

เครื่องวัดค่าไฟฟ้าผ่านเครือข่ายระบบอินเทอร์เน็ต Electricity Metering via Internet Network System.

บรรจง แจ่มศรี¹ อเนก ทอนสูงเนิน² มนตรี สุขเศรษฐ์³ และทวี ไชยโคตร⁴

Bunjong Jamsr¹ Anek Thonsungnoen² Montri Sooksate³ and Tawee Chaiyakhot⁴

¹⁻⁴ สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคนครราชสีมา สถาบันการอาชีวศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 5 30000

¹⁻⁴ Department of Electrical Technology, Nakhon Ratchasima Technical College, Northeastern Vocational Education Institute, 5 30000

¹ Corresponding Author: Email : Bunjong@ntc.ac.th , โทร 089-9184631

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) สร้างเครื่องวัดค่าไฟฟ้าผ่านเครือข่ายระบบอินเทอร์เน็ต และ 2) ทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องวัดค่าไฟฟ้าผ่านเครือข่ายระบบอินเทอร์เน็ต เพื่อเก็บข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์จัดทำมาตรการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า ตามนโยบายลดการใช้ไฟฟ้าภายในสำนักงาน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ สร้างเครื่องวัดสามารถสื่อสารข้อมูลแบบเรียลไทม์ผ่านเครือข่ายระบบอินเทอร์เน็ต ประกอบด้วย โมดูล PZEM-004T V3 สำหรับใช้ในการวัดปริมาณทางไฟฟ้าได้แก่ ค่าแรงดันไฟฟ้า (V) ค่ากระแสไฟฟ้า (A) ค่ากำลังไฟฟ้า (W) ค่าพลังงานไฟฟ้า (KWh) ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า และความถี่ (Hz) สื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 ที่รองรับการเชื่อมต่อระบบ Wi-Fi จะส่งข้อมูลที่ได้ผ่านเครือข่ายไร้สาย Wi-Fi ในการจัดเก็บและแสดงผลบนคลาวด์แพลตฟอร์ม NETPIE 2020 และการทดสอบประสิทธิภาพค่าที่วัดได้กับเครื่องวัดและวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้าแบบดิจิทัล KYORITSU 6305 ให้เป็นเครื่องมือวัดค่าปริมาณไฟฟ้าอ้างอิง สำหรับเปรียบเทียบผลการวัดค่าทางไฟฟ้า สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลวิจัย คือค่าเฉลี่ยและค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด ผลการวิจัย พบว่าผลการสร้างเครื่องวัดค่าไฟฟ้าผ่านเครือข่ายระบบอินเทอร์เน็ต แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ 1) สามารถวัดค่าไฟฟ้าได้แก่ ค่าแรงดันไฟฟ้า (V) ค่ากระแสไฟฟ้า (A) ค่ากำลังไฟฟ้า (W) ค่าพลังงานไฟฟ้า (KWh) ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า และความถี่ (Hz) พร้อมแสดงผลบนคลาวด์แพลตฟอร์ม NETPIE 2020 2) การทดสอบประสิทธิภาพการวัดค่าปริมาณที่วัดได้เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าที่มีเป็นค่าปริมาณไฟฟ้าอ้างอิง พบว่าค่าความผิดพลาดในการวัดแรงดันไฟฟ้า เฉลี่ยอยู่ที่ 0.070% และค่าความผิดพลาดในการวัดค่ากระแสไฟฟ้า เฉลี่ยอยู่ที่ 1.674% ถือว่ามีความผิดพลาดที่น้อยมาก สามารถยอมรับได้ จากผลการวิจัยที่ได้จะเห็นได้เครื่องวัดค่าไฟฟ้าผ่านเครือข่ายระบบอินเทอร์เน็ต

มีความแม่นยำช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถวางแผนการใช้พลังงานและจัดการโหลดได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเน้นการอนุรักษ์พลังงานและเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ทรัพยากร

