การพัฒนาระบบตรวจสอบการใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยสมองกลฝังตัว
The Development of Electrical Energy Monitoring with Embedded System

ถนอม กองใจ[1*]และวิจักษณ์ ศรีสัจจะเลิศวาจา[1]
Tanom Kongjai[1*] and Wijak Srisujjalertwaja[1]

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบตรวจสอบการใช้กระแสไฟฟ้าที่สามารถเฝ้าติดตามและบันทึกสถานะการใช้ไฟฟ้าได้ตลอด 24 ชั่วโมง โดยใช้เซนเซอร์หม้อแปลงขดลวดวัดค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านสายไฟฟ้า เชื่อมต่อกับอุปกรณ์อาดูโน่นาโน เพื่อรับและแปลงค่าสัญญาณแอนะล็อกที่ได้จากเซนเซอร์ให้เป็นสัญญาณดิจิทัล ส่งต่อไปยังอุปกรณ์ราสเบอร์รี่พายผ่านพอร์ตยูเอสบี เพื่อแปลงค่าสัญญาณเป็นค่าตัวเลขปริมาณการใช้พลังงานด้วยโปรแกรมภาษาไพธอน แล้วจึงส่งข้อมูลไปยังเซิร์ฟเวอร์โปรแกรมบริหารจัดการข้อมูลไมโครซอฟต์ พาวเวอร์ บีไอ ผ่านระบบเครือข่ายไร้สายวายฟาย เพื่อจัดเก็บในฐานข้อมูลและนำไปแสดงผล การวิจัยนี้ได้ทำการติดตั้งและทดสอบใช้งานกับระบบไฟฟ้าหลักของอาคารวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ซึ่งเป็นระบบไฟฟ้าแบบ 220 โวลต์ 100 แอมป์ ผลการทดสอบพบว่า ระบบสามารถเฝ้าติดตามและบันทึกสถานะการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ตลอด 24 ชั่วโมง โดยสามารถเปิดหน้าจอแสดงผลข้อมูลได้จากคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์สมาร์ตโฟน ทำให้รับรู้ข้อมูลความเคลื่อนไหวของการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคารได้ อีกทั้งระบบยังสามารถสร้างรายงานสรุปข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า เพื่อนำไปประกอบการวิเคราะห์และวางแผนหาแนวทางลดการใช้พลังงาน วางแผนปรับปรุงระบบไฟฟ้า หรือใช้เพื่อศึกษาพฤติกรรมการใช้งานไฟฟ้าภายในองค์กรได้

คำสำคัญ: ระบบตรวจสอบ วัดไฟฟ้า สมองกลฝังตัว การใช้ไฟฟ้า

Abstract

The objective of this research is to develop the electrical energy monitoring system that can monitor the electricity consumption in 24 hours by using the current transformer sensors to measure the current electrical flow through the wire and connect to the Arduino Nano board for converting analog signal into digital signal. Then it was forwarded to the Raspberry pi via a USB port for converting to electricity consumption valued with the developed python program. Last, the data was sent to the Microsoft Power BI via the wireless internet to record into database and display summary result. This research was installed and tested with the main electrical system of Computer Science Building. Faculty of Science, Chiang Mai University, has electric power with 220 Volts 100 Amp on each phase. The experimental results showed that the system can monitor and record the status of power consumption at any times. The user can view the information display screen from both computers and smart devices. Also, the user can recognize the movement of electrical energy used in the building. The system can generate summary reports of electrical usage to analyze and plan for reducing energy consumption, or use to study the behavior of electricity in the organization.

Keywords: monitoring system, electrical measure, embedded system, electricity consumption

[1] คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200
[1] Faculty of Science, Chiang Mai University, Chiang Mai, 50200
*Corresponding author: e-mail: tanom.k@cmu.ac.th
Received: *September 25, 2020*, Accepted: *November 30, 2020*, Published: *December 14, 2020*

บทนำ

ในปัจจุบันวิกฤติปัญหาด้านการใช้พลังงานถือเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลกระทบต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย โดยการใช้พลังงานไฟฟ้ามีแนวโน้มความต้องการที่เพิ่มมากขึ้นทั้งในด้านอุตสาหกรรมและครัวเรือน ซึ่งรัฐบาลได้เล็งเห็นถึงปัญหาการใช้พลังงานที่มากเกินไป จึงได้จัดให้มีนโยบายส่งเสริมลดการใช้พลังงาน การรณรงค์ประหยัดพลังงาน การสนับสนุนให้มีการค้นคว้าและวิจัยเพื่อลดการใช้พลังงาน ซึ่งได้รับความร่วมมือจากทั้งภาครัฐและเอกชน นอกจากนี้สำนักนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน (สำนักงานนโยบายและกระทรวงพลังงาน, 2556) ได้จัดทำโครงการสนับสนุนลดการใช้พลังงานในภาครัฐขึ้น เพื่อกระตุ้นการลดใช้พลังงานไฟฟ้าในหน่วยงานราชการ สถานศึกษา สถานพยาบาลและหน่วยงานอื่น ๆ ของรัฐ โดยตั้งเป้าลดการใช้พลังงานไว้ที่ 10% ของหน่วยงานทั้งหมดในภาครัฐที่มีอยู่จำนวน 9,290 หน่วยงาน ซึ่งจะสามารถลดงบประมาณลงได้ถึง 950 ล้านบาท และยังลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่มาจากการเผาไหม้ของโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งเป็นหนึ่งในก๊าซเรือนกระจกที่ดูดซับคลื่นอินฟาเรดอันเป็นที่มาของภาวะโลกร้อน จึงได้จัดทำแผนกลยุทธ์ประหยัดพลังงาน โดยให้มีการแต่งตั้งคณะทำงานภายในหน่วยงาน ในการศึกษาและเก็บข้อมูลการใช้พลังงาน เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์หาแนวทางลดการใช้พลังงานไฟฟ้า ซึ่งการเก็บข้อมูลจะใช้วิธีการสำรวจการใช้พลังงานภายในหน่วยงานว่ามีการใช้เท่าใด ใช้ในด้านใด และใช้ในช่วงเวลาใด เพื่อนำมาประกอบการวิเคราะห์การใช้พลังงาน แต่เนื่องจากการสำรวจข้อมูลที่ใช้วิธีจดบันทึกค่าการใช้งานจากมิเตอร์ไฟฟ้าตามอาคารต่าง ๆ จึงทำให้การสำรวจข้อมูลเป็นไปด้วยความยากลำบากและไม่สามารถรับทราบข้อมูลปริมาณการใช้งานในแต่ละช่วงเวลาได้ ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า ดังนี้

