การพัฒนาระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT

Development of Electrical Equipment Measurement Control System With IoT Technology

สุชาติ ดุมนิล

Suchat Dumnil

สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

Electric Technology, Faculty of Industrial Technology Surin Rajabhat University

Email: Linesky0007@gmail.com

Received: December 18, 2022; Revised: February 28, 2023, Accept: March 20, 2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพ ประเมินคุณภาพระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT และความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อพัฒนาระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT กระบวนการวิจัยได้ดำเนินการผ่านการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน จากนั้นนำไปพัฒนาระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT เสร็จแล้วนำระบบไปถ่ายทอดเทคโนโลยีเพื่อประเมินหาความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อการใช้งานของระบบ กับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นอาจารย์ นักศึกษา เจ้าหน้าที่ และกลุ่มเกษตรกรที่สนใจ จำนวน 30 คน ได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง งานวิจัยนี้ได้ทำการเก็บข้อมูลแล้วนำข้อมูลไปทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติ ได้แก่ การหาค่าเฉลี่ยและการหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัย พบว่า การพัฒนาระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT นั้น สามารถช่วยแก้ปัญหาที่ผู้วิจัยพบเจอในปัจจุบัน คือ สามารถแสดงผลการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ควบคุมแบบทันเวลา สามารถช่วยแจ้งเตือนกรณีอุปกรณ์ไฟฟ้าชำรุด และสามารถควบคุมการจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นต้น ซึ่งสอดคล้องกับความต้องการของผู้วิจัยที่ต้องการตรวจสอบการใช้พลังงานไฟฟ้าและควบคุมการจ่ายพลังงานไฟฟ้าแก่อุปกรณ์ด้วย IoT

แบบประเมินความพึงพอใจการใช้งานของระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT มีโดยรวมพบว่ามีความพึงพอใจในระดับดีมาก ที่ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.74 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.40 โดยที่ด้านความสำคัญของเทคโนโลยี มีความพึงพอใจในระดับที่ดีมาก ที่ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.81 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.37 รองลงมา ด้านความสามารถของระบบ มีความพึงพอใจในระดับที่ดีมาก ที่ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.72 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.41 และด้านประโยชน์และการใช้งาน มีความพึงพอใจในระดับที่ดีมาก ที่ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.68 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.43

ดังนั้น ในการพัฒนาระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT สามารถนำไปใช้แก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในการตรวจสอบการใช้พลังงานไฟฟ้าและควบคุมการจ่ายพลังงานไฟฟ้าแก่อุปกรณ์ด้วย IoT ให้ดียิ่งขึ้นในอนาคตต่อไป

คำสำคัญ: ระบบควบคุม, อุปกรณ์ไฟฟ้า, เทคโนโลยี, อินเตอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

Abstract

The purpose of this research is to develop and determine the efficacy. Assess the quality of electrical metering control systems with IoT technology and user satisfaction towards the development of electrical metering control systems with IoT technology. The research process was conducted through an evaluation by 5 experts, then To develop a control system for measuring electrical equipment with IoT technology, and then transfer the technology to assess the user's satisfaction with the use of the system. with a sample group of 30 teachers, students, officers and interested farmers, obtained by purposive selection In this research, the data were collected and analyzed by statistical methods, including averaging. and the determination of the standard deviation

The results of the research showed that the development of electrical metering control systems with IoT technology can help solve the problems that researchers currently encounter, namely, to be able to display the results of electric power consumption in a timely manner. Can help alert in case of electrical equipment damage And can control the power supply efficiently, etc., which is in line with the needs of researchers who want to monitor power consumption and control power supply to devices with IoT

The user satisfaction assessment form of the electrical measurement control system with IoT technology found that Satisfaction at a very good level The mean was 4.74 and the standard deviation was 0.40. Satisfaction at a very good level The mean was 4.81, the standard deviation was 0.37, followed by the ability of the system. Satisfaction at a very good level The mean was 4.72, the standard deviation was 0.41, and the usefulness and usability aspect Satisfaction at a very good level The mean was 4.68 and the standard deviation was 0.43.

Therefore, in developing a control system for measuring electrical equipment with IoT technology, it can be used to solve problems effectively. To monitor power consumption and control the power supply to devices with IoT to be better in the future.

Keywords : Control System, Electrical Equipment, Technology, Internet of Things

1. บทนำ

ประเทศไทยมีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นในทุกปีทั้งในภาคอุตสาหกรรมและภาคครัวเรือน จากรายงานประจำปีของการไฟฟ้าแห่งประเทศไทย ตั้งแต่ปี 2554-2564 มีอัตราการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง [1] และจากการคาดการณ์การใช้ไฟฟ้าในอนาคตจะมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น [2] อุปกรณ์ในระบบสายส่งและระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าจึงรับภาระโหลดเพิ่มมาก ขึ้น ซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานที่ลดลงเมื่อใช้งานเป็นเวลานานและต่อเนื่อง การลดลงของประสิทธิภาพการทำงานก็จะส่งผลโดยตรงต่อสมรรถนะการทำงานของระบบไฟฟ้าและอุปกรณ์ในภาพรวมด้วยหนึ่งในตัวแปรด้านกำลังงานที่อาจช่วยสะท้อนประสิทธิภาพและสมรรถนะของอุปกรณ์ในระบบคือคุณภาพของกำลังไฟฟ้า (Power Quality) ซึ่งหากสามารถตรวจสอบหรือคาดการณ์ได้ ล่วงหน้าแล้วทำการซ่อมบำรุงให้อุปกรณ์มีสภาพดีหรือเปลี่ยนอุปกรณ์ที่ชำรุดได้ทันท่วงทีก็จะสามารถป้องกันความสูญเสียกำลังไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าที่สูงได้ จากข้อมูลข้างต้นการศึกษาในส่วนของคุณภาพกำลังไฟฟ้าจึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจและนำมาพิจารณาเป็นอย่างมาก

ปัจจุบันเทคโนโลยีใหม่ได้เข้ามาสร้างโอกาสในการนำมาประยุกต์ใช้มากขึ้นอาทิเช่น เทคโนโลยีด้านสารสนเทศ หรือ