คำสำคัญ : เครื่องวัดค่าไฟฟ้า ระบบอินเทอร์เน็ต ข้อมูลแบบเรียลไทม์ คลาวด์แพลตฟอร์ม

Abstract

The objectives of this research are: 1) to develop an electricity metering device that communicates via an internet network, and 2) to test the performance of the electricity metering device via the internet network for data collection to analyze and create energy conservation measures according to the policy of reducing electricity consumption within the office. The tools used in this research include the development of a device capable of real-time data communication through the internet network. It consists of a PZEM-004T V3 module for measuring electrical parameters such as voltage (V), current (A), power (W), energy (KWh), power factor, and frequency (Hz). The device communicates serially with the ESP32 microcontroller, which supports Wi-Fi connectivity. The data collected is transmitted through a Wi-Fi network for storage and display on the NETPIE 2020 cloud platform. The performance of the measurements was tested and compared with the values measured by the KYORITSU 6305 digital power analyzer, which was used as a reference for comparing electrical measurements. The statistical methods used for data analysis are the mean value and the percentage error.

The results of the research show that the developed electricity metering device via the internet network can: 1) measure electrical parameters such as voltage (V), current (A), power (W), energy (KWh), power factor, and frequency (Hz), and display the results on the NETPIE 2020 cloud platform; and 2) when the measured values were compared with the reference electrical measurement tool, the average error in voltage measurement was 0.070%, and the average error in current measurement was 1.674%. These errors are minimal and acceptable. The findings show that the electricity metering device via the internet network is accurate and allows users to plan energy usage and manage loads efficiently, focusing on energy conservation and improving resource utilization.

Keywords: Electricity Meter, Internet System, Real-time Data, Cloud Platform

1. บทนำ

ตามที่รัฐบาลได้กำหนดนโยบายส่งเสริมประสิทธิภาพการใช้พลังงาน โดยได้จัดทำแผนอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2558-2579 ได้มีเป้าหมายที่จะลดการใช้พลังงานลดลง ร้อยละ 30 ในปี พ.ศ. 2579 เมื่อเทียบกับปีฐาน พ.ศ. 2553 [1] และสอดคล้องกับเป้าหมายกระทรวงศึกษาธิการในการส่งเสริมการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ เป้าหมายการอนุรักษ์และการจัดการพลังงานไฟฟ้า เพื่อลดค่าใช้จ่ายพลังงานในสถานศึกษา ได้ดำเนินการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Cell) ในสถานศึกษา ซึ่งจะเป็นต้นแบบความร่วมมือในการอำนวยความสะดวกด้านการบริหารจัดการพลังงาน (Energy Management System) ดำเนินการติดตั้งระบบผลิตพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา (Solar Rooftop) แบบผลิตใช้เอง หรือบนพื้นดิน (Solar Ground Mount) โดยนำเทคโนโลยีที่ทันสมัยมาปรับใช้ให้มีประสิทธิภาพ เหมาะสมกับการใช้งานในสถานศึกษา ให้แก่สถานศึกษาหรือส่วนราชการในสังกัดและหน่วยงานในกำกับดูแลของกระทรวงศึกษาธิการ [2] การพัฒนาระบบการตรวจวัดกำลังไฟฟ้าแบบเรียลไทม์บนพื้นฐานแนวคิดสมาร์ทมิเตอร์ โดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาดเล็ก เพื่อทำงานร่วมกับอุปกรณ์ตรวจวัดรุ่นเก่าแบบแอนะล็อก [3] ในการรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ ผ่านเครือข่ายไร้สาย สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยลดต้นทุนค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนระบบวัดมิเตอร์รุ่นเก่าให้เป็นสมาร์ทมิเตอร์ การพัฒนาระบบการตรวจวัดการใช้พลังงานในอาคารบนแพลตฟอร์มอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง สามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์ เพื่อพัฒนาระบบให้ตรงตามความต้องการของผู้ใช้งานได้มาก [4] การพัฒนาระบบตรวจสอบพลังงาน IoT ต้นทุนต่ำที่ให้ข้อมูลแบบเรียลไทม์เกี่ยวกับการใช้พลังงาน (รายชั่วโมง รายวัน และรายเดือน) เพื่อช่วยให้ผู้บริหารจัดการ การใช้งานและค่าใช้จ่ายของตนเองได้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 ถูกใช้ในระบบเพื่อรวบรวมข้อมูลจากมิเตอร์วัดพลังงาน วิเคราะห์ข้อมูล และส่งอัปเดตให้ผู้ใช้งานผ่าน WhatsApp ผ่านการเชื่อมต่อ Wi-Fi ที่ปลอดภัยผ่านแพลตฟอร์ม Blynk ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าระบบสามารถจับแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า พลังงานที่ใช้งาน และการใช้พลังงานสะสมได้อย่างแม่นยำ และส่งข้อมูลนี้ไปยังลูกค้าแบบเรียลไทม์ [5]

