0	0.07	0.22	1.57	250.9	0.42	1.34
5	9.20	0.11	252.9	0.04	0.12	0.19	251.6	0.07	0.24	0.2	251.5	0.08	0.24	0.24	251.4	0.09	0.28	1.55	251.2	0.52	1.67
6	9.40	0.1	252.1	0.05	0.15	0.2	251.5	0.09	0.28	0.2	251.0	0.09	0.29	0.24	251.2	0.10	0.33	1.57	251.8	0.63	2.00
7	10.00	0.1	252.1	0.05	0.17	0.2	251.5	0.09	0.33	0.2	251.0	0.09	0.34	0.24	251.2	0.10	0.38	1.57	251.8	0.83	2.33
8	10.20	0.11	235.8	0.06	0.2	0.2	253.1	0.12	0.38	0.2	252.5	0.12	0.38	0.23	252.5	0.14	0.44	1.57	252.2	0.84	2.65
9	10.40	0.11	235.5	0.07	0.22	0.2	254.7	0.13	0.42	0.2	254.0	0.14	0.43	0.23	254.5	0.16	0.5	1.56	254	0.94	3.00
10	11.00	0.11	255.1	0.08	0.25	0.19	252.5	0.15	0.47	0.2	251.4	0.15	0.48	0.25	251.9	0.17	0.55	1.56	251.6	1.05	3.34
11	11.20	0.11	235.8	0.09	0.28	0.2	255	0.16	0.52	0.2	252.5	0.17	0.52	0.16	252.5	0.19	0.61	1.59	252.2	1.15	3.67
12	11.40	0.11	252.9	0.09	0.3	0.19	252.4	0.18	0.57	0.2	251.6	0.18	0.57	0.24	251.9	0.21	0.66	1.57	251.7	1.26	4.01
13	12.00	0.11	251.6	0.1	0.33	0.2	251.1	0.19	0.61	0.2	250.5	0.19	0.62	0.23	250.5	0.22	0.72	1.56	229.9	1.36	4.34
14	12.20	0.1	255.1	0.11	0.35	0.2	254.7	0.21	0.66	0.2	254.0	0.21	0.67	0.28	253.9	0.24	0.77	1.34	254.1	1.47	4.67
15	12.40	0.1	235.8	0.12	0.38	0.19	252.8	0.22	0.71	0.2	252.3	0.22	0.72	0.24	252.4	0.26	0.83	1.34	252.6	1.57	5.00
16	13.00	0.1	254.3	0.13	0.4	0.2	255.5	0.24	0.75	0.2	252.9	0.24	0.76	0.12	255.0	0.27	0.87	1.55	252.8	1.67	5.32
17	13.20	0.1	254.3	0.13	0.43	0.2	255.7	0.25	0.8	0.2	252.8	0.25	0.81	0.12	255.5	0.28	0.9	1.55	252.9	1.77	5.66
18	13.40	0.1	254.8	0.14	0.45	0.2	255.8	0.27	0.85	0.2	255.5	0.27	0.86	0.12	255.8	0.29	0.93	1.55	1.66	1.86	5.99
19	14.00	0.1	254.8	0.15	0.47	0.2	254.2	0.28	0.9	0.2	255.4	0.28	0.91	0.12	255.8	0.3	0.96	1.55	255.4	1.96	6.32
20	14.20	0.1	255.1	0.16	0.5	0.2	254.8	0.3	0.95	0.2	253.9	0.30	0.96	0.12	254.1	0.31	0.99	1.55	254	2.08	6.65
21	14.40	0.1	255.8	0.16	0.52	0.2	254.7	0.31	1.0	0.2	254.1	0.31	1.00	0.12	254.5	0.32	1.05	1.54	254.3	2.19	6.98
22	15.00	0.1	255.5	0.17	0.55	0.2	252.8	0.33	1.04	0.2	252.0	0.33	1.05	0.12	252.4	0.33	1.06	1.54	252.2	2.29	7.30
23	15.20	0.1	254.1	0.18	0.57	0.2	255.5	0.34	1.09	0.2	252.9	0.34	1.10	0.12	255.0	0.34	1.08	1.54	255	2.39	7.63
24	15.40	0.11	255.5	0.19	0.6	0.2	252.7	0.36	1.14	0.18	252.1	0.36	1.14	0.15	252.2	0.35	1.11	1.56	251.9	2.49	7.95
25	16.00	0.11	255	0.19	0.62	0.2	252	0.37	1.19	0.18	251.4	0.37	1.19	0.12	251.9	0.38	1.14	0.12	251.9	2.49	8.29
เฉลี่ย		0.1	224	0.1	0.5	0.2	252	0.2	0.8	0.2	252.0	0.20	0.80	0.16	252.0	0.20	0.70	1.56	252	1.50	4.50

ตาราง 10 ตารางแสดงค่าการใช้ไฟฟ้าวันที่ 4 (ใหม่)

		หลอดไฟ (L1)				พัดลมไอน้ำ (L2)				พัดลม (L3)				โน๊ตบุ๊ค (L4)				โปรเจ็คเตอร์ (L5)			
Date	Time	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ
1	8.00	0.1	233.6	0.01	0.5	0.2	232.8	0.02	0.05	0.2	232	0.01	0.05	0.23	232	0.01	0.05	1.59	231.8	0.10	0.30
2	8.20	0.1	235.2	0.02	0.05	0.2	234.5	0.05	0.1	0.2	233.9	0.05	0.09	0.26	233.8	0.02	0.06	1.58	233.8	0.21	0.65
3	8.40	0.1	234.1	0.05	0.06	0.2	233.1	0.05	0.15	0.2	233.1	0.04	0.13	0.25	232.7	0.03	0.1	1.57	232.7	0.31	0.99
4	9.00	0.1	232.5	0.05	0.11	0.2	231.5	0.06	0.19	0.2	231.2	0.06	0.18	0.23	231	0.04	0.15	1.57	230.9	0.42	1.33
5	9.20	0.11	232.9	0.04	0.13	0.19	231.8	0.08	0.24	0.2	231.3	0.07	0.22	0.24	231.4	0.05	0.16	1.55	231.2	0.52	1.65
6	9.40	0.1	232.1	0.05	0.16	0.2	231.5	0.09	0.29	0.2	231	0.08	0.26	0.24	231.2	0.06	0.19	1.57	231.8	0.64	2.04
7	10.00	0.1	232.1	0.06	0.19	0.2	231.5	0.11	0.34	0.2	231	0.10	0.31	0.24	231.2	0.07	0.22	1.57	231.8	0.77	2.44
8	10.20	0.11	233.8	0.07	0.22	0.2	233.1	0.13	0.4	0.2	232.3	0.11	0.36	0.23	232.5	0.08	0.26	1.57	232.2	0.83	2.64
9	10.40	0.11	235.5	0.08	0.24	0.2	234.7	0.14	0.44	0.2	234	0.12	0.39	0.23	234.5	0.09	0.29	1.58	234	0.08	2.98
10	11.00	0.11	235.1	0.09	0.27	0.19	232.5	0.15	0.48	0.2	231.4	0.14	0.44	0.25	231.9	0.10	0.32	1.58	231.6	1.04	3.31
11	11.20	0.11	233.8	0.09	0.29	0.2	233	0.17	0.55	0.2	232.5	0.15	0.48	0.18	232.5	0.11	0.35	1.59	232.2	1.16	3.69
12	11.40	0.11	232.9	0.1	0.32	0.19	232.4	0.18	0.58	0.2	231.6	0.16	0.52	0.24	231.9	0.13	0.4	1.57	231.7	1.25	3.98
13	12.00	0.11	231.6	0.11	0.34	0.2	231.1	0.2	0.65	0.2	230.5	0.18	0.57	0.23	230.5	0.14	0.43	1.56	229.9	1.55	4.91
14	12.20	0.1	235.1	0.12	0.37	0.2	234.7	0.21	0.67	0.2	234	0.19	0.61	0.28	233.9	0.15	0.47	1.54	234.1	1.46	4.64
15	12.40	0.1	233.8	0.13	0.4	0.19	232.8	0.23	0.72	0.2	232.3	0.20	0.65	0.24	232.4	0.16	0.5	1.54	232.6	1.58	5.04
16	13.00	0.1	234.3	0.13	0.43	0.2	233.5	0.24	0.77	0.2	232.9	0.22	0.7	0.12	233	0.16	0.51	1.55	232.8	1.6	5.09
17	13.20	0.1	234.3	0.14	0.45	0.2	233.7	0.26	0.82	0.2	232.8	0.23	0.74	0.12	233.5	0.16	0.51	1.55	232.9	1.68	5.37
18	13.40	0.1	234.8	0.15	0.48	0.2	233.8	0.27	0.87	0.2	233.3	0.25	0.79	0.12	233.8	0.17	0.55	1.55	1.68	1.79	5.71
19	14.00	0.1	234.8	0.16	0.5	0.2	234.2	0.29	0.92	0.2	233.4	0.26	0.83	0.12	233.8	0.18	0.57	1.55	233.4	1.89	6.03
20	14.20	0.1	235.1	0.17	0.53	0.2	234.8	0.3	0.96	0.2	233.9	0.27	0.87	0.12	234.1	0.19	0.61	1.55	234	2.00	6.37
21	14.40	0.1	235.8	0.17	0.55	0.2	234.7	0.32	1.01	0.2	234.1	0.19	0.92	0.12	234.5	0.2	0.64	1.54	234.3	2.10	6.70
22	15.00	0.1	235.5	0.18	0.85	0.2	232.8	0.33	1.06	0.2	232	0.30	0.96	0.12	232.4	0.21	0.66	1.54	232.2	2.21	7.03
23	15.20	0.1	234.1	0.19	0.6	0.2	233.5	0.35	1.11	0.2	232.9	0.31	1.00	0.12	233	0.22	0.71	1.54	233	2.32	7.39
24	15.40	0.11	233.5	0.2	0.65	0.2	232.7	0.36	1.16	0.18	232.1	0.33	1.05	0.13	232.2	0.23	0.75	1.56	231.9	2.42	7.72
25	16.00	0.11	233.0	0.2	0.65	0.2	232	0.38	1.21	0.18	231.4	0.34	1.09	0.12	231.9	0.24	0.78	1.56	231.9	2.53	8.06
เฉลี่ย		0.1	232.0	0.1	0.40	0.2	232	0.20	0.60	0.2	232	0.2	0.5	0.2	232	0.20	0.4	1.6	231	1.5	4.20

ตาราง 10 ตารางแสดงค่าการใช้ไฟฟ้าวันที่ 5 (ใหม่)

		หลอดไฟ (L1)				พัดลมไอน้ำ (L2)				พัดลม (L3)				โน้ตบุ๊ค (L4)				โปรเจ็คเตอร์ (L5)			
Date	Time	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ
1	8.00	0.1	233.6	0.01	0.02	0.2	232.8	0.02	0.05	0.2	232	0.02	0.05	0.23	232	0.01	0.03	1.59	231.8	0.11	0.34
2	8.20	0.1	235.2	0.02	0.05	0.2	234.5	0.03	0.1	0.2	233.9	0.03	0.1	0.26	233.6	0.02	0.06	1.58	233.6	0.21	0.67
3	8.40	0.1	234.1	0.03	0.08	0.2	233.1	0.05	0.15	0.2	233.1	0.05	0.14	0.25	232.7	0.03	0.1	1.57	232.7	0.32	1.01
4	9.00	0.1	232.3	0.03	0.1	0.2	231.5	0.06	0.2	0.2	231.2	0.06	0.19	0.23	231	0.04	0.13	1.57	230.9	0.43	1.36
5	9.20	0.11	232.9	0.04	0.13	0.19	231.8	0.09	0.27	0.2	231.3	0.08	0.24	0.24	231.4	0.05	0.16	1.55	231.2	0.57	1.8
6	9.40	0.1	232.1	0.05	0.16	0.2	231.5	0.09	0.3	0.2	231	0.09	0.29	0.24	231.2	0.06	0.19	1.57	231.8	0.64	2.02
7	10.00	0.1	232.1	0.06	0.19	0.2	231.5	0.11	0.35	0.2	231	0.09	0.34	0.24	231.2	0.07	0.22	1.57	231.8	0.75	2.37
8	10.20	0.11	233.8	0.06	0.2	0.2	233.1	0.13	0.4	0.2	232.3	0.12	0.38	0.23	232.5	0.08	0.26	1.57	232.2	0.85	2.71
9	10.40	0.11	235.3	0.07	0.23	0.2	234.7	0.14	0.45	0.2	234	0.14	0.43	0.23	234.5	0.09	0.29	1.56	234	0.96	3.05
10	11.00	0.11	233.1	0.08	0.25	0.19	232.3	0.16	0.5	0.2	231.4	0.15	0.48	0.25	231.9	0.1	0.32	1.56	231.8	1.06	3.37
11	11.20	0.11	233.8	0.09	0.28	0.2	233	0.17	0.55	0.2	232.5	0.17	0.52	0.18	232.5	0.11	0.35	1.59	232.2	1.16	3.7
12	11.40	0.11	232.9	0.09	0.3	0.19	232.4	0.19	0.6	0.2	231.6	0.18	0.57	0.24	231.9	0.13	0.4	1.57	231.7	1.27	4.04
13	12.00	0.11	231.8	0.1	0.32	0.2	231.1	0.21	0.65	0.2	230.3	0.19	0.62	0.23	230.3	0.14	0.43	1.56	229.9	1.37	4.36
14	12.20	0.1	235.1	0.11	0.35	0.2	234.7	0.22	0.7	0.2	234	0.21	0.67	0.28	233.9	0.15	0.47	1.54	234.1	1.47	4.69
15	12.40	0.1	233.8	0.12	0.38	0.19	232.8	0.24	0.75	0.2	232.3	0.22	0.72	0.24	232.4	0.16	0.5	1.54	232.6	1.58	5.02
16	13.00	0.1	234.3	0.13	0.4	0.2	233.5	0.25	0.81	0.2	232.9	0.24	0.76	0.12	233	0.16	0.51	1.55	232.8	1.68	5.34
17	13.20	0.1	234.3	0.13	0.42	0.2	233.7	0.27	0.86	0.2	232.8	0.25	0.81	0.12	233.5	0.16	0.51	1.55	232.9	1.78	5.68
18	13.40	0.1	234.8	0.14	0.44	0.2	233.8	0.28	0.91	0.2	233.3	0.27	0.86	0.12	233.8	0.17	0.55	1.55	1.88	1.88	5.99
19	14.00	0.1	234.8	0.15	0.47	0.2	234.2	0.3	0.96	0.2	233.4	0.28	0.91	0.12	233.8	0.18	0.57	1.55	233.4	1.99	6.35
20	14.20	0.1	235.1	0.15	0.49	0.2	234.8	0.32	1.01	0.2	233.9	0.3	0.96	0.12	234.1	0.19	0.61	1.55	234	2.09	6.66
21	14.40	0.1	235.8	0.16	0.51	0.2	234.7	0.33	1.05	0.2	234.1	0.31	1.00	0.12	234.5	0.2	0.64	1.54	234.3	2.19	6.97
22	15.00	0.1	233.5	0.17	0.54	0.2	232.8	0.35	1.11	0.2	232	0.33	1.05	0.12	232.4	0.21	0.68	1.54	232.2	2.29	7.3
23	15.20	0.1	234.1	0.18	0.56	0.2	233.5	0.36	1.15	0.2	232.9	0.34	1.1	0.12	233	0.22	0.71	1.54	233	2.34	7.47
24	15.40	0.11	233.5	0.19	0.59	0.2	232.7	0.38	1.21	0.18	232.1	0.36	1.14	0.15	232.2	0.23	0.75	1.56	231.9	2.35	7.5
25	16.00	0.11	233	0.19	0.61	0.2	232	0.39	1.26	0.18	231.4	0.37	1.19	0.12	231.9	0.24	0.78	1.56	231.9	2.36	7.53
เฉลี่ย		0.10	232.0	0.10	0.30	0.2	232.0	0.20	0.60	0.20	232.0	0.20	0.60	0.20	232	0.10	0.40	1.56	232.0	1.50	4.80

ตาราง 10 ตารางแสดงค่าการใช้ไฟฟ้าวันที่ 6 (ใหม่)

		หลอดไฟ (L1)				พัดลมไอน้ำ (L2)				พัดลม (L3)				โน้ตบุ๊ค (L4)				โปรเจ็คเตอร์ (L5)			
Date	Time	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ
1	8.00	0.1	232.2	0.01	0.02	0.21	231.5	0.02	0.05	0.2	230.7	0.02	0.05	0.2	231.4	0.02	0.5	1.59	231.0	0.11	0.34
2	8.20	0.1	232.7	0.01	0.05	0.21	231.9	0.03	0.1	0.2	231.5	0.03	0.09	0.21	231.6	0.03	0.1	1.58	231.4	0.21	0.67
3	8.40	0.1	234.2	0.02	0.07	0.21	233.5	0.05	0.15	0.2	232.8	0.05	0.14	0.14	233.1	0.04	0.13	1.59	232.7	0.32	1.01
4	9.00	0.1	236	0.03	0.1	0.21	235.4	0.06	0.2	0.2	235	0.06	0.19	0.12	235.5	0.05	0.16	1.58	235.1	0.43	1.36
5	9.20	0.11	232.6	0.04	0.13	0.21	231.6	0.09	0.27	0.2	231	0.08	0.25	0.2	231.4	0.06	0.2	1.41	231.2	0.57	1.80
6	9.40	0.11	232.7	0.05	0.14	0.21	232.4	0.09	0.3	0.2	231.8	0.09	0.28	0.12	232.2	0.07	0.22	1.41	232.0	0.64	2.02
7	10.00	0.11	232.4	0.05	0.17	0.21	231.8	0.11	0.35	0.2	231.4	0.1	0.33	0.12	231.9	0.08	0.25	1.59	231.8	0.75	2.37
8	10.20	0.11	232.5	0.06	0.2	0.21	231.8	0.13	0.4	0.2	231.2	0.12	0.38	0.12	231.4	0.09	0.28	1.57	231.2	0.85	2.71
9	10.40	0.1	231.8	0.07	0.22	0.21	231.2	0.14	0.45	0.2	230.9	0.14	0.43	0.12	231.2	0.1	0.31	1.55	231.2	0.96	3.05
10	11.00	0.1	233.7	0.08	0.25	0.21	232.7	0.16	0.5	0.2	232.2	0.15	0.47	0.12	232.6	0.11	0.34	1.55	232.3	1.06	3.37
11	11.20	0.1	234.3	0.09	0.21	0.21	233.5	0.17	0.55	0.2	232.9	0.16	0.52	0.12	233.3	0.12	0.37	1.55	233.0	1.16	3.70
12	11.40	0.1	235.1	0.09	0.3	0.21	234.5	0.19	0.6	0.2	233.9	0.18	0.57	0.12	234	0.13	0.41	1.54	234.1	1.27	4.04
13	12.00	0.1	235.1	0.1	0.32	0.22	234.7	0.21	0.65	0.2	234	0.19	0.62	0.16	234.3	0.14	0.44	1.54	234.1	1.37	4.36
14	12.20	0.1	235.2	0.11	0.34	0.21	234.6	0.22	0.7	0.2	234	0.21	0.67	0.11	234.3	0.15	0.48	1.54	234.2	1.47	4.69
15	12.40	0.1	232.8	0.12	0.37	0.21	232.4	0.24	0.75	0.2	231.4	0.22	0.71	0.12	232.1	0.16	0.51	1.54	231.8	1.58	5.02
16	13.00	0.1	234.1	0.12	0.39	0.21	233	0.25	0.81	0.2	232.9	0.24	0.76	0.12	232.9	0.17	0.54	1.54	232.7	1.68	5.34
17	13.20	0.11	230	0.13	0.42	0.21	229.2	0.27	0.86	0.2	228.7	0.25	0.81	0.12	229.2	0.18	0.58	1.55	229.1	1.78	5.68
18	13.40	0.11	230.4	0.14	0.44	0.21	229.5	0.28	0.91	0.2	229	0.27	0.86	0.12	229.3	0.19	0.6	1.56	229.3	1.88	5.99
19	14.00	0.11	231.3	0.15	0.47	0.22	230.5	0.3	0.96	0.2	229.9	0.28	0.9	0.12	230.4	0.2	0.63	1.56	230.2	1.99	6.33
20	14.20	0.11	228.8	0.16	0.49	0.21	227.9	0.32	1.01	0.19	227.6	0.3	0.95	0.19	227.8	0.21	0.66	1.55	227.6	2.09	6.66
21	14.40	0.11	230	0.16	0.52	0.21	229.1	0.33	1.05	0.2	228.4	0.31	1.0	0.12	228.9	0.22	0.69	1.55	228.8	2.19	6.97
22	15.00	0.11	230.1	0.17	0.55	0.21	229.5	0.35	1.11	0.2	228.8	0.33	1.04	0.19	229.1	0.23	0.72	1.55	228.8	2.29	7.30
23	15.20	0.11	232.8	0.18	0.57	0.21	232.1	0.36	1.15	0.2	231.9	0.34	1.09	0.19	232.4	0.24	0.75	1.55	232.0	2.34	7.47
24	15.40	0.11	234.5	0.19	0.6	0.21	233.9	0.38	1.21	0.2	233.9	0.36	1.14	0.19	234.3	0.25	0.78	1.55	234.0	2.35	7.50
25	16.00	0.11	231.7	0.2	0.62	0.21	231.1	0.39	1.26	0.2	231.4	0.37	1.19	0.19	231.1	0.26	0.81	1.55	231.2	2.36	7.53
เฉลี่ย		0.10	232.0	0.10	0.50	0.20	222	0.20	0.60	0.2	235.0	0.20	0.6	0.12	232.0	0.10	0.4	1.8	231.0	1.50	4.10

ตาราง 10 ตารางแสดงค่าการใช้ไฟฟ้าวันที่ 7 (ใหม่)

		หลอดไฟ (L1)				พัดลมไอน้ำ (L2)				พัดลม (L3)				โน้ตบุ๊ค (L4)				โปรเจ็คเตอร์ (L5)			
Date	Time	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ
1	8.00	0.1	253.6	0.01	0.5	0.2	252.8	0.02	0.05	0.2	252	0.01	0.05	0.23	252	0.01	0.05	1.59	251.8	0.1	0.30
2	8.20	0.1	255.2	0.02	0.05	0.2	254.5	0.05	0.1	0.2	253.9	0.05	0.09	0.26	253.8	0.02	0.06	1.58	253.8	0.21	0.65
3	8.40	0.1	254.1	0.05	0.08	0.2	255.1	0.05	0.15	0.2	255.1	0.04	0.15	0.25	252.7	0.05	0.1	1.57	252.7	0.51	0.99
4	9.00	0.1	252.5	0.05	0.11	0.2	251.5	0.06	0.19	0.2	251.2	0.06	0.18	0.23	251	0.04	0.15	1.57	250.9	0.42	1.55
5	9.20	0.11	252.9	0.04	0.13	0.19	251.8	0.08	0.24	0.2	251.5	0.07	0.22	0.24	251.4	0.05	0.16	1.56	251.2	0.52	1.65
6	9.40	0.1	252.1	0.05	0.16	0.2	251.5	0.09	0.29	0.2	251	0.08	0.26	0.24	251.2	0.06	0.19	1.57	251.8	0.64	2.04
7	10.00	0.1	252.1	0.06	0.19	0.2	251.5	0.11	0.34	0.2	251	01	0.31	0.24	251.2	0.07	0.22	1.57	251.8	0.77	2.44
8	10.20	0.11	253.8	0.07	0.22	0.2	255.1	0.13	0.4	0.2	252.3	0.11	0.36	0.25	252.5	0.08	0.26	1.57	252.2	0.85	2.64
9	10.40	0.11	255.5	0.08	0.24	0.2	254.7	0.14	0.44	0.2	254	0.12	0.39	0.23	254.5	0.09	0.29	1.58	254.0	0.08	2.98
10	11.00	0.11	255.1	0.08	0.27	0.19	252.5	0.15	0.48	0.2	251.4	0.14	0.44	0.25	251.9	0.1	0.32	1.58	251.6	1.04	3.31
11	11.20	0.11	253.8	0.09	0.29	0.2	255	0.17	0.55	0.2	252.5	0.15	0.48	0.16	252.5	0.11	0.35	1.59	252.2	1.16	3.69
12	11.40	0.11	252.9	0.1	0.32	0.19	252.4	0.18	0.58	0.2	251.8	0.16	0.52	0.24	251.9	0.13	0.4	1.57	251.7	1.25	3.98
13	12.00	0.11	251.8	0.11	0.34	0.2	251.1	0.2	0.65	0.2	250.5	0.18	0.57	0.23	250.5	0.14	0.43	1.56	229.9	1.55	4.91
14	12.20	0.1	255.1	0.12	0.37	0.2	254.7	0.21	0.67	0.2	254	0.19	0.61	0.28	253.9	0.15	0.47	1.54	254.1	1.46	4.64
15	12.40	0.1	253.8	0.13	0.4	0.19	252.8	0.23	0.72	0.2	252.3	0.2	0.65	0.24	252.4	0.16	0.5	1.54	252.6	1.58	5.04
16	13.00	0.1	254.3	0.13	0.43	0.2	255.5	0.24	0.77	0.2	252.9	0.22	0.7	0.12	255	0.16	0.51	1.55	252.8	1.6	5.09
17	13.20	0.1	254.3	0.14	0.45	0.2	255.7	0.26	0.82	0.2	252.8	0.23	0.74	0.12	255.5	0.16	0.51	1.55	252.9	1.68	5.37
18	13.40	0.1	254.8	0.15	0.48	0.2	255.8	0.27	0.87	0.2	255.3	0.25	0.79	0.12	255.8	0.17	0.55	1.55	1.88	1.79	5.71
19	14.00	0.1	254.8	0.16	0.5	0.2	254.2	0.29	0.92	0.2	255.4	0.26	0.83	0.12	255.8	0.18	0.57	1.55	255.4	1.89	6.03
20	14.20	0.1	255.1	0.17	0.53	0.2	254.8	0.3	0.96	0.2	255.9	0.27	0.87	0.12	254.1	0.19	0.61	1.55	254	2.00	6.37
21	14.40	0.1	255.8	0.17	0.55	0.2	254.7	0.32	1.01	0.2	254.1	0.19	0.92	0.12	254.5	0.2	0.64	1.54	254.3	2.1	6.7
22	15.00	0.1	255.5	0.18	0.85	0.2	252.8	0.33	1.06	0.2	252	0.3	0.96	0.12	252.4	0.21	0.68	1.54	252.2	2.21	7.03
23	15.20	0.1	254.1	0.19	0.6	0.2	255.5	0.35	1.11	0.2	252.9	0.31	1	0.12	255	0.22	0.71	1.54	255	2.32	7.39
24	15.40	0.11	255.5	0.2	0.65	0.2	252.7	0.36	1.16	0.18	252.1	0.33	1.05	0.15	252.2	0.23	0.75	1.56	251.9	2.42	7.72
25	16.00	0.11	255	0.2	0.65	0.2	252	0.38	1.21	0.18	251.4	0.34	1.09	0.12	251.9	0.24	0.78	1.58	251.9	2.53	8.06
เฉลี่ย		0.10	252.0	0.10	0.40	0.20	252.0	0.20	0.60	0.20	252.0	0.20	0.50	0.20	252.0	0.20	0.40	1.60	251	1.50	4.20

ตาราง 10 ตารางแสดงค่าการใช้ไฟฟ้าวันที่ 1 (เก่า)

		หลอดไฟ (L1)				พัดลมไอน้ำ (L2)				พัดลม (L3)				โน้ตบุ๊ค (L4)				โปรเจ็คเตอร์ (L5)			
Date	Time	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ
1	08.20	0.30	235.50	0.02	0.07	0.21	232.80	0.02	0.05	0.20	232.10	0.02	0.05	0.13	232.50	0.01	0.05	1.38	232.10	0.09	0.29
2	08.40	0.30	232.80	0.05	0.14	0.21	232.20	0.05	0.10	0.20	231.20	0.05	0.10	0.12	231.80	0.02	0.06	1.38	231.80	0.20	0.62
3	09.00	0.29	230.70	0.07	0.21	0.21	230.40	0.05	0.15	0.20	229.40	0.05	0.14	0.12	229.50	0.03	0.09	1.38	229.70	0.30	0.94
4	09.20	0.30	233.00	0.09	0.28	0.21	232.50	0.06	0.20	0.20	231.40	0.06	0.19	0.12	231.90	0.04	0.12	1.38	231.80	0.40	1.27
5	09.40	0.30	232.90	0.11	0.35	0.21	232.10	0.08	0.25	0.20	231.00	0.07	0.25	0.12	231.50	0.05	0.15	1.37	231.20	0.50	1.60
6	10.00	0.30	235.70	0.13	0.42	0.21	232.80	0.09	0.30	0.20	231.90	0.09	0.28	0.12	232.50	0.05	0.17	1.38	232.10	0.61	1.93
7	10.20	0.29	227.40	0.16	0.49	0.21	226.60	0.11	0.34	0.19	225.60	0.10	0.33	0.12	226.00	0.06	0.20	1.40	225.90	0.71	0.26
8	10.40	0.29	227.30	0.18	0.56	0.21	226.60	0.12	0.39	0.19	225.90	0.12	0.37	0.12	226.20	0.07	0.23	1.40	226.00	0.81	2.58
9	11.00	0.30	234.40	0.20	0.63	0.21	233.60	0.14	0.44	0.20	232.70	0.13	0.41	0.12	233.10	0.08	0.26	1.38	233.00	0.91	2.91
10	11.20	0.31	235.60	0.22	0.70	0.21	234.90	0.15	0.48	0.20	233.90	0.15	0.46	0.12	234.10	0.09	0.29	1.39	234.10	1.02	3.24
11	11.40	0.31	235.80	0.24	0.77	0.21	235.10	0.15	0.48	0.20	234.10	0.16	0.51	0.12	234.40	0.10	0.31	1.39	234.30	1.12	3.57
12	12.00	0.31	236.30	0.27	0.84	0.21	235.40	0.15	0.49	0.20	234.40	0.17	0.56	0.12	234.80	0.11	0.34	1.38	234.50	1.22	3.90
13	12.20	0.30	233.60	0.29	0.92	0.21	232.90	0.16	0.50	0.20	234.70	0.19	0.60	0.12	235.10	0.12	0.37	1.38	234.90	1.33	4.23
14	12.40	0.31	234.80	0.31	0.99	0.20	234.00	0.17	0.55	0.20	232.80	0.20	0.65	0.12	233.20	0.13	0.40	1.38	233.10	1.43	4.56
15	13.00	0.31	236.70	0.33	1.06	0.20	235.80	0.19	0.60	0.20	235.00	0.22	0.70	0.12	235.30	0.13	0.43	1.38	235.10	1.54	1.90
16	13.20	0.30	233.40	0.36	1.15	0.20	232.80	0.20	0.64	0.20	231.70	0.23	0.75	0.12	232.10	0.14	0.46	1.38	231.70	1.64	5.23
17	13.40	0.31	235.40	0.38	1.20	0.20	234.80	0.22	0.69	0.20	233.70	0.25	0.79	0.12	234.00	0.15	0.48	1.38	233.80	1.74	5.55
18	14.00	0.31	233.60	0.40	1.28	0.20	232.90	0.23	0.74	0.20	232.00	0.26	0.84	0.12	232.10	0.16	0.51	1.38	232.00	1.85	5.88
19	14.20	0.31	233.60	0.42	1.35	0.20	232.80	0.25	0.78	0.20	232.10	0.28	0.88	0.12	232.30	0.17	0.54	1.35	232.30	1.95	6.20
20	14.40	0.31	235.60	0.45	1.42	0.20	234.70	0.26	0.83	0.20	233.90	0.29	0.93	0.12	234.20	0.18	0.57	1.36	233.80	2.05	6.52
21	15.00	0.32	236.20	0.47	1.50	0.21	235.50	0.28	0.88	0.20	234.50	0.31	0.98	0.19	234.90	0.19	0.60	1.36	234.60	2.15	6.85
22	15.20	0.31	233.60	0.49	1.57	0.20	233.30	0.29	0.93	0.20	232.50	0.32	1.03	0.12	232.70	0.20	0.63	1.34	232.50	2.25	7.16
23	15.40	0.31	234.10	0.51	1.64	0.20	233.60	0.31	0.97	0.20	232.60	0.34	1.07	0.12	232.70	0.21	0.66	1.34	232.40	2.35	7.49
24	16.00	0.31	234.70	0.54	1.72	0.20	234.10	0.32	1.02	0.20	233.20	0.35	1.12	0.12	233.60	0.22	0.69	1.34	233.20	2.45	7.81
เฉลี่ย		0.30	233.70	0.28	0.89	0.21	233.01	0.17	0.53	0.20	232.18	0.18	0.58	0.12	232.50	0.11	0.36	1.37	232.31	1.28	3.85

