P-EM17

เครื่องวัดปริมาณการใช้ไฟฟ้าผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

Electricity Consumption Measurements Device via Internet

สมรรถชัย จันทรัตน์[1] , นชิรัตน์ ราชบุรี[2]

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีต.คลองหก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

โทร 0-2549-3460 E-mail: samatachai.j@en.rmut.ac.th[1], nachirat.r@en.rmutt.ac.th[2]

บทคัดย่อ

บทความนี้กล่าวถึงการออกแบบอุปกรณ์ที่เป็นต้นแบบสำหรับตรวจวัดปริมาณการใช้ไฟฟ้าสมองกลฝังตัวที่เชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต (Internet Enabled EmbeddedDevice)ซึ่งช่วยลดเวลาและความผิดพลาดในการเข้าไปบันทึกค่าการใช้ไฟฟ้าและที่สำคัญยังทำให้สามารถเฝ้าติดตามปริมาณการใช้งานได้ตลอดเวลา ค่าที่ได้ทำการตรวจวัดคือข้อมูลของกระแสและแรงดันจะถูกส่งผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ตและนำไปจัดเก็บและใช้เป็นข้อมูลสารสนเทศในการบริหารจัดการด้านการใช้พลังงานให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นต่อไป ในการออกแบบส่วนของวงจรจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ชื่อว่า Arduinoเป็นตัวหลักในส่วนของมิเตอร์ซึ่งมีราคาที่ไม่แพงและการใช้งานง่ายและใช้ร่วมกับเซ็นเซอร์เบอร์ ADE7763 สำหรับการตรวจวัดค่าแรงดันและค่ากระแสไฟฟ้าและใช้บอร์ดของWiznetสำหรับเชื่อมต่อกับไมโครคอลโทรลเลอร์ Arduinoเข้ากับเครือข่ายผ่านพอร์ตอีเทอร์เน็ตเพื่อติดต่อสื่อสารกับตัวเครื่องแม่ข่ายที่เป็นเวบไซต์หลักของระบบข้อมูลที่ผู้ใช้สามารถเข้าถึงได้จากตัวอุปกรณ์ตรวจวัดประกอบด้วยค่ากระแส, แรงดัน, Active Power, Apparent Power และ Power Factorรวมถึงมีการวัดค่าอุณหภูมิที่ตัวอุปกรณ์เพื่อเสนอแนวคิดในการตรวจสอบสภาวะของตัวการทำงานอุปกรณ์และถ้าเข้าถึงข้อมูลผ่านทางเวบไซต์นอกจากข้อมูลเช่นเดียวกับตัวอุปกรณ์ทุกตัวตรวจวัดแล้วยังจะสามารถเข้าถึงข้อมูลสถิติต่างๆของปริมาณการใช้งานในรูปของตัวเลขหรือกราฟได้

คำสำคัญ: ปริมาณการใช้ไฟฟ้า; อินเทอร์เน็ต; ระบบสมองกลฝังตัว

1. ที่มาและความสำคัญ

ในทุกวันนี้การจดบันทึกปริมาณการใช้ไฟฟ้าในอาคารหรือห้องพักหรือห้องทำงานนั้นจะใช้การอ่านค่าจะมิเตอร์แบบจานหมุนซึ่งอาจทำให้เกิดความผิดพลาดและความล่าช้าได้จากทั้งคนบันทึกและตัวอุปกรณ์เอง และในปัจจุบันเกิดการพัฒนาอย่างมากในด้านของระบบสมองกลฝังตัวที่มีการเชื่อมต่อเข้ากับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต[1]ซึ่งมีแนวคิดที่ว่าอุปกรณ์ทุกชนิดจะมีความสามารถในการส่งข้อมูลของตัวเองออกมาทำให้เกิดประเด็นของการให้ตัวอุปกรณ์ที่ทำการตรวจวัดค่าส่งข้อมูลของตัวเองออกไปยังปลายทางที่กำหนดไว้เพื่อให้การวัดค่าพลังงานนั้นสามารถตรวจสอบได้ตลอดเวลาและนำเอาข้อมูลมาใช้ในการตัดสินใจในเชิงสารสนเทศเพื่อให้การจัดการมีประสิทธิภาพมากขึ้นและสามารถตรวจสอบข้อมูลได้ง่ายขึ้นรวมถึงเมื่อมีการเกิดความเสียหายในตัวอุปกรณ์ขึ้น ตัวอุปกรณ์ก็ควรจะมีการแจ้งความเสียหายกลับไปยังตัวแม่ข่ายได้ทันที โดยบทความฉบับนี้จะเน้นในส่วนของอุปกรณ์ตรวจวัดเป็นหลักเพื่อแสดงให้เห็นถึงแนวคิดในการนำเอาระบบสมองกลฝังตัวมาเป็นตัวช่วยในการพัฒนาต้นแบบของตัวมิเตอร์ตรวจวัดพลังงานที่มีการส่งผ่านข้อมูลพื้นฐานผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการตรวจค่าของพลังงานไม่ว่าจะเป็นกระแสไฟฟ้าหรือพลังงานอื่นๆแบบระยะไกลนั้นหรือ Automatic Meter Reading (AMR) นั้นจะใช้สื่อกลางได้หลากหลายประเภท[2]ไม่ว่าจะเป็น Power Line Carrier (PLC), Broadband over Power Lines (BPL) ,Cellular, Wimax, GPRS, Peer-to-Peer, Internet หรืออื่นๆ ก็ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้หรือผู้ให้บริการแต่ส่วนใหญ่จะมีราคาที่สูงและมีความซับซ้อน