สุริยา และลำมอน (2557) ได้ทดลองพัฒนาระบบแสดงผลการใช้พลังงานไฟฟ้าชนิด 3 เฟสผ่านระบบไร้สาย โดยใช้อุปกรณ์เอ็มซีพี 3906 เอ ในการวัดค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้า เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรมซิกบี เพื่อส่งค่าข้อมูลการใช้พลังงานและแสดงผลข้อมูลบนคอมพิวเตอร์ ด้วยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นด้วยภาษาวิชวลเบสิก ทดลองวัดค่าจากหลอดอินแคนเดสเซนต์ที่มีโหลดรวมตั้งแต่ 200 – 2,000 วัตต์ ใช้แรงดันไฟฟ้าที่ 220 โวลต์ ผลการทดลองพบว่า ระบบสามารถตรวจวัดและบันทึกค่าพลังงานไฟฟ้าได้ถูกต้องเปรียบเทียบกับอุปกรณ์วัดมาตรฐาน มีค่าความผิดพลาดไม่เกิน 2.65% สามารถรับส่งข้อมูลได้ดีที่สุดในพื้นที่เปิดระยะห่างไม่เกิน 440 เมตร และในพื้นที่มีสิ่งกีดขวางได้ไม่เกิน 90 เมตร สามารถตรวจสอบข้อมูลย้อนหลังได้มากกว่า 30 วัน

ภัสกร และภาคภูมิ (2553) ได้ศึกษาและทดลองการวัดค่าไฟฟ้า โดยใช้เซนเซอร์หม้อแปลงขดลวดในการวัดค่ากระแสไฟฟ้า เชื่อมต่อกับอุปกรณ์เอดีเอสเพื่อแปลงค่าสัญญาณแอนะล็อกที่ได้จากอุปกรณ์วัดกระแสให้เป็นสัญญาณแบบดิจิทัล ส่งต่อไปยังอุปกรณ์โหนดเอ็มซียูเพื่อประมวลผลสัญญาณนั้นให้เป็นค่าการใช้งานกระแสไฟฟ้า จากนั้นส่งค่าที่ประมวลผลได้ไปยังโปรแกรมภูเกิ้ลไฟร์เบสผ่านระบบเครือข่ายไร้สาย สามารถเข้าดูข้อมูลได้จากโปรแกรมอินเทอร์เน็ตเว็บเบราว์เซอร์บนคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์สมาร์ตโฟนผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ได้ผลการทดลองคือ ระบบสามารถวัดและแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าบนหน้าเว็บผ่านระบบเครือข่ายไร้สายได้ ช่วยให้ผู้ใช้รับทราบพฤติกรรมการใช้งานไฟฟ้าได้

จากข้อมูลงานวิจัยในอดีตพบว่า ได้มีการศึกษาและพัฒนาเครื่องมือสำหรับช่วยตรวจสอบการใช้กระแสไฟฟ้า เพื่อใช้สำหรับเก็บข้อมูลทางสถิติ การป้องกันภัย หรือช่วยอำนวยความสะดวกในการทำงาน ซึ่งงานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้มีการเลือกใช้อุปกรณ์วัดแบบต่าง ๆ เช่น อุปกรณ์วัดเซนเซอร์หม้อแปลงขดลวดวัดกระแสไฟฟ้า อุปกรณ์วัดแบบไอซี หรืออุปกรณ์วัดแบบคลื่นสัญญาณ โดยได้ค่าความถูกต้องของข้อมูลที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งข้อจำกัดของระบบ คือ การติดตั้งใช้งานต้องตัดกระแสไฟฟ้าเพื่อต่ออุปกรณ์เข้ากับสายไฟฟ้าที่จะวัด และวัดได้เพียงสายเดียว งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบวัดและบันทึกค่าการใช้งานกระแสไฟฟ้า โดยใช้เซนเซอร์หม้อแปลงขดลวดวัดกระแสไฟฟ้าแบบครอบสายที่สามารถติดตั้งได้โดยไม่กระทบกับการใช้งานไฟฟ้าเดิม เชื่อมต่อกับราสเบอร์รี่พายเพื่อทำการประมวลผลให้เป็นค่าตัวเลขการใช้งานกระแสไฟฟ้าและส่งไปบันทึกเก็บไว้ในฐานข้อมูลที่สามารถตรวจสอบการใช้งานได้ในภายหลัง แสดงผลข้อมูลแบบเว็บแอปพลิเคชันที่เข้าดูได้จากคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์สมาร์ตโฟน และแจ้งเตือนอัตโนมัติหากมีการใช้งานกระแสไฟฟ้าเกินกำลัง

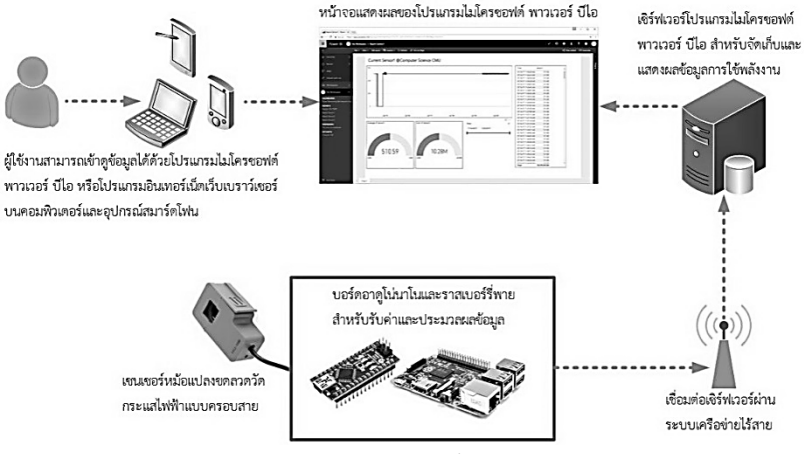
วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อพัฒนาระบบตรวจสอบการใช้กระแสไฟฟ้าที่สามารถเฝ้าติดตามและบันทึกสถานะการใช้ไฟฟ้าได้ตลอด 24 ชั่วโมง