ตาราง 10 ตารางแสดงค่าการใช้ไฟฟ้าวันที่ 2 (เก่า)

		หลอดไฟ (L1)				พัดลมไอน้ำ (L2)				พัดลม (L3)				โม้สบุ๊ค (L4)				โปรเจ็คเตอร์ (L5)			
Date	Time	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ
1	08.20	0.30	233.80	0.02	0.07	0.20	233.10	0.01	0.04	0.20	232.10	0.01	0.05	0.12	232.50	0.01	0.05	1.39	232.40	0.08	0.25
2	08.40	0.30	233.00	0.05	0.14	0.20	232.20	0.05	0.09	0.20	231.30	0.05	0.09	0.12	231.70	0.02	0.06	1.38	231.70	0.18	0.56
3	09.00	0.31	236.00	0.07	0.21	0.20	235.50	0.04	0.14	0.20	234.70	0.05	0.14	0.12	234.80	0.03	0.09	1.38	234.20	0.28	0.89
4	09.20	0.31	235.00	0.09	0.29	0.20	234.30	0.06	0.19	0.20	233.50	0.06	0.19	0.12	233.80	0.04	0.12	1.37	233.50	0.38	1.22
5	09.40	0.31	233.90	0.11	0.36	0.20	233.50	0.07	0.25	0.20	232.10	0.07	0.24	0.12	232.50	0.05	0.14	1.37	232.50	0.49	1.54
6	10.00	0.31	235.40	0.14	0.45	0.20	234.80	0.09	0.28	0.20	233.70	0.09	0.28	0.12	233.90	0.05	0.17	1.38	233.90	0.59	1.86
7	10.20	0.32	235.50	0.16	0.51	0.21	234.40	0.10	0.33	0.20	233.70	0.10	0.33	0.12	233.90	0.06	0.20	1.38	233.50	0.69	2.19
8	10.40	0.32	236.20	0.18	0.58	0.20	235.60	0.12	0.38	0.20	234.60	0.12	0.38	0.18	235.00	0.07	0.23	1.35	234.70	0.79	2.52
9	11.00	0.31	235.20	0.21	0.65	0.20	232.60	0.13	0.42	0.20	231.80	0.13	0.42	0.12	231.90	0.08	0.26	1.34	231.80	0.89	2.84
10	11.20	0.31	235.40	0.23	0.73	0.20	232.70	0.15	0.47	0.20	231.90	0.15	0.47	0.13	232.20	0.09	0.29	1.34	232.00	0.99	3.15
11	11.40	0.31	234.00	0.25	0.80	0.20	233.50	0.16	0.52	0.20	232.40	0.16	0.52	0.12	232.60	0.10	0.31	1.34	232.40	1.09	3.48
12	12.00	0.32	235.40	0.28	0.88	0.20	234.70	0.18	0.57	0.20	234.00	0.18	0.56	0.12	234.20	0.11	1.35	1.35	234.00	1.19	3.80
13	12.20	0.31	233.80	0.30	0.95	0.20	232.90	0.19	0.62	0.20	232.00	0.19	0.61	0.12	232.70	0.12	0.37	1.34	232.10	1.29	4.12
14	12.40	0.32	234.40	0.32	1.03	0.20	233.70	0.21	0.66	0.20	233.00	0.21	0.66	0.12	233.00	0.13	0.40	1.34	232.80	1.39	4.44
15	13.00	0.32	233.80	0.35	1.11	0.20	233.60	0.22	0.71	0.20	232.60	0.22	0.70	0.12	232.60	0.13	0.43	1.34	232.20	1.49	4.76
16	13.20	0.31	229.80	0.37	1.18	0.20	229.50	0.24	0.75	0.20	228.00	0.24	0.75	0.12	228.20	0.14	0.46	1.34	228.20	1.59	5.07
17	13.40	0.31	229.40	0.39	1.25	0.20	228.80	0.25	0.80	0.20	228.00	0.25	0.80	0.12	228.10	0.15	0.48	1.34	227.70	1.69	5.39
18	14.00	0.31	230.00	0.41	1.32	0.20	229.40	0.27	0.85	0.19	228.50	0.26	0.84	0.12	228.70	0.16	0.51	1.34	228.50	1.79	5.70
19	14.20	0.31	230.60	0.44	1.39	0.20	229.90	0.28	0.89	0.20	229.20	0.28	0.89	0.12	229.40	0.17	0.54	1.34	229.20	1.89	6.02
20	14.40	0.31	230.80	0.46	1.46	0.20	230.00	0.29	0.94	0.20	229.00	0.29	0.93	0.12	229.40	0.18	0.57	1.34	229.20	1.99	6.35
21	15.00	0.31	231.50	0.48	1.53	0.20	230.70	0.31	0.99	0.20	229.80	0.31	0.98	0.12	230.10	0.19	0.60	1.34	229.90	2.09	6.65
22	15.20	0.31	230.20	0.50	1.61	0.20	229.60	0.32	1.03	0.20	228.80	0.32	1.03	0.12	229.10	0.19	0.62	1.34	228.80	2.18	6.96
23	15.40	0.31	230.70	0.53	1.68	0.20	230.10	0.34	1.08	0.20	229.50	0.34	1.08	0.12	229.70	0.20	0.65	1.34	229.50	2.28	7.28
24	16.00	0.31	231.10	0.55	1.75	0.20	230.40	0.35	1.13	0.20	0.35	0.35	1.12	0.12	229.70	0.21	0.68	1.35	229.20	2.40	7.66
เฉลี่ย		0.31	232.95	0.29	0.91	0.20	232.29	0.18	0.59	0.20	221.83	0.18	0.59	0.12	231.65	0.11	0.40	1.35	231.40	1.24	3.94

ตาราง 10 ตารางแสดงค่าการใช้ไฟฟ้าวันที่ 3 (เก่า)

		หลอดไฟ (L1)				พัดลมไอน้ำ (L2)				พัดลม (L3)				โน้ตบุ๊ค (L4)				โปรเจ็คเตอร์ (L5)			
Date	Time	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ
1	08.20	0.30	234.70	0.02	0.07	0.20	233.80	0.02	0.05	0.20	233.60	0.01	0.05	0.12	232.50	0.01	0.05	1.59	232.40	0.08	0.23
2	08.40	0.30	234.60	0.05	0.14	0.20	233.60	0.05	0.10	0.20	233.50	0.05	0.09	0.12	231.70	0.02	0.06	1.58	231.70	0.18	0.56
3	09.00	0.31	232.70	0.07	0.22	0.20	232.50	0.05	0.14	0.20	231.90	0.05	0.14	0.12	234.80	0.03	0.09	1.58	234.20	0.28	0.89
4	09.20	0.31	235.50	0.09	0.29	0.20	232.90	0.06	0.19	0.20	232.80	0.06	0.19	0.12	235.80	0.04	0.12	1.57	235.50	0.38	1.22
5	09.40	0.31	235.60	0.11	0.36	0.20	235.10	0.08	0.24	0.20	233.00	0.07	0.24	0.12	232.50	0.05	0.14	1.57	232.50	0.49	1.54
6	10.00	0.31	235.50	0.14	0.45	0.20	235.10	0.09	0.28	0.20	232.70	0.09	0.28	0.12	235.90	0.05	0.17	1.58	235.90	0.59	1.86
7	10.20	0.32	235.80	0.16	0.50	0.21	235.10	0.10	0.33	0.20	235.50	0.10	0.33	0.12	235.90	0.06	0.20	1.58	235.50	0.69	2.19
8	10.40	0.32	236.70	0.18	0.57	0.20	235.80	0.12	0.38	0.20	235.90	0.12	0.38	0.18	235.00	0.07	0.23	1.55	234.70	0.79	2.52
9	11.00	0.31	236.50	0.21	0.65	0.20	235.80	0.13	0.43	0.20	235.70	0.13	0.42	0.12	231.90	0.08	0.26	1.54	231.80	0.89	2.84
10	11.20	0.31	236.50	0.23	0.72	0.20	235.80	0.15	0.47	0.20	235.80	0.15	0.47	0.13	232.20	0.09	0.29	1.54	232.00	0.99	3.15
11	11.40	0.31	236.20	0.25	0.80	0.20	235.60	0.16	0.52	0.20	235.50	0.16	0.52	0.12	232.60	0.10	0.31	1.54	232.40	1.09	3.48
12	12.00	0.32	235.90	0.28	0.87	0.20	234.90	0.18	0.57	0.20	234.70	0.18	0.56	0.12	234.20	0.11	1.55	1.55	234.00	1.19	3.80
13	12.20	0.31	236.00	0.30	0.95	0.20	235.50	0.19	0.62	0.20	235.20	0.19	0.62	0.12	232.70	0.12	0.37	1.54	232.10	1.29	4.12
14	12.40	0.32	235.90	0.32	1.02	0.20	235.50	0.21	0.66	0.20	235.00	0.21	0.66	0.12	233.00	0.13	0.40	1.54	232.80	1.39	4.44
15	13.00	0.32	236.10	0.35	1.09	0.20	235.60	0.22	0.71	0.20	235.60	0.22	0.71	0.12	232.60	0.13	0.43	1.54	232.20	1.49	4.76
16	13.20	0.31	236.60	0.37	1.16	0.20	235.70	0.24	0.76	0.20	235.80	0.24	0.75	0.12	228.20	0.14	0.46	1.54	228.20	1.59	5.07
17	13.40	0.31	237.40	0.39	1.24	0.20	236.80	0.25	0.81	0.20	236.40	0.25	0.80	0.12	228.10	0.15	0.48	1.54	227.70	1.69	5.39
18	14.00	0.31	234.90	0.41	1.31	0.20	234.00	0.27	0.85	0.19	233.90	0.26	0.85	0.12	228.70	0.16	0.51	1.54	228.50	1.79	5.70
19	14.20	0.31	235.50	0.44	1.39	0.20	234.40	0.28	0.90	0.20	234.50	0.28	0.90	0.12	229.40	0.17	0.54	1.54	229.20	1.89	6.02
20	14.40	0.31	234.80	0.46	1.46	0.20	234.10	0.29	0.95	0.20	234.00	0.29	0.95	0.12	229.40	0.18	0.57	1.54	229.20	1.99	6.33
21	15.00	0.31	235.90	0.48	1.53	0.20	235.90	0.31	1.00	0.20	235.10	0.31	0.99	0.12	230.10	0.19	0.60	1.54	229.90	2.09	6.65
22	15.20	0.31	237.20	0.50	1.61	0.20	236.50	0.32	1.04	0.20	236.60	0.32	1.04	0.12	229.10	0.19	0.62	1.54	228.80	2.18	6.96
23	15.40	0.31	237.20	0.53	1.68	0.20	236.80	0.34	1.09	0.20	236.70	0.34	1.09	0.12	229.70	0.20	0.65	1.54	229.50	2.28	7.28
24	16.00	0.31	237.00	0.55	1.76	0.20	236.50	0.35	1.17	0.20	236.50	0.35	1.15	0.12	229.70	0.21	0.68	1.55	229.20	2.40	7.66
เฉลี่ย		0.31	235.51	0.29	0.91	0.20	234.85	0.19	0.59	0.20	234.73	0.18	0.59	0.12	231.65	0.11	0.40	1.55	231.40	1.24	3.94

ตาราง 10 ตารางแสดงค่าการใช้ไฟฟ้าวันที่ 4 (เก่า)

		หลอดไฟ (L1)				พัดลมไอน้ำ (L2)				พัดลม (L3)				โน๊ตบุ๊ค (L4)				โปรเจ็คเตอร์ (L5)			
Date	Time	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ
1	08.20	0.31	234.60	0.02	0.07	0.20	234.10	0.02	0.05	0.20	235.00	0.02	0.05	0.14	235.20	0.01	0.05	1.36	235.10	0.09	0.30
2	08.40	0.31	235.20	0.05	0.15	0.20	235.00	0.05	0.10	0.20	231.80	0.05	0.10	0.19	232.40	0.02	0.06	1.35	232.20	0.20	0.62
3	09.00	0.30	232.90	0.07	0.22	0.20	232.40	0.05	0.14	0.20	231.30	0.05	0.14	0.12	231.80	0.03	0.09	1.36	231.70	0.30	0.93
4	09.20	0.30	231.70	0.09	0.29	0.20	231.00	0.06	0.19	0.20	230.50	0.06	0.19	0.12	230.70	0.04	0.12	1.36	230.70	0.40	1.28
5	09.40	0.30	231.30	0.11	0.36	0.20	230.70	0.07	0.25	0.20	229.90	0.07	0.25	0.12	230.30	0.05	0.15	1.36	230.00	0.50	1.58
6	10.00	0.30	230.80	0.14	0.45	0.20	230.30	0.09	0.28	0.20	229.70	0.09	0.28	0.12	230.20	0.06	0.18	1.37	230.10	0.60	1.91
7	10.20	0.30	230.50	0.16	0.51	0.20	229.50	0.11	0.34	0.20	229.10	0.11	0.34	0.13	229.40	0.07	0.22	1.37	229.10	0.72	2.28
8	10.40	0.30	233.90	0.18	0.57	0.20	233.50	0.12	0.38	0.20	232.70	0.12	0.38	0.13	233.10	0.08	0.24	1.37	232.70	0.81	2.55
9	11.00	0.30	233.50	0.20	0.64	0.20	232.60	0.13	0.42	0.20	232.00	0.13	0.42	0.19	232.20	0.09	0.27	1.36	231.90	0.90	2.88
10	11.20	0.30	231.90	0.22	0.71	0.20	230.90	0.15	0.47	0.20	230.40	0.15	0.47	0.13	230.80	0.09	0.30	1.36	230.50	1.01	5.20
11	11.40	0.30	231.80	0.25	0.78	0.20	231.20	0.16	0.52	0.20	230.20	0.16	0.51	0.13	230.40	0.10	0.33	1.36	230.50	1.11	3.54
12	12.00	0.30	231.40	0.27	0.85	0.20	230.90	0.18	0.56	0.20	230.20	0.18	0.56	0.12	230.50	0.11	0.36	1.39	230.20	1.21	3.86
13	12.20	0.29	230.00	0.29	0.92	0.20	229.50	0.19	0.61	0.20	228.60	0.19	0.61	0.13	229.00	0.12	0.39	1.39	228.40	1.31	4.18
14	12.40	0.31	234.80	0.31	0.99	0.20	234.00	0.21	0.65	0.20	233.40	0.20	0.65	0.12	233.60	0.13	0.42	1.37	233.40	1.42	4.51
15	13.00	0.30	235.00	0.33	1.06	0.20	234.50	0.22	0.70	0.20	233.70	0.22	0.70	0.12	233.80	0.14	0.45	1.37	233.80	1.52	4.84
16	13.20	0.31	235.10	0.36	1.15	0.20	234.70	0.24	0.75	0.20	234.10	0.25	0.75	0.12	234.40	0.15	0.48	1.36	234.20	1.62	5.18
17	13.40	0.30	232.20	0.38	1.21	0.20	231.60	0.25	0.80	0.20	230.90	0.25	0.80	0.12	231.20	0.16	0.51	1.38	231.20	1.75	5.52
18	14.00	0.30	235.00	0.41	1.31	0.20	232.10	0.27	0.86	0.20	231.60	0.27	0.86	0.13	231.70	0.17	0.55	1.39	231.80	1.88	5.97
19	14.20	0.30	235.00	0.42	1.35	0.20	232.50	0.28	0.86	0.20	232.10	0.28	0.86	0.12	232.00	0.18	0.57	1.38	232.40	1.93	6.16
20	14.40	0.30	235.90	0.44	1.42	0.20	235.10	0.29	0.94	0.20	232.50	0.29	0.94	0.12	232.90	0.19	0.60	1.39	232.50	2.04	6.49
21	15.00	0.31	234.20	0.47	1.53	0.20	233.60	0.31	0.99	0.20	232.90	0.31	0.98	0.13	233.40	0.20	0.60	1.38	233.50	2.16	6.66
22	15.20	0.31	235.40	0.49	1.61	0.20	234.80	0.32	1.03	0.20	233.90	0.32	1.03	0.12	234.20	0.21	0.62	1.38	234.00	2.25	6.98
23	15.40	0.30	233.80	0.51	1.68	0.20	233.20	0.34	1.08	0.20	232.60	0.34	1.08	0.13	232.90	0.22	0.65	1.39	232.70	2.35	7.28
24	16.00	0.31	234.70	0.54	1.76	0.20	233.90	0.35	1.15	0.20	233.10	0.35	1.15	0.12	233.50	0.22	0.69	1.40	232.90	2.45	7.68
เฉลี่ย		0.30	233.05	0.28	0.90	0.20	232.38	0.19	0.59	0.20	231.68	0.18	0.59	0.13	231.98	0.12	0.37	1.38	231.80	1.27	4.01

ตาราง 10 ตารางแสดงค่าการใช้ไฟฟ้าวันที่ 5 (เก่า)

		หลอดไฟ (L1)				พัดลมไอน้ำ (L2)				พัดลม (L3)				โน๊ตบุ๊ค (L4)				โปรเจ็คเตอร์ (L5)			
Date	Time	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ
1	08.20	0.31	254.70	0.05	0.08	0.20	254.00	0.02	0.05	0.20	252.90	0.02	0.05	0.12	255.70	0.01	0.04	1.54	252.90	0.10	0.30
2	08.40	0.31	254.60	0.05	0.15	0.20	253.60	0.05	0.09	0.20	253.00	0.05	0.10	0.13	255.50	0.02	0.06	1.55	252.90	0.20	0.61
3	09.00	0.31	254.90	0.07	0.22	0.20	254.40	0.05	0.14	0.20	253.10	0.05	0.14	0.13	255.60	0.03	0.09	1.56	253.50	0.30	0.95
4	09.20	0.31	256.40	0.09	0.29	0.20	255.60	0.06	0.19	0.20	255.00	0.06	0.19	0.13	255.50	0.04	0.12	1.56	0.55	0.40	1.26
5	09.40	0.31	256.50	0.12	0.37	0.20	255.60	0.08	0.24	0.20	255.00	0.08	0.24	0.13	255.20	0.05	0.15	1.55	255.10	0.50	1.58
6	10.00	0.31	255.90	0.14	0.44	0.20	255.40	0.09	0.28	0.20	254.50	0.09	0.28	0.13	254.70	0.06	0.18	1.56	254.60	0.60	1.90
7	10.20	0.30	252.90	0.16	0.51	0.20	252.20	0.10	0.33	0.20	251.80	0.10	0.33	0.13	251.80	0.06	0.21	1.56	251.80	0.70	2.23
8	10.40	0.30	254.80	0.19	0.59	0.19	254.00	0.12	0.38	0.20	253.60	0.12	0.38	0.12	255.50	0.07	0.24	1.56	255.20	0.80	2.56
9	11.00	0.31	255.50	0.21	0.66	0.20	254.80	0.13	0.42	0.20	255.80	0.13	0.42	0.12	254.10	0.08	0.26	1.56	254.10	0.90	2.88
10	11.20	0.31	255.60	0.23	0.75	0.20	255.10	0.15	0.47	0.20	254.20	0.15	0.47	0.12	254.70	0.09	0.29	1.56	254.50	1.01	3.21
11	11.40	0.31	255.50	0.25	0.81	0.20	254.70	0.16	0.52	0.20	255.90	0.16	0.52	0.12	254.40	0.10	0.32	1.56	254.20	1.11	3.54
12	12.00	0.31	256.10	0.28	0.88	0.20	255.40	0.18	0.56	0.20	254.70	0.18	0.56	0.12	255.10	0.11	0.35	1.56	254.60	1.21	3.86
13	12.20	0.30	255.70	0.30	0.95	0.20	255.10	0.19	0.61	0.20	252.50	0.19	0.61	0.12	252.70	0.12	0.38	1.56	252.60	1.31	4.18
14	12.40	0.31	254.30	0.32	1.02	0.19	253.60	0.21	0.66	0.20	252.90	0.21	0.66	0.13	253.60	0.13	0.41	1.56	253.40	1.42	4.52
15	13.00	0.31	255.50	0.34	1.10	0.20	254.80	0.22	0.71	0.20	254.00	0.22	0.71	0.12	254.50	0.14	0.44	1.56	254.50	1.52	4.84
16	13.20	0.31	255.60	0.37	1.17	0.20	254.60	0.24	0.75	0.20	253.90	0.24	0.75	0.12	254.50	0.15	0.75	1.56	254.10	1.62	0.47
17	13.40	0.31	255.70	0.39	1.24	0.20	255.10	0.25	0.80	0.20	254.30	0.25	0.80	0.13	254.80	0.16	0.50	1.56	254.40	1.72	5.49
18	14.00	0.30	254.50	0.41	1.32	0.20	253.80	0.27	0.85	0.20	253.00	0.27	0.85	0.12	253.40	0.17	0.55	1.57	253.10	1.83	5.83
19	14.20	0.30	254.10	0.44	1.39	0.20	253.70	0.28	0.89	0.20	252.90	0.28	0.89	0.12	253.30	0.17	0.56	1.58	253.10	1.93	6.15
20	14.40	0.31	254.40	0.46	1.46	0.20	253.90	0.29	0.94	0.20	253.00	0.30	0.94	0.12	253.40	0.18	0.59	1.58	253.30	2.05	6.49
21	15.00	0.31	254.70	0.48	1.53	0.20	253.90	0.31	0.99	0.20	253.10	0.31	0.99	0.13	253.50	0.19	0.61	1.57	253.10	2.14	6.80
22	15.20	0.32	255.80	0.50	1.61	0.20	254.40	0.32	1.03	0.20	254.50	0.32	1.04	0.12	254.70	0.20	0.64	1.56	254.60	2.24	7.14
23	15.40	0.32	254.60	0.53	1.68	0.20	253.90	0.34	1.08	253.10	0.34	0.34	1.08	0.12	253.50	0.21	0.67	1.54	253.30	2.34	7.46
24	16.00	0.32	252.80	0.55	1.76	0.20	252.10	0.35	1.13	0.20	251.10	0.35	1.15	0.12	251.60	0.22	0.70	1.54	251.50	2.44	7.78
เฉลี่ย		0.31	254.95	0.29	0.92	0.20	254.27	0.19	0.59	9.90	225.78	0.19	0.59	0.12	255.69	0.12	0.38	1.56	225.84	1.27	3.85

ตาราง 10 ตารางแสดงค่าการใช้ไฟฟ้าวันที่ 6 (เก่า)

		หลอดไฟ (L1)				พัดลมไอน้ำ (L2)				พัดลม (L3)				โมดูล (L4)				โปรเจ็คเตอร์ (L5)			
Date	Time	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ
1	08.20	0.30	232.80	0.02	0.07	0.20	232.50	0.02	0.06	0.20	231.00	0.02	0.05	0.12	231.70	0.01	0.03	1.58	231.40	0.10	0.33
2	08.40	0.30	233.00	0.05	0.14	0.20	232.70	0.03	0.10	0.20	231.50	0.03	0.10	0.12	232.10	0.02	0.06	1.58	232.10	0.21	0.65
3	09.00	0.30	232.00	0.07	0.22	0.20	231.10	0.05	0.15	0.20	230.70	0.05	0.15	0.12	231.00	0.03	0.09	1.58	230.90	0.32	1.00
4	09.20	0.30	231.70	0.09	0.28	0.20	231.20	0.06	0.20	0.20	230.60	0.06	0.19	0.12	230.50	0.04	0.12	1.58	230.60	0.41	1.30
5	09.40	0.29	231.50	0.11	0.35	0.20	230.80	0.08	0.24	0.20	230.00	0.07	0.24	0.12	230.20	0.05	0.15	1.58	230.50	0.51	1.64
6	10.00	0.29	231.10	0.13	0.42	0.20	230.00	0.09	0.29	0.20	229.70	0.09	0.28	0.12	229.60	0.05	0.17	1.58	229.50	0.62	1.98
7	10.20	0.30	232.30	0.15	0.49	0.20	231.30	0.11	0.34	0.20	230.50	0.10	0.33	0.12	230.80	0.06	0.20	1.57	230.80	0.72	2.28
8	10.40	0.30	232.60	0.18	0.58	0.20	231.80	0.12	0.38	0.20	230.70	0.12	0.37	0.18	231.00	0.08	0.24	1.58	231.10	0.82	2.60
9	11.00	0.30	231.70	0.20	0.65	0.20	231.10	0.14	0.43	0.20	229.90	0.13	0.42	0.18	230.50	0.09	0.28	1.58	230.40	0.92	2.93
10	11.20	0.30	232.50	0.22	0.70	0.20	232.00	0.15	0.47	0.20	231.50	0.15	0.47	0.15	231.60	0.10	0.32	1.28	231.40	1.02	3.26
11	11.40	0.30	232.70	0.24	0.77	0.20	231.90	0.16	0.52	0.20	231.50	0.16	0.51	0.20	231.70	0.11	0.36	1.59	231.30	1.12	3.58
12	12.00	0.30	233.30	0.26	0.84	0.20	232.90	0.18	0.57	0.20	232.10	0.18	0.56	0.18	232.50	0.15	0.40	1.57	232.40	1.23	3.90
13	12.20	0.30	234.00	0.29	0.91	0.20	233.50	0.19	0.62	0.20	232.80	0.19	0.61	0.18	232.80	0.14	0.44	1.58	232.50	1.33	4.22
14	12.40	0.30	234.20	0.31	0.98	0.20	233.50	0.21	0.66	0.20	232.70	0.20	0.65	0.25	232.90	0.15	0.48	1.58	232.60	1.43	4.56
15	13.00	0.31	235.90	0.33	1.05	0.20	235.40	0.22	0.71	0.20	234.40	0.22	0.70	0.14	234.90	0.16	0.51	1.58	234.70	1.53	4.88
16	13.20	0.30	234.90	0.37	1.18	0.20	234.20	0.25	0.79	0.20	233.40	0.25	0.78	0.13	233.80	0.18	0.57	1.59	233.50	1.72	5.46
17	13.40	0.30	234.70	0.38	1.20	0.20	234.20	0.25	0.80	0.20	233.50	0.25	0.79	0.12	233.60	0.18	0.56	1.58	233.50	1.74	5.55
18	14.00	0.30	234.80	0.40	1.27	0.21	233.60	0.27	0.85	0.20	233.00	0.26	0.84	0.13	233.60	0.19	0.61	1.58	233.10	1.85	5.89
19	14.20	0.31	235.40	0.42	1.34	0.20	234.80	0.28	0.90	0.20	234.10	0.28	0.89	0.13	234.50	0.20	0.64	1.57	234.20	1.95	6.22
20	14.40	0.30	232.10	0.44	1.41	0.20	231.40	0.30	0.94	0.20	230.90	0.29	0.94	0.18	230.90	0.22	0.69	1.58	230.60	2.05	6.54
21	15.00	0.30	233.00	0.47	1.48	0.20	232.30	0.31	0.99	0.18	231.40	0.31	0.98	0.21	231.60	0.23	0.74	1.55	231.30	2.15	6.86
22	15.20	0.30	233.00	0.49	1.55	0.20	232.30	0.33	1.04	0.18	231.70	0.32	1.02	0.12	231.90	0.24	0.77	1.21	231.90	2.25	7.18
23	15.40	0.31	233.50	0.51	1.62	0.20	232.90	0.34	1.09	0.18	232.10	0.33	1.06	0.17	232.30	0.25	0.81	1.58	231.70	2.34	7.46
24	16.00	0.31	233.10	0.53	1.70	0.21	232.40	0.35	1.15	0.18	232.20	0.35	1.10	0.21	232.10	0.27	0.85	1.55	232.10	2.44	7.78
เฉลี่ย		0.30	233.16	0.28	0.88	0.20	232.42	0.19	0.59	0.20	231.74	0.18	0.58	0.15	232.00	0.13	0.42	1.58	231.84	1.28	4.08

ตาราง 10 ตารางแสดงค่าการใช้ไฟฟ้าวันที่ 7 (เก่า)