Internet of Things (IoT) เป็นต้น อีกทั้งจากความแพร่หลายของอุปกรณ์สมองกลฝังตัวบอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดจิ๋วตัวตรวจรู้ (Sensor) และมอดูลเชื่อมต่อการสื่อสารไร้สายต่างๆ รวมไปถึงการพัฒนาเทคโนโลยีอินเตอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่งไม่จำเป็นที่จะต้องเข้าไปร่วมวงในส่วนของผู้ผลิตต้นน้ำเพราะในปัจจุบันการแข่งขันในการผลิตชิปมีค่อนข้างสูงและมีความหลากหลายให้เลือกใช้ จึงทำให้มีการผลิตออกมาเป็นบอร์ดสำเร็จรูปที่พร้อมส่าหรับการพัฒนาพร้อมโค้ดตัวอย่างที่มุ่งหวังเพื่อให้นักพัฒนาสามารถนำไปพัฒนาต่อได้ง่ายที่สำคัญบอร์ดเหล่านี้อยู่ในรูปแบบของฮาร์ดแวร์แบบเปิดมีผู้คนมากมายนำมาใช้พัฒนา และมีชุมชนเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลความรู้ซึ่งกันและกัน ที่สำคัญอย่างมากอีกประการหนึ่งคือ ราคาของผลิตภัณฑ์เหล่านี้เป็นราคาที่นักพัฒนาสามารถเข้าไปจับต้องได้และสามารถที่จะซื้อหามาใช้งานได้ง่ายกว่าในอดีตเป็นอย่างมากจึงทำให้เทคโนโลยีอินเตอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่งสามารถนำมาใช้งานได้จริงและเกิดประโยชน์ในการดำเนินชีวิตประจำวันหรือเพื่อแก้ไขปัญหาต่างๆ ในการทำงาน [3] เนื่องจากการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีเทคโนโลยี ซึ่งมีความไวต่อการตอบสนองต่อคุณภาพของกำลังไฟฟ้ามากกว่าอดีต ส่วนมากในอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เป็นอิเล็กทรอนิกส์ จะมีการต่อตัวเก็บประจุซึ่งจะทำให้เกิดฮาร์มอนิกสูงขึ้นในระบบไฟฟ้า ซึ่งจะทำให้อุปกรณ์ทางไฟฟ้ามีการเสื่อมคุณภาพเร็วยิ่งขึ้น [4] ความเสื่อมสภาพของระบบป้องกันในบางอุปกรณ์อาจไม่ทำงานทำให้เกิดความเสียหายต่ออุปกรณ์การตรวจวัดคุณภาพทางไฟฟ้าจึงเป็นการเฝ้าระวังดูแลคุณภาพและประสิทธิภาพในระบบไฟฟ้า ซึ่งเป็นการสำรวจตรวจวัดคัดกรองวิเคราะห์ค่าต่างๆ ในระบบไฟฟ้าเพื่อสำรวจถึงสาเหตุของการเกิดปัญหา รวมไปถึงการแก้ไขปรับปรุงให้คุณภาพกำลังไฟฟ้ามีเสถียรภาพเพิ่มมากขึ้น

จากเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT โดยนำเอาอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้ามาเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์และเซนเซอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้า PZEM-004T เพื่อรับข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า ผู้วิจัยได้นำตัวเซนเซอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้า PZEM-004T ไปตรวจวัดการใช้พลังงานในอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่เราต้องการและส่งข้อมูลไปยังสมาร์ทโฟนและเมื่ออุปกรณ์เชื่อมต่อกับอินเตอร์เน็ตจะสามารถรับข้อมูลการใช้พลังงานและควบคุมการสั่งการเปิด-ปิด การจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้

1.1 วัตถุประสงค์

1.1.1 เพื่อพัฒนาระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT

1.1.2 เพื่อทดสอบหาประสิทธิภาพและประเมินหาคุณภาพของระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT

1.1.3 เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีและประเมินหาความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อการใช้งานของระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT

1.2 สมมติฐานของการวิจัย

1.2.1 การหาประสิทธิภาพของระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT อยู่ในเกณฑ์ร้อยละ 80 ขึ้นไป

1.2.2 การประเมินหาคุณภาพของผู้เชี่ยวชาญ ของระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT อยู่ในระดับมากขึ้นไป

1.2.3 การถ่ายทอดเทคโนโลยีและประเมินหาความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อการใช้งานของการพัฒนาระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT อยู่ในระดับพอใจมาก

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ในการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ คณะผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตของการวิจัย ดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.3.1 ขอบเขตด้านการพัฒนา

การพัฒนาระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT ผู้วิจัยได้นำขั้นตอนกระบวนการเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ดังนี้ [5]

1) ขั้นตอนที่ 1 กำหนดปัญหาหรือความต้องการ
2) ขั้นตอนที่ 2 รวบรวมข้อมูล
3) ขั้นตอนที่ 3 เลือกวิธีการ
4) ขั้นตอนที่ 4 ออกแบบและปฏิบัติการ
5) ขั้นตอนที่ 5 ทดสอบ
6) ขั้นตอนที่ 6 ปรับปรุงแก้ไข
7) ขั้นตอนที่ 7 ประเมินผล

1.3.2 ขอบเขตด้านประสิทธิภาพ

ในการวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตการทดสอบหาประสิทธิภาพ ได้แก่

1) ทดสอบการทำงานของระบบการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยรีเลย์

2) ทดสอบการทำงานของเซนเซอร์ PZEM-004T ด้วยการวัดค่าแรงดันและค่ากระแสของอุปกรณ์ไฟฟ้าตามกำหนด

3) ทดสอบการควบคุมการทำงานสำหรับการตั้งเวลาเพื่อให้ระบบทำงานตามกำหนดผ่านโทรศัพท์มือถือ

1.3.3 ขอบเขตด้านคุณภาพ

ในการวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตในการประเมินคุณภาพมี 5 ด้าน คือ ด้านการออกแบบ ด้านวัสดุอุปกรณ์ ด้านการใช้งาน ด้านการประกอบติดตั้ง การบำรุงรักษาและความปลอดภัย

1.3.4 ขอบเขตด้านการถ่ายทอดเทคโนโลยี

ในการวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT ผู้วิจัยได้กำหนดพื้นที่ในการทดสอบและถ่ายทอดเทคโนโลยี คือ ร้านทิพพาวรรณ บ้านหนองเต่า ตำบลเฉนียง อำเภอเมืองสุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์ และการประเมินความพึงพอใจในครั้งนี้

1.3.5 ขอบเขตด้านตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

1) ตัวแปรต้น หมายถึง การพัฒนาระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT

2) ตัวแปรตาม หมายถึง ประสิทธิภาพและคุณภาพของการพัฒนาระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT

3) ความพึงพอใจในการถ่ายทอดเทคโนโลยีของระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT

2. การออกแบบและการทำงานของระบบที่นำเสนอ

2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

2.1.1 การพัฒนาระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT

2.1.2 แบบบันทึกผลการทดลองหาประสิทธิภาพของระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT

2.1.3 แบบประเมินคุณภาพของระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT

2.1.4 แบบประเมินหาความพึงพอใจของระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT

2.2 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

2.2.1 การพัฒนาระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT ผู้วิจัยได้นำแนวคิดกระบวนการเทคโนโลยี [5] มาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT มีขั้นตอน ดังนี้

1) กำหนดปัญหาหรือความต้องการ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเอกสาร หนังสือและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้า และนำปัญหาการทำระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้า มาดำเนินการกำหนดปัญหาที่เกิดขึ้น และความต้องการของผู้วิจัย จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาสรุปและดำเนินการออกแบบระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT ที่เหมาะสม ที่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานได้