เครื่องวัดค่าไฟฟ้าผ่านเครือข่ายระบบอินเทอร์เน็ตใช้เป็นแหล่งข้อมูลตอบสนองตามวัตถุประสงค์และเป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้ ในการนำข้อมูลมาใช้วิเคราะห์เพื่อกำหนดแนวทางการแก้ไขปัญหาด้านการจัดการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

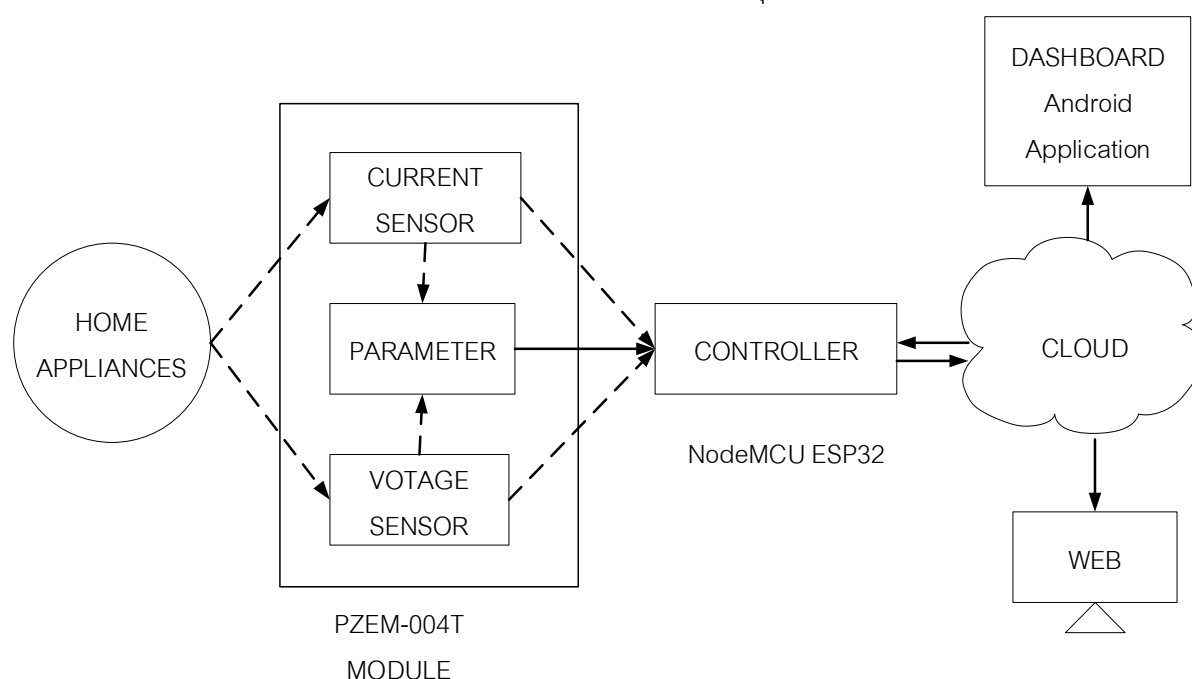
- 2.1 เพื่อสร้างเครื่องวัดค่าไฟฟ้าผ่านเครือข่ายระบบอินเทอร์เน็ต
- 2.2 เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องวัดค่าไฟฟ้าผ่านเครือข่ายระบบอินเทอร์เน็ต