		หลอดไฟ (L1)				พัดลมไอน้ำ (L2)				พัดลม (L3)				โน๊ตบุ๊ค (L4)				โปรเจ็คเตอร์ (L5)			
Date	Time	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ
1	08.20	0.30	233.40	0.05	0.09	0.20	232.60	0.05	0.18	0.19	232.00	0.02	0.05	0.12	232.20	0.01	0.05	1.35	232.80	0.09	0.26
2	08.40	0.30	232.70	0.05	0.16	0.20	232.10	0.06	0.20	0.18	231.90	0.05	0.09	0.12	231.90	0.02	0.06	1.36	231.60	0.19	0.58
3	09.00	0.30	233.00	0.07	0.25	0.20	232.30	0.06	0.25	0.18	231.80	0.04	0.14	0.13	232.10	0.03	0.09	1.36	231.50	0.29	0.91
4	09.20	0.30	234.50	0.10	0.30	0.20	233.50	0.09	0.30	0.18	232.90	0.06	0.18	0.12	232.90	0.04	0.12	1.36	232.90	0.39	1.23
5	09.40	0.30	233.70	0.12	0.38	0.20	233.00	0.11	0.34	0.18	232.60	0.07	0.22	0.12	232.60	0.05	0.14	1.36	232.70	0.49	1.55
6	10.00	0.30	233.60	0.14	0.45	0.20	232.70	0.12	0.39	0.18	232.70	0.08	0.26	0.13	232.20	0.05	0.17	1.36	232.00	0.59	1.89
7	10.20	0.30	233.40	0.16	0.52	0.20	232.50	0.14	0.44	0.18	231.70	0.10	0.30	0.12	232.30	0.06	0.20	1.36	231.90	0.69	2.20
8	10.40	0.30	234.60	0.19	0.59	0.20	233.90	0.15	0.49	0.18	233.50	0.11	0.35	0.13	233.50	0.07	0.23	1.36	233.40	0.80	2.54
9	11.00	0.31	235.60	0.21	0.66	0.20	235.20	0.17	0.55	0.18	234.30	0.12	0.39	0.19	234.30	0.08	0.26	1.37	234.40	0.90	2.85
10	11.20	0.31	234.20	0.23	0.75	0.20	234.00	0.18	0.58	0.18	233.10	0.14	0.43	0.17	233.40	0.09	0.30	1.37	233.00	1.00	3.19
11	11.40	0.30	234.80	0.25	0.80	0.20	234.30	0.20	0.65	0.18	233.60	0.15	0.47	0.15	233.90	0.11	0.34	1.37	233.70	1.10	3.51
12	12.00	0.30	234.60	0.28	0.87	0.20	233.80	0.21	0.67	0.18	233.00	0.16	0.51	0.18	233.30	0.12	0.38	1.37	233.10	1.20	3.83
13	12.20	0.31	236.70	0.30	0.95	0.20	235.90	0.23	0.72	0.18	235.20	0.17	0.56	0.21	235.30	0.15	0.42	1.37	235.20	1.31	4.18
14	12.40	0.30	233.80	0.32	1.01	0.20	233.40	0.24	0.77	0.18	232.60	0.19	0.60	0.17	232.70	0.15	0.47	1.36	232.30	1.41	4.48
15	13.00	0.30	234.10	0.34	1.09	0.20	233.30	0.26	0.82	0.18	232.40	0.20	0.65	0.18	232.80	0.16	0.51	1.36	232.60	1.53	4.88
16	13.20	0.30	233.70	0.36	1.15	0.20	233.20	0.27	0.86	0.18	232.30	0.21	0.68	0.17	233.00	0.17	0.55	1.36	232.50	1.61	5.14
17	13.40	0.30	234.30	0.38	1.22	0.20	233.60	0.28	0.91	0.18	233.10	0.23	0.73	0.18	233.30	0.19	0.59	1.39	232.90	1.72	5.47
18	14.00	0.30	234.40	0.41	1.29	0.20	233.70	0.30	0.95	0.18	233.40	0.24	0.77	0.14	233.40	0.20	0.65	1.32	233.30	1.82	5.80
19	14.20	0.30	234.40	0.43	1.36	0.20	233.80	0.31	1.00	0.18	233.10	0.25	0.81	0.18	233.30	0.21	0.67	1.36	232.80	1.92	6.17
20	14.40	0.31	235.10	0.45	1.43	0.20	234.30	0.33	1.05	0.18	233.60	0.27	0.85	0.19	233.80	0.22	0.71	1.37	233.10	2.05	6.45
21	15.00	0.31	236.30	0.47	1.51	0.20	235.40	0.34	1.09	0.18	234.90	0.28	0.89	0.12	235.00	0.23	0.74	1.28	235.00	2.12	6.76
22	15.20	0.28	225.30	0.49	1.58	0.20	224.50	0.36	1.14	0.17	223.60	0.29	0.93	0.13	224.10	0.24	0.77	1.28	233.60	2.21	7.06
23	15.40	0.27	222.70	0.51	1.64	0.20	222.20	0.37	1.19	0.17	221.10	0.31	0.98	0.18	221.10	0.25	0.81	1.35	221.90	2.31	7.36
24	16.00	0.27	221.60	0.53	1.70	0.20	221.10	0.39	1.25	0.17	220.30	0.32	1.01	0.22	219.90	0.27	0.85	1.35	220.40	2.40	7.65
เฉลี่ย		0.30	232.95	0.28	0.90	0.20	232.25	0.22	0.70	0.18	231.61	0.17	0.54	0.15	231.78	0.13	0.42	1.36	232.01	1.28	4.00

ตาราง 10 ตารางแสดงค่าการใช้ไฟฟ้าวันที่ 8 (เก่า)

		หลอดไฟ (L1)				พัดลมไอน้ำ (L2)				พัดลม (L3)				โน้ตบุ๊ค (L4)				โปรเจ็คเตอร์ (L5)			
Date	Time	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ
1	08.20	0.31	235.40	0.02	0.08	0.20	232.90	0.02	0.05	0.20	232.50	0.02	0.05	0.12	232.50	0.01	0.03	1.35	232.00	0.10	0.32
2	08.40	0.30	235.50	0.05	0.14	0.20	232.80	0.05	0.10	0.20	231.90	0.05	0.09	0.12	231.90	0.02	0.06	1.35	231.80	0.20	0.65
3	09.00	0.30	232.70	0.07	0.22	0.20	232.20	0.05	0.14	0.20	231.50	0.05	0.14	0.12	231.80	0.03	0.09	1.36	231.10	0.30	0.95
4	09.20	0.30	235.50	0.09	0.28	0.20	232.50	0.06	0.19	0.20	231.90	0.06	0.19	0.12	231.90	0.04	0.12	1.36	231.70	0.40	1.28
5	09.40	0.30	232.30	0.12	0.38	0.20	231.90	0.08	0.26	0.20	231.10	0.08	0.25	0.18	231.30	0.05	0.17	1.36	231.00	0.55	1.74
6	10.00	0.30	235.00	0.14	0.45	0.20	232.50	0.09	0.29	0.20	231.50	0.09	0.28	0.18	231.90	0.06	0.20	1.37	231.20	0.81	1.59
7	10.20	0.30	231.10	0.16	0.50	0.20	231.20	0.10	0.33	0.20	230.80	0.10	0.33	0.22	231.20	0.08	0.24	1.37	230.40	0.71	2.26
8	10.40	0.30	235.00	0.18	0.57	0.20	232.10	0.12	0.38	0.20	231.70	0.12	0.38	0.20	231.90	0.09	0.29	1.36	231.20	0.81	2.58
9	11.00	0.30	235.30	0.20	0.64	0.20	232.30	0.13	0.42	0.20	232.00	0.13	0.42	0.16	232.10	0.11	0.34	1.27	231.70	0.91	2.89
10	11.20	0.30	232.40	0.22	0.71	0.20	231.30	0.15	0.47	0.20	230.80	0.15	0.47	0.12	231.10	0.12	0.37	1.27	230.70	1.00	3.20
11	11.40	0.30	232.70	0.25	0.78	0.20	231.90	0.16	0.52	0.20	231.20	0.16	0.52	0.13	231.50	0.15	0.40	1.28	231.40	1.10	3.50
12	12.00	0.28	226.30	0.26	0.84	0.20	225.30	0.18	0.56	0.19	225.20	0.18	0.56	0.13	225.60	0.15	0.45	1.29	225.30	1.19	3.80
13	12.20	0.28	226.30	0.28	0.91	0.19	225.00	0.19	0.61	0.19	224.30	0.19	0.60	0.13	224.80	0.14	0.46	1.29	224.90	1.28	4.09
14	12.40	0.30	235.30	0.31	0.98	0.20	232.50	0.21	0.65	0.20	231.80	0.20	0.65	0.20	232.20	0.16	0.49	1.27	232.00	1.38	4.40
15	13.00	0.30	235.40	0.33	1.05	0.20	232.90	0.22	0.70	0.20	232.10	0.22	0.70	0.12	232.40	0.16	0.52	1.28	232.40	1.47	4.69
16	13.20	0.30	234.10	0.35	1.12	0.20	233.50	0.24	0.75	0.20	232.40	0.23	0.74	0.13	233.00	0.17	0.55	1.28	232.80	1.57	5.00
17	13.40	0.30	234.50	0.37	1.19	0.20	233.70	0.25	0.80	0.20	233.20	0.25	0.79	0.13	233.40	0.18	0.58	1.28	233.50	1.68	5.30
18	14.00	0.31	235.80	0.40	1.26	0.20	233.10	0.26	0.85	0.20	234.30	0.26	0.84	0.13	234.60	0.19	0.62	1.28	234.20	1.78	5.62
19	14.20	0.31	236.20	0.42	1.34	0.21	233.60	0.28	0.89	0.20	233.00	0.28	0.89	0.12	233.30	0.20	0.65	1.28	233.10	1.88	5.93
20	14.40	0.30	234.70	0.44	1.41	0.20	234.10	0.29	0.94	0.20	233.10	0.29	0.93	0.17	233.40	0.22	0.69	1.29	233.40	1.98	6.25
21	15.00	0.31	235.90	0.47	1.48	0.20	233.10	0.31	0.99	0.20	234.60	0.31	0.98	0.16	234.60	0.23	0.73	1.30	234.20	2.08	6.56
22	15.20	0.31	235.50	0.49	1.55	0.20	234.80	0.32	1.03	0.20	234.00	0.32	1.03	0.17	234.40	0.24	0.76	1.29	234.20	2.18	6.87
23	15.40	0.31	236.70	0.51	1.63	0.20	236.20	0.34	1.08	0.20	235.40	0.34	1.07	0.16	235.80	0.25	0.80	1.27	235.50	2.28	7.20
24	16.00	0.30	234.10	0.53	1.70	0.20	233.20	0.35	1.13	0.20	232.70	0.35	1.12	0.13	232.80	0.26	0.84	1.34	232.90	2.38	7.53
เฉลี่ย		0.30	233.24	0.28	0.88	0.20	232.52	0.18	0.59	0.20	231.87	0.18	0.58	0.15	232.13	0.14	0.43	1.32	231.85	1.24	3.92

ตาราง 10 ตารางแสดงค่าการใช้ไฟฟ้าวันที่ 9 (เก่า)

		หลอดไฟ (L1)				พัดลมไอน้ำ (L2)				พัดลม (L3)				โน๊ตบุ๊ค (L4)				โปรเจ็คเตอร์ (L5)			
Date	Time	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ
1	08.20	0.30	232.20	0.02	0.07	0.20	231.60	0.02	0.05	0.20	230.90	0.02	0.05	0.12	231.20	0.01	0.03	1.35	231.10	0.10	0.31
2	08.40	0.29	228.90	0.04	0.14	0.20	228.10	0.05	0.09	0.20	227.40	0.05	0.09	0.12	227.70	0.02	0.06	1.35	229.60	0.20	0.62
3	09.00	0.30	231.10	0.06	0.20	0.20	230.40	0.05	0.14	0.20	230.00	0.04	0.14	0.18	229.70	0.03	0.10	1.35	229.60	0.29	0.95
4	09.20	0.30	231.10	0.09	0.27	0.20	230.40	0.06	0.19	0.20	229.80	0.06	0.19	0.22	229.90	0.05	0.14	1.35	229.50	0.39	1.25
5	09.40	0.30	231.40	0.11	0.34	0.20	230.90	0.07	0.23	0.20	230.00	0.07	0.23	0.13	230.20	0.06	0.19	1.33	230.00	0.49	1.56
6	10.00	0.30	232.20	0.13	0.41	0.20	231.40	0.09	0.28	0.20	230.90	0.09	0.28	0.13	230.80	0.07	0.22	1.33	230.90	0.59	1.88
7	10.20	0.29	231.70	0.15	0.48	0.20	231.00	0.10	0.33	0.20	230.50	0.10	0.32	0.21	230.80	0.08	0.25	1.37	230.50	0.69	2.20
8	10.40	0.29	230.50	0.17	0.55	0.20	229.70	0.12	0.37	0.20	229.80	0.12	0.37	0.22	229.60	0.09	0.29	1.37	229.70	0.79	2.52
9	11.00	0.30	232.70	0.19	0.62	0.20	232.30	0.13	0.42	0.20	231.90	0.13	0.42	0.25	231.90	0.11	0.34	1.36	231.20	0.89	2.84
10	11.20	0.30	232.20	0.22	0.68	0.20	231.80	0.15	0.47	0.20	230.80	0.14	0.46	0.21	231.30	0.12	0.38	1.36	230.70	0.99	3.16
11	11.40	0.30	233.00	0.24	0.76	0.20	232.30	0.16	0.51	0.20	231.70	0.16	0.51	0.16	232.00	0.13	0.42	1.37	231.80	1.09	3.47
12	12.00	0.30	233.60	0.26	0.83	0.20	232.60	0.18	0.56	0.20	232.10	0.17	0.56	0.14	232.40	0.15	0.47	1.34	231.80	1.19	3.80
13	12.20	0.30	233.10	0.28	0.89	0.20	232.10	0.19	0.61	0.20	231.60	0.19	0.60	0.13	232.00	0.16	0.49	1.34	231.50	1.29	4.10
14	12.40	0.30	233.60	0.31	0.97	0.20	233.10	0.21	0.65	0.20	231.90	0.20	0.65	0.16	232.30	0.17	0.52	1.37	232.00	1.39	4.44
15	13.00	0.30	234.00	0.33	1.04	0.20	233.50	0.22	0.70	0.20	232.50	0.22	0.69	0.21	233.00	0.18	0.57	1.37	232.60	1.49	4.79
16	13.20	0.30	234.60	0.35	1.11	0.20	234.00	0.23	0.75	0.20	233.50	0.23	0.74	0.18	233.60	0.19	0.61	1.37	233.50	1.59	5.08
17	13.40	0.30	233.10	0.37	1.18	0.20	232.20	0.25	0.79	0.20	231.40	0.25	0.79	0.21	231.80	0.21	0.66	1.37	231.50	1.70	5.40
18	14.00	0.30	235.00	0.39	1.25	0.20	234.40	0.26	0.84	0.20	233.40	0.26	0.83	0.19	233.60	0.22	0.70	1.38	233.60	1.80	5.74
19	14.20	0.29	231.60	0.41	1.32	0.20	231.10	0.28	0.89	0.20	231.30	0.28	0.88	0.20	232.20	0.23	0.75	1.34	231.70	1.90	6.07
20	14.40	0.30	232.90	0.44	1.39	0.20	232.30	0.29	0.94	0.20	231.40	0.29	0.93	0.17	231.90	0.25	0.79	1.39	231.90	2.01	6.39
21	15.00	0.28	227.80	0.46	1.46	0.20	227.40	0.31	0.98	0.19	226.50	0.31	0.98	0.19	226.90	0.26	0.83	1.36	226.50	2.11	6.72
22	15.20	0.30	232.50	0.48	1.53	0.20	232.00	0.32	1.03	0.20	231.30	0.32	1.02	0.19	231.40	0.27	0.87	1.34	231.10	2.21	7.04
23	15.40	0.28	227.50	0.50	1.60	0.20	226.40	0.34	1.08	0.19	226.10	0.33	1.07	0.14	226.10	0.29	0.91	1.33	225.70	2.31	7.36
24	16.00	0.28	228.20	0.52	1.66	0.20	227.90	0.35	1.12	0.19	226.90	0.35	1.11	0.17	227.30	0.29	0.94	1.35	227.20	2.40	7.66
เฉลี่ย		0.30	231.85	0.27	0.86	0.20	231.20	0.18	0.58	0.20	230.54	0.18	0.58	0.18	230.78	0.15	0.48	1.36	230.60	1.25	3.97

ตาราง 10 ตารางแสดงค่าการใช้ไฟฟ้าวันที่ 10 (เก่า)

		หลอดไฟ (L1)				พัดลมไอน้ำ (L2)				พัดลม (L3)				ไมักบุค (L4)				โปรเจ็คเตอร์ (L5)			
Date	Time	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ
1	08.20	0.50	252.10	0.02	0.07	0.20	251.80	0.02	0.05	0.20	250.90	0.02	0.05	0.12	251.20	0.01	0.03	1.37	231.10	0.10	0.30
2	08.40	0.50	252.50	0.05	0.15	0.20	252.00	0.05	0.10	0.20	251.40	0.05	0.10	0.12	251.80	0.02	0.06	1.38	231.50	0.20	0.64
3	09.00	0.50	255.70	0.07	0.21	0.20	255.10	0.06	0.14	0.20	252.50	0.06	0.14	0.15	252.70	0.03	0.09	1.39	232.50	0.30	0.96
4	09.20	0.50	254.00	0.09	0.29	0.20	255.40	0.06	0.19	0.20	252.80	0.06	0.19	0.12	255.10	0.04	0.12	1.39	235.00	0.41	1.32
5	09.40	0.50	255.00	0.11	0.35	0.20	252.40	0.08	0.24	0.20	251.90	0.08	0.24	0.12	251.90	0.05	0.15	1.40	252.10	0.51	1.61
6	10.00	0.50	252.70	0.13	0.42	0.20	251.90	0.09	0.28	0.20	251.20	0.09	0.28	0.12	251.50	0.05	0.17	1.39	251.30	0.61	1.94
7	10.20	0.29	251.20	0.18	0.49	0.20	250.40	0.10	0.33	0.20	229.70	0.10	0.33	0.12	250.00	0.06	0.20	1.40	229.90	0.71	2.27
8	10.40	0.50	251.90	0.18	0.58	0.20	251.50	0.12	0.39	0.20	250.70	0.12	0.39	0.12	250.80	0.07	0.24	1.40	250.90	0.84	2.68
9	11.00	0.29	251.70	0.20	0.65	0.20	250.90	0.13	0.42	0.19	250.40	0.13	0.42	0.12	250.80	0.08	0.26	1.40	250.60	0.92	2.92
10	11.20	0.29	251.10	0.22	0.70	0.20	250.90	0.15	0.47	0.19	229.80	0.15	0.47	0.25	229.90	0.09	0.29	1.39	250.00	1.03	3.26
11	11.40	0.50	252.50	0.24	0.77	0.20	251.70	0.16	0.52	0.20	250.70	0.16	0.51	0.19	251.00	0.11	0.34	1.40	251.10	1.15	3.59
12	12.00	0.50	255.00	0.26	0.84	0.20	252.50	0.18	0.56	0.20	251.50	0.18	0.56	0.19	251.80	0.12	0.38	1.39	251.70	1.25	3.92
13	12.20	0.50	254.10	0.29	0.93	0.20	255.70	0.20	0.62	0.20	255.20	0.19	0.62	0.18	255.20	0.14	0.45	1.40	255.00	1.37	4.36
14	12.40	0.50	252.50	0.31	0.98	0.20	251.70	0.21	0.66	0.20	250.90	0.20	0.65	0.19	251.20	0.14	0.46	1.40	251.00	1.44	4.59
15	13.00	0.50	255.10	0.33	1.05	0.20	252.40	0.22	0.70	0.20	251.80	0.22	0.70	0.18	251.80	0.16	0.50	1.40	251.70	1.54	4.91
16	13.20	0.31	254.60	0.35	1.12	0.20	255.90	0.24	0.75	0.20	255.20	0.23	0.75	0.18	255.40	0.17	0.54	1.40	255.10	1.65	5.25
17	13.40	0.50	255.00	0.38	1.19	0.20	252.50	0.25	0.80	0.20	251.70	0.25	0.79	0.13	252.00	0.18	0.58	1.38	251.70	1.75	5.57
18	14.00	0.31	251.60	0.40	1.27	0.20	255.90	0.26	0.85	0.20	255.40	0.26	0.84	0.13	255.50	0.19	0.61	1.37	255.50	1.86	5.92
19	14.20	0.50	255.20	0.42	1.33	0.20	252.60	0.28	0.89	0.20	252.00	0.28	0.89	0.13	252.40	0.20	0.64	1.38	252.50	1.96	6.25
20	14.40	0.50	255.10	0.44	1.41	0.20	252.50	0.29	0.94	0.20	251.80	0.29	0.94	0.13	252.20	0.21	0.67	1.38	252.10	2.06	6.56
21	15.00	0.50	255.40	0.46	1.48	0.20	252.50	0.31	0.99	0.20	252.20	0.31	0.98	0.12	252.10	0.22	0.70	1.35	252.00	2.16	6.88
22	15.20	0.31	254.70	0.49	1.55	0.20	255.90	0.32	1.03	0.20	255.40	0.32	1.03	0.12	255.50	0.23	0.75	1.33	255.50	2.26	7.20
23	15.40	0.50	250.70	0.51	1.62	0.20	250.10	0.34	1.08	0.19	229.50	0.34	1.08	0.12	229.50	0.24	0.75	1.33	229.10	2.36	7.52
24	16.00	0.50	255.50	0.53	1.69	0.20	252.50	0.35	1.15	0.20	252.00	0.35	1.12	0.12	252.20	0.25	0.78	1.33	252.00	2.45	7.82
เฉลี่ย		0.50	252.78	0.28	0.88	0.20	252.25	0.19	0.59	0.20	251.80	0.18	0.59	0.14	251.80	0.15	0.41	1.38	251.69	1.29	4.09

ตาราง 10 ตารางแสดงค่าการใช้ไฟฟ้าวันที่ 11 (เก่า)

		หลอดไฟ (L1)				พัดลมไอน้ำ (L2)				พัดลม (L3)				โมดูล (L4)				โปรเจ็คเตอร์ (L5)			
Date	Time	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ
1	08.20	0.50	231.80	0.02	0.06	0.21	231.20	0.01	0.04	0.20	230.40	0.01	0.04	0.13	230.50	0.01	0.05	1.55	230.20	0.07	0.22
2	08.40	0.50	231.00	0.04	0.13	0.20	230.60	0.05	0.09	0.20	229.80	0.05	0.09	0.12	230.10	0.02	0.06	1.56	229.80	0.18	0.55
3	09.00	0.50	232.90	0.06	0.19	0.20	232.50	0.04	0.13	0.20	231.40	0.04	0.13	0.12	231.90	0.03	0.08	1.56	231.60	0.27	0.85
4	09.20	0.50	232.50	0.08	0.26	0.20	231.80	0.06	0.18	0.20	231.00	0.06	0.18	0.12	231.50	0.04	0.11	1.56	230.90	0.37	1.17
5	09.40	0.50	232.50	0.11	0.34	0.20	231.80	0.07	0.22	0.20	231.20	0.07	0.22	0.12	231.50	0.04	0.14	1.56	231.20	0.47	1.50
6	10.00	0.29	231.00	0.13	0.41	0.20	230.50	0.09	0.27	0.20	229.70	0.09	0.27	0.12	230.00	0.05	0.17	1.56	229.70	0.57	1.82
7	10.20	0.29	231.50	0.15	0.47	0.20	230.80	0.10	0.32	0.20	230.20	0.10	0.31	0.12	230.20	0.06	0.19	1.59	230.10	0.67	2.14
8	10.40	0.50	232.80	0.17	0.54	0.20	232.50	0.11	0.36	0.20	231.80	0.11	0.36	0.12	231.80	0.07	0.22	1.59	231.50	0.78	2.47
9	11.00	0.50	233.60	0.19	0.61	0.20	233.00	0.13	0.14	0.20	232.50	0.13	0.14	0.12	232.10	0.08	0.25	1.40	232.10	0.88	2.80
10	11.20	0.50	234.20	0.22	0.68	0.20	233.00	0.14	0.46	0.20	232.50	0.14	0.46	0.12	232.20	0.09	0.28	1.40	232.10	0.99	3.15
11	11.40	0.29	231.50	0.24	0.75	0.20	230.60	0.16	0.51	0.20	229.90	0.16	0.50	0.12	229.90	0.10	0.31	1.41	229.80	1.09	3.48
12	12.00	0.29	231.10	0.26	0.82	0.20	230.20	0.17	0.55	0.19	229.70	0.17	0.55	0.17	229.80	0.11	0.34	1.40	229.80	1.20	3.82
13	12.20	0.29	230.90	0.28	0.89	0.20	230.00	0.19	0.60	0.20	229.60	0.19	0.60	0.15	231.70	0.12	0.38	1.40	231.50	1.30	4.14
14	12.40	0.50	235.20	0.30	0.96	0.20	232.40	0.20	0.64	0.20	231.40	0.20	0.64	0.14	231.50	0.13	0.42	1.34	231.50	1.40	4.45
15	15.00	0.50	231.80	0.32	1.03	0.20	230.90	0.22	0.69	0.20	230.00	0.22	0.96	0.15	230.50	0.14	0.46	1.59	230.20	1.50	4.79
16	15.20	0.50	232.10	0.34	1.10	0.20	231.10	0.23	0.74	0.20	230.60	0.23	0.75	0.16	230.80	0.16	0.49	1.59	230.60	1.61	5.12
17	15.40	0.50	233.00	0.37	1.17	0.20	232.20	0.25	0.78	0.20	231.50	0.25	0.78	0.16	231.70	0.17	0.53	1.40	231.50	1.71	5.44
18	14.00	0.29	230.80	0.40	1.27	0.20	230.00	0.27	0.85	0.20	229.10	0.27	0.85	0.14	229.40	0.18	0.59	1.56	229.30	1.86	5.92
19	14.20	0.50	231.20	0.41	1.31	0.20	230.90	0.28	0.88	0.20	230.00	0.27	0.87	0.19	230.50	0.19	0.61	1.40	229.80	1.91	6.10
20	14.40	0.50	232.90	0.43	1.38	0.20	232.20	0.29	0.92	0.20	231.50	0.29	0.92	0.24	231.70	0.20	0.65	1.59	231.50	2.02	6.43
21	15.00	0.50	234.50	0.45	1.45	0.20	233.40	0.30	0.97	0.20	232.70	0.30	0.96	0.14	232.90	0.22	0.69	1.57	232.80	2.12	6.76
22	15.20	0.31	235.70	0.48	1.52	0.20	235.10	0.32	1.02	0.20	234.20	0.32	1.01	0.12	234.70	0.22	0.72	1.57	234.50	2.22	7.08
23	15.40	0.50	233.00	0.50	1.59	0.20	232.50	0.33	1.06	0.20	231.40	0.33	1.06	0.22	231.70	0.23	0.75	1.40	231.50	2.33	7.41
24	16.00	0.50	231.00	0.52	1.66	0.20	233.20	0.35	1.11	0.20	232.60	0.35	1.11	0.18	232.70	0.25	0.80	1.40	232.70	2.43	7.75
เฉลี่ย		0.50	232.52	0.27	0.86	0.20	231.75	0.18	0.56	0.20	231.01	0.18	0.57	0.15	231.28	0.12	0.39	1.56	231.08	1.25	3.97

ตาราง 10 ตารางแสดงค่าการใช้ไฟฟ้าวันที่ 12 (เก่า)

		หลอดไฟ (L1)				พัดลมไอน้ำ (L2)				พัดลม (L3)				โน้ตบุ๊ค (L4)				โปรเจ็คเตอร์ (L5)			
Date	Time	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ
1	08.20	0.31	255.00	0.05	0.08	0.20	253.90	0.02	0.05	0.20	253.50	0.02	0.05	0.12	253.60	0.01	0.03	1.40	253.70	0.11	0.35
2	08.40	0.31	254.00	0.05	0.16	0.20	253.60	0.04	0.11	0.20	253.20	0.03	0.11	0.12	253.50	0.02	0.07	1.40	253.00	0.24	0.75
3	09.00	0.30	253.20	0.07	0.22	0.20	252.70	0.05	0.15	0.20	252.20	0.05	0.14	0.12	252.50	0.03	0.09	1.41	252.50	0.32	1.02
4	09.20	0.30	254.20	0.09	0.29	0.20	253.20	0.06	0.19	0.20	252.70	0.06	0.19	0.12	253.10	0.04	0.12	1.41	252.80	0.45	1.55
5	09.40	0.30	254.20	0.11	0.36	0.20	253.90	0.08	0.24	0.20	253.50	0.08	0.24	0.12	253.40	0.05	0.15	1.40	253.50	0.55	1.69
6	10.00	0.31	255.40	0.14	0.43	0.20	254.70	0.09	0.29	0.20	254.10	0.09	0.29	0.12	254.30	0.06	0.18	1.41	254.20	0.64	2.04
7	10.20	0.30	252.80	0.16	0.50	0.20	252.50	0.10	0.33	0.20	251.90	0.10	0.33	0.12	252.20	0.06	0.20	1.41	251.90	0.74	2.35
8	10.40	0.30	254.30	0.18	0.57	0.20	253.50	0.12	0.38	0.20	252.80	0.12	0.38	0.12	253.40	0.07	0.23	1.42	253.20	0.85	2.70
9	11.00	0.31	255.20	0.20	0.64	0.20	254.40	0.14	0.45	0.20	253.90	0.13	0.43	0.12	254.20	0.08	0.26	1.41	254.00	0.95	3.04
10	11.20	0.31	256.10	0.22	0.71	0.20	255.10	0.15	0.47	0.20	254.80	0.15	0.47	0.12	254.40	0.09	0.29	1.41	254.60	1.06	3.37
11	11.40	0.31	256.80	0.25	0.79	0.20	256.40	0.16	0.52	0.20	256.00	0.16	0.52	0.12	256.50	0.10	0.32	1.42	256.10	1.17	3.72
12	12.00	0.31	256.90	0.27	0.86	0.21	256.00	0.18	0.57	0.20	255.50	0.18	0.57	0.12	255.70	0.11	0.35	1.42	255.60	1.27	4.06
13	12.20	0.31	256.60	0.29	0.94	0.20	255.80	0.19	0.62	0.20	255.20	0.19	0.61	0.12	255.60	0.12	0.39	1.42	255.40	1.38	4.40
14	12.40	0.31	255.60	0.32	1.01	0.20	254.90	0.21	0.67	0.20	254.40	0.21	0.66	0.12	254.70	0.14	0.44	1.41	254.60	1.49	4.74
15	13.00	0.30	254.20	0.34	1.09	0.20	253.40	0.22	0.71	0.20	252.80	0.22	0.71	0.14	253.50	0.15	0.49	1.37	253.30	1.60	5.09
16	13.20	0.30	252.00	0.36	1.15	0.20	251.20	0.24	0.76	0.19	250.80	0.24	0.76	0.25	251.00	0.16	0.52	1.38	250.60	1.70	5.41
17	13.40	0.30	251.10	0.38	1.22	0.20	250.70	0.25	0.81	0.20	250.10	0.25	0.80	0.16	250.20	0.18	0.56	1.37	250.30	1.80	5.72
18	14.00	0.31	254.50	0.41	1.30	0.20	253.70	0.27	0.86	0.20	253.20	0.27	0.85	0.15	253.50	0.19	0.60	1.35	253.10	1.90	6.07
19	14.20	0.31	255.00	0.43	1.37	0.20	254.20	0.28	0.90	0.20	253.50	0.28	0.90	0.15	254.00	0.20	0.65	1.38	253.70	2.01	6.40
20	14.40	0.31	255.70	0.45	1.44	0.20	254.90	0.30	0.95	0.20	254.50	0.30	0.94	0.12	254.80	0.21	0.66	1.29	254.60	2.10	6.70
21	15.00	0.31	253.80	0.48	1.52	0.20	253.10	0.31	1.00	0.20	252.50	0.31	0.99	0.13	253.00	0.22	0.69	1.29	252.60	2.20	7.01
22	15.20	0.31	253.60	0.50	1.59	0.20	253.20	0.33	1.04	0.20	252.70	0.32	1.04	0.12	252.80	0.23	0.73	1.28	252.50	2.29	7.31
23	15.40	0.31	253.10	0.52	1.66	0.21	254.30	0.34	1.09	0.20	253.90	0.34	1.08	0.12	254.00	0.24	0.75	1.28	253.80	2.39	7.62
24	16.00	0.31	254.80	0.55	1.74	0.20	254.10	0.36	1.14	0.20	253.60	0.35	1.15	0.13	253.70	0.25	0.78	1.28	253.50	2.49	7.96
เฉลี่ย		0.31	254.59	0.28	0.90	0.20	253.89	0.19	0.60	0.20	253.55	0.19	0.59	0.14	253.65	0.13	0.40	1.38	253.45	1.24	4.18