2) รวบรวมข้อมูล จากการศึกษาปัญหาและความต้องการผู้วิจัยได้นำมารวบรวม และแบ่งความสำคัญของปัญหาและความต้องการเป็นอะไรที่มีความสำคัญมากก็ควรจะดำเนินการปรับปรุงแก้ไขก่อน เช่น ปัญหาที่ไม่สามารถตรวจสอบปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เกินความจำอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ไม่ตอบสนองไม่สามารถตรวจสอบต้นเหตุได้ในกรณีที่การจ่ายพลังงานไฟฟ้าเกิดขัดข้องการตัดพลังงานทำได้ล่าช้า

3) เลือกวิธีการผู้วิจัยได้เลือกพัฒนาระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT ซึ่งเป็นระบบที่ง่ายต่อการตรวจสอบและควบคุมปัจจัยภายนอก เช่น ปัญหาที่ไม่สามารถตรวจสอบปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เกินความจำอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ไม่ตอบสนองไม่สามารถตรวจสอบต้นเหตุได้ในกรณีที่การจ่ายพลังงานไฟฟ้าเกิดขัดข้องการตัดพลังงานทำได้ล่าช้าและ ได้นำระบบเทคโนโลยีอัจฉริยะมาผสมผสานกับเทคโนโลยี IoT เข้ามาช่วยในการทำงาน โดยการนำเทคโนโลยี IoT ที่เป็นวัตกรรมดิจิทัลไปประยุกต์ใช้ในการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ที่สามารถสั่งการทำงานและแสดงผลการทำงานผ่าน

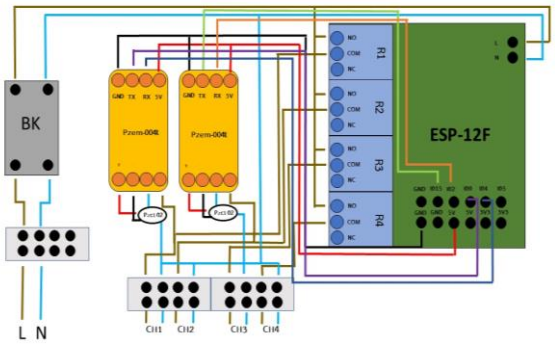
โทรศัพท์มือถือแบบสมาร์ทโฟนในการตรวจสอบปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าตรวจเช็คอุปกรณ์ไฟฟ้าและควบคุมการจ่ายพลังงานไฟฟ้าเพื่อให้ผู้วิจัยสามารถควบคุมและตรวจสอบได้ตามความต้องการ

4) ออกแบบและปฏิบัติการพัฒนา ผู้วิจัยได้ดำเนินการออกแบบและการพัฒนาระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT โดยมีขั้นตอนดังนี้

4.1) ขั้นตอนการร่างแบบ (Sketch) ผู้วิจัยได้ดำเนินการร่างแบบตู้ควบคุม และส่วนประกอบของอุปกรณ์ต่าง ๆ ของระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT โดยกำหนดรายละเอียดคร่าวๆ ถึงรูปแบบตู้ควบคุมและส่วนประกอบของระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT

4.2) ขั้นตอนการออกแบบ (Design) ผู้วิจัยได้ดำเนินการออกแบบจากการร่างแบบและกำหนดสัดส่วนตู้ความคุม ส่วนประกอบของระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการออกแบบ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.2.1) การออกแบบตู้ควบคุม ก) รวบรวมข้อมูล และจัดวางออกแบบตู้ควบคุม เพื่อทำการวิเคราะห์ข้อดีข้อเสียของอุปกรณ์ในแต่ละรูปแบบ ข) คัดเลือกรูปแบบตู้ควบคุมที่ออกแบบจากลักษณะที่มีข้อดีข้อเสีย และความยากง่ายของการหาอุปกรณ์ในการซ่อมบำรุง ค) รวบรวมข้อมูล เช่น คุณสมบัติ, ราคา ของอุปกรณ์ที่ใช้ภายในตู้ควบคุม

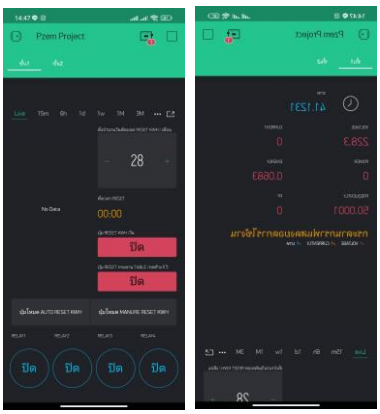


รูปที่ 1 ออกแบบวงจรระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT

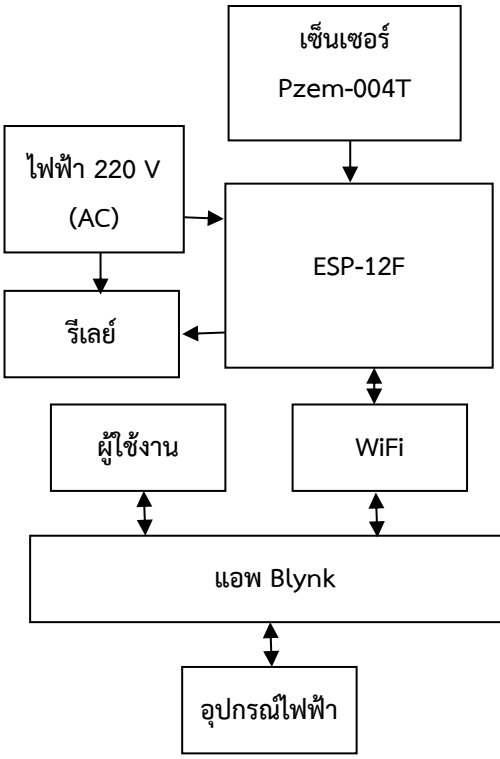
4.2.2) การออกแบบการทำงานของระบบ IoT ก) ในการออกแบบระบบ IoT จะแบ่งเป็นระบบแสดงผลการใช้พลังงานไฟฟ้า ระบบแจ้งเตือนกรณีอุปกรณ์ไฟฟ้าขัดข้อง และระบบควบคุมการจ่ายพลังงานไฟฟ้า ข) เลือกอุปกรณ์สำหรับ ระบบแสดงผลการใช้พลังงานไฟฟ้า ระบบแจ้งเตือนกรณีอุปกรณ์ไฟฟ้าขัดข้อง และระบบควบคุมการจ่ายพลังงานไฟฟ้า ค) ออกแบบวงจร และประกอบวงจรระบบแสดงผลการใช้พลังงานไฟฟ้า ระบบแจ้งเตือนกรณีอุปกรณ์ไฟฟ้าขัดข้อง และระบบควบคุมการจ่ายพลังงานไฟฟ้า ง) ทดสอบการทำงานของวงจร ระบบแสดงผลการใช้พลังงานไฟฟ้า ระบบแจ้งเตือนกรณีอุปกรณ์ไฟฟ้าขัดข้องและระบบควบคุมการจ่ายพลังงานไฟฟ้า จ) เขียนโปรแกรมการทำงานทั้ง 3 ระบบ คือระบบแสดงผลการใช้พลังงานไฟฟ้า ระบบแจ้งเตือนกรณีอุปกรณ์ไฟฟ้าขัดข้องและระบบควบคุมการจ่ายพลังงานไฟฟ้า โดยกำหนดเงื่อนไขดังนี้ เงื่อนไข ข้อ 1) ระบบแสดงผลการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยตั้งค่าเมื่ออุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต่อเข้ากับตู้ควบคุมเริ่มทำงาน อุปกรณ์วัดค่าไฟฟ้า PZEM T-04 ที่อยู่ในตู้ควบคุมจะทำการคำนวณค่าไฟฟ้าและ แสดงผลส่งมาที่จอสมาร์ทโฟนแบบเรียลไทม์ 2) ระบบแจ้งเตือนกรณีอุปกรณ์ไฟฟ้าขัดข้อง โดยตั้งค่าเมื่อตู้ควบคุมไม่สามารถตรวจวัดค่าพลังงานที่อุปกรณ์ใช้งานได้ จะทำการแจ้งเตือนไปที่สมาร์ทโฟนในรูปแบบสถานะ LED สีแดง 3) ระบบควบคุมการจ่ายพลังงานไฟฟ้า โดยตั้งค่า ปุ่มควบคุมการจ่ายพลังงานไฟฟ้าในสมาร์ทโฟน ซึ่งสามารถส่งการ เปิด-ปิด การจ่ายพลังงานได้จากระยะไกล ในกรณีที่อุปกรณ์ไฟฟ้าเกิดการเสียหาย และจ่ายกระแสไฟฟ้าเกินความจำเป็น