3. วิธีดำเนินการวิจัย

กระบวนการในการดำเนินการวิจัยเครื่องวัดค่าไฟฟ้าผ่านเครือข่ายระบบอินเทอร์เน็ต มีดังนี้

1. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับระบบวัดและแสดงค่าปริมาณทางไฟฟ้า ระบบเก็บและแสดงผลข้อมูลที่สามารถแสดงข้อมูลแบบเรียลไทม์ เลือกอุปกรณ์และคลาวด์แพลตฟอร์มสำหรับให้บริการเชื่อมต่อการสื่อสาร ผ่านเครือข่ายระบบอินเทอร์เน็ต

2. ออกแบบอุปกรณ์ วิธีการทดสอบ การเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล สร้างเครื่องวัดไฟฟ้า ผู้วิจัยเลือกโมดูลวัดค่าทางไฟฟ้า PZEM-004T วัดค่าแรงดันไฟฟ้า (V) ค่ากระแสไฟฟ้า (A) ค่ากำลังไฟฟ้า (W) ค่าพลังงานไฟฟ้า (KWh) ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า และความถี่ (Hz) เลือกบอร์ดควบคุม ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32



ภาพที่ 1 ไดอะแกรมการเครื่องวัดค่าไฟฟ้าผ่านเครือข่ายระบบอินเทอร์เน็ต

โมดูล PZEN-004T ตรวจจับค่ากระแสไฟฟ้า (Current sensor) และค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage sensor) ที่จ่ายให้อุปกรณ์ไฟฟ้า(Home appliances) แล้วทำการประมวลผลค่า (Parameter) สื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมกับบอร์ดควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์(NodeMCU ESP32) ทำการสื่อสารข้อมูลผ่านเครือข่ายระบบอินเทอร์เน็ต เพื่อจัดเก็บและแสดงผลบนคลาวด์แพลตฟอร์ม (Cloud) ซึ่งผู้ใช้งานสามารถดูค่าทางไฟฟ้าทั้งเครื่องคอมพิวเตอร์และโทรศัพท์มือถือผ่านเครือข่ายระบบอินเทอร์เน็ต แสดงดังภาพที่ 1

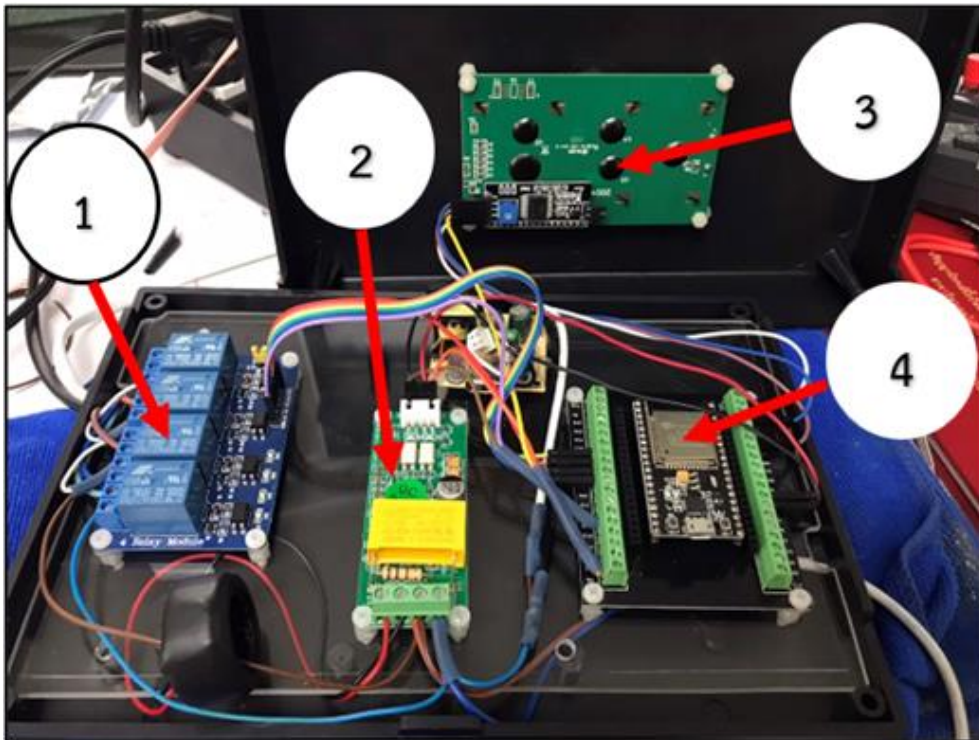
3. เขียนโปรแกรมภาษาคอมพิวเตอร์สำหรับควบคุมการทำงานอุปกรณ์สื่อสารกับ NETPIE 2020 (Network Platform for Internet of Everything) หรือแพลตฟอร์มสื่อสารเพื่อเชื่อมต่อทุกสรรพสิ่ง ของศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ