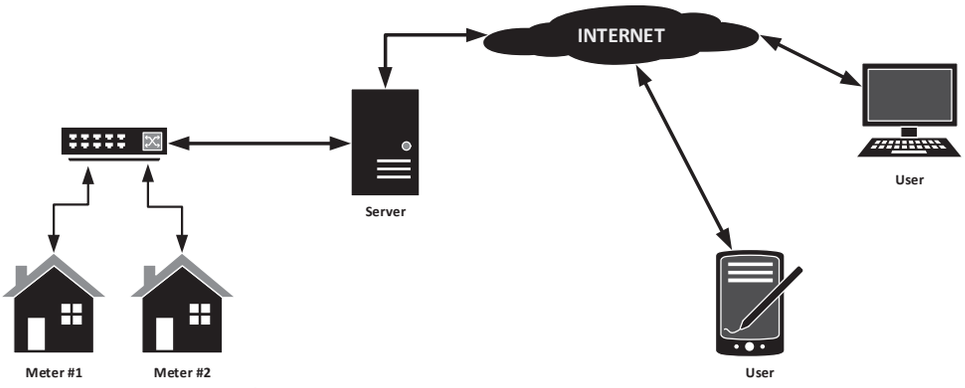
จากการที่ผู้เขียนได้ทำการค้นคว้าพบว่ามีนักวิจัยหลายท่านได้นำไมโครคอลโทรลเลอร์ที่มีราคาไม่สูงมากนักเข้ามาเป็นส่วนหลักของวงจรตรวจวัดแทนที่มิเตอร์แบบจานหมุน เช่น วรการ วงศ์สายเชื้อและคณะ[3] ได้ทำการสร้างระบบอ่านมิตเตอร์และส่งผ่านสายไฟฟ้ากำลัง โดยใช้การส่งโดยทำการมอดูเลตแบบ Frequency Shift Keying (FSK) แล้วส่งผ่านเข้าไปยังสายไฟฟ้าและมีภาคดีมอดูเลตต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ที่ปลายทางซึ่งสามารถวัดแรงดันและกระแสได้โดยมีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 2% แต่ยังไม่สามารถส่งได้ระยะทางไกลมากนัก หรืออีกกลุ่มนึงคือ Shraddha Male และคณะ [4] ได้ทำการทดลองการส่งข้อมูลของ Emergy Meter ผ่านทางเครือข่าย GSM โดยการใช้ SMS ไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ปลายทางเพื่อบันทึกค่าพลังงานที่ตรวจวัด และยังมีนักวิจัยบางคนใช้คลื่นวิทยุ (Radio Frequency - RF) [5] คือใช้ FM ในช่วงความถี่210 – 230.5 MHz เป็นสื่อกลางในการส่งข้อมูลมิเตอร์ที่ตรวจวัดโดยส่งได้ระยะทางไม่เกิน 15 กม.

