



การออกแบบโมดูลวัดกระแสและกำลังไฟฟ้ากระแสสลับด้วยขดลวดเหนี่ยวนำ
และแสดงผลโดยระบบไร้สายผ่าน ESP8266-01

Designed Measurement Alternating Current (AC) Module and
Display by Wireless Technology ESP8266-01

ระบีน ปาลี^{1*} และอนันต์ วงษ์จันทร์¹

Received: August, 2015; Accepted: March, 2017

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้ นำเสนอโมดูลวัดกระแสไฟฟ้าสลับและผลการศึกษาการออกแบบโมดูล ใช้หลักการวัดกระแสไฟฟ้าโดยใช้ตัวตรวจจับกระแสไฟฟ้า รุ่น SCT-013-030 ที่สามารถวัดกระแสในช่วง 0 - 30 แอมแปร์ ประมวลผลด้วย Arduino รุ่น Pro Mini ATmega328 16 MHz แปลงค่ากระแสที่ได้จากตัวตรวจจับกระแสแสดงผลด้วยจอแบบพลิกเทิลวชนิคกราฟฟิก NOKIA รุ่น 5510 พร้อมส่งค่ากระแสและกำลังไฟฟ้าผ่านพอร์ตอนุกรมตามมาตรฐาน UART ไปยัง ESP8266-01 เพื่อส่งข้อมูลแบบไร้สายผ่านโทรศัพท์มือถือ I-mobile รุ่น IQ-X OKU ทำหน้าที่ปล่อยสัญญาณขอทดสอบ แสดงผลได้ผ่านเว็บเบราว์เซอร์ผลการทดสอบเครื่องต้นแบบสามารถวัดกระแสต่ำสุด 0.1 แอมแปร์ เปอร์เซนต์ผิดพลาดของการวัดจะลดลงเมื่อกระแสที่วัดได้มากกว่า 5 แอมแปร์ ค่าที่วัดได้ผิดพลาดน้อยกว่า 1 เปอร์เซนต์ ที่ค่ากระแส 5.85 แอมแปร์ ผลทดสอบถูกจัดเก็บและแสดงผลผ่านเว็บไซต์ www.thingspeak.com ที่รองรับการส่งข้อมูลจาก ESP8266-01

คำสำคัญ : โมดูลวัดกำลังไฟฟ้ากระแสสลับ; ไมโครคอนโทรเลอร์อาร์ดูโน้; ไมโครคอนโทรเลอร์ ESP8266-01

¹ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

* Corresponding Author E - mail Address: palee0596@gmail.com

Abstract

This research paper presents a study of an alternating current (AC) measuring module with experimental results. The module was designed by using a measuring method based on detecting the magnetic flux which induced by the current to be measured. An SCT-013-030 current sensor capable of measuring 0 – 30 Amperes current is used for this purpose. The power consumed by the load is computed using Arduino Model Pro Mini ATmega328 16 MHz microprocessor. The results are displayed via a NOKIA 5510 liquid-crystal display. Moreover, data can be obtained remotely via RS232 serial communication port through ESP8266-01 wireless communication unit. Experimental results showed that the proposed module can measure a minimal ac current of 0.1 Amperes with some erroneous and the error reduces when the measured current is greater than 5 Amperes. Can be addition, at 5.85 Amperes, the measured result has less than 1% error. The result is stored and can be retrieved display at www.thingspeak.com.