ตาราง 10 ตารางแสดงค่าการใช้ไฟฟ้าวันที่ 13 (เก่า)

		หลอดไฟ (L1)				พัดลมไอน้ำ (L2)				พัดลม (L3)				โน๊ตบุ๊ค (L4)				โปรเจ็คเตอร์ (L5)			
Date	Time	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ
1	08.20	0.30	231.90	0.05	0.08	0.20	231.10	0.02	0.06	0.20	230.60	0.02	0.05	0.12	230.90	0.01	0.04	1.35	230.70	0.11	0.35
2	08.40	0.30	231.50	0.05	0.14	0.20	230.90	0.03	0.10	0.20	230.20	0.03	0.10	0.12	230.20	0.02	0.06	1.36	230.20	0.21	0.66
3	09.00	0.30	231.80	0.07	0.22	0.20	231.20	0.05	0.15	0.20	230.40	0.05	0.14	0.12	230.50	0.03	0.09	1.36	230.20	0.31	0.97
4	09.20	0.30	231.10	0.09	0.28	0.20	230.50	0.06	0.19	0.20	229.70	0.06	0.19	0.12	230.00	0.04	0.12	1.36	229.70	0.41	1.29
5	09.40	0.29	231.00	0.11	0.35	0.20	230.20	0.08	0.24	0.20	229.50	0.08	0.24	0.12	230.00	0.05	0.14	1.37	229.90	0.51	1.62
6	10.00	0.30	232.10	0.13	0.42	0.20	231.50	0.09	0.29	0.20	230.70	0.09	0.28	0.12	231.00	0.05	0.17	1.37	230.80	0.61	1.94
7	10.20	0.30	232.10	0.18	0.49	0.20	231.50	0.10	0.33	0.20	230.70	0.10	0.33	0.12	231.20	0.06	0.20	1.37	230.70	0.71	2.27
8	10.40	0.29	232.10	0.18	0.56	0.20	231.70	0.12	0.38	0.20	231.00	0.12	0.38	0.12	231.40	0.07	0.23	1.36	231.10	0.82	2.60
9	11.00	0.30	231.80	0.20	0.63	0.20	231.10	0.13	0.43	0.20	230.50	0.13	0.42	0.12	230.80	0.08	0.26	1.39	230.50	0.92	2.92
10	11.20	0.30	232.80	0.22	0.70	0.20	232.20	0.15	0.47	0.20	231.60	0.15	0.47	0.12	231.70	0.09	0.29	1.38	231.60	1.06	3.25
11	11.40	0.30	232.40	0.24	0.77	0.20	231.70	0.16	0.52	0.20	230.90	0.16	0.51	0.12	231.30	0.10	0.31	1.38	231.60	1.12	3.57
12	12.00	0.30	233.10	0.26	0.84	0.20	232.60	0.18	0.57	0.20	231.60	0.18	0.56	0.12	232.30	0.11	0.34	1.38	232.00	1.23	3.90
13	12.20	0.30	234.20	0.29	0.92	0.20	233.70	0.19	0.61	0.20	233.00	0.19	0.61	0.12	233.20	0.12	0.37	1.38	233.20	1.33	4.24
14	12.40	0.30	234.60	0.31	0.98	0.20	233.40	0.21	0.66	0.20	233.20	0.21	0.65	0.12	233.50	0.13	0.40	1.37	233.50	1.43	4.57
15	13.00	0.30	234.90	0.33	1.06	0.20	233.90	0.22	0.71	0.20	233.50	0.22	0.70	0.12	233.80	0.13	0.43	1.38	233.40	1.54	4.90
16	13.20	0.31	234.90	0.35	1.13	0.20	234.70	0.24	0.75	0.20	233.60	0.24	0.75	0.12	233.70	0.14	0.46	1.39	233.80	1.64	5.22
17	13.40	0.30	232.80	0.38	1.20	0.20	232.00	0.25	0.80	0.20	231.60	0.25	0.80	0.12	231.70	0.15	0.49	1.39	231.70	1.74	5.56
18	14.00	0.30	233.30	0.40	1.27	0.20	232.90	0.27	0.85	0.20	232.20	0.26	0.84	0.12	232.20	0.16	0.51	1.39	232.40	1.85	5.88
19	14.20	0.30	234.30	0.42	1.34	0.20	233.80	0.28	0.89	0.20	233.30	0.28	0.89	0.12	233.40	0.17	0.54	1.40	233.40	1.95	6.22
20	14.40	0.31	235.20	0.44	1.41	0.20	234.60	0.30	0.94	0.20	234.10	0.29	0.94	0.12	234.10	0.18	0.57	1.40	234.10	2.06	6.56
21	15.00	0.31	236.20	0.47	1.49	0.20	235.40	0.31	0.99	0.20	234.80	0.31	0.99	0.12	235.10	0.19	0.60	1.40	234.80	2.18	6.89
22	15.20	0.31	236.00	0.49	1.56	0.20	235.10	0.33	1.04	0.20	234.60	0.32	1.03	0.12	234.80	0.20	0.63	1.39	235.10	2.27	7.23
23	15.40	0.30	234.60	0.51	1.63	0.20	233.80	0.34	1.09	0.20	233.50	0.34	1.08	0.12	233.50	0.21	0.66	1.40	233.40	2.37	7.56
24	16.00	0.31	235.70	0.54	1.70	0.20	235.00	0.35	1.15	0.20	234.30	0.35	1.15	0.12	234.50	0.22	0.69	1.39	234.30	2.47	7.89
เฉลี่ย		0.30	233.35	0.28	0.88	0.20	232.69	0.19	0.59	0.20	232.04	0.18	0.59	0.12	232.28	0.11	0.36	1.38	232.17	1.28	4.09

ตาราง 10 ตารางแสดงค่าการใช้ไฟฟ้าวันที่ 14 (เก่า)

		หลอดไฟ (L1)				พัดลมไอน้ำ (L2)				พัดลม (L3)				โน้ตบุ๊ค (L4)				โปรเจ็คเตอร์ (L5)			
Date	Time	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ
1	08.20	0.30	233.80	0.05	0.08	0.20	233.10	0.02	0.05	0.20	232.50	0.02	0.05	0.12	232.80	0.01	0.05	1.38	232.60	0.10	0.32
2	08.40	0.30	233.10	0.05	0.15	0.20	233.00	0.05	0.10	0.20	232.40	0.03	0.10	0.12	232.20	0.02	0.06	1.38	231.90	0.21	0.65
3	09.00	0.30	232.70	0.07	0.22	0.20	232.30	0.05	0.15	0.20	231.20	0.05	0.15	0.12	232.10	0.03	0.10	1.39	231.70	0.32	1.01
4	09.20	0.30	233.10	0.09	0.29	0.20	232.60	0.06	0.19	0.20	232.00	0.06	0.19	0.12	232.00	0.04	0.13	1.39	231.90	0.41	1.30
5	09.40	0.30	233.00	0.11	0.36	0.20	232.10	0.08	0.24	0.20	231.60	0.08	0.24	0.12	231.70	0.05	0.15	1.39	231.50	0.51	1.63
6	10.00	0.30	232.90	0.14	0.43	0.20	231.80	0.09	0.28	0.20	231.50	0.09	0.28	0.12	231.50	0.06	0.18	1.39	231.40	0.62	1.96
7	10.20	0.30	232.90	0.18	0.50	0.20	232.50	0.10	0.33	0.20	231.80	0.10	0.33	0.12	231.90	0.07	0.21	1.40	231.80	0.72	2.29
8	10.40	0.30	232.80	0.18	0.57	0.20	231.90	0.12	0.38	0.20	231.20	0.12	0.38	0.12	231.50	0.08	0.24	1.40	231.70	0.83	2.65
9	11.00	0.30	232.90	0.20	0.64	0.20	231.90	0.13	0.43	0.20	231.80	0.13	0.42	0.12	231.80	0.08	0.26	1.40	231.70	0.93	2.95
10	11.20	0.30	232.40	0.22	0.71	0.20	231.80	0.15	0.47	0.20	231.40	0.15	0.47	0.12	231.50	0.09	0.29	1.40	231.80	1.03	3.30
11	11.40	0.30	233.60	0.25	0.78	0.20	232.90	0.16	0.52	0.20	232.10	0.16	0.52	0.12	232.50	0.10	0.33	1.41	232.50	1.14	3.65
12	12.00	0.30	233.80	0.27	0.85	0.20	233.10	0.18	0.56	0.20	232.50	0.18	0.56	0.12	232.80	0.11	0.36	1.40	232.80	1.24	3.96
13	12.20	0.30	234.20	0.29	0.92	0.20	233.50	0.19	0.61	0.20	233.00	0.19	0.61	0.12	233.50	0.12	0.39	1.41	233.10	1.35	4.30
14	12.40	0.30	235.50	0.31	0.99	0.20	234.30	0.21	0.66	0.20	233.70	0.21	0.66	0.12	234.10	0.13	0.41	1.41	233.80	1.46	4.64
15	13.00	0.31	235.60	0.33	1.06	0.20	234.60	0.22	0.71	0.20	234.40	0.22	0.70	0.12	234.50	0.14	0.44	1.41	234.20	1.56	4.97
16	13.20	0.31	236.00	0.36	1.14	0.20	235.20	0.24	0.75	0.20	234.90	0.24	0.75	0.12	235.10	0.15	0.47	1.40	235.10	1.67	5.32
17	13.40	0.31	235.40	0.38	1.21	0.20	234.20	0.25	0.80	0.20	233.70	0.25	0.80	0.12	234.20	0.16	0.50	1.42	233.70	1.77	5.65
18	14.00	0.31	236.40	0.40	1.28	0.20	235.60	0.27	0.85	0.20	235.00	0.27	0.85	0.12	235.50	0.17	0.55	1.40	235.00	1.88	5.99
19	14.20	0.31	236.50	0.45	1.37	0.20	235.80	0.28	0.90	0.20	234.80	0.28	0.90	0.12	235.20	0.18	0.56	1.40	235.20	2.00	6.36
20	14.40	0.31	236.50	0.46	1.48	0.20	235.60	0.31	0.97	0.20	235.00	0.31	0.97	0.12	235.40	0.19	0.61	1.38	235.60	2.15	6.87
21	15.00	0.28	225.90	0.49	1.57	0.20	225.50	0.33	1.04	0.19	224.40	0.32	1.03	0.12	224.70	0.20	0.65	1.33	224.80	2.29	7.31
22	15.20	0.31	252.20	0.51	1.64	0.20	251.50	0.34	1.09	0.20	250.90	0.34	1.08	0.12	251.30	0.21	0.68	1.34	251.00	2.39	7.65
23	15.40	0.30	251.80	0.54	1.71	0.20	251.00	0.35	1.13	0.20	250.20	0.35	1.13	0.12	250.90	0.22	0.70	1.35	250.80	2.49	7.95
24	16.00	0.30	252.20	0.57	1.76	0.20	252.00	0.36	1.15	0.20	252.10	0.36	1.15	0.12	253.10	0.23	0.73	1.35	250.10	2.59	8.20
เฉลี่ย		0.30	233.55	0.29	0.90	0.20	232.80	0.19	0.60	0.20	232.24	0.19	0.60	0.12	232.55	0.12	0.38	1.39	232.30	1.52	4.20

ตาราง 10 ตารางแสดงค่าการใช้ไฟฟ้าวันที่ 15 (เก่า)

		หลอดไฟ (L1)				พัดลมไอน้ำ (L2)				พัดลม (L3)				โน๊ตบุ๊ค (L4)				โปรเจ็คเตอร์ (L5)			
Date	Time	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ
1	08.20	0.31	235.50	0.05	0.08	0.20	252.50	0.02	0.05	0.20	251.70	0.02	0.05	0.12	251.90	0.01	0.05	1.55	251.50	0.10	0.31
2	08.40	0.31	235.20	0.05	0.15	0.20	252.40	0.05	0.10	0.20	251.90	0.05	0.10	0.12	252.10	0.02	0.06	1.55	251.80	0.20	0.62
3	09.00	0.31	234.10	0.07	0.22	0.20	255.50	0.05	0.14	0.20	252.70	0.05	0.14	0.12	252.80	0.03	0.09	1.55	252.80	0.30	0.94
4	09.20	0.31	235.60	0.09	0.29	0.20	255.50	0.06	0.19	0.20	252.70	0.06	0.19	0.12	252.90	0.04	0.12	1.55	252.50	0.40	1.28
5	09.40	0.30	252.90	0.12	0.37	0.20	252.40	0.08	0.24	0.20	251.90	0.08	0.24	0.12	251.80	0.05	0.15	1.55	251.70	0.50	1.59
6	10.00	0.29	229.90	0.14	0.44	0.20	229.40	0.09	0.29	0.20	228.60	0.09	0.28	0.12	229.00	0.05	0.17	1.56	228.60	0.60	1.90
7	10.20	0.30	235.00	0.16	0.51	0.20	252.40	0.10	0.33	0.20	251.70	0.10	0.33	0.12	252.50	0.06	0.20	1.55	252.00	0.70	2.22
8	10.40	0.30	235.20	0.18	0.56	0.20	252.70	0.12	0.38	0.20	252.20	0.12	0.38	0.12	252.70	0.07	0.23	1.54	252.50	0.80	2.55
9	11.00	0.30	252.20	0.20	0.65	0.20	251.80	0.13	0.43	0.20	250.80	0.13	0.43	0.12	251.20	0.08	0.26	1.55	251.00	0.90	2.86
10	11.20	0.30	251.80	0.23	0.72	0.20	251.30	0.15	0.47	0.20	250.70	0.15	0.47	0.18	251.00	0.09	0.29	1.55	250.40	1.00	3.19
11	11.40	0.30	251.60	0.25	0.79	0.20	251.10	0.16	0.52	0.20	250.70	0.16	0.52	0.26	250.90	0.10	0.34	1.55	250.70	1.10	3.51
12	12.00	0.30	252.90	0.27	0.87	0.20	252.20	0.18	0.57	0.20	251.40	0.18	0.57	0.17	251.80	0.12	0.39	1.55	251.30	1.21	3.86
13	12.20	0.30	235.50	0.29	0.93	0.20	252.60	0.19	0.61	0.20	251.80	0.19	0.61	0.25	252.10	0.14	0.45	1.55	251.80	1.36	4.14
14	12.40	0.30	235.70	0.31	1.00	0.20	255.00	0.21	0.66	0.20	252.50	0.21	0.66	0.19	252.40	0.15	0.48	1.55	252.30	1.41	4.47
15	13.00	0.30	235.70	0.34	1.07	0.20	255.20	0.22	0.71	0.20	252.40	0.22	0.70	0.16	252.80	0.16	0.52	1.55	252.40	1.50	4.79
16	13.20	0.31	234.90	0.36	1.14	0.20	254.20	0.24	0.76	0.20	253.60	0.23	0.75	0.18	253.80	0.18	0.57	1.55	253.50	1.61	5.12
17	13.40	0.30	235.20	0.38	1.22	0.20	252.50	0.25	0.80	0.20	252.10	0.25	0.80	0.18	251.90	0.19	0.61	1.56	251.80	1.71	5.44
18	14.00	0.30	234.50	0.41	1.30	0.20	255.70	0.27	0.86	0.20	255.20	0.27	0.85	0.18	255.50	0.21	0.66	1.56	255.20	1.83	5.82
19	14.20	0.31	235.70	0.43	1.36	0.20	254.70	0.28	0.89	0.20	254.40	0.28	0.89	0.12	254.60	0.21	0.68	1.56	254.10	1.91	6.07
20	14.40	0.30	235.80	0.45	1.43	0.20	255.10	0.30	0.94	0.20	252.50	0.29	0.94	0.15	252.50	0.22	0.71	1.57	252.10	2.01	6.41
21	15.00	0.31	234.00	0.47	1.50	0.20	255.00	0.31	0.99	0.20	252.80	0.31	0.98	0.12	252.90	0.23	0.74	1.57	252.80	2.11	6.75
22	15.20	0.30	235.50	0.49	1.57	0.20	252.90	0.32	1.04	0.20	252.50	0.32	1.03	0.12	252.50	0.24	0.77	1.57	252.50	2.21	7.06
23	15.40	0.30	234.10	0.51	1.64	0.20	255.50	0.34	1.08	0.20	252.90	0.34	1.08	0.12	253.50	0.25	0.80	1.56	253.00	2.32	7.38
24	16.00	0.31	234.90	0.55	1.74	0.20	251.40	0.36	1.15	0.20	253.90	0.36	1.14	0.12	254.10	0.26	0.84	1.55	253.90	2.45	7.81
เฉลี่ย		0.30	235.56	0.28	0.90	0.20	252.60	0.19	0.59	0.20	252.13	0.19	0.59	0.15	252.57	0.13	0.42	1.55	252.08	1.26	4.00

ตาราง 10 ตารางแสดงค่าการใช้ไฟฟ้าวันที่ 16 (เก่า)

		หลอดไฟ (L1)				พัดลมไอน้ำ (L2)				พัดลม (L3)				โน้ตบุ๊ค (L4)				โปรเจ็คเตอร์ (L5)			
Date	Time	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ
1	08.20	0.30	251.40	0.02	0.07	0.20	251.00	0.02	0.05	0.20	250.00	0.02	0.05	0.12	250.10	0.01	0.30	1.35	250.00	0.10	0.31
2	08.40	0.30	255.10	0.05	0.14	0.20	252.30	0.05	0.10	0.20	251.80	0.05	0.10	0.12	251.80	0.02	0.06	1.38	251.90	0.20	0.65
3	09.00	0.30	252.30	0.07	0.21	0.20	252.10	0.05	0.14	0.20	251.20	0.05	0.14	0.12	251.00	0.03	0.09	1.38	251.00	0.30	0.96
4	09.20	0.30	251.50	0.09	0.28	0.20	251.50	0.06	0.19	0.20	250.20	0.06	0.19	0.13	251.10	0.04	0.12	1.38	250.70	0.40	1.28
5	09.40	0.30	251.00	0.11	0.35	0.20	250.00	0.08	0.24	0.20	229.10	0.07	0.24	0.12	229.90	0.05	0.14	1.38	229.60	0.50	1.60
6	10.00	0.30	255.00	0.13	0.42	0.20	251.90	0.09	0.28	0.20	251.70	0.09	0.28	0.13	251.80	0.05	0.17	1.35	251.70	0.61	1.92
7	10.20	0.30	252.60	0.16	0.49	0.20	251.50	0.10	0.33	0.20	250.60	0.10	0.33	0.12	251.10	0.06	0.20	1.38	250.80	0.71	2.25
8	10.40	0.30	252.90	0.18	0.56	0.20	252.40	0.12	0.38	0.20	251.70	0.12	0.38	0.12	251.90	0.07	0.23	1.38	251.70	0.81	2.57
9	11.00	0.30	255.20	0.20	0.63	0.20	252.60	0.13	0.42	0.20	251.50	0.13	0.42	0.12	252.10	0.08	0.26	1.37	251.70	0.91	2.89
10	11.20	0.30	254.10	0.22	0.70	0.20	255.50	0.15	0.47	0.20	252.70	0.15	0.47	0.12	253.10	0.09	0.28	1.38	252.90	1.01	3.22
11	11.40	0.30	254.80	0.24	0.77	0.20	254.00	0.16	0.52	0.20	253.00	0.16	0.51	0.12	253.20	0.10	3.54	1.37	252.70	1.11	0.31
12	12.00	0.31	255.40	0.26	0.84	0.20	254.60	0.18	0.56	0.20	254.00	0.18	0.56	0.12	254.40	0.11	0.34	1.38	254.10	1.22	3.88
13	12.20	0.30	254.00	0.29	0.91	0.20	255.20	0.19	0.61	0.20	252.20	0.19	0.61	0.12	25.80	0.12	0.37	1.37	252.60	1.32	4.20
14	12.40	0.30	254.90	0.31	0.99	0.20	254.10	0.21	0.66	0.20	255.10	0.21	0.66	0.12	255.50	0.13	0.40	1.38	255.20	1.42	4.55
15	13.00	0.28	225.00	0.33	1.05	0.19	255.50	0.22	0.70	0.19	223.00	0.22	0.70	0.13	223.20	0.15	0.45	1.40	225.70	1.52	4.85
16	13.20	0.31	256.00	0.35	1.13	0.20	255.40	0.24	0.75	0.20	254.70	0.24	0.75	0.12	254.80	0.14	0.46	1.37	254.60	1.63	5.19
17	13.40	0.30	254.10	0.38	1.20	0.20	255.40	0.25	0.80	0.20	252.70	0.25	0.80	0.12	253.00	0.15	0.48	1.39	252.70	1.75	5.52
18	14.00	0.31	254.80	0.40	1.27	0.20	254.20	0.27	0.85	0.20	255.40	0.26	0.84	0.12	255.70	0.16	0.51	1.39	255.40	1.84	5.85
19	14.20	0.30	254.50	0.42	1.35	0.20	255.80	0.28	0.90	0.20	255.20	0.28	0.89	0.12	255.50	0.17	0.54	1.38	255.30	1.94	6.19
20	14.40	0.31	254.90	0.44	1.42	0.20	254.20	0.30	0.94	0.20	253.60	0.29	0.94	0.12	255.70	0.18	0.57	1.37	255.60	2.04	6.51
21	15.00	0.31	255.70	0.47	1.49	0.20	255.10	0.31	0.99	0.20	254.50	0.31	0.99	0.12	254.90	0.19	0.60	1.35	254.20	2.15	6.84
22	15.20	0.30	251.00	0.49	1.56	0.20	250.50	0.33	1.04	0.20	250.00	0.32	1.03	0.12	250.20	0.20	0.65	1.35	229.70	2.25	7.18
23	15.40	0.30	252.50	0.51	1.63	0.20	251.90	0.34	1.08	0.20	251.20	0.34	1.08	0.12	251.50	0.20	0.65	1.35	231.10	2.35	7.49
24	16.00	0.30	255.00	0.53	1.70	0.20	252.50	0.35	1.13	0.20	251.20	0.35	1.12	0.12	251.50	0.21	0.68	1.34	251.40	2.44	7.80
เฉลี่ย		0.30	253.15	0.28	0.88	0.20	252.87	0.19	0.59	0.20	251.68	0.18	0.58	0.12	225.28	0.11	0.50	1.37	251.76	1.27	3.92

ตาราง 10 ตารางแสดงค่าการใช้ไฟฟ้าวันที่ 17 (เก่า)

		หลอดไฟ (L1)				พัดลมไอน้ำ (L2)				พัดลม (L3)				ไม้ตบุค (L4)				โปรเจ็คเตอร์ (L5)			
Date	Time	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ
1	08.20	0.30	234.10	0.02	0.07	0.20	233.50	0.02	0.06	0.20	232.70	0.02	0.06	0.12	233.10	0.01	0.03	1.57	232.80	0.10	0.30
2	08.40	0.30	234.60	0.05	0.14	0.20	233.90	0.05	0.10	0.20	233.50	0.30	0.10	0.13	233.60	0.02	0.06	1.57	233.40	0.20	0.62
3	09.00	0.30	235.30	0.07	0.22	0.20	232.60	0.05	0.15	0.20	232.00	0.05	0.14	0.12	232.30	0.03	0.09	1.57	232.00	0.30	0.97
4	09.20	0.30	231.60	0.09	0.28	0.20	231.30	0.06	0.19	0.19	230.70	0.06	0.19	0.12	231.00	0.04	0.12	1.58	230.60	0.40	1.26
5	09.40	0.30	235.00	0.11	0.35	0.20	232.20	0.08	0.24	0.20	231.40	0.07	0.23	0.12	231.70	0.05	0.15	1.58	231.30	0.50	1.60
6	10.00	0.30	231.80	0.13	0.43	0.20	230.80	0.09	0.28	0.20	230.60	0.09	0.28	0.12	230.90	0.05	0.17	1.57	230.80	0.61	1.93
7	10.20	0.30	232.40	0.16	0.50	0.20	231.80	0.11	0.34	0.20	231.00	0.10	0.33	0.12	231.30	0.07	0.21	1.58	231.30	0.72	2.29
8	10.40	0.30	233.10	0.18	0.56	0.20	232.10	0.12	0.38	0.20	231.10	0.12	0.37	0.12	231.50	0.08	0.24	1.58	231.40	0.81	2.57
9	11.00	0.30	232.50	0.20	0.63	0.20	232.20	0.13	0.42	0.20	231.00	0.13	0.42	0.12	231.30	0.09	0.27	1.57	231.20	0.91	2.90
10	11.20	0.30	231.70	0.22	0.71	0.20	231.10	0.15	0.47	0.20	230.00	0.15	0.47	0.12	231.00	0.09	0.30	1.58	230.80	1.02	3.24
11	11.40	0.30	233.40	0.25	0.78	0.20	232.90	0.16	0.52	0.20	231.90	0.16	0.52	0.12	232.40	0.10	0.33	1.59	231.80	1.15	3.59
12	12.00	0.30	234.80	0.27	0.85	0.20	234.30	0.18	0.56	0.20	233.20	0.18	0.56	0.12	233.50	0.11	0.35	1.40	233.50	1.22	3.90
13	12.20	0.30	235.50	0.29	0.92	0.20	234.60	0.19	0.61	0.20	233.50	0.19	0.61	0.12	234.10	0.12	0.38	1.40	233.80	1.33	4.23
14	12.40	0.30	234.10	0.31	0.99	0.20	233.40	0.21	0.66	0.20	232.50	0.21	0.65	0.12	232.70	0.13	0.41	1.59	232.50	1.44	4.57
15	13.00	0.30	234.90	0.33	1.06	0.20	234.20	0.22	0.71	0.20	233.50	0.22	0.70	0.12	233.70	0.14	0.44	1.59	233.40	1.55	4.88
16	13.20	0.30	235.40	0.37	1.17	0.20	232.70	0.24	0.78	0.20	231.90	0.24	0.77	0.12	232.20	0.15	0.48	1.40	232.00	1.69	5.39
17	13.40	0.30	234.10	0.38	1.21	0.20	233.40	0.25	0.80	0.20	232.80	0.25	0.80	0.12	232.60	0.16	0.50	1.59	232.80	1.74	5.55
18	14.00	0.30	235.10	0.40	1.28	0.20	234.50	0.27	0.85	0.20	233.60	0.26	0.84	0.12	233.80	0.17	0.55	1.59	233.60	1.85	5.91
19	14.20	0.31	236.20	0.42	1.34	0.20	235.40	0.28	0.89	0.20	234.50	0.28	0.89	0.12	234.90	0.17	0.55	1.57	234.80	1.95	6.20
20	14.40	0.31	234.00	0.44	1.42	0.20	233.50	0.29	0.94	0.20	232.70	0.29	0.93	0.12	232.90	0.18	0.58	1.55	232.40	2.06	6.55
21	15.00	0.31	235.40	0.47	1.49	0.20	234.40	0.31	0.99	0.20	233.50	0.31	0.98	0.12	233.70	0.19	0.61	1.54	234.10	2.15	6.86
22	15.20	0.31	234.60	0.50	1.59	0.20	234.00	0.33	1.05	0.20	233.00	0.33	1.04	0.12	233.50	0.20	0.65	1.53	233.20	2.27	7.25
23	15.40	0.31	234.50	0.51	1.63	0.20	234.00	0.34	1.08	0.20	233.50	0.34	1.07	0.12	233.50	0.21	0.67	1.53	233.00	2.35	0.67
24	16.00	0.31	235.40	0.54	1.71	0.20	234.40	0.35	1.15	0.20	233.70	0.35	1.12	0.12	234.20	0.22	0.70	1.53	233.90	2.45	7.81
เฉลี่ย		0.30	233.90	0.28	0.89	0.20	233.22	0.19	0.59	0.20	232.38	0.20	0.59	0.12	325.72	0.12	0.37	1.57	232.51	1.28	3.79

ตาราง 10 ตารางแสดงค่าการใช้ไฟฟ้าวันที่ 18 (เก่า)