ระเบียบวิธีวิจัย

ออกแบบการทำงานรวมของระบบ

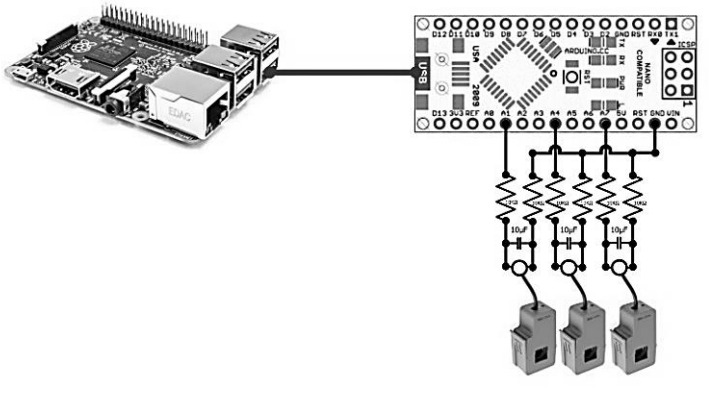
การทำงานของระบบเริ่มต้นจากเซนเซอร์หม้อแปลงขดลวดวัดกระแสไฟฟ้าทำหน้าที่วัดค่ากระแสที่ไหลผ่านสายไฟฟ้า ส่งค่าไปยังบอร์ดอาดูโน่นาโนและราสเบอร์รี่พาย เพื่อประมวลผลสัญญาณให้เป็นค่ากระแสไฟฟ้าที่ถูกใช้ จากนั้นบันทึกค่าที่ได้เก็บไว้ในฐานข้อมูลภายในราสเบอร์รี่พายและส่งไปบันทึกยังเซิร์ฟเวอร์ผ่านระบบเครือข่ายไร้สายวายฟาย และแสดงผลข้อมูลสถานะการใช้กระแสไฟฟ้าด้วยโปรแกรมไมโครซอฟต์ พาวเวอร์ บีไอ โดยสามารถเข้าดูได้จากโปรแกรมอินเทอร์เน็ตเว็บเบราว์เซอร์บนคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์สมาร์ตโฟน ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การทำงานรวมของระบบตรวจสอบการใช้กระแสไฟฟ้า

ออกแบบการวัดและแปลงค่าสัญญาณ

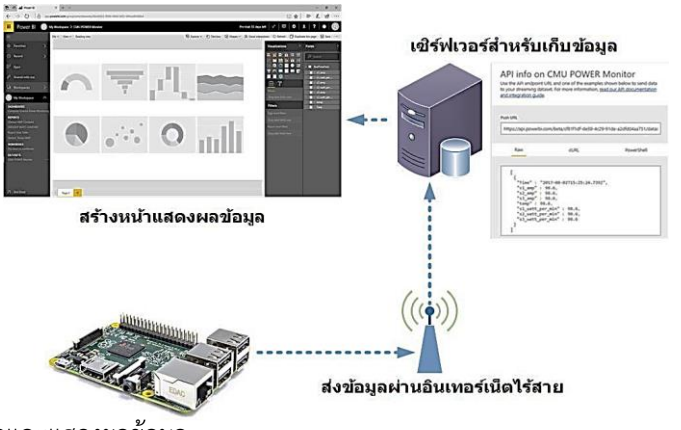
การวัดค่ากระแสไฟฟ้าจะใช้เซนเซอร์หม้อแปลงขดลวดวัดกระแสรุ่น SCT013-000 ที่สามารถวัดกระแสไฟฟ้าในช่วง 0–100 แอมแปร์ / 1โวลต์ ค่าความคลาดเคลื่อน ±3% มีลักษณะเป็นแบบแคลมป์ครอบสายไฟฟ้า เชื่อมต่อกับวงจรปรับแรงดันก่อนส่งค่าสัญญาณไปยังบอร์ดอาดูโน่นาโนเพื่อแปลงสัญญาณแอนะล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิทัล และส่งต่อไปยังราสเบอร์รี่พายผ่านพอร์ตยูเอสบีเพื่อประมวลผลให้เป็นค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การวัดและแปลงค่าสัญญาณ

ออกแบบการบันทึกและแสดงผลข้อมูล

ราสเบอร์รี่พายประมวลผลข้อมูลค่าการใช้กระแสไฟฟ้าและบันทึกผลไว้ในฐานข้อมูลมายเอสคิวแอลที่ติดตั้งไว้ในราสเบอร์รี่พาย จากนั้นจะส่งต่อไปบันทึกที่เซิร์ฟเวอร์โปรแกรมไมโครซอฟต์ พาวเวอร์ บีไอ เพื่อสำรองข้อมูลอีกครั้ง ผ่านระบบเครือข่ายไร้สายวายฟายโดยโครงสร้างฐานข้อมูลเป็นแบบตารางเดียว ประกอบด้วยฟิลด์ข้อมูล วันเวลาและค่าที่วัดได้ของเซนเซอร์ทั้ง 3 จากนั้นแสดงผลข้อมูลบนหน้าจอของโปรแกรมไมโครซอฟต์ พาวเวอร์ บีไอโดยสามารถปรับแต่งรูปแบบการแสดงผลข้อมูลได้หลากหลาย ดังภาพที่ 3