4. ทดสอบการทำงาน เก็บและวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบกับเครื่องมือวัดไฟฟ้าอ้างอิง การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

4. ผลการวิจัย

งานวิจัยเครื่องวัดค่าไฟฟ้าผ่านเครือข่ายระบบอินเทอร์เน็ต สามารถสรุปผลตามวัตถุประสงค์การวิจัยได้ ดังนี้

1. ผลการสร้างเครื่องวัดค่าไฟฟ้าผ่านเครือข่ายระบบอินเทอร์เน็ต



ภาพที่ 2 เครื่องวัดค่าไฟฟ้าผ่านเครือข่ายระบบอินเทอร์เน็ต

จากภาพที่ 2 เครื่องวัดค่าไฟฟ้าผ่านเครือข่ายระบบอินเทอร์เน็ต มีส่วนประกอบด้วยคือ หมายเลข 1) รีเลย์สวิตช์ สำหรับในกรณีที่ต้องการเพื่อทดสอบการทำงานของเครื่องวัดค่าไฟฟ้าผ่านเครือข่ายระบบอินเทอร์เน็ต ปกติจะปิดวงจรไฟฟ้าเพื่อให้กระแสไหลผ่านสวิตช์ของรีเลย์ และเปิดวงจรจะไม่ให้มีกระแสไหล เครื่องมือวัดจะแสดงข้อมูลค่ากระแสไหลเป็นศูนย์ แต่ถ้าเครื่องมือวัดค่าไม่เป็นศูนย์ แสดงว่ามีกระแสไหล ให้สันนิษฐานว่า อาจจะเกิดการรั่วไหลของกระแสไฟฟ้า หมายเลข 2) คือโมดูลวัดค่าทางไฟฟ้า PZEM-004T ซึ่งต่อสายสำหรับวัดค่าแรงดันไฟฟ้าและค่ากระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้อุปกรณ์ไฟฟ้า หมายเลข 3) จอแสดงผลแอลซีดี สำหรับแสดงค่าไฟฟ้าได้อีกทางหนึ่ง หมายเลข 4) บอร์ด ESP 32 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการทำงาน จะนำข้อมูลจากโมดูลวัดค่าทางไฟฟ้า PZEM-004T แสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ข้อมูลบนคลาวด์แพลตฟอร์ม