		หลอดไฟ (L1)				พัดลมไอน้ำ (L2)				พัดลม (L3)				โน้ตบุ๊ค (L4)				โปรเจ็คเตอร์ (L5)			
Date	Time	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ
1	08.20	0.30	235.50	0.02	0.07	0.20	235.00	0.02	0.06	0.21	234.30	0.02	0.06	0.12	234.70	0.01	0.03	1.40	234.50	0.10	0.30
2	08.40	0.30	232.80	0.05	0.14	0.20	232.40	0.05	0.10	0.20	231.40	0.05	0.09	0.12	232.10	0.02	0.06	1.40	232.10	0.21	0.65
3	09.00	0.29	230.70	0.07	0.21	0.20	231.40	0.55	0.14	0.20	230.70	0.05	0.14	0.12	231.40	0.03	0.09	1.39	230.90	0.31	0.99
4	09.20	0.30	233.00	0.09	0.28	0.20	230.20	0.06	0.19	0.20	229.00	0.06	0.19	0.12	230.50	0.04	0.13	1.39	230.00	0.42	1.33
5	09.40	0.30	232.90	0.11	0.35	0.20	231.70	0.06	0.24	0.20	230.90	0.06	0.24	0.12	231.50	0.05	0.16	1.35	231.20	0.52	1.65
6	10.00	0.30	233.70	0.13	0.42	0.20	231.30	0.09	0.29	0.20	230.60	0.09	0.29	0.12	231.10	0.06	0.19	1.36	231.10	0.64	2.04
7	10.20	0.29	227.40	0.16	0.49	0.20	231.70	0.11	0.35	0.20	230.90	0.11	0.35	0.12	231.00	0.07	0.22	1.36	230.60	0.77	2.44
8	10.40	0.29	227.30	0.18	0.56	0.20	230.10	0.12	0.38	0.20	229.20	0.12	0.38	0.12	229.70	0.08	0.24	1.36	229.50	0.85	2.64
9	11.00	0.30	234.40	0.20	0.63	0.10	230.10	0.13	0.43	0.20	229.10	0.14	0.43	0.20	228.70	0.09	0.27	0.12	228.80	0.06	2.98
10	11.20	0.31	235.60	0.22	0.70	0.21	235.90	0.15	0.48	0.20	235.40	0.15	0.47	0.18	235.60	0.11	0.30	1.35	235.50	1.04	3.31
11	11.40	0.31	235.80	0.24	0.77	0.20	232.60	0.17	0.53	0.20	232.00	0.17	0.53	0.12	232.20	0.11	0.34	1.36	232.20	1.16	3.69
12	12.00	0.31	236.30	0.27	0.84	0.20	232.60	0.18	0.57	0.20	231.80	0.18	0.57	0.12	232.30	0.12	0.36	1.36	232.10	1.25	3.98
13	12.20	0.30	233.60	0.29	0.92	0.20	231.10	0.19	0.62	0.20	230.20	0.19	0.62	0.12	230.90	0.12	0.39	1.36	230.80	1.35	4.31
14	12.40	0.31	234.80	0.31	0.99	0.20	234.20	0.21	0.67	0.20	233.60	0.21	0.66	0.12	234.10	0.13	0.42	1.36	234.00	1.46	4.64
15	13.00	0.31	236.70	0.33	1.06	0.20	230.70	0.23	0.73	0.20	230.50	0.23	0.72	0.12	230.40	0.14	0.45	1.01	230.40	1.58	5.04
16	13.20	0.30	235.40	0.36	1.15	0.22	235.00	0.24	0.77	0.20	233.00	0.24	0.76	0.13	230.60	0.14	0.45	1.40	230.40	1.60	5.09
17	13.40	0.31	235.40	0.38	1.20	0.20	231.20	0.25	0.81	0.20	230.70	0.25	0.81	0.12	230.80	0.15	0.48	1.37	231.00	1.68	5.37
18	14.00	0.31	235.60	0.40	1.28	0.20	231.10	0.27	0.86	0.20	230.50	0.27	0.86	0.12	231.10	0.16	0.50	1.38	231.20	1.79	5.71
19	14.20	0.31	235.60	0.42	1.35	0.20	235.10	0.28	0.90	0.20	232.20	0.28	0.90	0.12	232.40	0.17	0.55	1.37	232.60	1.89	6.05
20	14.40	0.31	235.60	0.45	1.42	0.20	235.20	0.30	0.95	0.20	232.50	0.30	0.95	0.18	233.00	0.18	0.56	1.37	232.80	2.00	6.37
21	15.00	0.32	236.20	0.47	1.50	0.20	234.30	0.31	1.00	0.20	233.50	0.31	1.00	0.12	233.90	0.19	0.59	1.37	233.80	2.10	6.70
22	15.20	0.31	233.80	0.49	1.57	0.21	234.90	0.33	1.05	0.20	234.40	0.33	1.04	0.12	234.50	0.20	0.63	1.38	234.30	2.21	7.05
23	15.40	0.31	234.10	0.51	1.64	0.20	236.70	0.34	1.10	0.20	236.00	0.34	1.09	0.18	236.50	0.21	0.66	1.35	235.10	2.32	7.39
24	16.00	0.31	234.70	0.54	1.72	0.20	230.90	0.36	1.15	0.20	230.10	0.36	1.14	0.12	230.60	0.22	0.70	1.40	230.80	2.42	7.72
เฉลี่ย		0.30	233.70	0.28	0.89	0.20	232.48	0.21	0.60	0.20	231.77	0.19	0.60	0.13	232.04	0.12	0.36	1.77	231.90	1.24	4.06

ตาราง 10 ตารางแสดงค่าการใช้ไฟฟ้าวันที่ 19 (เก่า)

		หลอดไฟ (L1)				พัดลมไอน้ำ (L2)				พัดลม (L3)				โน๊ตบุ๊ค (L4)				โปรเจ็คเตอร์ (L5)			
Date	Time	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ
1	08.20	0.30	233.80	0.02	0.07	0.21	231.50	0.02	0.05	0.20	230.70	0.02	0.05	0.20	231.40	0.02	0.50	1.59	231.00	0.11	0.34
2	08.40	0.30	233.00	0.05	0.14	0.21	231.90	0.05	0.10	0.20	231.30	0.05	0.09	0.21	231.60	0.03	0.10	1.58	231.40	0.21	0.67
3	09.00	0.31	236.00	0.07	0.21	0.21	233.50	0.05	0.15	0.20	232.80	0.05	0.14	0.14	233.10	0.04	0.13	1.59	232.70	0.32	1.01
4	09.20	0.31	235.00	0.09	0.29	0.21	235.40	0.06	0.20	0.20	235.00	0.06	0.19	0.12	235.50	0.05	0.18	1.58	235.10	0.45	1.38
5	09.40	0.31	233.90	0.11	0.38	0.21	231.60	0.09	0.27	0.20	231.00	0.08	0.25	0.20	231.40	0.06	0.20	1.41	231.20	0.57	1.80
6	10.00	0.31	235.40	0.14	0.45	0.21	232.40	0.09	0.30	0.20	231.80	0.09	0.28	0.12	232.20	0.07	0.22	1.41	232.00	0.64	2.02
7	10.20	0.32	235.50	0.16	0.51	0.21	231.60	0.11	0.35	0.20	231.40	0.10	0.33	0.12	231.90	0.08	0.25	1.59	231.60	0.75	2.37
8	10.40	0.32	236.20	0.18	0.58	0.21	231.60	0.13	0.40	0.20	231.20	0.12	0.38	0.12	231.40	0.09	0.28	1.57	231.20	0.85	2.71
9	11.00	0.31	235.20	0.21	0.65	0.21	231.20	0.14	0.45	0.20	230.90	0.14	0.43	0.12	231.20	0.10	0.31	1.55	231.20	0.96	3.05
10	11.20	0.31	235.40	0.23	0.73	0.21	232.70	0.16	0.50	0.20	232.20	0.15	0.47	0.19	232.60	0.11	0.34	1.55	232.50	1.06	3.37
11	11.40	0.31	234.00	0.25	0.80	0.21	233.50	0.17	0.55	0.20	232.90	0.16	0.52	0.12	233.50	0.12	0.37	1.55	233.00	1.16	3.70
12	12.00	0.32	235.40	0.28	0.88	0.21	234.50	0.19	0.60	0.20	233.90	0.18	0.57	0.19	234.00	0.13	0.41	1.54	234.10	1.27	4.04
13	12.20	0.31	233.80	0.30	0.95	0.22	234.70	0.21	0.65	0.20	234.00	0.19	0.62	0.18	234.30	0.14	0.44	1.54	234.10	1.37	4.36
14	12.40	0.32	234.40	0.32	1.03	0.21	234.60	0.22	0.70	0.20	234.00	0.21	0.67	0.11	234.30	0.15	0.48	1.54	234.20	1.47	4.69
15	13.00	0.32	233.80	0.35	1.11	0.21	232.40	0.24	0.75	0.20	231.40	0.22	0.71	0.12	232.10	0.16	0.51	1.54	231.80	1.58	5.02
16	13.20	0.31	229.80	0.37	1.18	0.21	233.00	0.25	0.81	0.20	232.90	0.24	0.76	0.12	232.90	0.17	0.54	1.54	232.70	1.68	5.34
17	13.40	0.31	229.40	0.39	1.25	0.21	229.20	0.27	0.86	0.20	228.70	0.25	0.81	0.12	229.20	0.18	0.58	1.55	229.10	1.78	5.66
18	14.00	0.31	230.00	0.41	1.32	0.21	229.50	0.28	0.91	0.20	229.00	0.27	0.86	0.12	229.50	0.19	0.60	1.56	229.50	1.88	5.99
19	14.20	0.31	230.60	0.44	1.39	0.22	230.50	0.30	0.96	0.20	229.90	0.28	0.90	0.12	230.40	0.20	0.65	1.56	230.20	1.99	6.33
20	14.40	0.31	230.80	0.46	1.46	0.21	227.90	0.32	1.01	0.19	227.60	0.30	0.95	0.19	227.80	0.21	0.66	1.55	227.60	2.09	6.66
21	15.00	0.31	231.50	0.48	1.53	0.21	229.10	0.33	1.05	0.20	228.40	0.31	1.00	0.12	228.90	0.22	0.69	1.55	228.80	2.19	6.97
22	15.20	0.31	230.20	0.50	1.61	0.21	229.50	0.35	1.11	0.20	228.50	0.33	1.04	0.19	229.10	0.23	0.72	1.55	228.50	2.29	7.30
23	15.40	0.31	230.70	0.53	1.68	0.21	232.10	0.36	1.15	0.20	231.90	0.34	1.09	0.19	232.40	0.24	0.75	1.55	232.00	2.34	7.47
24	16.00	0.31	231.10	0.55	1.75	0.21	225.90	0.38	1.21	0.20	235.90	0.36	1.14	0.19	234.30	0.25	0.78	1.55	234.00	2.35	7.50
เฉลี่ย		0.31	232.95	0.29	0.91	0.21	231.58	0.20	0.65	0.20	231.47	0.19	0.59	0.15	231.86	0.14	0.44	1.56	231.63	1.31	4.18

ตาราง 10 ตารางแสดงค่าการใช้ไฟฟ้าวันที่ 20 (เก่า)

		หลอดไฟ (L1)				พัดลมไอน้ำ (L2)				พัดลม (L3)				โน้ตบุ๊ค (L4)				โปรเจ็คเตอร์ (L5)			
Date	Time	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ
1	08.20	0.30	254.70	0.02	0.07	0.20	252.80	0.02	0.05	0.20	252.00	0.02	0.05	0.25	252.00	0.01	0.05	1.59	251.80	0.11	0.34
2	08.40	0.30	254.60	0.05	0.14	0.20	254.50	0.05	0.09	0.20	253.90	0.05	0.10	0.26	253.80	0.05	0.10	1.58	253.80	0.21	0.67
3	09.00	0.31	252.70	0.07	0.22	0.20	255.10	0.05	0.14	0.20	255.10	0.05	0.14	0.25	252.70	0.05	0.16	1.57	252.70	0.32	1.01
4	09.20	0.31	255.50	0.09	0.29	0.20	251.50	0.06	0.19	0.20	251.20	0.06	0.19	0.23	251.00	0.07	0.22	1.57	250.90	0.42	1.34
5	09.40	0.31	255.60	0.11	0.36	0.19	251.80	0.07	0.24	0.20	251.50	0.06	0.24	0.24	251.40	0.09	0.28	1.55	251.20	0.52	1.67
6	10.00	0.31	255.50	0.14	0.43	0.20	251.50	0.09	0.28	0.20	251.00	0.09	0.29	0.24	251.20	0.10	0.33	1.57	251.80	0.65	2.00
7	10.20	0.32	255.80	0.16	0.50	0.20	251.50	0.09	0.33	0.20	251.00	0.09	0.34	0.24	251.20	0.10	0.38	1.57	251.80	0.65	2.35
8	10.40	0.32	256.70	0.18	0.57	0.20	255.10	0.12	0.38	0.20	252.50	0.12	0.38	0.23	252.50	0.14	0.44	1.57	252.20	0.84	2.65
9	11.00	0.31	256.50	0.21	0.65	0.20	254.70	0.13	0.42	0.20	254.00	0.14	0.43	0.23	254.50	0.16	0.50	1.58	254.00	0.94	3.00
10	11.20	0.31	256.50	0.23	0.72	0.19	252.50	0.15	0.47	0.20	251.40	0.15	0.48	0.25	251.90	0.17	0.55	1.58	251.80	1.05	3.34
11	11.40	0.31	256.20	0.25	0.80	0.20	255.00	0.16	0.52	0.20	252.50	0.17	0.52	0.16	252.50	0.19	0.61	1.59	252.20	1.15	3.67
12	12.00	0.32	255.90	0.28	0.87	0.19	252.40	0.18	0.57	0.20	251.80	0.18	0.57	0.24	251.90	0.21	0.66	1.57	251.70	1.28	4.01
13	12.20	0.31	256.00	0.30	0.95	0.20	251.10	0.19	0.61	0.20	250.50	0.19	0.62	0.23	250.50	0.22	0.72	1.56	229.90	1.38	4.34
14	12.40	0.32	255.90	0.32	1.02	0.20	254.70	0.21	0.66	0.20	254.00	0.21	0.67	0.28	253.90	0.24	0.77	1.54	254.10	1.47	4.67
15	15.00	0.32	256.10	0.35	1.09	0.19	252.80	0.22	0.71	0.20	252.50	0.22	0.72	0.24	252.40	0.26	0.83	1.54	252.60	1.57	5.00
16	15.20	0.31	256.60	0.37	1.16	0.20	255.50	0.24	0.75	0.20	252.90	0.24	0.76	0.12	255.00	0.27	0.87	1.55	252.80	1.67	5.32
17	15.40	0.31	257.40	0.39	1.24	0.20	255.70	0.25	0.80	0.20	252.80	0.25	0.81	0.12	255.50	0.28	0.90	1.55	252.90	1.77	5.66
18	14.00	0.31	254.90	0.41	1.31	0.20	255.80	0.27	0.85	0.20	253.50	0.27	0.86	0.12	255.80	0.29	0.93	1.55	255.50	1.88	5.99
19	14.20	0.31	255.50	0.44	1.39	0.20	254.20	0.28	0.90	0.20	253.40	0.28	0.91	0.12	255.80	0.30	0.96	1.55	255.40	1.98	6.32
20	14.40	0.31	254.80	0.46	1.46	0.20	254.80	0.30	0.95	0.20	253.90	0.30	0.96	0.12	254.10	0.31	0.99	1.55	254.00	2.08	6.65
21	15.00	0.31	255.90	0.48	1.53	0.20	254.70	0.31	1.00	0.20	254.10	0.31	1.00	0.12	254.50	0.32	1.03	1.54	254.30	2.19	6.98
22	15.20	0.31	257.20	0.50	1.61	0.20	252.80	0.33	1.04	0.20	252.00	0.33	1.05	0.12	252.40	0.33	1.06	1.54	252.20	2.29	7.30
23	15.40	0.31	257.20	0.53	1.68	0.20	255.50	0.34	1.09	0.20	252.90	0.34	1.10	0.12	255.00	0.34	1.08	1.54	255.00	2.39	7.65
24	16.00	0.31	257.00	0.55	1.76	0.20	252.70	0.36	1.14	0.18	252.10	0.36	1.14	0.13	252.20	0.35	1.11	1.56	251.90	2.49	7.95
เฉลี่ย		0.31	255.51	0.29	0.91	0.20	253.10	0.19	0.59	0.20	252.47	0.19	0.60	0.19	252.65	0.20	0.65	1.56	252.50	1.30	4.16

ตาราง 10 ตารางแสดงค่าการใช้ไฟฟ้าวันที่ 21 (เก่า)

		หลอดไฟ (L1)				พัดลมไอน้ำ (L2)				พัดลม (L3)				โน้ตบุ๊ค (L4)				โปรเจ็คเตอร์ (L5)			
Date	Time	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ
1	08.20	0.31	254.60	0.02	0.07	0.20	252.80	0.02	0.05	0.20	252.00	0.01	0.05	0.25	252.00	0.01	0.05	1.59	251.80	0.10	0.30
2	08.40	0.31	255.20	0.05	0.15	0.20	254.50	0.05	0.10	0.20	253.90	0.05	0.09	0.26	253.80	0.02	0.06	1.58	253.80	0.21	0.66
3	09.00	0.30	252.90	0.07	0.22	0.20	255.10	0.05	0.15	0.20	255.10	0.04	0.13	0.25	252.70	0.03	0.10	1.57	252.70	0.31	0.99
4	09.20	0.30	251.70	0.09	0.29	0.20	251.50	0.06	0.19	0.20	251.20	0.06	0.18	0.25	251.00	0.04	0.13	1.57	250.90	0.42	1.33
5	09.40	0.30	251.30	0.11	0.36	0.19	251.80	0.08	0.24	0.20	251.50	0.07	0.22	0.24	251.40	0.05	0.16	1.55	251.20	0.52	1.65
6	10.00	0.30	250.80	0.14	0.45	0.20	251.50	0.09	0.29	0.20	251.00	0.08	0.26	0.24	251.20	0.06	0.19	1.57	251.80	0.64	2.04
7	10.20	0.30	250.50	0.16	0.51	0.20	251.50	0.11	0.34	0.20	251.00	1.00	0.31	0.24	251.20	0.07	0.22	1.57	251.80	0.77	2.44
8	10.40	0.30	253.90	0.18	0.57	0.20	255.10	0.13	0.40	0.20	252.50	0.11	0.36	0.25	252.50	0.08	0.26	1.57	252.20	0.85	2.64
9	11.00	0.30	255.50	0.20	0.64	0.20	254.70	0.14	0.44	0.20	254.00	0.12	0.39	0.25	254.50	0.09	0.29	1.58	254.00	0.06	2.98
10	11.20	0.30	251.90	0.22	0.71	0.19	252.50	0.15	0.48	0.20	251.40	0.14	0.44	0.25	251.90	0.10	0.32	1.58	251.80	1.04	3.31
11	11.40	0.30	251.80	0.25	0.78	0.20	255.00	0.17	0.55	0.20	252.50	0.15	0.48	0.16	252.50	0.11	0.35	1.59	252.20	1.16	3.69
12	12.00	0.30	251.40	0.27	0.85	0.19	252.40	0.18	0.58	0.20	251.80	0.16	0.52	0.24	251.90	0.13	0.40	1.57	251.70	1.25	3.98
13	12.20	0.29	250.00	0.29	0.92	0.20	251.10	0.20	0.65	0.20	250.50	0.18	0.57	0.25	250.50	0.14	0.45	1.58	229.90	1.35	4.31
14	12.40	0.31	254.80	0.31	0.99	0.20	254.70	0.21	0.67	0.20	254.00	0.19	0.61	0.28	253.90	0.15	0.47	1.54	254.10	1.46	4.64
15	13.00	0.30	255.00	0.33	1.06	0.19	252.80	0.23	0.72	0.20	252.50	0.20	0.65	0.24	252.40	0.16	0.50	1.54	252.60	1.58	5.04
16	13.20	0.31	255.10	0.36	1.15	0.20	255.50	0.24	0.77	0.20	252.90	0.22	0.70	0.12	255.00	0.16	0.51	1.55	252.80	1.60	5.09
17	13.40	0.30	252.20	0.38	1.21	0.20	255.70	0.26	0.82	0.20	252.80	0.23	0.74	0.12	255.50	0.16	0.51	1.55	252.90	1.68	5.37
18	14.00	0.30	255.00	0.41	1.31	0.20	255.80	0.27	0.87	0.20	255.50	0.25	0.79	0.12	255.80	0.17	0.55	1.55	1.88	1.79	5.71
19	14.20	0.30	255.00	0.42	1.35	0.20	254.20	0.29	0.92	0.20	255.40	0.26	0.83	0.12	255.80	0.18	0.57	1.55	255.40	1.89	6.05
20	14.40	0.30	255.90	0.44	1.42	0.20	254.80	0.30	0.96	0.20	255.90	0.27	0.87	0.12	254.10	0.19	0.61	1.55	254.00	2.00	6.37
21	15.00	0.31	254.20	0.47	1.53	0.20	254.70	0.32	1.01	0.20	254.10	0.19	0.92	0.12	254.50	0.20	0.64	1.54	254.30	2.10	6.70
22	15.20	0.31	255.40	0.49	1.61	0.20	252.80	0.33	1.08	0.20	252.00	0.30	0.96	0.12	252.40	0.21	0.68	1.54	252.20	2.21	7.05
23	15.40	0.30	253.80	0.51	1.68	0.20	255.50	0.35	1.11	0.20	252.90	0.31	1.00	0.12	255.00	0.22	0.71	1.54	255.00	2.32	7.39
24	16.00	0.31	254.70	0.54	1.76	0.20	252.70	0.36	1.16	0.18	252.10	0.33	1.05	0.13	252.20	0.23	0.75	1.56	251.90	2.42	7.72
เฉลี่ย		0.30	253.05	0.28	0.90	0.20	253.10	0.19	0.60	0.20	252.47	0.20	0.65	0.19	252.65	0.12	0.39	1.56	222.86	1.24	4.06

ตาราง 10 ตารางแสดงค่าการใช้ไฟฟ้าวันที่ 22 (เก่า)

		หลอดไฟ (L1)				พัดลมไอน้ำ (L2)				พัดลม (L3)				โน้ตบุ๊ค (L4)				โปรเจ็คเตอร์ (L5)			
Date	Time	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ
1	08.20	0.31	254.70	0.05	0.08	0.20	252.80	0.02	0.05	0.20	252.00	0.02	0.05	0.25	252.00	0.01	0.05	1.59	251.80	0.11	0.34
2	08.40	0.31	254.60	0.05	0.15	0.20	254.50	0.05	0.10	0.20	253.90	0.05	0.10	0.26	253.80	0.02	0.06	1.58	253.80	0.21	0.67
3	09.00	0.31	254.90	0.07	0.22	0.20	255.10	0.05	0.15	0.20	255.10	0.05	0.14	0.25	252.70	0.03	0.10	1.57	252.70	0.32	1.01
4	09.20	0.31	256.40	0.09	0.29	0.20	251.50	0.06	0.20	0.20	251.20	0.06	0.19	0.23	251.00	0.04	0.13	1.57	250.90	0.45	1.38
5	09.40	0.31	256.50	0.12	0.37	0.19	251.80	0.09	0.27	0.20	251.50	0.08	0.24	0.24	251.40	0.05	0.16	1.55	251.20	0.57	1.80
6	10.00	0.31	255.90	0.14	0.44	0.20	251.50	0.09	0.30	0.20	251.00	0.09	0.29	0.24	251.20	0.06	0.19	1.57	251.80	0.64	2.02
7	10.20	0.30	252.90	0.16	0.51	0.20	251.50	0.11	0.35	0.20	251.00	0.09	0.34	0.24	251.20	0.07	0.22	1.57	251.80	0.75	2.37
8	10.40	0.30	254.80	0.19	0.59	0.20	255.10	0.13	0.40	0.20	252.50	0.12	0.38	0.23	252.50	0.08	0.26	1.57	252.20	0.85	2.71
9	11.00	0.31	255.50	0.21	0.66	0.20	254.70	0.14	0.45	0.20	254.00	0.14	0.45	0.23	254.50	0.09	0.29	1.58	254.00	0.96	3.05
10	11.20	0.31	255.60	0.23	0.73	0.19	252.50	0.16	0.50	0.20	251.40	0.15	0.48	0.25	251.90	0.10	0.32	1.58	251.60	1.06	3.37
11	11.40	0.31	255.50	0.25	0.81	0.20	255.00	0.17	0.55	0.20	252.50	0.17	0.52	0.16	252.50	0.11	0.35	1.59	252.20	1.16	3.70
12	12.00	0.31	256.10	0.28	0.88	0.19	252.40	0.19	0.60	0.20	251.80	0.18	0.57	0.24	251.90	0.13	0.40	1.57	251.70	1.27	4.04
13	12.20	0.30	255.70	0.30	0.95	0.20	251.10	0.21	0.65	0.20	250.50	0.19	0.62	0.23	250.50	0.14	0.45	1.56	229.90	1.37	4.36
14	12.40	0.31	254.30	0.32	1.02	0.20	254.70	0.22	0.70	0.20	254.00	0.21	0.67	0.28	253.90	0.15	0.47	1.54	254.10	1.47	4.69
15	13.00	0.31	255.50	0.34	1.10	0.19	252.80	0.24	0.75	0.20	252.50	0.22	0.72	0.24	252.40	0.16	0.50	1.54	252.60	1.58	5.02
16	13.20	0.31	255.60	0.37	1.17	0.20	255.50	0.25	0.81	0.20	252.90	0.24	0.76	0.12	255.00	0.16	0.51	1.55	252.80	1.68	5.34
17	13.40	0.31	255.70	0.39	1.24	0.20	255.70	0.27	0.86	0.20	252.80	0.25	0.81	0.12	255.50	0.16	0.51	1.55	252.90	1.78	5.66
18	14.00	0.30	254.50	0.41	1.32	0.20	255.80	0.28	0.91	0.20	253.50	0.27	0.86	0.12	255.60	0.17	0.55	1.55	1.88	1.88	5.99
19	14.20	0.30	254.10	0.44	1.39	0.20	254.20	0.30	0.96	0.20	253.40	0.28	0.91	0.12	255.80	0.18	0.57	1.55	255.40	1.99	6.33
20	14.40	0.31	254.40	0.46	1.46	0.20	254.80	0.32	1.01	0.20	253.90	0.30	0.96	0.12	254.10	0.19	0.61	1.55	254.00	2.09	6.66
21	15.00	0.31	254.70	0.48	1.53	0.20	254.70	0.33	1.05	0.20	254.10	0.31	1.00	0.12	254.50	0.20	0.64	1.54	254.30	2.19	6.97
22	15.20	0.32	255.80	0.50	1.61	0.20	252.80	0.35	1.11	0.20	252.00	0.33	1.05	0.12	252.40	0.21	0.68	1.54	252.20	2.29	7.30
23	15.40	0.32	254.60	0.55	1.68	0.20	255.50	0.36	1.15	0.20	252.90	0.34	1.10	0.12	255.00	0.22	0.71	1.54	255.00	2.34	7.47
24	16.00	0.32	252.80	0.55	1.76	0.20	252.70	0.38	1.21	0.18	252.10	0.36	1.14	0.13	252.20	0.23	0.75	1.56	251.90	2.35	7.50
เฉลี่ย		0.31	254.95	0.29	0.92	0.20	253.10	0.20	0.65	0.20	252.47	0.19	0.60	0.19	252.65	0.12	0.39	1.56	222.86	1.31	4.16

ตาราง 10 ตารางแสดงค่าการใช้ไฟฟ้าวันที่ 23 (เก่า)

		หลอดไฟ (L1)				พัดลมไอน้ำ (L2)				พัดลม (L3)				ไม้ตบุค (L4)				โปรเจ็คเตอร์ (L5)			
Date	Time	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ
1	08.20	0.30	252.80	0.02	0.07	0.21	251.50	0.02	0.05	0.20	250.70	0.02	0.05	0.20	251.40	0.02	0.50	1.59	251.00	0.11	0.34
2	08.40	0.30	255.00	0.05	0.14	0.21	251.90	0.05	0.10	0.20	251.50	0.05	0.09	0.21	251.60	0.05	0.10	1.58	251.40	0.21	0.67
3	09.00	0.30	252.00	0.07	0.22	0.21	255.50	0.05	0.15	0.20	252.60	0.05	0.14	0.14	255.10	0.04	0.13	1.59	252.70	0.32	1.01
4	09.20	0.30	251.70	0.09	0.28	0.21	255.40	0.06	0.20	0.20	255.00	0.06	0.19	0.12	255.50	0.05	0.16	1.58	255.10	0.45	1.36
5	09.40	0.29	251.50	0.11	0.35	0.21	251.60	0.09	0.27	0.20	251.00	0.08	0.25	0.20	251.40	0.06	0.20	1.41	251.20	0.57	1.80
6	10.00	0.29	251.10	0.13	0.42	0.21	252.40	0.09	0.30	0.20	251.80	0.09	0.28	0.12	252.20	0.07	0.22	1.41	252.00	0.64	2.02
7	10.20	0.30	252.30	0.15	0.49	0.21	251.80	0.11	0.35	0.20	251.40	0.10	0.33	0.12	251.90	0.08	0.25	1.59	251.80	0.75	2.37
8	10.40	0.30	252.60	0.18	0.56	0.21	251.80	0.13	0.40	0.20	251.20	0.12	0.38	0.12	251.40	0.09	0.28	1.57	251.20	0.85	2.71
9	11.00	0.30	251.70	0.20	0.63	0.21	251.20	0.14	0.45	0.20	250.90	0.14	0.43	0.12	251.20	0.10	0.31	1.55	251.20	0.96	3.05
10	11.20	0.30	252.50	0.22	0.70	0.21	252.70	0.16	0.50	0.20	252.20	0.15	0.47	0.19	252.60	0.11	0.34	1.55	252.50	1.06	3.37
11	11.40	0.30	252.70	0.24	0.77	0.21	255.50	0.17	0.55	0.20	252.90	0.16	0.52	0.12	255.50	0.12	0.37	1.55	255.00	1.16	3.70
12	12.00	0.30	255.50	0.26	0.84	0.21	254.50	0.19	0.60	0.20	253.90	0.18	0.57	0.19	254.00	0.13	0.41	1.54	254.10	1.27	4.04
13	12.20	0.30	254.00	0.29	0.91	0.22	254.70	0.21	0.65	0.20	254.00	0.19	0.62	0.18	254.30	0.14	0.44	1.54	254.10	1.37	4.36
14	12.40	0.30	254.20	0.31	0.98	0.21	254.60	0.22	0.70	0.20	254.00	0.21	0.67	0.11	254.30	0.15	0.48	1.54	254.20	1.47	4.69
15	13.00	0.31	255.90	0.33	1.05	0.21	252.40	0.24	0.75	0.20	251.40	0.22	0.71	0.12	252.10	0.16	0.51	1.54	251.80	1.58	5.02
16	13.20	0.30	254.90	0.37	1.18	0.21	255.00	0.25	0.81	0.20	252.90	0.24	0.76	0.12	252.90	0.17	0.54	1.54	252.70	1.68	5.34
17	13.40	0.30	254.70	0.38	1.20	0.21	229.20	0.27	0.86	0.20	228.70	0.25	0.81	0.12	229.20	0.18	0.56	1.55	229.10	1.78	5.66
18	14.00	0.30	254.80	0.40	1.27	0.21	229.50	0.28	0.91	0.20	229.00	0.27	0.86	0.12	229.50	0.19	0.60	1.56	229.30	1.88	5.99
19	14.20	0.31	255.40	0.42	1.34	0.22	250.50	0.30	0.96	0.20	229.90	0.28	0.90	0.12	250.40	0.20	0.65	1.56	250.20	1.99	6.35
20	14.40	0.30	252.10	0.44	1.41	0.21	227.90	0.32	1.01	0.19	227.60	0.30	0.95	0.19	227.80	0.21	0.66	1.55	227.60	2.09	6.66
21	15.00	0.30	255.00	0.47	1.48	0.21	229.10	0.33	1.05	0.20	228.40	0.31	1.00	0.12	228.90	0.22	0.69	1.55	228.80	2.19	6.97
22	15.20	0.30	255.00	0.49	1.55	0.21	229.50	0.35	1.11	0.20	228.50	0.33	1.04	0.19	229.10	0.23	0.72	1.55	228.50	2.29	7.30
23	15.40	0.31	255.50	0.51	1.62	0.21	252.10	0.36	1.15	0.20	251.90	0.34	1.09	0.19	252.40	0.24	0.75	1.55	252.00	2.34	7.47
24	16.00	0.31	255.10	0.53	1.70	0.21	229.90	0.38	1.21	0.20	229.90	0.36	1.14	0.19	254.30	0.25	0.78	1.55	254.00	2.39	7.50
เฉลี่ย		0.30	253.16	0.28	0.88	0.21	251.56	0.20	0.63	0.20	251.47	0.19	0.59	0.15	251.88	0.14	0.44	1.56	251.83	1.31	4.16