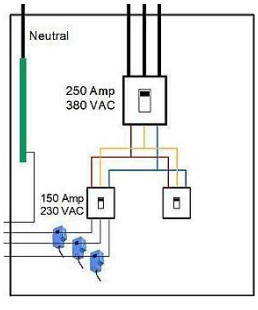
ภาพที่ 3 การบันทึกและแสดงผลข้อมูล

วางแผนและออกแบบการทดสอบ

1. การทดสอบเทียบค่าเพื่อตรวจสอบความถูกต้องแม่นยำใช้วิธีเปรียบเทียบค่าที่วัดได้จากระบบกับเครื่องมือวัดมาตรฐานดิจิทัล แคลมป์ มิเตอร์ ยี่ห้อ UNI-T รุ่น UT202A ที่สามารถวัดค่ากระแสไฟฟ้าช่วง 0 – 200 แอมแปร์ มีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน ±1% โดยติดตั้งอุปกรณ์ดิจิทัล แคลมป์ มิเตอร์ และเซนเซอร์หม้อแปลงขดลวดวัดกระแสของระบบไว้บนสายไฟฟ้าเส้นเดียวกัน จากนั้นทดสอบวัดค่ากระแสไฟฟ้า 4 ระดับ ได้แก่ 1, 10, 25 และ 60 แอมแปร์ บันทึกค่าจากอุปกรณ์ทั้งสองทุก 5 วินาที จำนวน 100 ครั้ง แล้วนำค่าที่บันทึกได้ไปคำนวณเปรียบเทียบหาค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนของการวัด

2. การทดสอบติดตั้งและใช้งาน ใช้วิธีทดสอบโดยติดตั้งระบบเข้ากับระบบกระแสไฟฟ้าหลักของอาคารวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เป็นระบบไฟฟ้าหลักแบบ 3 เฟส 380 โวลต์ เชื่อมต่อกับเซอร์กิตเบรกเกอร์ 150 แอมแปร์ 220 โวลต์ 3 ไลน์ และนิวตรอนส่งต่อไปยังห้องเรียนต่าง ๆ โดยติดตั้งเซนเซอร์หม้อแปลงขดลวดวัดกระแสของระบบไว้บนสายไฟฟ้าของไลน์ 220 โวลต์ทั้ง 3 สาย ดังภาพที่ 4 และทดสอบการทำงานเป็นเวลา 120 วัน

3. การทดสอบระบบแจ้งเตือนเมื่อมีการใช้งานกระแสไฟฟ้าเกินกำลังโดยกำหนดค่าให้ระบบส่งข้อความแจ้งเตือนอัตโนมัติไปยังอีเมลและเฟซบุ๊กของเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบไฟฟ้า หากมีการใช้งานกระแสไฟฟ้าเกินกว่า 90 แอมแปร์ ระบบจะส่งข้อความแจ้งเตือนอัตโนมัติทุก 5 นาที จนกว่าค่าการใช้งานกระแสไฟฟ้าจะลดลงต่ำกว่าค่าที่กำหนดไว้



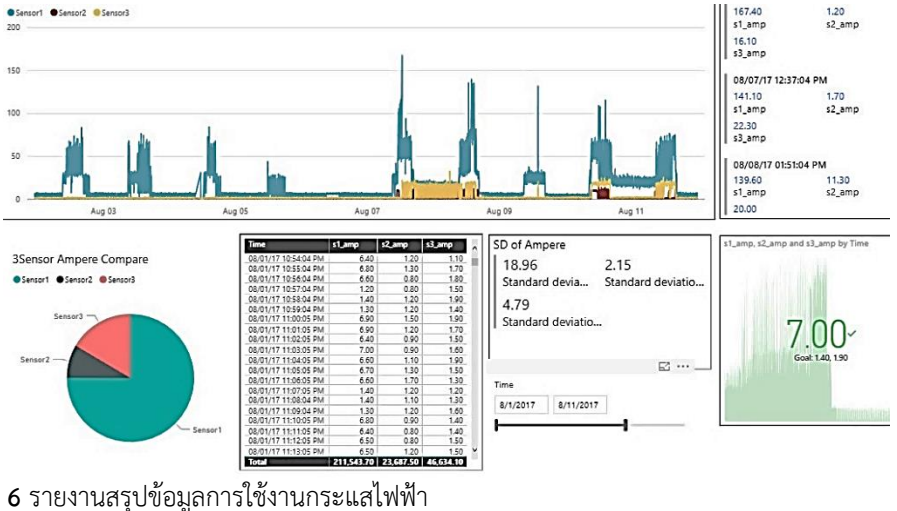
ภาพที่ 4 การติดตั้งเซนเซอร์หม้อแปลงขดลวดวัดกระแส

ผลการวิจัย

1. ผลทดสอบการแสดงผลข้อมูลของระบบ พบว่า ระบบสามารถแสดงผลข้อมูลในรูปแบบกราฟเส้นและตัวเลขค่ากระแสไฟฟ้า ที่วัดค่าจากเซนเซอร์หม้อแปลงขดลวดวัดกระแสไฟฟ้าทั้ง 3 เซนเซอร์ได้พร้อมกัน โดยผู้ใช้งานสามารถเข้าดูผลข้อมูลได้จากโปรแกรมอินเทอร์เน็ตเว็บเบราว์เซอร์บนเครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์สมาร์ตโฟนผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ดังภาพที่ 5หรือเข้าดูข้อมูลได้จากโปรแกรมไมโครซอฟต์ พาวเวอร์ บีไอ ซึ่งช่วยให้เจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบไฟฟ้าสามารถทำการตรวจสอบข้อมูลการใช้กระแสไฟฟ้าได้อย่างสะดวก

ภาพที่ 5 การแสดงผลข้อมูลปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้าบนคอมพิวเตอร์ (A) และอุปกรณ์สมาร์ตโฟน (B)

2. ผลทดสอบการแสดงรายงานข้อมูลสรุปผลการใช้กระแสไฟฟ้า พบว่า ระบบสามารถสร้างรายงานสรุปผลข้อมูลปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้าจากข้อมูลที่บันทึกไว้ได้หลายรูปแบบ เช่น รายงานแบบตารางข้อมูล แบบกราฟแสดงปริมาณ และแบบค่าเฉลี่ยการใช้กระแสไฟฟ้า ซึ่งผู้ใช้งานสามารถเลือกรูปแบบการแสดงผลข้อมูลแบบแยกเซนเซอร์หรือการแสดงผลแบบเปรียบเทียบค่าข้อมูลจาก 3 เซนเซอร์ได้ โดยปรับแต่งรูปแบบการแสดงผลได้หลากหลาย ผ่านโปรแกรมไมโครซอฟต์ พาวเวอร์ บีไอ ดังภาพที่ 6