4.2.3) ขั้นตอนการสร้าง (Making) ผู้วิจัยได้นำแบบจาก การออกแบบระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT มาทำการสร้างตามแบบที่ได้ออกแบบไว้ โดยเริ่มจากการสร้างตู้ควบคุม และประกอบอุปกรณ์ต่าง ๆ ตามแบบ

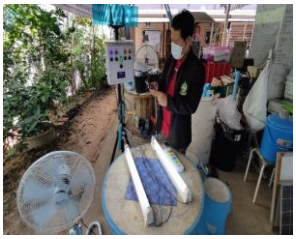
รูปที่ 2 การออกแบบและสร้างตู้ระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT



รูปที่ 3 แผงควบคุมในแอปพลิเคชันที่ใช้ในการสั่งการ



รูปที่ 4 บล็อกไดอะแกรมของระบบตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT



รูปที่ 5 ภาพรวมการทดสอบระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้า

5) ทดสอบ (Action)

5.1) ตรวจสอบตู้ควบคุม ให้เป็นไปตามแบบที่ได้ ออกแบบไว้ข้างต้น

5.2) ทดสอบการแสดงค่าพลังงานไฟฟ้าบนสมาร์ทโฟน ทดสอบการทำงานแอปพลิเคชันในการแจ้งเตือน และระบบควบคุมการจ่ายพลังงานไฟฟ้า

6) ปรับปรุงแก้ไข ผู้วิจัยได้นำผลจากการทดสอบในกรณีที่มี ข้อผิดพลาดเพื่อดำเนินการปรับปรุงแก้ไข ให้ระบบ มีความสมบูรณ์ ดังนี้

6.1) ปรับปรุงแก้ไขอุปกรณ์วัดค่าพลังงานไฟฟ้า ในส่วน ของอุปกรณ์อุปกรณ์วัดค่าพลังงานไฟฟ้า ให้มีความเสถียรและทนทานมากขึ้น ในการติดตั้งครั้งแรก ได้ใช้อุปกรณ์วัดค่าพลังงานไฟฟ้าที่มีความทนทานต่ำ และส่งค่าได้ล่าช้า เนื่องจากการทำงานของอุปกรณ์ทำงานอยู่ตลอดเวลา ปัญหาที่เกิดขึ้นคืออุปกรณ์วัดค่าพลังงานไฟฟ้าเกิดความร้อนสูงทำให้การทำงานของอุปกรณ์ผิดพลาด เมื่อเปลี่ยนอุปกรณ์ให้มีความเสถียรและทนทานมากขึ้นทำให้ทนต่อสภาวะการทำงานดีขึ้น และค่าที่ได้ตรงตามที่ต้องการ

6.2) ปรับปรุงแก้ไขในส่วนของการแสดงผลและควบคุมทางสมาร์ทโฟนในส่วนหน้าจอแอพพลิเคชั่นให้มีความระเอียดที่โดดเด่น เพื่อง่ายต่อการตรวจสอบและใช้งานได้สะดวกยิ่งขึ้น

7) ประเมินผล ผู้วิจัยได้การพัฒนาระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT มาดำเนินการประเมินผลโดยการประเมินคุณภาพ ดังแสดงในวิธีการดำเนินการวิจัยดังแสดงในขั้นตอนต่อไป

2.3 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลการพัฒนาระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT ซึ่งมีรายละเอียดของการเก็บรวบรวมข้อมูลตามลำดับขั้นตอน สามารถสรุปได้ดังนี้

2.3.1 การทดลองประสิทธิภาพของระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT มีขั้นตอนดังนี้

1) คณะผู้วิจัยได้จัดเตรียมชุดระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT

2) ขั้นตอนที่ 1 เสียบปลั๊กไฟเข้ากับระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT และเปิดเบรกเกอร์

3) ขั้นตอนที่ 2 เปิดสวิตช์หน้าตู้ ทำการเชื่อมต่อระบบอินเตอร์เน็ตเข้ากับบอร์ด ESP12f ให้เรียบร้อย

4) ขั้นตอนที่ 3 ทดลองประสิทธิภาพของระบบการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยรีเลย์ และบันทึกผลการทดลอง

5) ขั้นตอนที่ 4 ทดลองประสิทธิภาพของระบบเซนเซอร์วัดค่า PZEM-004T ด้วยค่าแรงดันและค่ากระแส ของอุปกรณ์ไฟฟ้าตามกำหนด และบันทึกผลการทดลอง

6) ขั้นตอนที่ 5 ทดลองประสิทธิภาพระบบตั้งเวลาในการทำงาน และบันทึกผลการทดลอง

2.3.2 คณะผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลการประเมินคุณภาพระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT จากผู้เชี่ยวชาญทางด้านเทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ด้านเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ และด้านเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

1) ดำเนินการติดต่อประสานงานผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ความสามารถ ที่เป็นอาจารย์สอนหรือผู้เชี่ยวชาญทางด้านเทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ด้านเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ และด้านเทคโนโลยีอุตสาหกรรม โดยมีประสบการณ์ไม่น้อยกว่า 5 ปี ในการประเมินคุณภาพ ระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT

2) คณะผู้วิจัยนัดวัน เวลา และสถานที่ในการประเมินคุณภาพระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT

3) คณะผู้วิจัยเริ่มจากการแนะนำตนเอง ชี้แจงถึงวัตถุประสงค์จุดมุ่งหมายของการวิจัยในครั้งนี้ และแนะนำการใช้งานระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT

4) คณะผู้วิจัยให้ผู้เชี่ยวชาญทดลองการใช้งานของระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT

5) คณะผู้วิจัยแจกแบบประเมินคุณภาพระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoTให้ผู้เชี่ยวชาญ

6) ผู้เชี่ยวชาญดำเนินการประเมินคุณภาพระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT

2.3.3 คณะผู้วิจัยนำผลที่ได้จากดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล จากศึกษาประสิทธิภาพ และจากการประเมินคุณภาพของระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปการวิจัยต่อไป

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัย เรื่อง ระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

2.4.1 ค่าร้อยละ (Percentage) [6]

2.4.2 การวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย (Arithmetic Mean) [7]

2.4.3 การวิเคราะห์หาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation : S.D.) [7]

2.4.4 การวิเคราะห์คุณภาพระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT เป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า (Rating Scale) แบ่งระดับความคิดเห็นออกเป็น 5 ระดับ คือ [8]

คะแนนเท่ากับ 5 คือ คุณภาพดีมาก

คะแนนเท่ากับ 4 คือ คุณภาพดี

คะแนนเท่ากับ 3 คือ คุณภาพปานกลาง

คะแนนเท่ากับ 2 คือ คุณภาพน้อย

คะแนนเท่ากับ 1 คือ คุณภาพน้อยที่สุด

และเกณฑ์การประเมินคุณภาพระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT จัดระดับค่าเฉลี่ยเป็น 5 ระดับ คือ [8]

คะแนนเท่ากับ 4.50-5.00 มีคุณภาพดีมาก

คะแนนเท่ากับ 3.50-4.49 มีคุณภาพดี

คะแนนเท่ากับ 2.50-3.49 มีคุณภาพปานกลาง

คะแนนเท่ากับ 1.50-2.49 มีคุณภาพน้อย

คะแนนเท่ากับ 1.00-1.49 มีคุณภาพน้อยที่สุด

2.5 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การประเมินคุณภาพระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

2.5.1. ค่าร้อยละ (Percentage)

ค่าร้อยละ หมายถึง การคำนวณหาสัดส่วนของข้อมูลในแต่ละตัวเทียบกับข้อมูลรวมทั้งหมด โดยให้ข้อมูลรวมทั้งหมดมีค่าเป็นร้อย [6]

$$\text{ร้อยละ (\%)} = \frac{X \times 100}{n}$$

เมื่อ X แทน จำนวนข้อมูล (ความถี่) ที่ต้องการนำมาหาค่าร้อยละ

N แทน จำนวนข้อมูลทั้งหมด

2.5.2 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic Mean) หมายถึง การหารผลรวมของข้อมูลทั้งหมดด้วยจำนวนข้อมูลทั้งหมด [7] ดังนี้

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n}$$

เมื่อ $\bar{X}$ แทน ค่าเฉลี่ยของเลขคณิต

$\sum x$ แทน ผลรวมของข้อมูลทุกค่า

n แทน จำนวนข้อมูลทั้งหมด

2.5.3. ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD) เป็นค่าวัดการกระจายที่สำคัญทางสถิติ เพราะเป็นค่าที่ใช้บอกถึงการกระจายของข้อมูลได้ดีกว่าค่าพิสัย [7] ดังนี้

$$S.D. = \sqrt{\frac{(X - \bar{X})}{n - 1}}$$

เมื่อ S.D. แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

X แทน ข้อมูล (ตัวที่ 1,2,3...,n)

$\bar{X}$ แทน ค่าเฉลี่ยเลขคณิต

n แทน จำนวนข้อมูลทั้งหมด

3. ผลการวิจัย

3.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบการเปิด-ปิดจ่ายพลังงานไฟฟ้าด้วยรีเลย์

การพัฒนาระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT คณะผู้วิจัยได้นำตารางการบันทึกผลจากการทดสอบประสิทธิภาพ โดยมีผลของการทดสอบหาประสิทธิภาพ ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1: ผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบการเปิด-ปิดจ่ายพลังงานไฟฟ้าด้วยรีเลย์

จำนวนครั้ง	ระบบการเปิด-ปิดจ่ายพลังงานไฟฟ้าด้วยรีเลย์ (เปอร์เซ็นต์)				หมายเหตุ
	รีเลย์1	รีเลย์2	รีเลย์3	รีเลย์4	
1	1	1	1	1	1=รีเลย์ทำงาน 0=รีเลย์ไม่ทำงาน
2	1	1	1	1	
3	1	1	1	1	
4	1	1	1	1	
5	1	1	1	1	
6	1	1	1	1	
7	1	1	1	1	
8	1	1	1	1	
9	1	1	1	1	
10	1	1	1	1	
คิดเป็นร้อยละ 100					

หมายเหตุ 1 ระบบการเปิด-ปิดจ่ายพลังงานไฟฟ้าด้วยรีเลย์ ทำงาน

0 ระบบการเปิด-ปิดจ่ายพลังงานไฟฟ้าด้วยรีเลย์ ไม่ทำงาน

สรุปผลจากตารางที่ 1 ผลการทดสอบหาประสิทธิภาพระบบการเปิด-ปิดจ่ายพลังงานไฟฟ้าด้วยรีเลย์ ในภาพรวมพบว่าสามารถทำงานตามการสั่งจำนวน 10 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 100 ของประสิทธิภาพในการทำงาน

ตารางที่ 2 : ผลการทดสอบประสิทธิภาพเซนเซอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้า PZEM-004T (เฉพาะหลอดไฟ 20 วัตต์ จำนวน 2 หลอด ใช้เวลา 5 นาที)

ครั้งที่	ค่าที่วัดจากคลิปแอมป์มิเตอร์ดิจิตอล			ค่าที่วัดจากเซนเซอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้า PZEM-004T			สถานะ	หมายเหตุ
	แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)	กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)	กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)		
1	225	0.59	132	225	0.72	162	1	1= PZEM-004T ทำงาน ส่งข้อมูลได้ 0= PZEM-004T ไม่ทำงาน ส่งข้อมูลไม่ได้
2	224	0.59	132	224	0.71	159	1	
3	222	0.60	133	222	0.72	159	1	
4	225	0.60	135	225	0.71	159	1	
5	223	0.59	131	223	0.71	158	1	
6	225	0.60	135	225	0.72	162	1	
7	223	0.60	133	223	0.71	158	1	
8	222	0.59	130	222	0.71	157	1	
9	222	0.59	130	222	0.70	155	1	
10	223	0.59	131	223	0.71	158	1	
คิดเป็นร้อยละ							**100**	

หมายเหตุ สถานะ 1 ระบบเซนเซอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้า PZEM-004T ทำงานส่งข้อมูลได้
สถานะ 0 ระบบเซนเซอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้า PZEM-004T ไม่ทำงานส่งข้อมูลไม่ได้

สรุปผลจากตารางที่ 2 ผลการทดสอบหาประสิทธิภาพระบบเซนเซอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้า PZEM-004T (เฉพาะหลอดไฟ 20 วัตต์ จำนวน 2 หลอด) จะพบว่าในการทดสอบสั่งทำงานตามการสั่งจำนวน 10 ครั้ง ประสบความสำเร็จในการสั่งทำงานตามการสั่งจำนวน 10 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 100 ของประสิทธิภาพในการทำงาน