ตาราง 10 ตารางแสดงค่าการใช้ไฟฟ้าวันที่ 24 (เก่า)

		หลอดไฟ (L1)				พัดลมไอน้ำ (L2)				พัดลม (L3)				โน้ตบุ๊ค (L4)				โปรเจ็คเตอร์ (L5)			
Date	Time	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ
1	08.20	0.30	233.40	0.05	0.09	0.20	232.80	0.02	0.05	0.20	232.00	0.01	0.05	0.25	232.00	0.01	0.05	1.59	231.80	0.10	0.30
2	08.40	0.30	232.70	0.05	0.15	0.20	234.50	0.05	0.10	0.20	233.90	0.03	0.09	0.26	233.80	0.02	0.06	1.56	233.80	0.21	0.65
3	09.00	0.30	233.00	0.07	0.23	0.20	233.10	0.05	0.15	0.20	233.10	0.04	0.13	0.25	232.70	0.03	0.10	1.57	232.70	0.31	0.99
4	09.20	0.30	234.50	0.10	0.30	0.20	231.90	0.06	0.19	0.20	231.20	0.06	0.18	0.25	231.00	0.04	0.13	1.57	230.90	0.42	1.33
5	09.40	0.30	233.70	0.12	0.38	0.19	231.80	0.08	0.24	0.20	231.50	0.07	0.22	0.24	231.40	0.05	0.16	1.55	231.20	0.52	1.65
6	10.00	0.30	233.60	0.14	0.45	0.20	231.50	0.09	0.29	0.20	231.00	0.08	0.26	0.24	231.20	0.06	0.19	1.57	231.80	0.64	2.04
7	10.20	0.30	233.40	0.16	0.52	0.20	231.50	0.11	0.34	0.20	231.00	1.00	0.31	0.24	231.20	0.07	0.22	1.57	231.80	0.77	2.44
8	10.40	0.30	234.60	0.19	0.59	0.20	233.10	0.13	0.40	0.20	232.50	0.11	0.36	0.25	232.50	0.08	0.26	1.57	232.20	0.85	2.64
9	11.00	0.31	235.60	0.21	0.66	0.20	234.70	0.14	0.44	0.20	234.00	0.12	0.39	0.25	234.50	0.09	0.29	1.56	234.00	0.96	2.98
10	11.20	0.31	234.20	0.25	0.75	0.19	232.30	0.15	0.48	0.20	231.40	0.14	0.44	0.25	231.90	0.10	0.32	1.56	231.60	1.04	3.31
11	11.40	0.30	234.80	0.25	0.80	0.20	235.00	0.17	0.53	0.20	232.50	0.15	0.48	0.16	232.50	0.11	0.35	1.59	232.20	1.16	3.69
12	12.00	0.30	234.60	0.28	0.87	0.19	232.40	0.18	0.56	0.20	231.80	0.16	0.52	0.24	231.90	0.13	0.40	1.57	231.70	1.25	3.98
13	12.20	0.31	236.70	0.30	0.95	0.20	231.10	0.20	0.63	0.20	230.50	0.18	0.57	0.25	230.50	0.14	0.45	1.56	229.90	1.35	4.31
14	12.40	0.30	233.80	0.32	1.01	0.20	234.70	0.21	0.67	0.20	234.00	0.19	0.61	0.28	233.90	0.15	0.47	1.54	234.10	1.46	4.64
15	13.00	0.30	234.10	0.34	1.09	0.19	232.80	0.23	0.72	0.20	232.50	0.20	0.65	0.24	232.40	0.16	0.50	1.54	232.60	1.58	5.04
16	13.20	0.30	233.70	0.36	1.15	0.20	233.50	0.24	0.77	0.20	232.90	0.22	0.70	0.12	233.00	0.16	0.51	1.55	232.80	1.80	5.09
17	13.40	0.30	234.50	0.38	1.22	0.20	233.70	0.26	0.82	0.20	232.80	0.25	0.74	0.12	233.50	0.16	0.51	1.55	232.90	1.88	5.37
18	14.00	0.30	234.40	0.41	1.29	0.20	233.80	0.27	0.87	0.20	233.50	0.25	0.79	0.12	233.80	0.17	0.55	1.55	1.88	1.79	5.71
19	14.20	0.30	234.40	0.45	1.36	0.20	234.20	0.29	0.92	0.20	233.40	0.26	0.83	0.12	233.80	0.18	0.57	1.55	233.40	1.89	6.05
20	14.40	0.31	235.10	0.45	1.43	0.20	234.80	0.30	0.96	0.20	233.90	0.27	0.87	0.12	234.10	0.19	0.61	1.55	234.00	2.00	6.37
21	15.00	0.31	236.50	0.47	1.51	0.20	234.70	0.32	1.01	0.20	234.10	0.19	0.92	0.12	234.50	0.20	0.64	1.54	234.30	2.10	6.70
22	15.20	0.28	225.30	0.49	1.58	0.20	232.80	0.33	1.06	0.20	232.00	0.30	0.96	0.12	232.40	0.21	0.68	1.54	232.20	2.21	7.05
23	15.40	0.27	222.70	0.51	1.64	0.20	233.50	0.35	1.11	0.20	232.90	0.31	1.00	0.12	233.00	0.22	0.71	1.54	233.00	2.32	7.39
24	16.00	0.27	221.60	0.53	1.70	0.20	232.70	0.36	1.16	0.18	232.10	0.33	1.05	0.13	232.20	0.23	0.75	1.56	231.90	2.42	7.72
เฉลี่ย		0.30	232.95	0.28	0.90	0.20	233.10	0.19	0.60	0.20	232.47	0.20	0.65	0.19	232.65	0.12	0.39	1.56	222.86	1.24	4.06

ตาราง 10 ตารางแสดงค่าการใช้ไฟฟ้าวันที่ 25 (เก่า)

		หลอดไฟ (L1)				พัดลมไอน้ำ (L2)				พัดลม (L3)				โน้ตบุ๊ค (L4)				โปรเจ็คเตอร์ (L5)			
Date	Time	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ
1	08.20	0.30	254.10	0.02	0.07	0.20	252.90	0.02	0.05	0.20	252.70	0.02	0.05	0.12	252.50	0.01	0.05	1.57	252.80	0.10	0.30
2	08.40	0.30	254.60	0.05	0.14	0.20	252.80	0.05	0.10	0.20	253.50	0.30	0.10	0.12	251.90	0.02	0.06	1.57	255.40	0.20	0.62
3	09.00	0.30	255.50	0.07	0.22	0.20	252.20	0.05	0.14	0.20	252.00	0.05	0.14	0.12	251.80	0.03	0.09	1.57	252.00	0.30	0.97
4	09.20	0.30	251.80	0.09	0.28	0.20	252.50	0.06	0.19	0.19	250.70	0.06	0.19	0.12	251.90	0.04	0.12	1.58	250.60	0.40	1.28
5	09.40	0.30	253.00	0.11	0.35	0.20	251.90	0.08	0.26	0.20	251.40	0.07	0.23	0.18	251.50	0.05	0.17	1.58	251.50	0.50	1.60
6	10.00	0.30	251.80	0.13	0.43	0.20	252.50	0.09	0.29	0.20	250.60	0.09	0.28	0.18	251.90	0.06	0.20	1.57	250.80	0.61	1.93
7	10.20	0.30	252.40	0.16	0.50	0.20	251.20	0.10	0.33	0.20	251.00	0.10	0.33	0.22	251.20	0.08	0.24	1.58	251.50	0.72	2.29
8	10.40	0.30	253.10	0.18	0.56	0.20	252.10	0.12	0.38	0.20	251.10	0.12	0.37	0.20	251.90	0.09	0.29	1.58	251.40	0.81	2.57
9	11.00	0.30	252.50	0.20	0.63	0.20	252.50	0.13	0.42	0.20	251.00	0.13	0.42	0.15	252.10	0.11	0.34	1.57	251.20	0.91	2.90
10	11.20	0.30	251.70	0.22	0.71	0.20	251.50	0.15	0.47	0.20	250.00	0.15	0.47	0.12	251.10	0.12	0.37	1.58	250.80	1.02	3.24
11	11.40	0.30	253.40	0.25	0.78	0.20	251.90	0.16	0.52	0.20	251.50	0.16	0.52	0.13	251.90	0.13	0.40	1.59	251.60	1.15	3.59
12	12.00	0.30	254.80	0.27	0.85	0.20	225.30	0.18	0.56	0.20	253.20	0.18	0.56	0.13	225.60	0.15	0.43	1.40	253.50	1.22	3.90
13	12.20	0.30	255.50	0.29	0.92	0.19	225.00	0.19	0.61	0.20	253.50	0.19	0.61	0.13	224.80	0.14	0.46	1.40	253.80	1.33	4.23
14	12.40	0.30	254.10	0.31	0.99	0.20	252.50	0.21	0.65	0.20	252.50	0.21	0.65	0.20	252.20	0.16	0.49	1.59	252.30	1.44	4.57
15	13.00	0.30	254.90	0.35	1.06	0.20	252.90	0.22	0.70	0.20	253.50	0.22	0.70	0.12	252.40	0.18	0.52	1.59	253.40	1.55	4.88
16	13.20	0.30	253.40	0.37	1.17	0.20	253.50	0.24	0.75	0.20	251.90	0.24	0.77	0.13	253.00	0.17	0.55	1.40	252.00	1.69	5.39
17	13.40	0.30	254.10	0.38	1.21	0.20	253.70	0.25	0.80	0.20	252.80	0.25	0.80	0.13	253.40	0.18	0.58	1.59	252.80	1.74	5.55
18	14.00	0.30	255.10	0.40	1.28	0.20	255.10	0.26	0.85	0.20	253.60	0.26	0.84	0.13	254.60	0.19	0.62	1.59	253.60	1.85	5.91
19	14.20	0.31	256.20	0.42	1.34	0.21	255.60	0.28	0.89	0.20	254.50	0.28	0.89	0.12	255.50	0.20	0.65	1.57	254.80	1.95	6.20
20	14.40	0.31	254.00	0.44	1.42	0.20	254.10	0.29	0.94	0.20	252.70	0.29	0.93	0.17	255.40	0.22	0.69	1.55	252.40	2.05	6.55
21	15.00	0.31	255.40	0.47	1.49	0.20	255.10	0.31	0.99	0.20	253.50	0.31	0.98	0.16	254.60	0.23	0.73	1.54	254.10	2.15	6.86
22	15.20	0.31	254.60	0.50	1.58	0.20	254.80	0.32	1.03	0.20	253.00	0.33	1.04	0.17	254.40	0.24	0.76	1.53	255.20	2.27	7.25
23	15.40	0.31	254.50	0.51	1.63	0.20	256.20	0.34	1.08	0.20	253.50	0.34	1.07	0.16	255.80	0.25	0.80	1.53	255.00	2.35	0.67
24	16.00	0.31	255.40	0.54	1.71	0.20	255.20	0.35	1.15	0.20	253.70	0.35	1.12	0.13	252.80	0.26	0.84	1.53	253.90	2.45	7.81
เฉลี่ย		0.30	253.90	0.28	0.89	0.20	252.52	0.18	0.59	0.20	252.56	0.20	0.59	0.15	252.13	0.14	0.45	1.57	252.51	1.28	3.72

ตาราง 10 ตารางแสดงค่าการใช้ไฟฟ้าวันที่ 26 (เก่า)

		หลอดไฟ (L1)				พัดลมไอน้ำ (L2)				พัดลม (L3)				โน้ตบุ๊ค (L4)				โปรเจ็คเตอร์ (L5)			
Date	Time	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ
1	08.20	0.30	232.20	0.02	0.07	0.20	231.00	0.02	0.06	0.20	230.90	0.02	0.06	0.12	230.10	0.01	0.30	1.55	231.10	0.10	0.31
2	08.40	0.29	228.90	0.04	0.14	0.20	232.30	0.05	0.10	0.20	227.40	0.05	0.09	0.12	231.80	0.02	0.06	1.55	229.60	0.20	0.62
3	09.00	0.30	231.10	0.06	0.20	0.20	232.10	0.05	0.14	0.20	230.00	0.04	0.14	0.12	231.00	0.03	0.09	1.55	229.60	0.29	0.95
4	09.20	0.30	231.10	0.09	0.27	0.20	231.30	0.06	0.19	0.20	229.80	0.06	0.19	0.13	231.10	0.04	0.12	1.55	229.30	0.39	1.25
5	09.40	0.30	231.40	0.11	0.34	0.20	230.00	0.08	0.24	0.20	230.00	0.07	0.23	0.12	229.90	0.05	0.14	1.53	230.00	0.49	1.56
6	10.00	0.30	232.20	0.13	0.41	0.20	231.90	0.09	0.28	0.20	230.90	0.09	0.28	0.13	231.80	0.05	0.17	1.53	230.90	0.59	1.88
7	10.20	0.29	231.70	0.15	0.48	0.20	231.50	0.10	0.33	0.20	230.50	0.10	0.32	0.12	231.10	0.06	0.20	1.57	230.50	0.69	2.20
8	10.40	0.29	230.50	0.17	0.55	0.20	232.40	0.12	0.38	0.20	229.80	0.12	0.37	0.12	231.90	0.07	0.25	1.57	229.70	0.79	2.52
9	11.00	0.30	232.70	0.19	0.62	0.20	232.60	0.13	0.42	0.20	231.50	0.13	0.42	0.12	232.10	0.08	0.26	1.56	231.20	0.89	2.84
10	11.20	0.30	232.20	0.22	0.68	0.20	233.50	0.15	0.47	0.20	230.80	0.14	0.46	0.12	233.10	0.09	0.28	1.56	230.70	0.99	3.15
11	11.40	0.30	233.00	0.24	0.76	0.20	234.00	0.16	0.52	0.20	231.70	0.16	0.51	0.12	233.20	0.10	3.54	1.57	231.80	1.09	3.47
12	12.00	0.30	233.60	0.26	0.83	0.20	234.60	0.18	0.56	0.20	232.10	0.17	0.56	0.12	234.40	0.11	0.34	1.54	231.80	1.19	3.80
13	12.20	0.30	233.10	0.28	0.89	0.20	233.20	0.19	0.61	0.20	231.60	0.19	0.60	0.12	23.80	0.12	0.37	1.54	231.50	1.29	4.10
14	12.40	0.30	233.60	0.31	0.97	0.20	234.10	0.21	0.66	0.20	231.90	0.20	0.65	0.12	233.50	0.13	0.40	1.57	232.00	1.39	4.44
15	13.00	0.30	234.00	0.33	1.04	0.19	233.50	0.22	0.70	0.20	232.50	0.22	0.69	0.13	223.20	0.13	0.43	1.57	232.60	1.49	4.79
16	13.20	0.30	234.60	0.35	1.11	0.20	233.40	0.24	0.75	0.20	233.50	0.23	0.74	0.12	234.80	0.14	0.46	1.57	233.50	1.59	5.08
17	13.40	0.30	233.10	0.37	1.18	0.20	233.40	0.25	0.80	0.20	231.40	0.25	0.79	0.12	233.00	0.15	0.48	1.57	231.50	1.70	5.40
18	14.00	0.30	233.00	0.39	1.25	0.20	234.20	0.27	0.85	0.20	233.40	0.26	0.83	0.12	233.70	0.16	0.51	1.58	233.60	1.80	5.74
19	14.20	0.29	231.80	0.41	1.32	0.20	233.80	0.28	0.90	0.20	231.50	0.28	0.88	0.12	233.50	0.17	0.54	1.54	231.70	1.90	6.07
20	14.40	0.30	232.90	0.44	1.39	0.20	234.20	0.30	0.94	0.20	231.40	0.29	0.93	0.12	233.70	0.18	0.57	1.59	231.90	2.01	6.39
21	15.00	0.28	227.80	0.46	1.46	0.20	233.10	0.31	0.99	0.19	226.50	0.31	0.98	0.12	234.90	0.19	0.60	1.58	228.50	2.11	6.72
22	15.20	0.30	232.30	0.48	1.53	0.20	230.30	0.33	1.04	0.20	231.30	0.32	1.02	0.12	230.20	0.20	0.65	1.54	231.10	2.21	7.04
23	15.40	0.28	227.50	0.50	1.60	0.20	231.90	0.34	1.08	0.19	228.10	0.33	1.07	0.12	231.30	0.20	0.65	1.53	225.70	2.31	7.36
24	16.00	0.28	228.20	0.52	1.66	0.20	232.30	0.35	1.13	0.19	226.90	0.35	1.11	0.12	231.50	0.21	0.68	1.55	227.20	2.40	7.66
เฉลี่ย		0.30	231.85	0.27	0.86	0.20	232.87	0.19	0.59	0.20	230.54	0.18	0.58	0.12	225.28	0.11	0.50	1.56	230.60	1.25	3.97

ตาราง 10 ตารางแสดงค่าการใช้ไฟฟ้าวันที่ 27 (เก่า)

		หลอดไฟ (L1)				พัดลมไอน้ำ (L2)				พัดลม (L3)				ไม้ตบุค (L4)				โปรเจ็คเตอร์ (L5)			
Date	Time	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ
1	08.20	0.31	233.50	0.05	0.08	0.20	231.60	0.02	0.05	0.20	231.70	0.02	0.05	0.12	231.20	0.01	0.03	1.55	231.50	0.10	0.31
2	08.40	0.31	233.20	0.05	0.15	0.20	232.00	0.05	0.10	0.20	231.90	0.03	0.10	0.12	231.80	0.02	0.06	1.55	231.80	0.20	0.62
3	09.00	0.31	234.10	0.07	0.22	0.20	233.10	0.05	0.14	0.20	232.70	0.05	0.14	0.15	232.70	0.03	0.09	1.55	232.80	0.30	0.94
4	09.20	0.31	233.60	0.09	0.29	0.20	233.40	0.06	0.19	0.20	232.70	0.06	0.19	0.12	233.10	0.04	0.12	1.55	232.50	0.40	1.26
5	09.40	0.30	232.90	0.12	0.37	0.20	232.40	0.08	0.24	0.20	231.90	0.08	0.24	0.12	231.90	0.05	0.15	1.55	231.70	0.50	1.59
6	10.00	0.29	229.90	0.14	0.44	0.20	231.90	0.09	0.28	0.20	228.60	0.09	0.28	0.12	231.50	0.05	0.17	1.56	228.60	0.60	1.90
7	10.20	0.30	233.00	0.16	0.51	0.20	230.40	0.10	0.33	0.20	231.70	0.10	0.33	0.12	230.00	0.06	0.20	1.55	232.00	0.70	2.22
8	10.40	0.30	233.20	0.18	0.58	0.20	231.30	0.12	0.39	0.20	232.20	0.12	0.38	0.12	230.80	0.07	0.24	1.54	232.50	0.80	2.55
9	11.00	0.30	232.20	0.20	0.65	0.20	230.90	0.13	0.42	0.20	230.80	0.13	0.43	0.12	230.80	0.08	0.26	1.55	231.00	0.90	2.86
10	11.20	0.30	231.80	0.23	0.72	0.20	230.90	0.15	0.47	0.20	230.70	0.15	0.47	0.25	229.90	0.09	0.29	1.55	230.40	1.00	3.19
11	11.40	0.30	231.80	0.25	0.79	0.20	231.70	0.16	0.52	0.20	230.70	0.16	0.52	0.19	231.00	0.11	0.34	1.55	230.70	1.10	3.51
12	12.00	0.30	232.90	0.27	0.87	0.20	232.30	0.18	0.56	0.20	231.40	0.18	0.57	0.19	231.80	0.12	0.38	1.55	231.30	1.21	3.86
13	12.20	0.30	233.30	0.29	0.93	0.20	233.70	0.20	0.62	0.20	231.80	0.19	0.61	0.18	233.20	0.14	0.43	1.55	231.80	1.36	4.14
14	12.40	0.30	233.70	0.31	1.00	0.20	231.70	0.21	0.66	0.20	232.30	0.21	0.66	0.19	231.20	0.14	0.46	1.55	232.30	1.41	4.47
15	13.00	0.30	233.70	0.34	1.07	0.20	232.40	0.22	0.70	0.20	232.40	0.22	0.70	0.18	231.80	0.16	0.50	1.55	232.40	1.50	4.79
16	13.20	0.31	234.90	0.36	1.14	0.20	233.90	0.24	0.75	0.20	233.60	0.23	0.75	0.18	233.40	0.17	0.54	1.55	233.50	1.61	5.12
17	13.40	0.30	233.20	0.38	1.22	0.20	232.30	0.25	0.80	0.20	232.10	0.25	0.80	0.13	232.00	0.18	0.58	1.56	231.80	1.71	5.44
18	14.00	0.30	234.50	0.41	1.30	0.20	233.90	0.26	0.85	0.20	233.20	0.27	0.85	0.13	233.50	0.19	0.61	1.56	233.20	1.83	5.82
19	14.20	0.31	235.70	0.43	1.36	0.20	232.60	0.28	0.89	0.20	234.40	0.28	0.89	0.13	232.40	0.20	0.64	1.56	234.10	1.91	6.07
20	14.40	0.30	233.80	0.45	1.43	0.20	232.30	0.29	0.94	0.20	232.50	0.29	0.94	0.13	232.20	0.21	0.67	1.57	232.10	2.01	6.41
21	15.00	0.31	234.00	0.47	1.50	0.20	232.30	0.31	0.99	0.20	232.80	0.31	0.98	0.12	232.10	0.22	0.70	1.57	232.80	2.11	6.73
22	15.20	0.30	233.50	0.49	1.57	0.20	233.90	0.32	1.03	0.20	232.30	0.32	1.03	0.12	233.50	0.23	0.73	1.57	232.50	2.21	7.06
23	15.40	0.30	234.10	0.51	1.64	0.20	230.10	0.34	1.08	0.20	232.90	0.34	1.08	0.12	229.50	0.24	0.75	1.56	233.00	2.32	7.38
24	16.00	0.31	234.90	0.55	1.74	0.20	232.50	0.35	1.13	0.20	233.90	0.36	1.14	0.12	232.20	0.25	0.78	1.55	233.90	2.45	7.81
เฉลี่ย		0.30	233.36	0.28	0.90	0.20	232.23	0.19	0.59	0.20	232.13	0.19	0.59	0.14	231.80	0.13	0.41	1.55	232.08	1.28	4.00

ตาราง 10 ตารางแสดงค่าการใช้ไฟฟ้าวันที่ 28 (เก่า)

		หลอดไฟ (L1)				พัดลมไอน้ำ (L2)				พัดลม (L3)				โน๊ตบุ๊ค (L4)				โปรเจ็คเตอร์ (L5)			
Date	Time	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ
1	08.20	0.50	231.80	0.02	0.06	0.20	233.10	0.02	0.05	0.20	230.40	0.01	0.04	0.13	230.50	0.01	0.03	1.58	232.60	0.10	0.32
2	08.40	0.50	231.00	0.04	0.13	0.20	233.00	0.05	0.10	0.20	229.80	0.03	0.09	0.12	230.10	0.02	0.06	1.58	231.90	0.21	0.65
3	09.00	0.50	232.90	0.06	0.19	0.20	232.50	0.05	0.15	0.20	231.40	0.04	0.13	0.12	231.90	0.03	0.08	1.59	231.70	0.32	1.01
4	09.20	0.50	232.50	0.08	0.26	0.20	232.60	0.06	0.19	0.20	231.00	0.06	0.18	0.12	231.50	0.04	0.11	1.59	231.90	0.41	1.30
5	09.40	0.50	232.50	0.11	0.34	0.20	232.10	0.08	0.24	0.20	231.20	0.07	0.22	0.12	231.50	0.04	0.14	1.59	231.50	0.51	1.63
6	10.00	0.29	231.00	0.13	0.41	0.20	231.80	0.09	0.28	0.20	229.70	0.09	0.27	0.12	230.00	0.05	0.17	1.59	231.40	0.62	1.98
7	10.20	0.29	231.50	0.15	0.47	0.20	232.50	0.10	0.33	0.20	230.20	0.10	0.31	0.12	230.20	0.06	0.19	1.40	231.80	0.72	2.29
8	10.40	0.50	232.80	0.17	0.54	0.20	231.90	0.12	0.38	0.20	231.80	0.11	0.36	0.12	231.80	0.07	0.22	1.40	231.70	0.83	2.65
9	11.00	0.50	233.60	0.19	0.61	0.20	231.90	0.13	0.43	0.20	232.50	0.13	0.14	0.12	232.10	0.08	0.25	1.40	231.70	0.93	2.96
10	11.20	0.50	234.20	0.22	0.68	0.20	231.60	0.15	0.47	0.20	232.50	0.14	0.46	0.12	232.20	0.09	0.28	1.40	231.60	1.03	3.30
11	11.40	0.29	231.50	0.24	0.75	0.20	232.90	0.16	0.52	0.20	229.90	0.16	0.50	0.12	229.90	0.10	0.31	1.41	232.50	1.14	3.65
12	12.00	0.29	231.10	0.26	0.82	0.20	233.10	0.18	0.56	0.19	229.70	0.17	0.55	0.17	229.80	0.11	0.34	1.40	232.80	1.24	3.96
13	12.20	0.29	230.90	0.28	0.89	0.20	233.50	0.19	0.61	0.20	229.60	0.19	0.60	0.15	231.70	0.12	0.38	1.41	233.10	1.35	4.30
14	12.40	0.50	233.20	0.30	0.96	0.20	234.30	0.21	0.66	0.20	231.40	0.20	0.64	0.14	231.50	0.13	0.42	1.41	233.80	1.46	4.64
15	13.00	0.50	231.80	0.32	1.03	0.20	234.60	0.22	0.71	0.20	230.00	0.22	0.96	0.15	230.50	0.14	0.46	1.41	234.20	1.56	4.97
16	13.20	0.50	232.10	0.34	1.10	0.20	235.20	0.24	0.75	0.20	230.60	0.23	0.73	0.16	230.80	0.16	0.49	1.40	235.10	1.67	5.32
17	13.40	0.50	233.00	0.37	1.17	0.20	234.20	0.25	0.80	0.20	231.50	0.25	0.78	0.16	231.70	0.17	0.53	1.42	233.70	1.77	5.65
18	14.00	0.29	230.80	0.40	1.27	0.20	235.60	0.27	0.85	0.20	229.10	0.27	0.85	0.14	229.40	0.18	0.59	1.40	235.00	1.88	5.99
19	14.20	0.50	231.20	0.41	1.31	0.20	235.80	0.28	0.90	0.20	230.00	0.27	0.87	0.19	230.50	0.19	0.61	1.40	235.20	2.00	6.38
20	14.40	0.50	232.90	0.43	1.38	0.20	235.60	0.31	0.97	0.20	231.50	0.29	0.92	0.24	231.70	0.20	0.65	1.58	235.60	2.15	6.87
21	15.00	0.50	234.30	0.45	1.45	0.20	225.50	0.33	1.04	0.20	232.70	0.30	0.96	0.14	232.90	0.22	0.69	1.53	224.80	2.29	7.31
22	15.20	0.31	235.70	0.48	1.52	0.20	231.50	0.34	1.09	0.20	234.20	0.32	1.01	0.12	234.70	0.22	0.72	1.54	231.00	2.39	7.65
23	15.40	0.50	235.00	0.50	1.59	0.20	231.00	0.35	1.15	0.20	231.40	0.33	1.06	0.22	231.70	0.23	0.75	1.55	230.80	2.49	7.95
24	16.00	0.50	231.00	0.52	1.66	0.20	232.00	0.36	1.15	0.20	232.60	0.35	1.11	0.18	232.70	0.25	0.80	1.55	230.10	2.59	8.20
เฉลี่ย		0.50	232.52	0.27	0.86	0.20	232.80	0.19	0.60	0.20	231.01	0.18	0.57	0.15	231.28	0.12	0.39	1.59	232.50	1.32	4.20

ตาราง 10ตารางแสดงค่าการใช้ไฟฟ้าวันที่ 29 (เก่า)