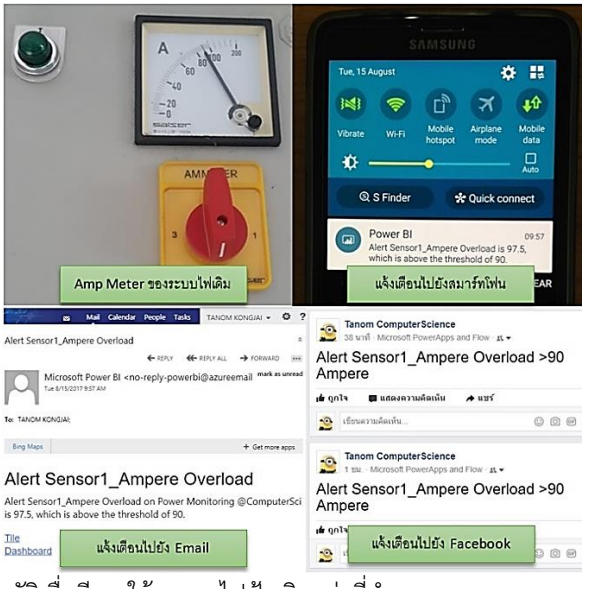
ภาพที่ 6 รายงานสรุปข้อมูลการใช้งานกระแสไฟฟ้า

3. ผลทดสอบการบันทึกข้อมูลเพื่อตรวจสอบภายหลัง พบว่า ระบบสามารถบันทึกและทำการตรวจสอบข้อมูลย้อนหลังได้เป็นเวลามากกว่า 90 วัน โดยระบบทำการเก็บข้อมูลวันและเวลาที่ทำการบันทึก ค่าข้อมูลการใช้กระแสไฟฟ้าจากเซนเซอร์ทั้ง 3 ค่าปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้าจากเซนเซอร์ทั้ง 3 และค่าอุณหภูมิที่วัดได้จากราสเบอร์รี่พายสำหรับใช้ตรวจสอบป้องกันอุปกรณ์เสียหายจากความร้อนเนื่องจากมีการทำงานตลอดเวลา ดังภาพที่ 7 ซึ่งสามารถนำข้อมูลที่บันทึกไว้ ไปประกอบการวิเคราะห์หาค่าสถิติการใช้พลังงานของหน่วยงาน การวางแผนลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า หรือการนำข้อมูลไปศึกษาในด้านอื่น ๆ ได้

Time	s1_amp	s2_amp	s3_amp	s1_watt_per_min	s2_watt_per_min	s3_watt_per_min	temp
08/15/17 03:09:05 PM	52.70	0.90	2.10	193.20	3.40	7.60	53.70
08/15/17 03:08:05 PM	95.40	1.40	1.70	349.70	5.30	6.40	53.70
08/15/17 03:07:05 PM	96.40	1.20	2.10	353.60	4.60	7.50	53.70
08/15/17 03:06:05 PM	86.60	1.20	2.00	317.70	4.20	7.30	54.20
08/15/17 03:05:05 PM	77.80	1.20	2.10	285.30	4.50	7.80	53.70
08/15/17 03:04:04 PM	40.30	1.30	1.80	147.60	4.80	6.70	53.70
08/15/17 03:03:04 PM	38.10	1.30	1.80	139.80	4.90	6.60	54.20
08/15/17 03:02:04 PM	55.40	1.40	2.40	203.10	5.10	8.70	53.70
08/15/17 03:01:04 PM	96.30	1.70	1.70	353.00	6.20	6.40	53.70
08/15/17 03:00:04 PM	97.50	1.20	1.80	357.60	4.50	6.70	54.20
08/15/17 02:59:04 PM	99.80	1.10	1.70	366.00	4.10	6.20	53.70
08/15/17 02:58:04 PM	73.20	1.30	1.70	268.30	4.80	6.30	53.70
08/15/17 02:57:04 PM	44.20	1.30	2.00	162.20	4.90	7.30	53.70
08/15/17 02:56:04 PM	48.10	0.90	1.80	176.30	3.20	6.60	53.70
08/15/17 02:55:05 PM	48.60	1.10	1.90	178.20	3.90	7.10	53.70
08/15/17 02:54:05 PM	95.40	1.10	2.20	349.90	4.10	7.90	53.70
08/15/17 02:53:05 PM	98.00	1.00	1.80	359.30	3.60	6.50	53.70
08/15/17 02:52:05 PM	90.00	1.50	1.40	329.90	5.60	5.10	54.20
08/15/17 02:51:05 PM	93.80	1.30	1.50	343.90	4.70	5.60	53.70

ภาพที่ 7 ตารางข้อมูลการใช้งานกระแสไฟฟ้า

4. ผลทดสอบการแจ้งเตือน พบว่า ระบบสามารถส่งข้อความแจ้งเตือนอัตโนมัติไปยังอีเมล เฟซบุ๊กและอุปกรณ์สมาร์ตโฟน ของเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบไฟฟ้าได้ หากมีการใช้กระแสไฟฟ้าเกินกว่าที่กำหนดไว้ โดยการทดสอบนี้ได้กำหนดค่าการส่งข้อความแจ้งเตือนไว้ที่ 90 แอมแปร์ เมื่อเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบได้รับการแจ้งเตือนจากระบบและเข้าไปตรวจสอบที่ตู้ควบคุมไฟฟ้า พบว่า มีการใช้งานกระแสไฟฟ้าเกินกว่า 90 แอมแปร์จริง เทียบกับอุปกรณ์วัดกระแสไฟฟ้าแอมมิเตอร์ของตู้ควบคุมไฟฟ้าหลัก โดยได้ค่าตรงกับการแจ้งเตือนของระบบวัดไฟฟ้าที่พัฒนาขึ้น ดังภาพที่ 8 ซึ่งสามารถช่วยป้องกันการใช้งานกระแสไฟฟ้าเกินกำลังของสาย ป้องกันการเกิดอัคคีภัย และป้องกันไฟฟ้าลัดวงจรที่อาจสร้างความเสียหายกับอุปกรณ์ที่กำลังใช้งานอยู่ได้