ในงานวิจัยหลายๆฉบับที่ได้กล่าวไปแล้วจะพบว่ามีการพัฒนาในแง่สื่อกลางที่ใช้ในการส่งข้อมูลให้ได้มีระยะที่ไกลมากขึ้นและบางงานวิจัยก็ได้มีการนำเอาไมโครคอลโทรลเลอร์ที่ขนาดไม่ใหญ่มาประยุกต์ใช้งาน ดังนั้นผู้เขียนจึงเกิดแนวคิดที่จะนำเอาไมโครคอลโทรลเลอร์ที่ขนาดไม่ใหญ่และหาซื้อได้ง่ายมาเป็นตัวควบคุมอุปกรณ์ซึ่งก็คือ AVR ที่เรียกว่า Arduinoและใช้การสื่อสารผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตมาใช้เนื่องจากไม่มีข้อจำกัดของระยะทางและจำนวนตัวอุปกรณ์ก็สามารถเพิ่มได้ตามจำนวน IP Address ที่กำหนดให้ได้

3. การออกแบบ

การวัดปริมาณการใช้ไฟฟ้าผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตนี้จะประกอบอยู่ 2 ส่วนคือส่วนแรกซึ่งเป็นส่วนต้นแบบอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดและอีกส่วนคือส่วนของการจัดการในด้านสารสนเทศคือฐานข้อมูลของบันทึกและส่วนแสดงผลผ่านโปรแกรมประยุกต์และผ่านเวบไซต์

3.1 สถาปัตยกรรมของระบบ



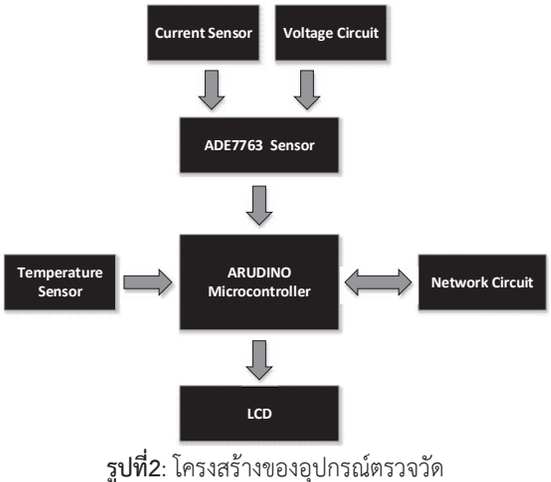
รูปที่ 1: สถาปัตยกรรมของระบบการวัดปริมาณการใช้ไฟฟ้า

จากรูปสถาปัตยการของระบบนั้น ผู้เขียนได้แบ่งส่วนประกอบออกเป็น 2 ส่วนคือส่วนแรกตัวอุปกรณ์ตรวจวัดหรือในรูปคือ Meter #1 และ #2 จะเป็นแผงวงจรสมองกลฝังตัวที่ได้ออกแบบให้ประกอบด้วยตัวตรวจจับและวงจรในส่วนการเชื่อมต่อแบบอีเทอร์เน็ต โดยการเชื่อมต่อผ่านอุปกรณ์ประเภท Switch เพื่อติดต่อสื่อสารกับตัวเครื่องแม่ข่ายของระบบ (Server) โดยใช้ ip address ในการระบุตัวตนและส่วนที่สองคือตัวเครื่องแม่ข่ายจะทำหน้าที่ในการสื่อสารกับอุปกรณ์ตัวตรวจวัดเพื่อรับค่าที่ตัว Meter ทุกตัวที่ส่งข้อมูลให้ และมีโปรแกรมที่จัดการในการเก็บลงฐานข้อมูลและแสดงผลผ่านทางเวบไซต์เพื่อให้บริการแก่ผู้ใช้งานผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้จากที่ใดก็ได้ผ่านทางโปรแกรมประเภทเบราเซอร์เช่น Internet Explorer หรือ Chrome เป็นต้น

3.2 การออกแบบในส่วนอุปกรณ์ตรวจวัด

อุปกรณ์ระบบสมองกลที่ใช้ตรวจวัดนี้จะประกอบด้วย4 ส่วนหลักคือส่วนแรกส่วนของวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ส่วนที่สองคือตัววงจรตรวจวัดกระแสและแรงดันไฟฟ้า ส่วนที่สายคือวงจรที่ทำหน้าที่ในการเชื่อมต่อเข้ากับเครือข่ายโดยมีลักษณะดัง Block Diagram ด้านล่างนี้