		หลอดไฟ (L1)				พัดลมไอน้ำ (L2)				พัดลม (L3)				โน๊ตบุ๊ค (L4)				โปรเจ็คเตอร์ (L5)			
Date	Time	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ
1	08.20	0.30	252.10	0.02	0.07	0.21	252.80	0.02	0.05	0.20	250.90	0.02	0.05	0.13	252.50	0.01	0.03	1.57	251.10	0.10	0.30
2	08.40	0.30	252.50	0.05	0.15	0.21	252.20	0.05	0.10	0.20	251.40	0.03	0.10	0.12	251.80	0.02	0.06	1.58	251.50	0.20	0.64
3	09.00	0.30	253.70	0.07	0.21	0.21	250.40	0.05	0.15	0.20	252.50	0.05	0.14	0.12	229.50	0.03	0.09	1.59	252.50	0.30	0.96
4	09.20	0.30	254.00	0.09	0.29	0.21	252.50	0.06	0.20	0.20	252.80	0.06	0.19	0.12	251.90	0.04	0.12	1.59	253.00	0.41	1.32
5	09.40	0.30	253.00	0.11	0.35	0.21	252.10	0.08	0.25	0.20	251.90	0.08	0.24	0.12	251.50	0.05	0.15	1.40	252.10	0.51	1.61
6	10.00	0.30	252.70	0.13	0.42	0.21	252.80	0.09	0.30	0.20	251.20	0.09	0.28	0.12	252.50	0.05	0.17	1.59	251.50	0.61	1.94
7	10.20	0.29	251.20	0.16	0.49	0.21	226.60	0.11	0.34	0.20	229.70	0.10	0.33	0.12	226.00	0.06	0.20	1.40	229.90	0.71	2.27
8	10.40	0.30	251.90	0.18	0.56	0.21	226.60	0.12	0.39	0.20	250.70	0.12	0.39	0.12	226.20	0.07	0.23	1.40	250.90	0.84	2.68
9	11.00	0.29	251.70	0.20	0.63	0.21	253.60	0.14	0.44	0.19	250.40	0.13	0.42	0.12	253.10	0.08	0.26	1.40	250.60	0.92	2.92
10	11.20	0.29	251.10	0.22	0.70	0.21	254.90	0.15	0.48	0.19	229.80	0.15	0.47	0.12	254.10	0.09	0.29	1.59	250.00	1.03	3.26
11	11.40	0.30	252.50	0.24	0.77	0.21	255.10	0.15	0.48	0.20	250.70	0.16	0.51	0.12	254.40	0.10	0.31	1.40	251.10	1.13	3.59
12	12.00	0.30	255.00	0.26	0.84	0.21	255.40	0.15	0.49	0.20	251.50	0.18	0.56	0.12	254.80	0.11	0.34	1.59	251.70	1.23	3.92
13	12.20	0.30	254.10	0.29	0.93	0.21	252.90	0.16	0.50	0.20	253.20	0.19	0.62	0.12	255.10	0.12	0.37	1.40	253.00	1.37	4.36
14	12.40	0.30	252.50	0.31	0.98	0.20	254.00	0.17	0.55	0.20	250.90	0.20	0.65	0.12	253.20	0.13	0.40	1.40	251.00	1.44	4.59
15	13.00	0.30	253.10	0.33	1.05	0.20	255.80	0.19	0.60	0.20	251.60	0.22	0.70	0.12	255.50	0.13	0.43	1.40	251.70	1.54	4.91
16	13.20	0.31	254.60	0.35	1.12	0.20	252.80	0.20	0.64	0.20	253.20	0.23	0.75	0.12	252.10	0.14	0.46	1.40	253.10	1.65	5.25
17	13.40	0.30	253.00	0.38	1.19	0.20	254.80	0.22	0.69	0.20	251.70	0.25	0.79	0.12	254.00	0.15	0.48	1.58	251.70	1.75	5.57
18	14.00	0.31	251.80	0.40	1.27	0.20	252.90	0.23	0.74	0.20	253.40	0.26	0.84	0.12	252.10	0.16	0.51	1.57	253.50	1.86	5.92
19	14.20	0.30	253.20	0.42	1.33	0.20	252.80	0.25	0.78	0.20	252.00	0.28	0.89	0.12	252.50	0.17	0.54	1.58	252.50	1.96	6.25
20	14.40	0.30	253.10	0.44	1.41	0.20	254.70	0.26	0.83	0.20	251.80	0.29	0.94	0.12	254.20	0.18	0.57	1.58	252.10	2.06	6.56
21	15.00	0.30	253.40	0.46	1.48	0.21	253.50	0.28	0.88	0.20	252.20	0.31	0.98	0.19	254.90	0.19	0.60	1.55	252.00	2.16	6.88
22	15.20	0.31	254.70	0.49	1.55	0.20	253.50	0.29	0.93	0.20	253.40	0.32	1.03	0.12	252.70	0.20	0.63	1.53	253.50	2.26	7.20
23	15.40	0.30	250.70	0.51	1.62	0.20	253.60	0.31	0.97	0.19	229.50	0.34	1.08	0.12	252.70	0.21	0.66	1.53	229.10	2.36	7.52
24	16.00	0.30	253.50	0.53	1.69	0.20	254.10	0.32	1.02	0.20	252.00	0.35	1.12	0.12	253.60	0.22	0.69	1.53	252.00	2.45	7.82
เฉลี่ย		0.30	252.78	0.28	0.88	0.21	253.01	0.17	0.53	0.20	251.60	0.18	0.59	0.12	252.50	0.11	0.36	1.58	251.69	1.29	4.09

ตาราง 10 ตารางแสดงค่าการใช้ไฟฟ้าวันที่ 30 (เก่า)

		หลอดไฟ (L1)				พัดลมไอน้ำ (L2)				พัดลม (L3)				โน้ตบุ๊ค (L4)				โปรเจ็คเตอร์ (L5)			
Date	Time	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ	I	V	W (kWh)	ค่าไฟ
1	08.20	0.30	235.80	0.02	0.07	0.20	234.00	0.02	0.05	0.20	232.90	0.02	0.05	0.12	235.70	0.01	0.04	1.59	232.40	0.06	0.25
2	08.40	0.30	235.00	0.05	0.14	0.20	233.80	0.05	0.09	0.20	233.00	0.05	0.10	0.13	235.50	0.02	0.06	1.58	231.70	0.18	0.56
3	09.00	0.31	236.00	0.07	0.21	0.20	234.40	0.05	0.14	0.20	233.10	0.05	0.14	0.13	235.80	0.03	0.09	1.58	234.20	0.28	0.89
4	09.20	0.31	235.00	0.09	0.29	0.20	235.80	0.06	0.19	0.20	235.00	0.06	0.19	0.13	235.50	0.04	0.12	1.57	235.50	0.38	1.22
5	09.40	0.31	235.90	0.11	0.36	0.20	235.80	0.08	0.24	0.20	235.00	0.08	0.24	0.13	235.20	0.05	0.15	1.57	232.50	0.49	1.54
6	10.00	0.31	235.40	0.14	0.43	0.20	235.40	0.09	0.28	0.20	234.50	0.09	0.28	0.13	234.70	0.06	0.18	1.56	233.90	0.59	1.86
7	10.20	0.32	235.50	0.16	0.51	0.20	232.20	0.10	0.33	0.20	231.80	0.10	0.33	0.13	231.80	0.06	0.21	1.56	233.50	0.69	2.19
8	10.40	0.32	236.20	0.18	0.58	0.19	234.00	0.12	0.38	0.20	233.60	0.12	0.38	0.12	233.50	0.07	0.24	1.55	234.70	0.79	2.52
9	11.00	0.31	235.20	0.21	0.65	0.20	234.80	0.13	0.42	0.20	233.80	0.13	0.42	0.12	234.10	0.08	0.26	1.54	231.80	0.89	2.84
10	11.20	0.31	235.40	0.23	0.75	0.20	235.10	0.15	0.47	0.20	234.20	0.15	0.47	0.12	234.70	0.09	0.29	1.54	232.00	0.99	3.15
11	11.40	0.31	234.00	0.25	0.80	0.20	234.70	0.16	0.52	0.20	233.90	0.16	0.52	0.12	234.40	0.10	0.32	1.54	232.40	1.09	3.48
12	12.00	0.32	235.40	0.28	0.88	0.20	235.40	0.18	0.56	0.20	234.70	0.18	0.56	0.12	235.10	0.11	0.35	1.55	234.00	1.19	3.80
13	12.20	0.31	235.80	0.30	0.95	0.20	235.10	0.19	0.61	0.20	232.50	0.19	0.61	0.12	232.70	0.12	0.38	1.54	232.10	1.29	4.12
14	12.40	0.32	234.40	0.32	1.03	0.19	235.80	0.21	0.66	0.20	232.90	0.21	0.66	0.13	233.60	0.13	0.41	1.54	232.80	1.39	4.44
15	13.00	0.32	235.80	0.35	1.11	0.20	234.80	0.22	0.71	0.20	234.00	0.22	0.71	0.12	234.50	0.14	0.44	1.54	232.20	1.49	4.76
16	13.20	0.31	229.80	0.37	1.18	0.20	234.60	0.24	0.75	0.20	233.90	0.24	0.75	0.12	234.50	0.15	0.75	1.54	228.20	1.59	5.07
17	13.40	0.31	229.40	0.39	1.25	0.20	235.10	0.25	0.80	0.20	234.50	0.25	0.80	0.13	234.80	0.16	0.50	1.54	227.70	1.69	5.39
18	14.00	0.31	230.00	0.41	1.32	0.20	235.80	0.27	0.85	0.20	233.00	0.27	0.85	0.12	235.40	0.17	0.55	1.54	228.50	1.79	5.70
19	14.20	0.31	230.60	0.44	1.39	0.20	235.70	0.28	0.89	0.20	232.90	0.28	0.89	0.12	235.50	0.17	0.56	1.54	229.20	1.89	6.02
20	14.40	0.31	230.80	0.46	1.46	0.20	235.90	0.29	0.94	0.20	233.00	0.30	0.94	0.12	235.40	0.18	0.59	1.54	229.20	1.99	6.35
21	15.00	0.31	231.50	0.48	1.53	0.20	235.90	0.31	0.99	0.20	235.10	0.31	0.99	0.13	235.50	0.19	0.61	1.54	229.90	2.09	6.65
22	15.20	0.31	230.20	0.50	1.61	0.20	234.40	0.32	1.03	0.20	234.50	0.32	1.04	0.12	234.70	0.20	0.64	1.54	228.80	2.19	6.96
23	15.40	0.31	230.70	0.53	1.68	0.20	235.90	0.34	1.08	235.10	0.34	0.34	1.08	0.12	235.50	0.21	0.67	1.54	229.30	2.28	7.28
24	16.00	0.31	231.10	0.55	1.75	0.20	232.10	0.35	1.15	0.20	231.10	0.35	1.15	0.12	231.80	0.22	0.70	1.55	229.20	2.40	7.66
เฉลี่ย		0.31	232.96	0.29	0.91	0.20	234.27	0.19	0.59	9.90	225.78	0.19	0.59	0.12	233.89	0.12	0.38	1.55	231.40	1.24	3.94

ภาคผนวก ข รายงานการรับรองการทดสอบการวัดไฟของระบบสมาร์ตมิเตอร์ ด้วยเครื่องทดสอบ YOGOHAWA

วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนเรศวร

หนังสือรับรองการวิจัยและทดสอบสมาร์ทมิเตอร์

ตามที่ นายภาคิณ มณีโชติ นักศึกษาปริญญาเอก ภาควิชาการจัดการพลังงานและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี คณะพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยพะเยา ทำการวิจัยในเรื่องการพัฒนาสมาร์ทมิเตอร์เพื่อใช้ในการตรวจวัดไฟฟ้า ในสวนพลังงาน มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ได้ทำการทดสอบสมาร์ทมิเตอร์กับห้องปฏิบัติการทดสอบมาตรฐานอุปกรณ์ด้านพลังงาน ณ วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนเรศวร ซึ่งทดสอบความแม่นยำการอ่านค่าพลังงานไฟฟ้า โวลต์ (V) แอมแปร์ (A) พาวเวอร์ (P) ผลการทดลองดังนี้

รายงานการทดสอบการวัดไฟของระบบสมาร์ตมิเตอร์ ด้วยเครื่องทดสอบ YOGOKAWA

โหลด R ล้วน

โหลด R ล้วน	YOGOKAWA	Smart Meter	YOGOKAWA	Smart Meter	YOGOKAWA	Smart Meter	YOGOKAWA	Smart Meter	YOGOKAWA	Smart Meter
	1 A		2 A		3 A		4 A		5 A	
Urms1	220.094 V	220.2 V	220.017 V	220 V	219.994 V	220 V	219.933 V	220 V	219.88 V	220 V
Irms1	1.0012 A	1 A	2.0027 A	2 A	3.005 A	3 A	4.0035 A	4 A	5.0087 A	5 A
P1	0.22035 kW		0.44062 kW		0.66092 kW		0.8805 kW		1.1013 kW	
S1	0.22036 kvar	220.2 W	0.44062 kvar	440 W	0.66093 kvar	660.3 W	0.8805 kvar	880.8 W	1.10131 kvar	1100.5 W
Q1	0.00117		0.00127		0.00098		0.00125		0.00187	
PF-1-Total	0.99999	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Phi-1-Total	0.303		0.164		0.084		0.082		0.097	
fU1	49.996 Hz		49.997 Hz		49.995 Hz		50.002 Hz		49.994 Hz	

โหลด R ล้วน	YOGOKAWA	Smart Meter	YOGOKAWA	Smart Meter	YOGOKAWA	Smart Meter	YOGOKAWA	Smart Meter	YOGOKAWA	Smart Meter
	6 A		7 A		8 A		9 A		10 A	
Urms1	219.804 V	220 V	219.752 V	220 V	219.73 V	220 V	219.711 V	219 V	219.538 V	219 V
Irms1	6.004 A	6 A	7.0084 A	7 A	8.0059 A	8 A	9.007 A	9 A	10.0022 A	10 A
P1	1.3197 kW		1.540011 kW		1.75915 kW		1.97895 kW		2.19587 kW	
S1	1.3197 kvar	1320 W	1.54011 kvar	1540 W	1.75915 kvar	1760 W	1.97895 kvar	1977.3 W	2.19587 kvar	219.7 W
Q1	0.00221		0.00194		0.00194		0.00229		0.00339	
PF-1-Total	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Phi-1-Total	0.095		0.071		0.063		0.066		0.088	
fU1	50.001 Hz		50.002 Hz		49.99 Hz		50.016 Hz		50.015 Hz	

โหลด RC pf 0.8

โหลด RC pf 0.8	YOGOKAWA	Smart Meter	YOGOKAWA	Smart Meter	YOGOKAWA	Smart Meter	YOGOKAWA	Smart Meter	YOGOKAWA	Smart Meter
	1 A		2 A		3 A		4 A		5 A	
Urms1	219.585 V	220 V	219.795 V	220 V	220.078 V	220 V	220.025 V	220 V	220.027 V	220 V
Irms1	1.0009 A	1 A	2.0068 A	2 A	3.0113 A	3 A	4.0154 A	4 A	5.0073 A	5 A
P1	0.17565 kW		0.35316 kW		0.53167 kW		0.70852 kW		0.88178 kW	
S1	0.21977 kvar	220.3 W	0.44108 kvar	440.2 W	0.66272 kvar	660.6 W	0.88349 kvar	880.8 W	1.10173 kvar	1101 W
Q1	-0.13209		-0.26425		-0.39563		-0.52278		-0.66051	
PF-1-Total	0.79922	1	0.80067	1	0.80226	1	0.80196	1	0.80036	1
Phi-1-Total	36.945		36.805		36.654		36.683		36.835	
fU1	50.001 Hz		50.002 Hz		49.986 Hz		50.002 Hz		49.999 Hz	

โหลด RC pf 0.8	YOGOKAWA	Smart Meter	YOGOKAWA	Smart Meter	YOGOKAWA	Smart Meter	YOGOKAWA	Smart Meter	YOGOKAWA	Smart Meter
	6 A		7 A		8 A		9 A		10 A	
Urms1	219.924 V	219 V	219.927 V	220 V	219.852 V	220 V	219.743 V	220 V	219.789 V	219 V
Irms1	6.0138 A	6 A	7.0151 A	7 A	8.0179 A	8 A	9.0014 A	9 A	10.0188 A	10 A
P1	1.05949 kW		1.23553 kW		1.41281 kW		1.58272 kW		1.76295 kW	
S1	1.32257 kvar	1319.4 W	1.54281 kvar	1540 W	1.76276 kvar	1760 W	1.978 kvar	1980 W	2.20202 kvar	2203.59 W
Q1	-0.79163		-0.92397		-1.05417		-1.18637		-1.31942	
PF-1-Total	0.80108	1	0.80083	1	0.80148	1	0.80016	1	0.80061	1
Phi-1-Total	36.766		36.79		36.728		36.854		36.812	
fU1	50 Hz		49.997 Hz		50.003 Hz		50.003 Hz		50.003 Hz	

โหลด RL pf 0.8

โหลด RL pf 0.8	YOGOKAWA	Smart Meter	YOGOKAWA	Smart Meter	YOGOKAWA	Smart Meter	YOGOKAWA	Smart Meter	YOGOKAWA	Smart Meter
	1 A		2 A		3 A		4 A		5 A	
Urms1	220.065 V	220 V	220.046 V	220 V	220.089 V	220 V	219.985 V	219 V	219.906 V	220 V
Irms1	1.0011 A	0.99 A	2.0047 A	2 A	3.0102 A	3 A	4.0067 A	4 A	5.0026 A	5 A
P1	0.1764 kW		0.35328 kW		0.53039 kW		0.70553 kW		0.8808 kW	
S1	0.22031 kvar	217.9 W	0.44113 kvar	440.2 W	0.66251 kvar	660 W	0.8814 kvar	879.6 W	1.1001 kvar	1100 W
Q1	0.13198		0.26418		0.39669		0.52829		0.65909	
PF-1-Total	0.8007	1	0.80085	1	0.80058	1	0.80047	1	0.80066	1
Phi-1-Total	36.803		36.789		36.814		36.825		36.807	
fU1	50.033 Hz		49.987 Hz		49.979 Hz		49.976 Hz		49.99 Hz	

โหลด RL pf 0.8	YOGOKAWA	Smart Meter	YOGOKAWA	Smart Meter	YOGOKAWA	Smart Meter	YOGOKAWA	Smart Meter	YOGOKAWA	Smart Meter
	6 A		7 A		8 A		9 A		10 A	
Urms1	219.843 V	220 V	219.791 V	220 V	219.859 V	219 V	219.718 V	220 V	219.732 V	219 V
Irms1	6.0004 A	6 A	7.0006 A	7.01 A	8.0094 A	8 A	9.0054 A	9.01 A	10.005 A	10 A
P1	1.05609 kW		1.23969 kW		1.40917 kW		1.5838 kW		1.7593 kW	
S1	1.31915 kvar	1320 W	1.53866 kvar	1542.9 W	1.76094 kvar	1758.4 W	1.97864 kvar	1982.2 W	2.19842 kvar	2205.6 W
Q1	0.79046		0.9114		1.056		1.186		1.31831	
PF-1-Total	0.80058	1	0.80569	1	0.80024	1	0.80045	1	0.80025	1
Phi-1-Total	36.814		36.323		36.847		36.827		36.846	
fU1	49.976 Hz		49.998 Hz		50.022 Hz		50.002 Hz		49.991 Hz	

ผู้ปฏิบัติการห้องปฏิบัติการทดสอบมาตรฐานอุปกรณ์ด้านพลังงาน ณ วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนเรศวร ได้พิจารณาผลการวิจัยและทดสอบแล้ว ขอรับรองว่าสมาร์ทมิเตอร์เพื่อใช้ในการตรวจวัดไฟฟ้า ผ่านการทดสอบเป็นไปตามมาตรฐาน

(.....)

นายวิกานต์ วันสูงเนิน

หัวหน้าห้องทดสอบปฏิบัติการฯ

(.....)

รองศาสตราจารย์ ดร.วัฒนพงศ์ รักษ์วิเชียร

ผู้อำนวยการวิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี

ภาคผนวก ค ผลทดสอบการ Calibrate เซ็นเซอร์วัดไฟ

ผลทดสอบการ Calibrate เซ็นเซอร์วัดไฟ

การวัดค่าที่ถูกต้องของเซ็นเซอร์วัดไฟจะต้องนำมาเปรียบเทียบกับเครื่องมือวัดที่ได้มาตรฐานคุณภาพเพื่อให้อุปกรณ์นั้นมีประสิทธิภาพในการใช้งานได้จริงจากการทดสอบเปรียบเทียบค่าการวัดระหว่างเซ็นเซอร์วัดกระแสกับ Clamp Meter มีความคลาดเคลื่อน ±20 % จึงต้องมีการ Calibrate ค่าที่ได้จากเซ็นเซอร์วัดกระแสเพื่อให้มีความเที่ยงตรงขึ้น

การเปรียบเทียบ ค่าปริมาณที่ไม่ทราบกับค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ในการใช้เครื่องมือวัดไฟฟ้าควรหลีกเลี่ยงค่าผิดพลาด (Error) ซึ่งค่าผิดพลาดหมายถึงค่าที่วัดได้ผิดพลาดไปจากค่าจริงมากหรือน้อยโดยสูตรคำนวณการหาค่าผิดพลาดดังนี้

โดย % error = 100% – % accuracy

หรือ $\%\,erro = \frac{y_n - x_n}{y_n} \times 100$

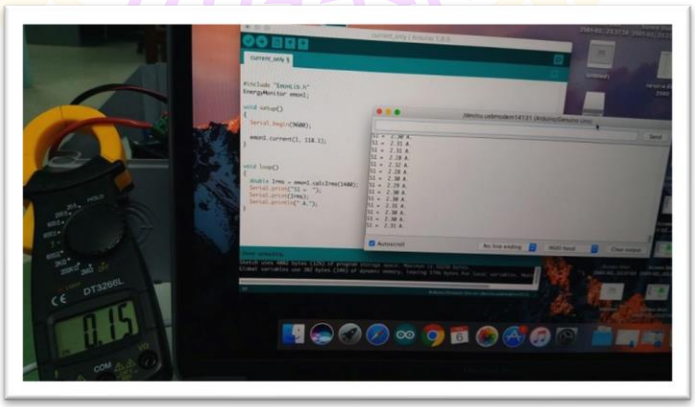
เมื่อ e = ค่าความผิดพลาดของเครื่องวัด

y_n = ค่าที่แท้จริงของการวัด

x_n = ค่าที่อ่านได้จากการวัด

การทดสอบวัดกระแสไฟฟ้าจาก Clamp Meterและวัดค่ากระแสจากเซ็นเซอร์วัดกระแส (ยังไม่ได้Calibrate)

การอ่านค่าจากเซ็นเซอร์วัดกระแสก่อน Calibrate



จากการอ่านค่ากระแสจากClamp Meterวัดได้ 0.14 A จากการอ่านค่ากระแสจากเซ็นเซอร์วัดกระแสได้ 2.31 A จึงนำมาหาค่าความคลาดเคลื่อน

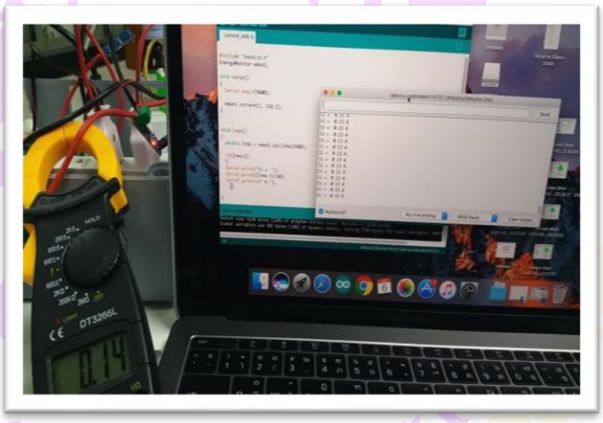
จากสูตร $\%\,erro = \frac{y_n - x_n}{y_n} \times 100$

$$= \frac{0.14 - 2.31}{0.14} \times 100$$

% error = 1,550 %

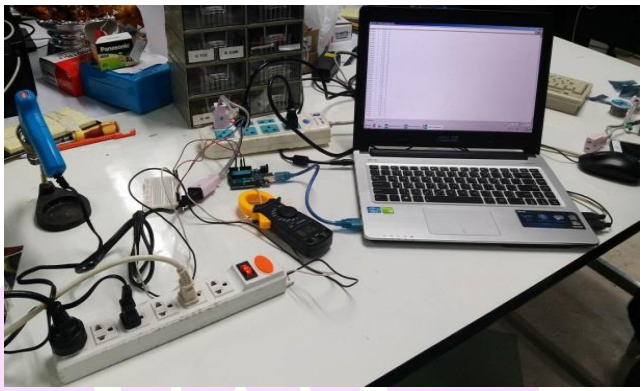
มีค่าความคลาดเคลื่อนจากเซ็นเซอร์ ถึง 1,550 % เมื่อเปรียบเทียบกับ Clamp Meter จึงจำเป็นจะต้องมีการ Calibrateเซ็นเซอร์วัดกระแสให้ค่าที่อ่านได้มีความใกล้เคียงกันทดสอบวัดกระแสจาก Clamp Meterและ วัดค่ากระแสจากเซ็นเซอร์วัดกระแสหลังCalibrate

การอ่านค่ากระแสจากแคมมิเตอร์หลังจาก Calibrate



การอ่านค่ากระแสจากแคมมิเตอร์หลังจาก Calibrate แล้ววัดได้ 0.14 A ค่ากระแสจากเซ็นเซอร์วัดกระแสได้ 0.13 A มีความคลาดเคลื่อน 7.14%

การต่อเซ็นเซอร์วัดกระแสเปรียบเทียบกับ Clamp Meter



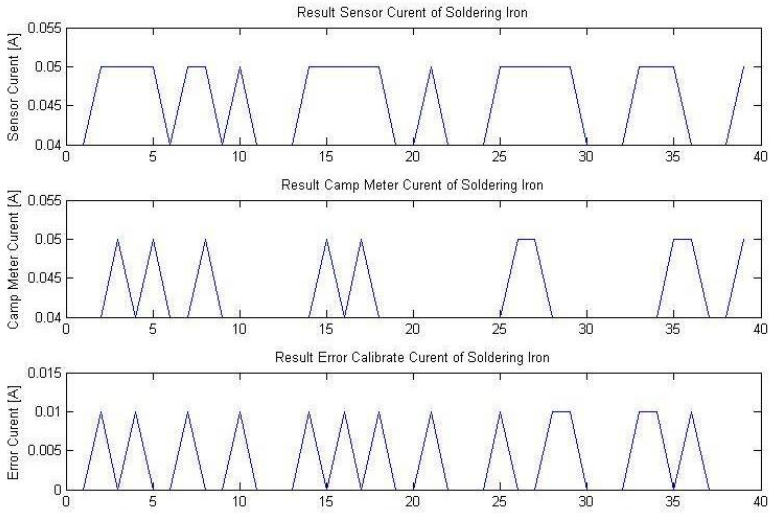
ผลการทดสอบการ Calibrate เซ็นเซอร์วัดไฟโดยทดสอบเซ็นเซอร์วัดกระแสจากโหลด 3 ตัว คือ หัวแร้ง พัดลมไอน้ำ และโปรเจคเตอร์หาความคลาดเคลื่อนของเซ็นเซอร์วัดกระแสเปรียบเทียบกับ Clamp Meter

1. ทดสอบการหาความคลาดเคลื่อนของเซ็นเซอร์วัดกระแสจากหัวแร้งเปรียบเทียบกับ Clamp Meter

ผลการวัดเซ็นเซอร์วัดกระแสจากหัวแร้ง

Soldering iron	=	0.05	A.
Soldering iron	=	0.05	A.
Soldering iron	=	0.05	A.
Soldering iron	=	0.05	A.
Soldering iron	=	0.04	A.
Soldering iron	=	0.05	A.
Soldering iron	=	0.05	A.
Soldering iron	=	0.04	A.
Soldering iron	=	0.05	A.
Soldering iron	=	0.04	A.
Soldering iron	=	0.04	A.
Soldering iron	=	0.04	A.
Soldering iron	=	0.05	A.
Soldering iron	=	0.05	A.
Soldering iron	=	0.05	A.
Soldering iron	=	0.05	A.
Soldering iron	=	0.05	A.
Soldering iron	=	0.04	A.
Soldering iron	=	0.04	A.
Soldering iron	=	0.05	A.
Soldering iron	=	0.04	A.
Soldering iron	=	0.04	A.
Soldering iron	=	0.04	A.
Soldering iron	=	0.04	A.
Soldering iron	=	0.05	A.
Soldering iron	=	0.05	A.
Soldering iron	=	0.04	A.
Soldering iron	=	0.04	A.
Soldering iron	=	0.04	A.
Soldering iron	=	0.05	A.
Soldering iron	=	0.05	A.
Soldering iron	=	0.05	A.
Soldering iron	=	0.04	A.
Soldering iron	=	0.04	A.
Soldering iron	=	0.04	A.
Soldering iron	=	0.05	A.

กราฟเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของเซ็นเซอร์วัดกระแสเปรียบเทียบกับ Clamp Meter จากโหลดหัวแร้ง



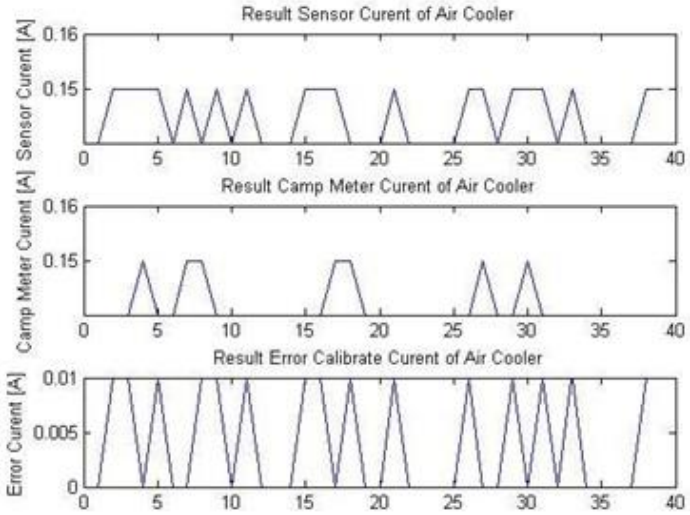
ผลทดสอบการหาความคลาดเคลื่อนของเซ็นเซอร์วัดกระแสเปรียบเทียบกับ Clamp Meter จากโหลดหัวแร้งผลคือ Clamp Meter อ่านค่าได้ 0.04 A จากเซ็นเซอร์วัดกระแสอ่านค่าได้อยู่ในช่วง 0.04–0.05 A คิดเป็นความคลาดเคลื่อน 25.00 %

1. ทดสอบการหาความคลาดเคลื่อนของเซ็นเซอร์วัดกระแสจากพัดลมไอน้ำเปรียบเทียบกับ Clamp Mete

ผลการวัดเซ็นเซอร์วัดกระแสจากพัดลมไอน้ำ

Fan =.0.14 A.
Fan =.0.15 A.
Fan =.0.15 A.
Fan =.0.15 A.
Fan =.0.15 A.
Fan =.0.14 A.
Fan =.0.15 A.
Fan =.0.14 A.
Fan =.0.15 A.
Fan =.0.14 A.
Fan =.0.15 A.
Fan =.0.14 A.
Fan =.0.14 A.
Fan =.0.14 A.
Fan =.0.14 A.
Fan =.0.15 A.
Fan =.0.15 A.
Fan =.0.15 A.
Fan =.0.14 A.
Fan =.0.14 A.
Fan =.0.15 A.
Fan =.0.14 A.
Fan =.0.14 A.
Fan =.0.14 A.
Fan =.0.14 A.
Fan =.0.15 A.
Fan =.0.15 A.
Fan =.0.14 A.
Fan =.0.15 A.
Fan =.0.15 A.
Fan =.0.15 A.
Fan =.0.14 A.
Fan =.0.15 A.
Fan =.0.14 A.
Fan =.0.14 A.
Fan =.0.14 A.
Fan =.0.15 A.
Fan =.0.15 A.

กราฟเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของเซ็นเซอร์วัดกระแสเปรียบเทียบกับ Clamp Meter จากโหลดพัดลมไอน้ำ



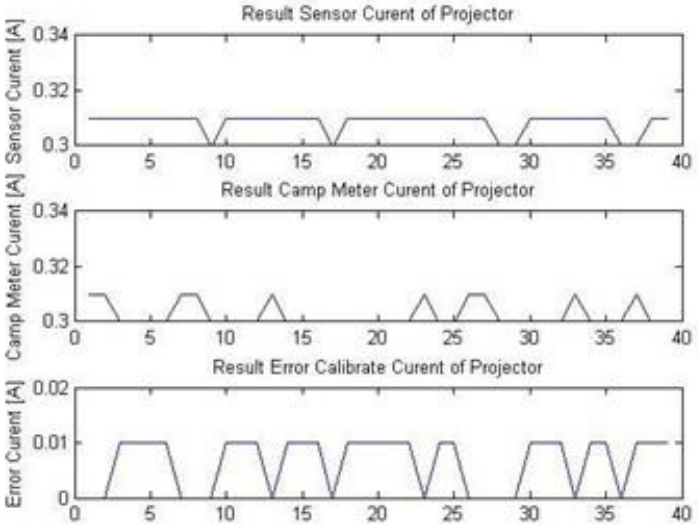
ผลทดสอบการหาความคลาดเคลื่อนของเซ็นเซอร์วัดกระแสเปรียบเทียบกับ Clamp Meter จากโหลด พัดลมไอน้ำผลคือ Clamp Meter อ่านค่าได้ 0.14 A จากเซ็นเซอร์วัดกระแสอ่านค่าได้อยู่ในช่วง 0.14–0.15 A คิดเป็นความคลาดเคลื่อน 7.14 %

1. ทดสอบการหาความคลาดเคลื่อนของเซ็นเซอร์วัดกระแสจากพัดลมโปรเจคเตอร์เปรียบเทียบกับ Clamp Meter

ผลการวัดเซ็นเซอร์วัดกระแสจากโปรเจกเตอร์

```
Projector    =.0.31    A.
Projector    =.0.31    A.
Projector    =.0.31    A.
Projector    =.0.31    A.
Projector    =.0.31    A.
Projector    =.0.31    A.
Projector    =.0.31    A.
Projector    =.0.31    A.
Projector    =.0.30    A.
Projector    =.0.31    A.
Projector    =.0.31    A.
Projector    =.0.31    A.
Projector    =.0.31    A.
Projector    =.0.31    A.
Projector    =.0.31    A.
Projector    =.0.31    A.
Projector    =.0.30    A.
Projector    =.0.31    A.
Projector    =.0.31    A.
Projector    =.0.31    A.
Projector    =.0.31    A.
Projector    =.0.31    A.
Projector    =.0.31    A.
Projector    =.0.31    A.
Projector    =.0.31    A.
Projector    =.0.30    A.
Projector    =.0.30    A.
Projector    =.0.31    A.
Projector    =.0.31    A.
Projector    =.0.31    A.
Projector    =.0.31    A.
Projector    =.0.31    A.
Projector    =.0.31    A.
Projector    =.0.30    A.
Projector    =.0.31    A.
```

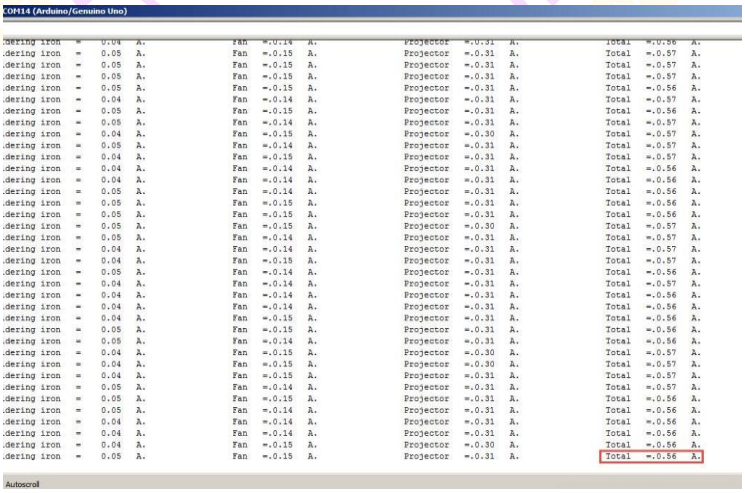
กราฟเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของเซ็นเซอร์วัดกระแสเปรียบเทียบกับ Clamp Meter จากโหลดโปรเจคเตอร์



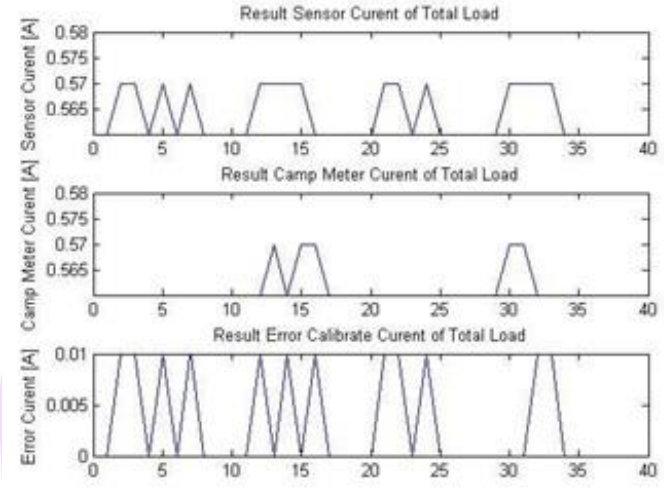
ผลทดสอบการหาความคลาดเคลื่อนของเซ็นเซอร์วัดกระแสเปรียบเทียบกับ Clamp Meter จากโหลด โปรเจคเตอร์ผลคือ Clamp Meter อ่านค่าได้ 0.30 A จากเซ็นเซอร์วัดกระแสอ่านค่าได้อยู่ในช่วง 0.30–0.31 A คิดเป็นความคลาดเคลื่อน 3.33 %

1. ทดสอบวัดค่าความคลาดเคลื่อนของเซ็นเซอร์วัดกระแสรวมโหลด หัวแร้ง พัดลม ไอน้ำ และโปรเจคเตอร์เปรียบเทียบกับ Clamp Meter

ผลการทดสอบหาความคลาดเคลื่อนของเซ็นเซอร์วัดกระแสเปรียบเทียบกับ Clamp Meter จากโหลดหัวแร้ง พัดลมไอน้ำและโปรเจคเตอร์



กราฟเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของเซ็นเซอร์วัดกระแสเปรียบเทียบกับ Clamp Meter จากโหลดหัวแร้ง พัดลมไอน้ำ และโปรเจคเตอร์



ผลทดสอบการหาความคลาดเคลื่อนของเซ็นเซอร์วัดกระแสเปรียบเทียบกับ Clamp Meter จากโหลด หัวแร้ง พัดลมไอน้ำ และโปรเจคเตอร์ ผลคือ Clamp Meter อ่านค่าได้ 0.56 A จากเซ็นเซอร์วัดกระแสอ่านค่าได้อยู่ในช่วง 0.56–0.57 A คิดเป็นความคลาดเคลื่อน 1.75 % การสร้างสมาร์ตมิเตอร์ที่มีคุณภาพจำเป็นต้อง Calibrate เพื่อให้ได้ค่าที่แม่นยำ และนำไปคำนวณค่าไฟได้จริง

ภาคผนวก ง การศึกษาการใช้พลังงานเครื่องปรับอากาศที่อุณหภูมิ 20-29 องศาเซลเซียส โดยใช้สมาร์ตมิเตอร์

การศึกษาการใช้พลังงานเครื่องปรับอากาศที่อุณหภูมิ 20-29 องศาเซลเซียส โดยใช้สมาร์ตมิเตอร์

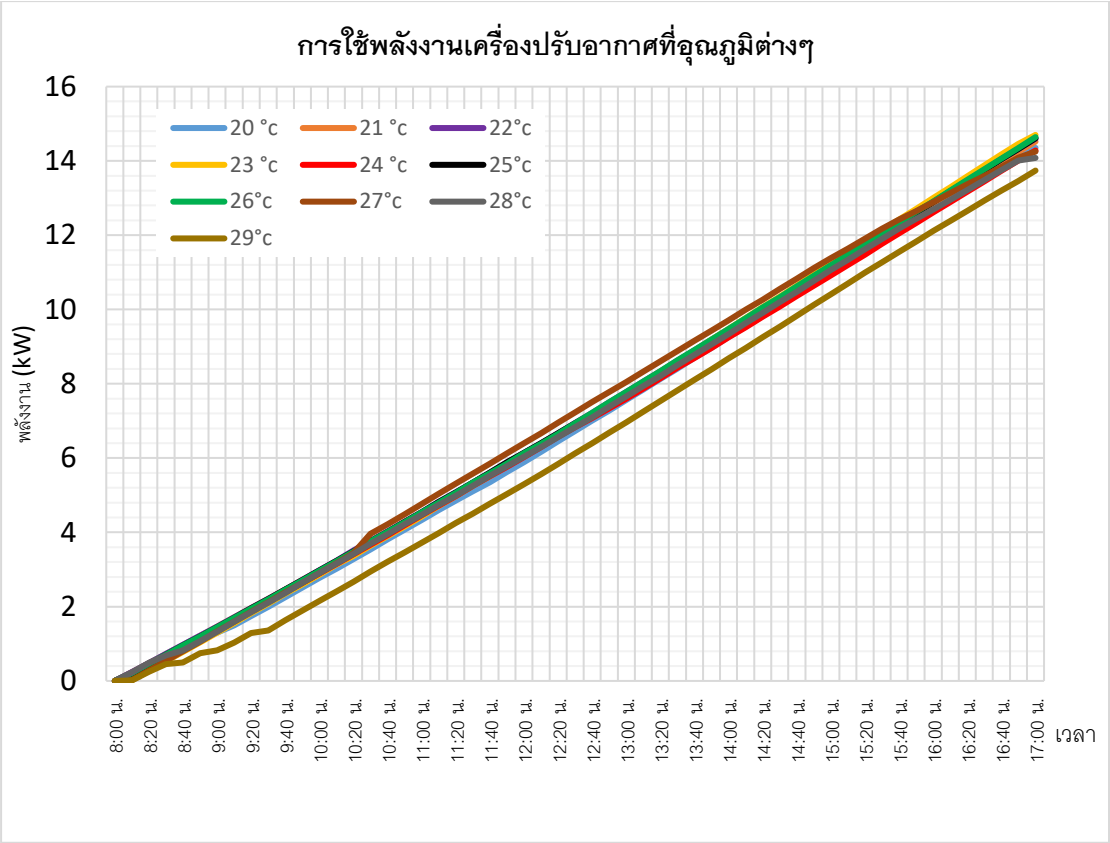
จากผลข้อมูลการใช้พลังงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าในสวนพลังงาน เครื่องปรับอากาศใช้พลังงานไฟฟ้าที่สูงสุด ผู้วิจัยจึงอยากทดลองการใช้พลังงานไฟฟ้าเครื่องปรับอากาศที่อุณหภูมิ 20-29 องศาเซลเซียส ว่าแต่อุณหภูมิมีค่าการใช้พลังงานแตกต่างกันอย่างไร เพื่อเป็นข้อมูลในการเลือกปรับอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศให้เหมาะสมแลประหยัดพลังงาน

ตาราง 10 การเก็บข้อมูลเครื่องปรับอากาศที่อุณหภูมิ 20–29 องศาเซลเซียส โดยใช้สมาร์ตมิเตอร์

เวลา	20 °c		21 °c		22°c		23 °c		24 °c		25 °c		26 °c		27 °c		28 °c		29 °c	
	อุณหภูมิ	Energy	อุณหภูมิ	Energy	อุณหภูมิ	Energy	อุณหภูมิ	Energy	อุณหภูมิ	Energy	อุณหภูมิ	Energy	อุณหภูมิ	Energy	อุณหภูมิ	Energy	อุณหภูมิ	Energy	อุณหภูมิ	Energy
8:00 น.	28.6	0	29	0	30.1	0	30.6	0	28.8	0	28.9	0	28.6	0	28.4	0	28.6	0	25.6	0
8:10 น.	28.6	0.24	29.6	0.24	30.1	0.24	30.6	0.02	28.8	0.18	29.6	0.2	28.6	0.21	28.6	0.02	28.6	0.23	25.6	0.01
8:20 น.	28.6	0.48	29.6	0.48	30.3	0.48	30.7	0.27	28.9	0.42	29.6	0.45	28.6	0.46	28.7	0.28	28.6	0.49	25.6	0.25
8:30 น.	28.7	0.72	29.9	0.72	30.7	0.73	30.7	0.53	28.9	0.67	29.7	0.7	28.7	0.7	28.7	0.54	28.7	0.69	25.7	0.45
8:40 น.	28.7	0.97	30.4	0.96	30.8	0.97	31.5	0.78	28.9	0.91	29.7	0.95	28.7	0.95	28.8	0.8	28.7	0.82	25.7	0.5
8:50 น.	28.8	1.21	30.5	1.21	30.9	1.22	31.6	1.04	28.8	1.15	29.8	1.19	28.8	1.19	28.8	1.06	28.8	1.07	26.8	0.75
9:00 น.	28.8	1.3	30.6	1.46	31.4	1.46	32.6	1.3	28.8	1.39	30.3	1.44	28.8	1.44	28.9	1.33	28.9	1.32	26.8	0.82
9:10 น.	29.6	1.5	30.6	1.71	31.6	1.71	32.9	1.56	29.9	1.64	30.6	1.69	29.6	1.69	29.6	1.59	29.5	1.59	27.6	1.03
9:20 น.	30.2	1.75	30.7	1.96	31.9	1.96	33.2	1.82	30.3	1.88	31.2	1.95	30.2	1.94	30.3	1.86	30.2	1.85	28.2	1.29
9:30 น.	31.5	2	30.9	2.21	32.1	2.21	33.5	2.08	31.2	2.14	31.5	2.2	31.5	2.19	31.5	2.12	31.5	2.11	28.5	1.36
9:40 น.	32.3	2.25	31.3	2.46	32.1	2.46	33.8	2.35	32.1	2.39	32.3	2.46	32.3	2.45	32.3	2.38	32.4	2.37	29.3	1.63
9:50 น.	33.6	2.51	31.6	2.72	32.5	2.72	34.6	2.6	33.7	2.64	33.6	2.71	33.6	2.7	33.6	2.63	33.6	2.64	29.6	1.89
10:00 น.	34.3	2.77	32.2	2.97	32.7	2.98	34.7	2.86	34.5	2.89	34.2	2.97	34.3	2.96	34.3	2.9	34.4	2.9	30.3	2.15
10:10 น.	34.8	3.02	33	3.23	33.5	3.24	35.3	3.13	34.8	3.15	34.9	3.23	34.8	3.22	34.6	3.17	34.3	3.16	30.8	2.41
10:20 น.	35.6	3.28	33.6	3.49	33.6	3.51	35.6	3.37	35.7	3.41	35.3	3.49	35.6	3.48	35.6	3.44	35.6	3.42	31.6	2.67
10:30 น.	35.9	3.54	34.3	3.75	33.8	3.77	35.9	3.64	35.9	3.67	35.9	3.75	35.9	3.75	35.7	3.96	35.7	3.69	31.9	2.94
10:40 น.	36.4	3.81	34.9	4.01	34.4	4.03	36.6	3.9	36.2	3.93	36.6	4.01	36.5	4.01	36.4	4.22	36.5	3.95	32.4	3.21
10:50 น.	36.6	4.07	35.6	4.27	34.6	4.29	36.6	4.16	36.6	4.19	36.6	4.28	36.6	4.27	36.6	4.49	36.6	4.22	32.6	3.46
11:00 น.	36.7	4.33	36.7	4.53	34.7	4.55	37.7	4.43	37.7	4.46	36.7	4.54	36.7	4.54	36.7	4.76	36.7	4.47	32.7	3.72
11:10 น.	36.6	4.6	36.8	4.8	34.9	4.82	37.9	4.71	37.8	4.72	36.9	4.81	36.6	4.8	36.6	5.04	36.7	4.74	33.6	3.98
11:20 น.	36.8	4.86	37.6	5.04	35.7	5.08	38.8	4.98	37.8	4.98	36.9	5.07	36.9	5.06	36.8	5.31	36.8	4.99	33.8	4.25
11:30 น.	37.1	5.11	37.5	5.3	36.2	5.34	39.1	5.25	38.1	5.25	38.5	5.34	37.1	5.34	37.1	5.58	37.1	5.25	34.1	4.5
11:40 น.	37.3	5.35	37.5	5.56	36.9	5.61	39.3	5.51	38.3	5.51	39.1	5.61	37.3	5.59	37.4	5.85	37.3	5.52	34.3	4.77
11:50 น.	37.5	5.62	38.3	5.82	37.5	5.88	39.5	5.78	38.5	5.76	39.3	5.88	37.5	5.85	37.5	6.12	37.5	5.78	35.5	5.03
12:00 น.	37.6	5.89	38.9	6.09	37.6	6.14	39.7	6.06	39.7	6.03	39.6	6.14	37.7	6.13	37.6	6.4	37.6	6.04	35.6	5.3
12:10 น.	38.4	6.17	39.4	6.36	38.4	6.4	40.2	6.33	39.8	6.3	40.4	6.4	38.4	6.38	38.4	6.67	37.6	6.3	36.4	5.56
12:20 น.	38.6	6.45	40	6.61	39	6.67	40.8	6.61	39.8	6.57	40.6	6.67	38.8	6.65	38.6	6.95	37.8	6.56	36.6	5.84
12:30 น.	38.9	6.73	40.7	6.87	40.1	6.94	41.4	6.89	39.8	6.83	40.9	6.93	38.9	6.93	38.9	7.23	37.9	6.83	36.9	6.12
12:40 น.	40.3	7.01	41	7.15	40.4	7.22	41.5	7.17	39.7	7.08	41	7.19	40.3	7.22	40.7	7.51	38.3	7.1	37.3	6.4

ตาราง 11 (ต่อ)

12:50 น.	40.5	7.28	41.5	7.43	40.8	7.5	41.9	7.46	38.5	7.34	41	7.47	40.5	7.5	40.6	7.78	38.5	7.38	37.5	6.68
13:00 น.	40.5	7.56	41.6	7.71	40.8	7.78	42.5	7.75	38.5	7.6	40.8	7.75	40.7	7.78	40.6	8.05	38.5	7.66	37.7	6.96
13:10 น.	40.6	7.85	41.7	7.99	40.9	8.06	42.5	8.04	38.4	7.87	40.7	8.03	40.6	8.06	40.6	8.33	38.6	7.94	38.8	7.25
13:20 น.	40.7	8.13	41.7	8.28	41.4	8.34	42.4	8.33	38.4	8.15	40.7	8.31	40.7	8.34	40.7	8.61	38.7	8.21	38.8	7.54
13:30 น.	40.7	8.41	41.7	8.56	41.4	8.62	42.5	8.61	38.2	8.43	40.7	8.59	40.7	8.63	40.7	8.88	39.4	8.5	38.8	7.82
13:40 น.	40.7	8.7	41.6	8.84	41.4	8.9	42.5	8.89	37.7	8.69	40.6	8.87	40.7	8.91	40.7	9.16	39.4	8.78	38.8	8.11
13:50 น.	40.6	8.97	41.6	9.13	41.3	9.19	42.3	9.19	37.6	8.97	40.6	9.16	40.6	9.19	40.6	9.43	39.4	9.06	38.7	8.39
14:00 น.	40.6	9.26	41.7	9.41	41.3	9.47	42.1	9.48	37.3	9.25	40.5	9.44	40.6	9.48	40.7	9.71	39.4	9.34	38.7	8.68
14:10 น.	40.7	9.54	41.5	9.69	40.7	9.76	41.7	9.77	36.7	9.52	40.4	9.73	40.7	9.76	40.7	9.99	39.3	9.63	38.7	8.96
14:20 น.	40.7	9.82	41.3	9.97	40.7	10.04	41.7	10.06	36.7	9.8	40.4	10.01	40.7	10.05	40.7	10.26	39.3	9.91	38.7	9.25
14:30 น.	40.5	10.11	40.6	10.26	40.6	10.33	41.5	10.35	36.5	10.08	40.4	10.3	40.5	10.33	40.5	10.55	39.1	10.2	38.6	9.54
14:40 น.	40.5	10.39	40.5	10.54	40.6	10.61	41.5	10.64	36.3	10.36	40.3	10.59	40.5	10.62	40.5	10.83	38.7	10.48	38.6	9.83
14:50 น.	40.6	10.68	40.6	10.83	40.6	10.89	41.1	10.94	35.6	10.64	40.3	10.88	40.6	10.91	40.6	11.11	38.6	10.77	38.6	10.12
15:00 น.	40.6	10.96	40.6	11.12	40.6	11.18	40.6	11.24	35.2	10.92	40.2	11.16	40.6	11.19	40.6	11.38	38.5	11.06	37.2	10.41
15:10 น.	40.4	11.25	40.5	11.41	40.3	11.47	40.6	11.54	35.1	11.2	40.1	11.45	40.5	11.48	40.4	11.64	38.5	11.34	37.1	10.7
15:20 น.	40.3	11.54	40.4	11.69	40.2	11.76	40.5	11.83	35.3	11.48	40.1	11.73	40.3	11.76	40.3	11.91	38.3	11.62	37.1	10.99
15:30 น.	40.2	11.82	40.4	11.98	40.2	12.04	40.2	12.13	35.2	11.77	39.9	12.03	40.2	12.05	40.1	12.17	37.9	11.9	37	11.27
15:40 น.	39.8	12.11	40	12.27	39.9	12.33	39.9	12.42	35.2	12.05	39.8	12.31	39.8	12.34	39.8	12.42	37.8	12.18	36.6	11.55
15:50 น.	39.7	12.4	39.7	12.55	39.7	12.62	39.7	12.71	35.1	12.33	39.5	12.6	39.7	12.63	39.4	12.65	37.6	12.44	36.5	11.83
16:00 น.	39.7	12.68	39.4	12.84	39.6	12.9	39.6	13	34.7	12.61	39.4	12.89	39.6	12.91	39.7	12.89	37.6	12.69	36.5	12.11
16:10 น.	39.5	12.96	39.2	13.12	39.6	13.19	39.5	13.29	34.5	12.89	39.4	13.18	39.5	13.2	39.5	13.13	36.5	12.95	36.4	12.38
16:20 น.	39.5	13.24	38.3	13.41	39.6	13.48	39.4	13.59	34.5	13.17	38.8	13.47	39.5	13.49	39.5	13.37	36.5	13.22	36.4	12.66
16:30 น.	39.4	13.52	38.1	13.69	38.4	13.76	39.4	13.88	34.4	13.45	38.4	13.75	39.4	13.78	39	13.6	35.4	13.48	35.1	12.93
16:40 น.	38.7	13.79	37.5	13.97	38.4	14.04	38.6	14.17	34.3	13.73	37.6	14.04	38.7	14.06	38.7	13.84	34.7	13.75	34.7	13.2
16:50 น.	38.3	14.07	37.4	14.24	38.3	14.32	38.5	14.46	34.2	14.01	37.3	14.32	37.3	14.35	38.3	14.09	34.3	14.01	33.3	13.46
17:00 น.	37.7	14.35	36.2	14.52	38.2	14.6	37.9	14.7	33.9	14.28	36.5	14.61	36.4	14.64	37.1	14.25	33.7	14.08	33.1	13.74



ภาพ 66 การใช้พลังงานเครื่องปรับอากาศที่อุณภูมิต่าง ๆ

ผลการเก็บข้อมูลการใช้พลังงานเครื่องปรับอากาศที่อุณภูมิ 20-29 องศาเซลเซียส เวลา 8.00-17.00 น. พบว่า ตั้งเครื่องปรับอากาศที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายนอกสูงสุด 40.7 องศาเซลเซียส ค่าพลังงานที่ใช้ 14.35 kWh ตั้งเครื่องปรับอากาศที่อุณหภูมิ 21 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายนอกสูงสุด 41.7 องศาเซลเซียส ค่าพลังงานที่ใช้ 14.52 kWh ตั้งเครื่องปรับอากาศที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายนอกสูงสุด 41.4 องศาเซลเซียส ค่าพลังงานที่ใช้ 14.35 kWh ตั้งเครื่องปรับอากาศที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายนอกสูงสุด 42.5 องศาเซลเซียส ค่าพลังงานที่ใช้ 14.70 kWh ตั้งเครื่องปรับอากาศที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายนอกสูงสุด 39.8 องศาเซลเซียส ค่าพลังงานที่ใช้ 14.28 kWh ตั้งเครื่องปรับอากาศที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายนอกสูงสุด 41 องศาเซลเซียส ค่าพลังงานที่ใช้ 14.61 kWhตั้งเครื่องปรับอากาศที่อุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายนอกสูงสุด 40.7 องศาเซลเซียส ค่าพลังงานที่ใช้ 14.64 kWhตั้งเครื่องปรับอากาศที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายนอกสูงสุด 40.7 องศาเซลเซียส ค่าพลังงานที่ใช้ 14.25 kWhตั้งเครื่องปรับอากาศที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายนอกสูงสุด 39.4

องศาเซลเซียส ค่าพลังงานที่ใช้ 14.08 kWhและตั้งเครื่องปรับอากาศที่อุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายนอกสูงสุด 38.8 องศาเซลเซียส ค่าพลังงานที่ใช้ 13.74 kWh

จากข้อมูลที่กล่าวมา พบว่า ค่าพลังงานที่ใช้ในอุณภูมิ 20–29 องศาเซลเซียส ต่างกันเล็กน้อยเมื่อวิเคราะห์จากข้อมูล พลังงานจะเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับอุณหภูมิภายนอกที่สูงขึ้น แต่เมื่อตั้งค่าอุณหภูมิภายในเครื่องปรับอากาศให้ใกล้เคียงกับอุณหภูมิภายนอก จะใช้พลังงานน้อยลง เวลาในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศคือ ช่วงเวลา 8.00–17.00 น. พบว่า ตั้งเครื่องปรับอากาศที่อุณหภูมิ 28–29 องศาเซลเซียส ใช้พลังงานน้อยที่สุดคือ 13.74 –14.08 kWh ในขณะที่ตั้งเครื่องปรับอากาศที่อุณหภูมิ 20–26 องศาเซลเซียส ใช้พลังงานใกล้เคียงกัน ดังนั้น หากต้องการประหยัดพลังงานในการใช้เครื่องปรับอากาศ ควรตั้งค่าอุณหภูมิภายในเครื่องปรับอากาศ 28–29 องศาเซลเซียสซึ่งการทดลองนี้สอดคล้องกับงานวิจัย A field study on thermal comfort and air–conditioning energy use in an office building in Guangzhou[42] และเพื่อให้การทำงานของเครื่องปรับอากาศมีประสิทธิภาพสูงสุด และประหยัดพลังงานมากที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ควรดูแลบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศอย่างสม่ำเสมอ แต่การเก็บข้อมูลครั้งนี้เป็นการทดลองในระยะเวลาสั้นๆ หากอยากให้ผลการวิเคราห์แม่นยำต้องใช้เวลาการเก็บข้อมูลมากกว่านี้

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	ภาคิณ มณีโชติ
วัน เดือน ปี เกิด	1 เมษายน 2526
สถานที่เกิด	พิจิตร
วุฒิการศึกษา	2554 วท.ม., (พลังงานทดแทน) มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก. 2550 วศ.บ., (วิศวกรรมคอมพิวเตอร์) มหาวิทยาลัยศรีปทุม, กรุงเทพฯ.
ที่อยู่ปัจจุบัน	69 หมู่1 ตำบลนครชุม อำเภอเมืองกำแพงเพชร จังหวัดกำแพงเพชร 62000
ผลงานตีพิมพ์	[1] ภาคิณ มณีโชติ, วัชระ วงค์ปัญโญ และบุญวัฒน์ วิจารณ์พล. (2561). การพัฒนาสมาร์ตมิเตอร์ตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าในสวนพลังงานของมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 5(2), 65–74. [2] ภาคิณ มณีโชติ, วัชระ วงค์ปัญโญ และบุญวัฒน์ วิจารณ์พล. (2563). การพัฒนาสมาร์ตมิเตอร์สำหรับการใช้ในการจัดการพลังงานไฟฟ้าในศูนย์พลังงาน มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีปีที่ 15(1), 51–66.