ภาพที่ 8 การแจ้งเตือนอัตโนมัติเมื่อมีการใช้กระแสไฟฟ้าเกินกว่าที่กำหนด

5. ผลทดสอบเทียบค่า โดยเปรียบเทียบค่ากับเครื่องวัดมาตรฐานดิจิทัล แคลมป์ มิเตอร์ได้ผลการทดลองดังนี้ ที่กระแสไฟฟ้า 1 แอมแปร์มีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนที่ ±0.01 แอมแปร์หรือคิดเป็น 1.40% ที่ค่ากระแสไฟฟ้า 10 แอมแปร์มีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ ±0.39 แอมแปร์หรือคิดเป็น 3.92% ที่ค่ากระแสไฟฟ้า 25 แอมแปร์ มีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ ±0.59 แอมแปร์หรือคิดเป็น 2.36% และที่ค่ากระแสไฟฟ้า 60 แอมแปร์ มีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ ±2.51แอมแปร์หรือคิดเป็น 4.18% ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจากการวัดกระแสไฟฟ้าของ Current Transformer เกิดจากส่วนหนึ่งของกระแสปฐมภูมิถูกใช้เป็นกระแสกระตุ้นทำให้เกิดฟลักซ์แม่เหล็กขึ้นในแกนแม่เหล็ก และเหนี่ยวนำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ขดลวดทุติยภูมิ เพื่อเกิดกระแสไฟฟ้า (ษิรากร, 2558.) ดังนั้นหากต้องการลดความคลาดเคลื่อน ต้องใช้เซนเซอร์ที่แกนเหล็กมีความเหนี่ยวนำแม่เหล็กสูงมีความสมดุลของขนาดแกนกับจำนวนรอบที่สร้างขึ้นและต้องทำให้เกิดกระแสไหลวนต่ำ

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบข้อมูลค่าที่วัดได้จากระบบที่พัฒนาขึ้นกับอุปกรณ์วัด Digital Clamp Meter

กระแสไฟฟ้าที่ใช้ทดลอง	ซ้ำที่	ระบบวัดที่สร้างขึ้น			เครื่องวัด Clamp Meter			ความคลาดเคลื่อน (Amp)	(%) ความคลาดเคลื่อน
		Mean	Lower	Upper	Mean	Lower	Upper		
ค่ากระแสไฟฟ้า 1 แอมแปร์	1	0.77	0.7	0.8	0.78	0.7	0.8	0.01	1.00
	2	0.76	0.7	0.8	0.78	0.7	0.8	0.02	2.00
	3	0.77	0.7	0.8	0.78	0.7	0.8	0.01	1.00
	4	0.78	0.7	0.8	0.79	0.7	0.8	0.01	1.00
	5	0.76	0.7	0.8	0.78	0.7	0.8	0.02	2.00
						ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน		±0.01	1.40%
ค่ากระแสไฟฟ้า 10 แอมแปร์	1	7.72	7.1	8.5	7.42	7.0	8.2	-0.30	-3.00
	2	7.84	6.8	8.4	7.45	7.0	7.9	-0.39	-3.90
	3	7.84	7.0	8.7	7.50	7.3	8.4	-0.34	-3.40
	4	8.27	7.2	9.1	7.84	7.4	8.2	-0.43	-4.30
	5	8.12	6.8	8.4	7.62	7.1	7.8	-0.50	-5.00
						ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน		±0.39	3.92%
ค่ากระแสไฟฟ้า 25 แอมแปร์	1	23.18	21.5	23.4	22.62	22.4	23.2	-0.56	-2.24
	2	23.21	21.7	23.7	22.74	22.4	23.4	-0.47	-1.88
	3	23.20	22.1	23.5	22.42	22.1	23.1	-0.78	-3.12
	4	22.92	21.8	23.3	22.39	22.1	22.9	-0.53	-2.12
	5	23.12	22.4	23.8	22.51	22.1	23.2	-0.61	-2.44
						ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน		±0.59	2.36%
ค่ากระแสไฟฟ้า 60 แอมแปร์	1	63.48	61.97	65.27	60.81	60.1	60.9	-2.67	-4.45
	2	62.91	61.71	64.59	60.52	59.8	60.7	-2.39	-3.98
	3	63.84	62.14	65.92	61.12	60.7	61.4	-2.72	-4.53
	4	62.75	61.24	64.36	60.44	59.7	60.9	-2.31	-3.85
	5	62.89	60.89	64.79	60.42	59.8	60.8	-2.47	-4.11
						ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน		±2.51	4.18%

6. ดัชนีชี้วัดความสำเร็จของการวิจัย มีหัวข้อการวัดผลดังนี้ 1) การเฝ้าตรวจสอบสถานะการใช้ไฟฟ้า พบว่า ระบบสามารถเฝ้าติดตามความเคลื่อนไหวการใช้กระแสไฟฟ้าได้ตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการบันทึกข้อมูลลงในฐานข้อมูลบนราสเบอร์รี่พายและบนโปรแกรมไมโครซอฟต์ พาวเวอร์ บีไอ มีการอัพเดตข้อมูลทุก 1 นาที ผู้ใช้สามารถเข้าดูข้อมูลหน้าแสดงผลจากโปรแกรมอินเทอร์เน็ตเว็บเบราว์เซอร์บนคอมพิวเตอร์และสมาร์ตโฟนได้ 2) การตรวจสอบข้อมูลย้อนหลัง พบว่า โปรแกรมได้บันทึกข้อมูลการใช้กระแสไฟฟ้าเก็บไว้ในฐานข้อมูล ซึ่งสามารถตรวจสอบข้อมูลการทำงานย้อนหลังได้มากกว่า 90 วัน ผ่านโปรแกรมอินเทอร์เน็ตเว็บเบราว์เซอร์บน

คอมพิวเตอร์และอุปกรณ์สมาร์ตโฟน 3) การแสดงรายงานผลข้อมูล พบว่า ระบบสามารถนำข้อมูลที่บันทึกไว้ในฐานข้อมูลมาสร้างเป็นรายงานสรุปผลการใช้งานกระแสไฟฟ้า เป็นแบบรายวัน รายสัปดาห์และรายเดือน สามารถออกแบบและปรับแต่งการแสดงผลได้หลากหลายทั้งแบบกราฟเส้น ตารางข้อมูล และตารางผลรวม 4) การแจ้งเตือน พบว่า ระบบสามารถแจ้งเตือนอัตโนมัติไปยังรายชื่อเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลที่บันทึกไว้ในระบบได้ผ่านอีเมลและเฟซบุ๊ก เมื่อมีการใช้งานกระแสไฟฟ้าเกินกว่าค่าที่กำหนดไว้โดยการทดลองได้ตั้งค่าการแจ้งเตือนไว้ที่ 90 แอมแปร์ สามารถสรุปเป็นตารางดัชนีชี้วัดความสำเร็จของการวิจัย ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สรุปผลดัชนีชี้วัดความสำเร็จของการวิจัย