และส่วนสุดท้ายเป็นโปรแกรมที่สั่งงานตัวไมโครคอนโทรลเลอร์

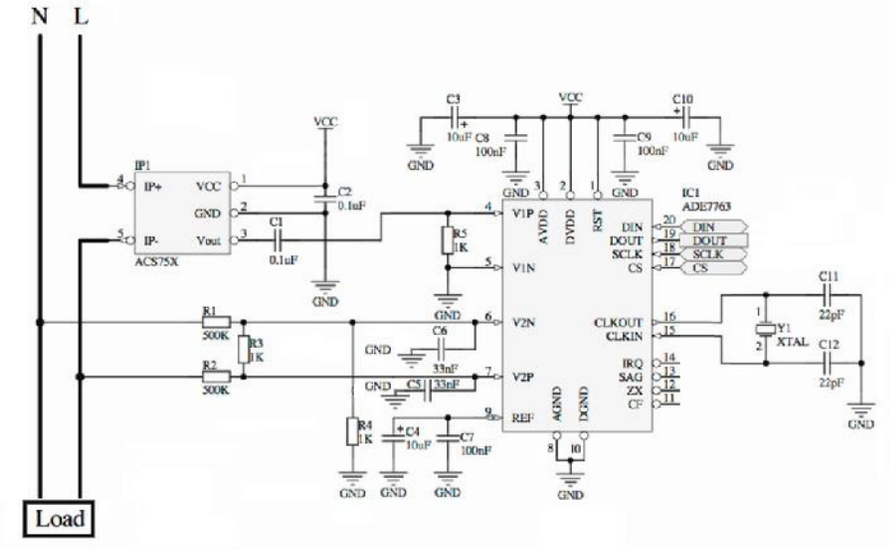


รูปที่2: โครงสร้างของอุปกรณ์ตรวจวัด

โครงสร้างของที่ได้ออกแบบไว้นั้นส่วนแรกจะใช้ไมโครคอลโทรลเลอร์ของ Arduinoซึ่งเป็นตัวที่ราคาถูกเป็นที่แพร่หลายและใช้เวลาในการพัฒนาที่ไม่นานเพื่อเวลาที่ใช้งานจริงถ้าเกิดการเสียหายจะได้สามารถหาทดแทนได้ง่าย

ส่วนที่สองที่เป็นส่วนที่ใช้ในการคำนวณค่าที่วัดค่าได้นี้จะใช้ไอซีเบอร์ ADE7763 ที่เป็น Power IC ของ Analog Devices ซึ่งเป็นไอซีที่มีความแม่นยำในการคำนวณค่า ไอซี ADE7763 นี้จะรับการอินพุตสองพอร์ตคือรับกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า โดยที่ทั้งสองพอร์ตจะรับเข้ามาแล้วไปทำการขยายและนำไปผ่านวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกไปเป็นดิจิทัลที่อยู่ภายในไอซีแล้วนำไปคำนวณค่าของกำลังไฟฟ้าจริง (Active Power–W) และอีกส่วนจะนำไปคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏ (Apparent Power - VA) และนำค่าที่ได้ไปเก็บบันทึกเอาไว้ในรีจิสเตอร์ที่อยู่ภายในเพื่อจะได้นำไปใช้งานต่อไป [6] แต่ในการนำไอซีไปใช้งานจริงนั้นไม่สามารถต่อเข้าโดยตรงได้เพราะไอซีรับแรงดันอินพุตได้ไม่เกิน +/- 0.5 V จึงใช้วงจร Voltage Divider ต่อจากสายไฟหลักก่อนที่จะต่อไปยังไอซี ส่วนของอินพุตที่เป็นกระแสไฟฟ้าก็เช่นเดียวกันจะใช้เซ็นเซอร์ hall effect current เบอร์ ACS754 เพื่อแปลงค่ากระแสไฟฟ้าให้อยู่ในรูปของแรงดันเพื่อนำไปเป็นอินพุทที่ได้ปรับค่าให้เหมาะสมกับไอซี ADE7763