ตารางที่ 3 : ผลการทดสอบประสิทธิภาพเซนเซอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้า PZEM-004T (เฉพาะพัดลม 85 วัตต์ ใช้เวลา 5 นาที)

ครั้งที่	ค่าที่วัดจากคลิปแอมป์มิเตอร์ดิจิตอล			ค่าที่วัดจากเซนเซอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้า PZEM-004T			สถานะ	หมายเหตุ
	แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)	กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)	กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)		
1	222	0.36	79	222	0.46	102	1	1= PZEM-004T ทำงานส่งข้อมูลได้ 0= PZEM-004T ไม่ทำงานส่งข้อมูลไม่ได้
2	222	0.35	77	222	0.45	99	1	
3	222	0.35	77	222	0.45	99	1	
4	221	0.36	79	221	0.46	101	1	
5	223	0.35	78	223	0.45	100	1	
6	221	0.35	77	221	0.45	99	1	
7	221	0.35	77	221	0.45	99	1	
8	223	0.36	80	223	0.46	102	1	
9	224	0.36	80	224	0.46	103	1	
10	223	0.35	78	223	0.45	100	1	
คิดเป็นร้อยละ							**100**	

หมายเหตุ สถานะ 1 ระบบเซนเซอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้า PZEM-004T ทำงานส่งข้อมูลได้
สถานะ 0 ระบบเซนเซอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้า PZEM-004T ไม่ทำงานส่งข้อมูลไม่ได้

สรุปผลจากตารางที่ 3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพเซนเซอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้า PZEM-004T (เฉพาะพัดลม 85 วัตต์) จะพบว่าในการทดสอบสั่งทำงานตามการสั่งจำนวน 10 ครั้ง ประสบความสำเร็จในการสั่งทำงานตามการสั่งจำนวน 10 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 100 ของประสิทธิภาพในการทำงาน

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบหาประสิทธิภาพระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT ในภาพรวม

ลำดับ	รายการ	ร้อยละ
1	ผลการทดสอบหาประสิทธิภาพระบบการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยรีเลย์	100
2	ผลการทดสอบประสิทธิภาพเซนเซอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้า PZEM-004T (เฉพาะหลอดไฟ 20 วัตต์ จำนวน 2 หลอด)	100
3	ผลการทดสอบประสิทธิภาพเซนเซอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้า PZEM-004T (เฉพาะพัดลม 85 วัตต์)	100
ค่าเฉลี่ยรวม		**100**

จากตารางที่ 4 พบว่า ผลการทดสอบหาประสิทธิภาพระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT ในภาพรวม มีระดับการทดสอบประสิทธิภาพคิดเป็นร้อยละ 100 ทั้งหมด ซึ่งเกินสมมติฐานที่ตั้งไว้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.2. ผลการประเมินคุณภาพระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT

ผลการประเมินคุณภาพระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT ผู้วิจัยได้ดำเนินการหาประสิทธิภาพ โดยมีเชี่ยวชาญทางด้านเทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ด้านเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ และด้านเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ในด้านการออกแบบ ด้านวัสดุอุปกรณ์ ด้านการใช้งาน ด้านการประกอบติดตั้ง การบำรุงรักษาและความปลอดภัย ดังนี้

ตารางที่ 5 : ผลการประเมินคุณภาพระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT ด้านการออกแบบ

รายการ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
1. การออกแบบโครงสร้าง ที่เหมาะสมในการใช้งาน	4.60	0.55	ดีมาก
2. การออกแบบระบบตู้ควบคุมการทำงาน ที่เหมาะสมในการใช้งาน	4.80	0.45	ดีมาก
3. การออกแบบระบบ IoT ที่เหมาะสมในการใช้งาน	4.40	0.55	ดี
ค่าเฉลี่ย	**4.60**	**0.51**	**ดีมาก**

จากตารางที่ 5 พบว่า ผลการประเมินคุณภาพระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT ด้านการออกแบบ มีระดับความคิดเห็นในภาพรวมอยู่ในระดับที่มีคุณภาพในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ย 4.60 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.51

ตารางที่ 6 ผลการประเมินคุณภาพระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT ด้านวัสดุอุปกรณ์

รายการ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
1. วัสดุอุปกรณ์ที่เลือกใช้ทำโครงสร้าง มีความแข็งแรงทนทาน	4.80	0.45	ดีมาก
2. วัสดุอุปกรณ์ที่เลือกใช้ทำตู้ควบคุม มีความแข็งแรงทนทาน	4.80	0.45	ดีมาก
3. วัสดุอุปกรณ์ที่เลือกใช้ทำระบบไฟฟ้า มีความแข็งแรงทนทาน	4.60	0.55	ดีมาก
ค่าเฉลี่ย	**4.73**	**0.48**	**ดีมาก**

จากตารางที่ 6 พบว่า ผลการประเมินคุณภาพระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT ด้านวัสดุอุปกรณ์ มีระดับความคิดเห็นในภาพรวมอยู่ในระดับที่มีคุณภาพในระดับดีมากมีค่าเฉลี่ย 4.73 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.48

ตารางที่ 7 ผลการประเมินคุณภาพระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT ด้านการใช้งาน

รายการ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
1. การใช้งานอุปกรณ์วัดค่าพลังงานไฟฟ้าสามารถทำงานถูกต้องแม่นยำ	5.00	0.00	ดีมาก
2. การใช้งานระบบแจ้งเตือนสามารถทำงานถูกต้องแม่นยำ	4.60	0.55	ดีมาก
3. การใช้งานระบบควบคุมการจ่ายพลังงานไฟฟ้าสามารถทำงานถูกต้องแม่นยำ	5.00	0.00	ดีมาก
4. การใช้งานผ่านสมาร์ทโฟน สามารถใช้งานได้ดี ถูกต้องแม่นยำ	4.80	0.45	ดีมาก
5. การแสดงผลการใช้งานผ่านสมาร์ทโฟน สามารถแสดงผลได้อย่างถูกต้องแม่นยำ	4.80	0.45	ดีมาก
ค่าเฉลี่ย	**4.84**	**0.28**	**ดีมาก**

จากตารางที่ 7 พบว่า ผลการประเมินคุณภาพระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT ด้านการใช้งาน มีระดับความคิดเห็นในภาพรวม อยู่ในระดับที่มีคุณภาพในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ย 4.84 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.28

ตารางที่ 8 ผลการประเมินคุณภาพระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT ด้านการประกอบติดตั้ง การบำรุงรักษา และความปลอดภัย

รายการ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
1. การประกอบติดตั้งโครงสร้างและการบำรุงรักษา	4.60	0.55	ดีมาก
2. การประกอบติดตั้งระบบตู้ควบคุม มีความปลอดภัย	4.60	0.55	ดีมาก
3. การประกอบติดตั้งระบบไฟฟ้า มีความปลอดภัย	4.40	0.55	ดี
4. การบำรุงรักษาระบบตู้ควบคุม ดูแลง่าย	4.80	0.45	ดีมาก
5. การบำรุงรักษาระบบไฟฟ้า ดูแลง่าย	4.20	0.45	ดี
6. ในภาพรวมระบบมีความปลอดภัย มีระบบป้องกันไฟเกิน เพื่อป้องกันความเสียหายของอุปกรณ์	4.20	0.45	ดี
ค่าเฉลี่ย	**4.46**	**0.49**	**ดี**