ดัชนีชี้วัดความสำเร็จ	ผลการวิจัย
1. เฝ้าตรวจสอบสถานะการใช้ไฟฟ้า	สามารถเฝ้าตรวจสอบและบันทึกสถานะการใช้งานกระแสไฟฟ้าได้ตลอด 24 ชั่วโมง
2. ตรวจสอบข้อมูลย้อนหลัง	สามารถตรวจสอบข้อมูลการใช้งานกระแสไฟฟ้าย้อนหลังได้มากกว่า 90 วัน
3. การแสดงรายงานข้อมูล	สามารถสร้างรายงานสรุปข้อมูลสถิติการใช้งานกระแสไฟฟ้าได้ทั้งแบบรายวัน รายเดือน
4. การแจ้งเตือน	สามารถแจ้งเตือนอัตโนมัติไปยังอีเมลและเฟซบุ๊กของผู้ใช้ที่กำหนดไว้ในระบบ

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยและพัฒนาระบบตรวจสอบการใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยสมองกลฝังตัว โดยใช้เซนเซอร์หม้อแปลงขดลวดวัดกระแส สามารถช่วยเฝ้าติดตามและบันทึกความเคลื่อนไหวการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ตลอด 24 ชั่วโมง มีการบันทึกสถานะการใช้งานเก็บไว้ในฐานข้อมูลที่สามารถเรียกดูย้อนหลังได้มากกว่า 90 วัน โดยผู้ใช้งานสามารถเข้าดูข้อมูลได้จากโปรแกรมอินเทอร์เน็ตเว็บเบราว์เซอร์บนคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์สมาร์ตโฟนผ่านระบบอินเทอร์เน็ต ทำให้สะดวกต่อการเข้าตรวจสอบ อีกทั้งระบบยังสามารถแจ้งเตือนอัตโนมัติไปยังเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบไฟฟ้าให้รับทราบ หากมีการใช้งานกระแสไฟฟ้าเกินกว่าที่กำหนด ช่วยป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดจากไฟฟ้าลัดวงจร นอกจากนี้ระบบยังสามารถสร้างรายงานสรุปข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า เพื่อนำไปประกอบการวิเคราะห์หาแนวทางลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของหน่วยงาน หรือนำข้อมูลไปจัดทำแผนการปรับปรุงระบบไฟฟ้าในอนาคตได้ ช่วยลดงบประมาณของหน่วยงานสำหรับจัดซื้ออุปกรณ์ตรวจสอบที่มีราคาแพงเข้ามาใช้งาน อีกทั้งการติดตั้งระบบสามารถทำได้โดยไม่ต้องตัดหรือถอดสายไฟฟ้า จึงไม่ส่งผลกระทบกับการใช้งานไฟฟ้าของหน่วยงาน

อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

1. ผลทดสอบใช้งานระบบตรวจสอบการใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยสมองกลฝังตัว พบว่า ระบบสามารถเฝ้าติดตามและแสดงสถานะข้อมูลการใช้งานกระแสไฟฟ้าได้ตลอด 24 ชั่วโมง มีการอัพเดทข้อมูลทุก 1 นาที สามารถตรวจสอบข้อมูลการใช้งานย้อนหลังได้มากกว่า 90 วัน โดยผู้ใช้งานสามารถเข้าดูระบบได้จากโปรแกรมอินเทอร์เน็ตเว็บเบราว์เซอร์บนคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์สมาร์ตโฟน ช่วยอำนวยความสะดวกในการใช้งาน อีกทั้งระบบยังสามารถนำข้อมูลที่บันทึกไว้สร้างรายงานสรุปผลข้อมูลการใช้กระแสไฟฟ้าแบบรายวัน รายสัปดาห์ และรายเดือน โดยสามารถออกแบบและปรับแต่งการแสดงรายงานได้หลายรูปแบบ จากผลการวิจัยพบว่ามีความสอดคล้องกับการวิจัยของ ปรีชา (2558) ที่ได้วิจัยและพัฒนาระบบตรวจวัดการใช้งานกระแสไฟฟ้าผ่านระบบเครือข่าย โดยใช้เซนเซอร์วัดกระแสไฟฟ้ารุ่น ACS712-30A ที่สามารถวัดกระแสได้สูงสุด 30 แอมแปร์เชื่อมต่อกับบอร์ดอาดูโน่ยูโนเพื่อส่งข้อมูลการใช้งานกระแสไฟฟ้าผ่านระบบเครือข่ายไปยังฐานข้อมูล และแสดงผลการใช้งานด้วยเว็บแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นด้วยภาษาพีเอชพีได้ผลการทดลอง คือ ระบบสามารถช่วยตรวจสอบการใช้งานกระแสไฟฟ้าและช่วยเพิ่มความปลอดภัยในการใช้งานกระแสไฟฟ้าให้อยู่ในปริมาณที่เหมาะสม โดยข้อมูลการใช้งานกระแสไฟฟ้าที่บันทึกได้สามารถนำไปประกอบการจัดทำแผนนโยบายพลังงาน ด้านการใช้กระไฟฟ้าได้

2. ผลทดสอบระบบแจ้งเตือนพบว่า ระบบสามารถทำการแจ้งเตือนอัตโนมัติ ไปยังอีเมลและเฟซบุ๊กของเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบไฟฟ้าและหัวหน้างานฝ่ายอาคารสถานที่ได้ เมื่อมีการใช้งานกระแสไฟฟ้าสูงเกินกว่าที่กำหนดไว้ในระบบ โดยการทดลองได้ตั้งค่าการแจ้งเตือนไว้ที่ 90 แอมแปร์ ทำให้เจ้าหน้าที่ผู้ดูแลรับทราบปัญหาและเข้าตรวจสอบความเรียบร้อย เป็นการช่วยป้องกันการใช้งานกระแสไฟฟ้าเกินกำลังของสายไฟฟ้า