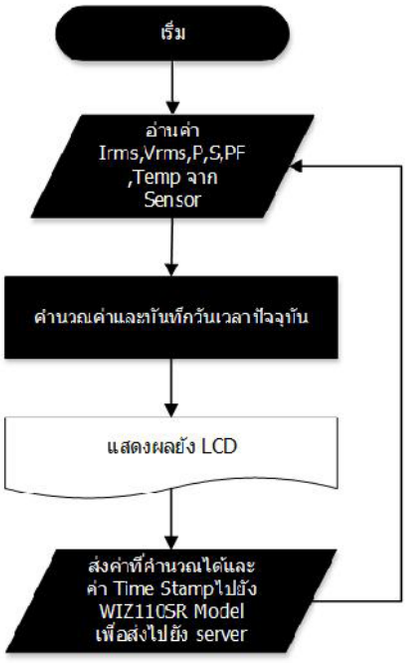
วงจรในส่วนการต่อใช้งานไอซีทั้ง ACE7763 และ ACS754 ที่ใช้ในการตรวจวัดค่าของแรงดันและกระแสซึ่งจะต่อแบบ SPI เข้ากับตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduinoแสดงดังรูปด้านล่าง



รูปที่3: วงจรในส่วนการตรวจวัดค่าแรงดันและค่ากระแสไฟฟ้า [7]

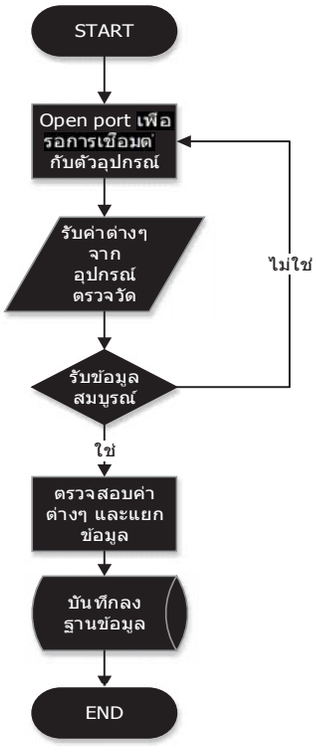
ส่วนที่สามเป็นวงจรในส่วนที่ทำการติดต่อสื่อสารเพื่อรับส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตโดยใช้โมดูลสำเร็จรูปของ Wiznet เบอร์ WIZ110SR ที่ทำหน้าที่ติดต่อผ่าน TCP/IP Protocol โดยต่อเข้าพอร์ตสื่อสารของบอร์ด Arduino และพอร์ตอีเทอร์เน็ตจะต่อเข้ากับ Switch เพื่อติดต่อกับตัวเครื่องแม่ข่าย

ส่วนสุดท้ายเป็นส่วนโปรแกรมที่สั่งงานตัวไมโครคอลโทรลเลอร์โดยมีการทำงานดังนี้คือเริ่มจากการรับค่าต่างๆ จากเซนเซอร์ทั้งสองเข้ามาทำการประมวลผลเพื่อคำนวณค่าและส่งค่าผลลัพธ์ที่ได้ไปยังจอ LCD ที่ต่อเชื่อมโดยตรงกับ Arduinoและส่งค่าผ่านไปยังโมดูล WIZ110SR ไปให้ฝั่งเครื่องแม่ข่ายและจากนั้นโปรแกรมก็จะวนทำซ้ำไปเช่นนี้เรื่อยๆไม่หยุด



รูปที่4: Flow Chart การทำงานของโปรแกรมที่อยู่ภายในอุปกรณ์ตรวจวัด

3.3 การออกแบบในส่วนเครื่องแม่ข่าย (Server)



รูปที่5: Flow Chart การทำงานของโปรแกรมรอรับข้อมูลจากอุปกรณ์

โปรแกรมที่ทำงานอยู่ในส่วนของเครื่องแม่ข่ายนั้นจะมีอยู่สองส่วนคือส่วนที่ทำหน้าที่รับข้อมูลจากตัวอุปกรณ์ตรวจวัดและนำไปบันทึกลงฐานข้อมูลและอีกส่วนคือส่วนของ Web Server ที่ทำหน้าที่ในการจัดการข้อมูลต่างๆเพื่อการแสดงผลให้กับผู้ใช้งานซึ่งโปรแกรมนี้มีหน้าที่หลักในการแสดงผลของข้อมูลที่ได้จัดเก็บเอาไว้แล้วจากฐานข้อมูลและนำเสนอข้อมูลของอุปกรณ์ที่ทำการตรวจวัดแต่ละตัวหรือตัวที่ต้องการ โดยที่แสดง