จากตารางที่ 8 พบว่า ผลการประเมินคุณภาพระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT ด้านการประกอบติดตั้ง การบำรุงรักษา และความปลอดภัย มีระดับความคิดเห็นในภาพรวมอยู่ในระดับที่มีคุณภาพในระดับดี มีค่าเฉลี่ย 4.46 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.49

ตารางที่ 9 ผลการประเมินคุณภาพระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT ในภาพรวม

รายการ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
1. ด้านการออกแบบ	4.60	0.51	ดีมาก
2. ด้านวัสดุอุปกรณ์	4.73	0.48	ดีมาก
3. ด้านการใช้งาน	4.84	0.28	ดีมาก
4. ด้านการประกอบติดตั้ง การบำรุงรักษา และความปลอดภัย	4.46	0.49	ดี
ค่าเฉลี่ย	**4.66**	**0.44**	**ดีมาก**

จากตารางที่ 9 พบว่า ผลการประเมินคุณภาพระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT ในภาพรวม มีระดับความคิดเห็นในภาพรวม อยู่ในระดับที่มีคุณภาพดีมาก มีค่าเฉลี่ย 4.66 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.44 เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านสามารถสรุประดับความคิดเห็นจากมากไปหาน้อย พบว่า ด้านการใช้งาน อยู่ในระดับที่มีคุณภาพดีมาก มีค่าเฉลี่ย 4.84 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.28 รองลงมา คือ ด้านวัสดุปกรณ์ อยู่ในระดับที่มีคุณภาพดีมาก มีค่าเฉลี่ย 4.73 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.48 ต่อมาคือ ด้านการออกแบบ อยู่ในระดับที่มีคุณภาพดีมาก มีค่าเฉลี่ย 4.60 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.51 และด้านการประกอบติดตั้ง การบำรุงรักษา และความปลอดภัยอยู่ในระดับที่มีคุณภาพดี มีค่าเฉลี่ย 4.46 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.44 ตามลำดับ

3.3. ผลการประเมินความพึงพอใจการใช้ระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT

ผลการประเมินความพึงพอใจสำหรับแสดงความคิดเห็นของผู้ใช้งานที่มีต่อการใช้งานของระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT แบ่ง 3 ตอน คือ ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ตอนที่ 2 แบบประเมินระดับความพึงพอใจในการใช้ระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT และตอนที่ 3 ส่วนข้อเสนอแนะของผู้ใช้งานดังแสดงผลตามตารางที่ 10 และตารางที่ 11

ตารางที่ 10 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามของระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT

ข้อมูลผู้ตอบแบบสอบถาม		จำนวน	
		คน	ร้อยละ
เพศ	ชาย	22	73.30
	หญิง	8	26.70
อายุ	ต่ำกว่า 25 ปี	3	10.00
	ระหว่าง 25-30 ปี	10	33.30
	ระหว่าง 31-40 ปี	15	50.00
	ระหว่าง 41-50 ปี	2	6.70
	ตั้งแต่ 50 ปีขึ้นไป	-	0.00
ระดับการศึกษา	ประถมศึกษา	-	0.00
	มัธยมศึกษาหรือเทียบเท่า	5	16.70
ระดับการศึกษา	อนุปริญญาหรือเทียบเท่า	10	33.30
	ระดับปริญญาตรี	13	43.30
	สูงกว่าปริญญาตรี	2	6.70
	อื่น ๆ โปรดระบุ.....	-	0.00
อาชีพ	ครู/อาจารย์	5	16.70
	เจ้าหน้าที่	4	13.30
	นักศึกษา	5	16.70
	ธุรกิจส่วนตัว	6	20.00
	อื่น ๆ โปรดระบุ.....	-	0.00
ท่านมีความสนใจในการใช้งานของระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT หรือไม่	1 มีความสนใจ	30	100
	2 ไม่มีความสนใจ	-	0.00

จากตารางที่ 10 พบว่า ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามของระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT มีผู้ตอบแบบประเมินทั้งสิ้น 30 คน แบ่งเป็นเพศชาย 22 คน คิดเป็นร้อยละ 73.30 เพศหญิง จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 26.70 และข้อมูลผู้ตอบแบบสอบถามที่มีความสนใจในการใช้งานของระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT หรือไม่ พบว่าผู้ตอบแบบสอบถาม มีความสนใจจำนวน 30 คน คิดเป็นร้อยละ 100

ตารางที่ 11 แบบประเมินความพึงพอใจการใช้งานของระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT

รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ		
	$\bar{X}$	S.D.	ความพึงพอใจ
1.ด้านความสำคัญของเทคโนโลยี IoT			
1.1 เทคโนโลยี IoT มีความจำเป็นและสำคัญในยุคปัจจุบันทำให้มีความสะดวกสบายยิ่งขึ้น	4.83	0.38	ดีมาก
1.2 การนำเทคโนโลยี IoT มาใช้ทำให้ผู้ใช้งานสามารถควบคุมดูแลสั่งงาน การทำงานของระบบต่าง ๆ ได้ จากทุกทีทุกเวลา ทันต่อเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้	4.93	0.25	ดีมาก
1.3 Internet of Things มีความเกี่ยวข้องกับวิถีชีวิตความเป็นอยู่ของคนในยุคปัจจุบัน	4.67	0.48	ดีมาก
ค่าเฉลี่ย	**4.81**	**0.37**	**ดีมาก**
2.ด้านความสามารถของระบบ			
2.1 แสดงผลการใช้พลังงานไฟฟ้าได้	4.90	0.31	ดีมาก
2.2 แสดงการแจ้งเตือนกรณีพลังไฟฟ้าขัดข้องได้	4.40	0.50	ดี
2.3 สามารถควบคุมการจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้	4.73	0.45	ดีมาก
2.4 สามารถใช้งานระบบหรือสั่งการผ่านสมาร์ทโฟนได้จากทุกที่ ทุกเวลาที่มีการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตได้	4.83	0.38	ดีมาก
ค่าเฉลี่ย	**4.72**	**0.41**	**ดีมาก**
3.ด้านประโยชน์และการใช้งาน			
3.1 ตู้ควบคุมระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT ทำให้ผู้ใช้งานสะดวกสบายมากยิ่งขึ้น	4.67	0.48	ดีมาก
3.2 ช่วยให้ผู้ใช้งานมีการจัดการที่ดีขึ้น ตรวจสอบการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เกิน	4.90	0.31	ดีมาก
3.3 ระบบช่วยควบคุมการจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้อย่างมีคุณภาพและเพิ่มความปลอดภัยจากการสัมผัสอุปกรณ์ไฟฟ้าโดยตรง	4.47	0.51	ดี
ค่าเฉลี่ย	**4.68**	**0.43**	**ดีมาก**
ค่าเฉลี่ยรวมทั้งหมด	**4.74**	**0.40**	**ดีมาก**