และป้องกันกระแสไฟฟ้าลัดวงจรได้ โดยสามารถตั้งค่าการแจ้งเตือนอัตโนมัติไปยังเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลแบบหลายคนได้ เพียงเพิ่มรายชื่อเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลเข้าในระบบ ช่วยอำนวยความสะดวกในการใช้งานเป็นอย่างมาก

3. ผลการสอบเทียบ โดยการวัดค่าจากระบบที่พัฒนาขึ้นเปรียบเทียบกับอุปกรณ์ดิจิทัล แคลมป์มิเตอร์ ยี่ห้อ UNI-T รุ่น UT202A ที่มีความผิดพลาดไม่เกิน ±1% ได้ผลการทดลองดังนี้ ที่ค่ากระแสไฟฟ้า 1 แอมแปร์ มีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนที่ 1.40% ที่ค่ากระแสไฟฟ้า 10 แอมแปร์ มีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ 3.92% ที่ค่ากระแสไฟฟ้า 25 แอมแปร์ มีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ 2.36% และที่ค่ากระแสไฟฟ้า 60แอมแปร์ มีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ 4.18% ซึ่งจากข้อมูลผลการทดสอบสามารถสรุปได้ว่า ระบบที่พัฒนาขึ้นมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยสุดที่ 1.40% และค่าความคลาดเคลื่อนมากสุดที่ 4.18% เมื่อเทียบกับอุปกรณ์วัดแบบดิจิทัล แคลมป์ มิเตอร์โดยค่าความคลาดเคลื่อนของเซนเซอร์หม้อแปลงขดลวดในการวัดค่ากระแสไฟฟ้าจะมีความแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับช่วงกระแสที่ใช้วัด ผลการทดสอบที่ได้มีความใกล้เคียงกับการทดลองของ ษิรากร (2558) ที่ได้ศึกษาประสิทธิภาพการวัดกระแสไฟฟ้าจากหม้อแปลงขดลวดที่สร้างด้วยแกนเหล็กอ่อนวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5.2 เซ็นติเมตรพันด้วยลวดทองแดงขนาด 0.91 มิลิเมตร ใช้กับกระแส 6/1 แอมแปร์ เปรียบเทียบกับดิจิทัล แคลมป์ มิเตอร์ ผลการทดลองพบว่า กระแสไฟฟ้าที่วัดได้จากหม้อแปลงขดลวดมีค่าใกล้เคียงกับดิจิทัล แคลมป์ มิเตอร์มีความคลาดเคลื่อน ดังนี้ ที่กระแสไฟฟ้า 2 แอมแปร์ มีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำสุด 1.41% และสูงสุดที่ 3.85% ที่กระแสไฟฟ้า 4 แอมแปร์มีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำสุด 0.93% และสูงสุดที่ 4.62% และที่กระแสไฟฟ้า 6 แอมแปร์ มีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำสุด 1.49% และสูงสุดที่ 9.09% และยังสอดคล้องกับการวิจัยของ ผดุง (2559) ที่ได้พัฒนาระบบเตือนภัยอันตรายจากไฟฟ้ารั่วบริเวณห้องแปลงจำหน่าย โดยใช้หม้อแปลงขดลวดวัดกระแส สามารถวัดโหลดได้ตั้งแต่ 1–200 มิลลิแอมแปร์ ซึ่งทำการทดลองวัดเปรียบเทียบกับเครื่องมือวัดมาตราฐานยี่ห้อ UNI-T รุ่น UT251B ด้วยการวัดและบันทึกผลทุก 15 นาที จำนวน 50 ค่า พบว่าระบบที่สร้างขึ้นมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยสุด 1.05% ค่ามากสุดที่ 6.06% และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ 3.34%

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอแสดงความขอบคุณ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนการทำโครงการวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณหัวหน้าภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้การสนับสนุนการทำโครงการวิจัยนี้ทั้งในส่วนของวัสดุอุปกรณ์และสถานที่สำหรับใช้ทำโครงการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

ปรีชา รักษาพล. 2558. ระบบตรวจวัดการใช้กระแสไฟฟ้า ผ่านระบบเครือข่าย. สารนิพนธ์หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครือข่าย คณะวิทยาการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร. กรุงเทพมหานคร. 74 หน้า.

ผดุง กจิแสวง. 2559. ระบบเตือนภัยอันตรายจากกระแสไฟฟ้ารั่วบริเวณหม้อแปลงจำหน่าย แบบเวลาจริงประมวลผลแบบดิจิตอล. วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม. 12(3): 1-13.

ภัสกร ไคร้ม่วง และภาคภูมิ ทางสี. 2553. การทดลองวัดค่าทางไฟฟ้า โดยรับส่งข้อมูลแบบไร้สายแสดงผลผ่านเว็บบราวเซอร์. [Online]. Available: http://www.northern.ac.th/north_research/p/document/file_14926614230.pdf. (สืบค้นเมื่อวันที่ 10 มกราคม 2562).

ษิรากร ซีโฮ่. 2558. ศึกษาการวัดกระแสไฟฟ้าจาก Current Transformer ที่สร้างขึ้น เทียบกับดิจิตอลแคลมป์มิเตอร์. วิทยานิพนธ์ หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา. ชลบุรี. 38 หน้า.

สำนักงานนโยบายและกระทรวงพลังงาน. 2556. โครงการลดใช้พลังงานในภาครัฐ ปีงบประมาณ 2556. รายงาน โครงการลดการใช้พลังงานในภาครัฐ. [Online]. Available: http://www.e-report.energy.go.th/BookEUI2013_1.pdf. (สืบค้นเมื่อวันที่ 10 มกราคม 2562).

สุริยา แกวอาษา และลำมอน หลวงสะลาด. 2557. การพัฒนาระบบแสดงผลการใชพลังงานไฟฟาชนิด 3 เฟส ผานระบบไรสาย. วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก. 7(2): 32-40.