ในรูปของตัวเลขและกราฟ และมีการแสดงเป็นวัน เดือน หรือ ช่วงเวลาที่ต้องการ และอีกส่วนที่สำคัญคือส่วนของการปรับแต่งค่าของอุปกรณ์เช่น Device มี IP Address เป็นค่าเท่าไร

โปรแกรมในส่วนติดต่อสื่อสารระหว่างตัวแม่ข่ายกับตัวอุปกรณ์จะทำงานโดยจะเป็นโปรแกรมที่ทำงานโดยเปิดพอร์ตเพื่อรอรับการติดต่อเข้ามาจากฝั่งตัวอุปกรณ์และเมื่อทำการเชื่อมต่อการสื่อสารแล้วก็จะรับข้อมูลที่ถูกส่งมากและทำการตรวจสอบว่าครบถ้วนสมบูรณ์หรือเปล่าถ้าถูกต้องก็จะส่งไปยังทำการแยกตัวของข้อมูลเพื่อบันทึกลงฐานข้อมูล

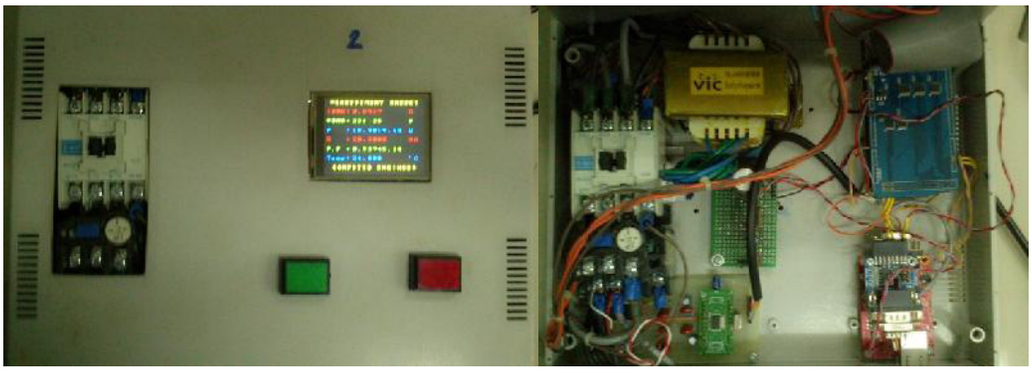
ข้อมูลหลักที่รับมาจากอุปกรณ์ตรวจวัดเพื่อจัดเก็บลงฐานข้อมูลจะมีลักษณะดังตารางที่ 1 ซึ่งเป็น table ส่วนหนึ่งที่อยู่ภายในฐานข้อมูลของเว็บการตรวจวัดค่าปริมาณการใช้ไฟฟ้า

ตารางที่ 1: ข้อมูลต่างๆ ที่ส่งมาจากอุปกรณ์ตรวจวัด

Field	Data Type	Description
Device_ID	Int	ID ของอุปกรณ์ตรวจวัด
Irms	Float	Current (A)
Vrms	Float	Voltage (V)
Power	Float	Active Power (W)
S	Float	Apparent Power (VA)
PF	Float	Power Factor
Temperature	Float	ค่าอุณหภูมิ (C)
TimeStamp	DATETIME	YYYY-MM-DD HH:MM:SS

4. ผลการทดลอง

เครื่องวัดที่ประกอบเสร็จแล้วจะมีลักษณะดังนี้



รูปที่6: เครื่องวัดที่ประกอบเสร็จแล้วภายนอก (ซ้าย) และภายใน (ขวา)

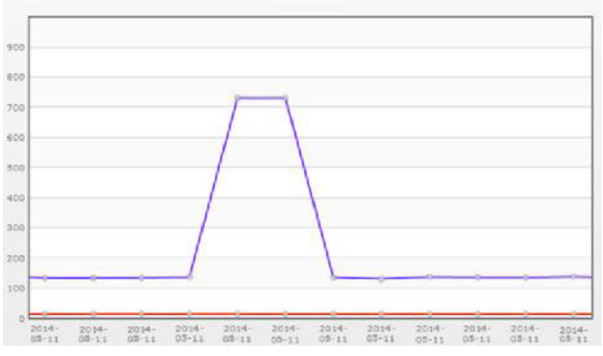
ตารางที่2: ผลการทดสอบวัดค่ากระแสและแรงดันเมื่อต่อโหลดใช้งาน