จากตารางที่ 11 พบว่า แบบประเมินความพึงพอใจการใช้งานของระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT มีโดยรวมพบว่า มีความพึงพอใจในระดับดีมาก ที่ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.74 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.40 โดยที่ด้านความสำคัญของเทคโนโลยี มีความพึงพอใจในระดับที่ดีมาก ที่ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.81 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.37 รองลงมา ด้านความสามารถของระบบ มีความพึงพอใจในระดับที่ดีมาก ที่ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.72 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.41 และด้านประโยชน์และการใช้งาน มีความพึงพอใจในระดับที่ดีมาก ที่ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.68 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.43 ตามลำดับ

4. อภิปรายผลและสรุปผล

ผลการพัฒนาระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT พบว่า ผู้วิจัยได้พัฒนาระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT อย่างเป็นระบบเพราะได้นำเอาแนวคิดกระบวนการ เทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT เนื่องมาจากกระบวนการดังกล่าวมีขั้นตอนที่ชัดเจน ที่เริ่มตั้งแต่ขั้นตอน ในการศึกษาปัญหาและความต้องการของผู้วิจัย จากนั้นได้รวบรวมข้อมูล เลือกวิธีการออกแบบและสร้าง ทดสอบ ปรับปรุงแก้ไข และประเมินผล ทำให้สิ่งที่พัฒนาขึ้นสามารถแก้ไขปัญหาและตอบสนองความต้องการของผู้วิจัย ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดที่ว่า ในปัจจุบันเทคโนโลยีเครือข่ายและเครือข่ายไร้สายได้เข้ามามีบทบาทสำคัญมากขึ้นในชีวิตประจำวัน และ IoT (Internet of Things) ที่กำลังเป็นที่นิยมในปัจจุบันที่สามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ เข้าไว้ด้วยกันได้ โดยผ่านระบบอินเตอร์เน็ตซึ่งในจุดนี้สามารถนำมาใช้ในการสื่อสารกับอุปกรณ์ที่ใช้วัดพลังงานไฟฟ้าได้เพื่อสร้างระบบเครือข่ายให้สามารถนำข้อมูลจากอุปกรณ์มาเก็บได้อย่างอัตโนมัติ เพื่อลด ความยุ่งยากในการจัดเก็บข้อมูลและการนำมาใช้งาน [9].

ผลการทดสอบประสิทธิภาพระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT มีระดับความคิดเห็นในภาพรวม มีระดับการทดสอบประสิทธิภาพคิดเป็นร้อยละ 100 ดังนั้น ระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และทำงานได้จริงตามที่ออกแบบไว้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของธรรมรัฐ มนูธรรมธร ที่ว่า อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ประกอบด้วย Node MCU โมดูลวัดไฟฟ้า ผลที่ได้คืออุปกรณ์ทุกตัวสามารถทำงานได้ปกติอุปกรณ์ส่งข้อมูลได้ถูกต้องใน การทดสอบ ไม่มีปัญหาในการส่งค่าเข้าไปบันทึกในฐานข้อมูลตามที่ได้กำหนดไว้ [10].

ผลการประเมินคุณภาพระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT ในภาพรวม มีระดับความคิดเห็นในภาพรวม อยู่ในระดับที่มีคุณภาพดีมาก มีค่าเฉลี่ย 4.66 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.44

ผลการประเมินความพึงพอใจการใช้งานของระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT จากการที่ผู้วิจัยได้ทำการสาธิต และถ่ายทอดการใช้ระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT ให้กับผู้ใช้งานนั้น โดยรวมพบว่า มีความพึงพอใจในระดับดีมาก

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี โดยได้รับความกรุณาและความอนุเคราะห์ช่วยเหลือเป็นอย่างดีจากสาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำและให้ข้อเสนอแนะแนวทางในการจัดทำงานวิจัยเป็นอย่างดี และที่สำคัญอย่างยิ่งต้องขอขอบคุณนางสาวศิริรัตน์ ผดุงดี ภรรยาที่ได้ให้การสนับสนุนทุกอย่างของการทำวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณนายเตมีย์ วงษ์ศรี นายธฤต อย่างรัมย์ ที่ให้ความช่วยเหลือมาโดยตลอด ผู้วิจัยขอขอบคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณ ผู้เชี่ยวชาญทางด้านเทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ด้านเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ และด้านเทคโนโลยีอุตสาหกรรม อาจารย์ ดร.สุรีย์ฉาย สุคันธรัต อาจารย์ ดร.เรวัฒน์ เติมกล้า อาจารย์สุรัตน์ สุขมั่น นายทวีสิทธิ์ เจาะดี และนายวิษณุ ภูวิจิตร ผู้เชี่ยวชาญในการประเมินคุณภาพการพัฒนาระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี IoT จนการดำเนินการวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้ตลอดจนให้ข้อคิดต่างๆ อันก่อให้เกิดประโยชน์ในการศึกษาค้นคว้าและเป็นแนวทางในการจัดทำงานวิจัย ขอขอบคุณเจ้าของบทความ เอกสาร ตำราและหนังสือ ที่คณะผู้วิจัยใช้ในการสืบค้นในบรรณานุกรมท้ายเล่มทุกท่าน

6. เอกสารอ้างอิง

[1] External Communications Division Corporate Communications and Public Relations Department EGAT. Record Highest Annual Power Demand [Online]. (2021). [Cited July 14, 2022]. Available: https://shorturl.asia/WurFh.

[2] Office of Jobs and Energy Plans. Usage Trends. [Online]. (2021) [Cited July 15, 2022].Available : http://www.eppo.go.th/epposite/index.php/th/electricity#.

[3] T.Kamolchum, Internet of Things For Appliance Control and Energy Data Logger.[Online]. (2016). [Cited July 15,2022]. Available : https://citly.me/lqCUj.

[4] T.Boonpokkrong. “Power Quality Analysis : Case Study A.U.T Company Limited”. Ph.D dissertation, Engineerring Sripatum University, Bangkok, 2012 (in Thai).

[5] Design and Technology. Technological Process. Bangkok : Institute promotes the teaching of science and technology, 2011. (in Thai).

[6] T.Silpcharu. *Research and statistical analysis with SPSS and AMOS*. (17th edition) Business R&D, 2017. (in Thai).

[7] M.Songthong. *Principles of Statistics*. Bangkok. C.E.D U.K, 2014. (in Thai).

[8] S.Chanchalor. *Measurement and Evaluation*. Bangkok. Plate Co., Ltd., Sumamfilm, 1999. (in Thai).

[9] S.Wongpaiboon. The system measures the use of electricity over a wireless IPv6 network.[Online]. (2015). [Cited July 17, 2022]. Available : https://citly.me/ca4F1.

[10] T.Manuthammathorm. Tham mathorn mansion prototype Management System. [Online]. (2019). [Cited July 19, 2022]. Available : https://citly.me/ZA78c.