จากภาพที่ 3 แสดงผลข้อมูลผลการวัดค่าปริมาณทางไฟฟ้าในรูปแบบกราฟแสดงผลแบบต่อเนื่องและค่าเป็นตัวเลข ดังนี้หมายเลข 5) ค่าแรงดันไฟฟ้า 6) ค่ากำลังไฟฟ้า หมายเลข 7) ค่ากระแสไฟฟ้า หมายเลข 8) ค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า หมายเลข 9) ค่าความถี่ของระบบไฟฟ้า และหมายเลข 10) สวิตช์สำหรับทดสอบเครื่องวัดค่าไฟฟ้าผ่านเครือข่ายระบบอินเทอร์เน็ต

การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องวัดค่าไฟฟ้าผ่านเครือข่ายระบบอินเทอร์เน็ต

การทดลองประสิทธิภาพเครื่องวัดค่าไฟฟ้าผ่านเครือข่ายระบบอินเทอร์เน็ตที่สร้างเปรียบเทียบกับเครื่องมือวัดไฟฟ้าอ้างอิง โดยกำหนดเงื่อนไขให้ตำแหน่งและเวลาการวัดเดียวและบันทึกข้อมูล นำข้อมูลมาคำนวณเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดจาก สมการ ต่อไปนี้

$$\%Error = \frac{x_t - x_m}{x_t} \times 100$$

เมื่อ

Error คือ เปอร์เซ็นผลการเปรียบเทียบ

x_t คือ ค่าที่วัดด้วยเครื่องมือวัดไฟฟ้าอ้างอิง

x_m คือ ค่าที่วัดด้วยเครื่องมือวัดที่สร้างขึ้น

ผลการทดลอง แสดงดังตารางที่ 1 และตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ตารางผลการเปรียบเทียบค่าเครื่องมือวัดแรงดันไฟฟ้าที่สร้างกับเครื่องมือวัดไฟฟ้าไฟฟ้าอ้างอิง

รายการวัด	เครื่องมือวัดที่สร้างขึ้น (x_m)	เครื่องมือวัดไฟฟ้าอ้างอิง (x_t)
1	230.0	230.0
2	226.0	227.4
3	227.5	227.3
4	227.3	227.2
5	228.6	228.3
ค่าเฉลี่ย	227.88	228.04
%Error	0.070	

จากตารางที่ 1 พบว่าการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าระหว่างเครื่องวัดไฟฟ้าผ่านเครือข่ายระบบอินเทอร์เน็ตกับเครื่องมือวัดที่เป็นค่าไฟฟ้าอ้างอิง นำค่าเฉลี่ยมา หาเปอร์เซ็นต์ผลการเปรียบเทียบได้ ร้อยละ 0.07

ตารางที่ 2 ตารางผลการเปรียบเทียบค่าเครื่องมือวัดกระแสไฟฟ้าที่สร้างกับเครื่องมือวัดไฟฟ้าไฟฟ้าอ้างอิง

รายการวัด	เครื่องมือวัดที่สร้างขึ้น (x_m)	เครื่องมือวัดไฟฟ้าอ้างอิง (x_t)
1	4.02	4.09
2	4.01	4.08
3	3.99	4.07
4	3.98	4.03
5	3.97	4.04
ค่าเฉลี่ย	3.994	4.062
%Error	1.674	

จากตารางที่ 2 พบว่าการวัดค่ากระแสไฟฟ้าระหว่างเครื่องวัดไฟฟ้าผ่านเครือข่ายระบบอินเทอร์เน็ตกับเครื่องมือวัดที่เป็นค่าไฟฟ้าอ้างอิง นำค่าเฉลี่ยมา หาเปอร์เซ็นต์ผลการเปรียบเทียบได้ ร้อยละ 1.674

5. สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

เครื่องวัดค่าไฟฟ้าผ่านเครือข่ายระบบอินเทอร์เน็ตที่สร้างสามารถวัดค่าแรงดันไฟฟ้า (V) ค่ากระแสไฟฟ้า (A) ค่ากำลังไฟฟ้า (W) ค่าพลังงานไฟฟ้า (KWh) ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า และความถี่ (Hz) โดยผู้ใช้งานสามารถดูข้อมูลทางไฟฟ้าได้แบบต่อเนื่องคือ สามารถดูข้อมูลได้ทั้งทางเครื่องคอมพิวเตอร์และผ่านโทรศัพท์มือถือที่มีการเชื่อมต่อสัญญาณอินเทอร์เน็ต

ผลการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องวัดค่าไฟฟ้าผ่านเครือข่ายระบบอินเทอร์เน็ต สามารถวัดค่าทางไฟฟ้าเปรียบเทียบกับเครื่องมือวัดไฟฟ้าอ้างอิง มีค่าใกล้เคียงกันและสามารถแสดงผลการวัดได้ต่อเนื่อง ซึ่งผลการดำเนินงานทำวิจัยตรงตามจุดประสงค์ของงานวิจัย

5.2 อภิปรายผล

เครื่องวัดค่าไฟฟ้าผ่านเครือข่ายระบบอินเทอร์เน็ต เป็นเครื่องมือแสดงข้อมูลทางไฟฟ้าที่มีราคาไม่แพง แต่มีความสามารถใกล้เคียงกับเครื่องมือวัดค่าทางไฟฟ้าที่จำหน่าย

ผลการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องวัดค่าไฟฟ้าผ่านเครือข่ายระบบอินเทอร์เน็ต สามารถแสดงผลการวัดผ่านเครือข่ายระบบอินเทอร์เน็ต ซึ่งผู้ใช้งานสามารถดูข้อมูลต่อเนื่องด้วยระบบเครื่องคอมพิวเตอร์และด้วยโทรศัพท์มือถือ สอดคล้องตามหลักการที่ว่า การรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ ผ่านเครือข่ายไร้สาย สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.3 ข้อเสนอแนะ

1) ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัย

ควรทำการสอบเทียบเครื่องวัดค่าไฟฟ้าผ่านเครือข่ายระบบอินเทอร์เน็ตกับศูนย์สอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดไฟฟ้า

2) ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

จากผลการศึกษาความสามารถของ NETPIE 2020 เป็นแพลตฟอร์มสื่อสารเพื่อเชื่อมต่อทุกสรรพสิ่ง ของศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ สามารถทำงานร่วมกับอุปกรณ์พร้อมกันได้ ดังนั้น ควรศึกษาแนวทางการพัฒนาเครื่องวัดค่าไฟฟ้าผ่านเครือข่ายระบบอินเทอร์เน็ตให้มี ความสะดวกในการใช้งานพร้อมกันหลายเครื่องและนำข้อมูลมาวิเคราะห์ร่วมกัน

เอกสารอ้างอิง

- [1] แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2561-2580 (PDP2018).
- [2] สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, [ออนไลน์]. ข่าวก่อนกลาง, <https://www.obec.go.th/archives/1013625>, สืบค้นเมื่อวันที่ 29 พฤษภาคม 2567
- [3] สุรันติ พัฒนา, ยอดธง เม่นสิน, การพัฒนาระบบตรวจวัดกำลังไฟฟ้าแบบเรียลไทม์บนพื้นฐานแนวคิดสมาร์ตมิเตอร์ โดยประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาดเล็ก, วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, <https://nuir.lib.nu.ac.th/dspace/handle/123456789/5194>, สืบค้นเมื่อวันที่ 5 มกราคม 2567

- [4] ไกรวิทย์ ชูชาติ, ดำเนินการพัฒนาระบบตรวจวัดการใช้พลังงานในอาคารบนแพลตฟอร์มอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง กรณีศึกษาอาคารศรีวิทยา คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล, <https://riss.rmutsv.ac.th/researcher/?cmd=profile&id=1454>, สืบค้นเมื่อวันที่ 5 สิงหาคม 2567
- [5] Hala Jarallah El-Khozondar, A smart energy monitoring system using ESP32 microcontroller, in e-Prime - Advances Electrical Engineering, Electronics and Energy, in journal homepage (vol. 9, September 2024, 100666)