ค่าที่ตรวจวัด	อุปกรณ์ตรวจวัดที่สร้างขึ้น	มิเตอร์มาตรฐาน
Irms (A)	4.49	4.52
Vrms (V)	226.60	231.50
Active Power (W)	966.44	-
Apparent Power (VA)	1017.18	-
Power Factor	0.95	-

จากตารางที่ 2 ผลการทดสอบวัดค่ากระแสและแรงดันนั้นจะเป็นค่าที่ตรวจวัดณ เวลาปัจจุบันเมื่อได้ทำการต่อเข้ากับเตารีดขนาด 1,000 W และวัดค่าเทียบกับมิเตอร์มาตรฐานโดยทำการวัดที่ตัวอุปกรณ์ตรวจวัด ค่าที่ปรากฏบนมิเตอร์จะไม่ครบทุกค่านั้นเนื่องจากเป็นมิเตอร์ขนาดเล็กจึงมีไม่ครบทุกฟังก์ชั่น

ค่าความคลาดเคลื่อนของกระแสไฟฟ้า (Irms) $= \left|\frac{4.52-4.49}{4.52}\right| \times 100\% \quad \sim 0.66\%$

ค่าความคลาดเคลื่อนของแรงดันไฟฟ้า (Vrms) $= \left|\frac{231.50-226.60}{231.50}\right| \times 100\% \quad \sim 0.21\%$



รูปที่7: ตัวอย่างกราฟที่แสดงบนเวบไซด์

จากผลการแสดงข้อมูลบนเวบไซด์ กราฟที่ปรากฏนั้นจะแสดงค่า Active Power ที่ใช้ของโดยในกราฟจะมีเส้นกราฟอยู่สองเส้น แต่ละเส้นคืออุปกรณ์ตรวจวัดคนละต่อกัน โดยเส้นที่มีการเปลี่ยนแปลงเป็นหรือเส้นสีน้ำเงินเป็นเส้นที่มีการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าประมาณ 725w และเส้นกราฟสีแดงเป็นอุปกรณ์ตรวจวัดอีกตัวที่ไม่มีการต่อใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้า

5. สรุปผลการทดลอง

จากการทดสอบที่ได้ผู้เขียนได้นำเสนอถึงแนวคิดในการตรวจวัดระยะไกลโดยผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเพื่อเป็นอีกทางเลือกในการเฝ้าติดตามค่าต่างๆได้จากระยะไกล ผลการทดลองของระบบที่ได้ออกแบบนั้นจะพบว่าในส่วนของตัวอุปกรณ์สามารถวัดค่าต่างๆ ได้แต่ยังต้องหาอุปกรณ์มาตรฐานมาสอบเทียบเพื่อจะได้ปรับแต่งโปรแกรมในตัวไมโครคอลโทรลเลอร์ให้แม่นยำมากขึ้น

ในการพัฒนาต่อยอดจากงานนี้ผู้เขียนมีความคิดที่จะมีการนำไปใช้งานร่วมกับแผนที่ภูมิสารสนเทศ(GIS) เพื่อจะได้ประโยชน์ในการวางแผนและบริหารจัดการพลังงานให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Antonio J. Jara, Miguel A. et al.,"InternetconnectFramwork for mHealth and Remote Monitoring Based on the Internet of Things", IEEE Journal on Selected Areas in Communication/Supplement, vol.31 no.9, September 2013.

[2] RamyaRashedMohassel, Alan Fung. et al.,"A survey on Advanced Metering Infrastructure", Elecrial Power and Engineering System 63 (2014).,Elsevier.

[3] วรการ วงศ์สายเชื้อ และคณะ,"ระบบอ่านมิเตอร์ไฟฟ้าแบบอัตโนมัติผ่านสายไฟฟ้ากำลัง", การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ครั้งที่ 6, 2555.

[4] Shraddha Male, PallaviVethekar, et al., "A smart Wireless Electronic Energy Meter Reading Using Embedded System Technology", Int.Journal of Engineering Research and Applications, ISSN 2248-9622,vol 4 Issue 1,January 2014.

[6] Analog Devices, "Single-Phase Active and Apparent Energy Metering IC". Analog Devices, Inc. 2009.

[7] นัฐพงษ์ ธิโกสุม, อภิชาต พลค้าและมานะชัย คล้ายเณร "การตรวจวัดการใช้ไฟฟ้าผ่านทางเครือข่ายอินเตอร์เน็ต" ปริญญานิพนธ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 2552.