Keywords: AC Current Measurement Module; Arduino; ESP8266-01 Microcontroller

บทนำ

เทคโนโลยีไมโครโปรเซสเซอร์ที่มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ยุค Z 80 [1] ทำให้มีองค์ประกอบฮาร์ดแวร์ภายในอาทิเช่น หน่วยความจำโปรแกรม หน่วยความจำข้อมูล ดิจิตอลอินพุตและเอาต์พุต และอื่น ๆ อยู่ภายในตัว จนกระทั่งกลายเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่มีให้เลือกใช้งานในตระกูลต่าง ๆ มากมาย เช่น PIC dsPIC และ AVR เทคโนโลยีของไมโครคอนโทรลเลอร์พัฒนาด้านซอฟต์แวร์ที่สามารถมีเฟิร์มแวร์ทำให้พัฒนาได้เหมือนคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กได้ ดังเช่น Arduino ESP8266-01 Raspberry Pi โดยเฉพาะ ESP8266 ที่มีโมดูลแบบไร้สายภายในตัว ทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์นอกจากติดต่อกับอุปกรณ์ผ่านพอร์ตอนุกรมพอร์ต TCP/IP แล้ว ยังสามารถติดต่อแบบไร้สายผ่านระบบอินเทอร์เน็ต พัฒนาการนี้ทำให้เชื่อมต่อข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณกับคอมพิวเตอร์ทำได้ง่ายขึ้นและมีราคาถูก งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบระบบสมองกลฝังตัวโดยพัฒนาจากงานวิจัยเรื่อง เครื่องตรวจวัดแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และความสว่างของหลอดไฟฟ้าโดยแสดงผลทางคอมพิวเตอร์ผ่านโปรแกรม LabVIEW [2] โดยพัฒนาโมดูลวัดกระแสไฟฟ้าสลับด้วยเซนเซอร์กระแสแบบเหนี่ยวนำ (Current Transformers) วัดกระแสและกำลังไฟฟ้าและส่งข้อมูลไร้สายผ่านระบบอินเทอร์เน็ต

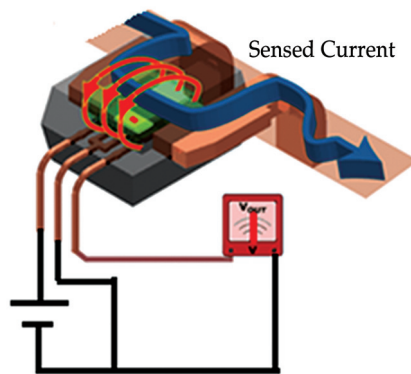
วิธีดำเนินการวิจัย

ออกแบบและสร้างโมดูลวัดกระแสและกำลังไฟฟ้า ที่สามารถส่งข้อมูลแบบไร้สายที่เชื่อมต่อกับเว็บเซิร์ฟเวอร์ และฐานข้อมูลระบบสมองกลฝังตัวขนาดเล็ก การวัดกระแสไฟฟ้าสลับสามารถวัดได้ 3 วิธี ได้แก่ วิธีที่หนึ่ง การวัดกระแสโดยใช้ตัวต้านทานต่ออนุกรม (R_{Series}) อาศัยหลักการวัดแรงดันที่ตกคร่อม R_{series} คำน้อย ๆ

ซึ่งต่ออนุกรมกับอุปกรณ์ที่รับกระแส (R_{Load}) วัดได้ทั้งกระแสไฟฟ้า DC และ AC ค่ากระแสสามารถคำนวณได้จากสูตร

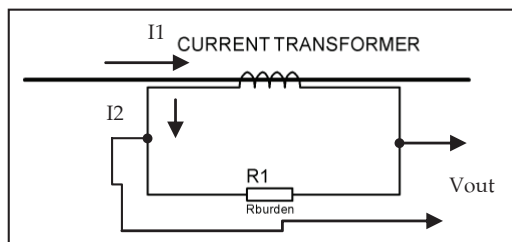
$$I = V_{series} / R_{series} \quad (1)$$

วิธีที่สองใช้ Hall Effect Sensor เป็นการวัดกระแสทางอ้อม เมื่อมีกระแสไฟฟ้า DC หรือ AC ไหลผ่านตัวนำทำให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กรอบตัวนำที่กระแสไหลผ่าน เมื่อเซนเซอร์ Hall Effect อยู่ในบริเวณสนามแม่เหล็กของสายไฟนั้น จะส่งแรงดันไฟฟ้าออกมาและมีค่าเปลี่ยนแปลงตามค่าสนามแม่เหล็กที่วัดได้ โครงสร้างของ Hall Effect Sensor ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 หลักการของ Hall Effect Sensor

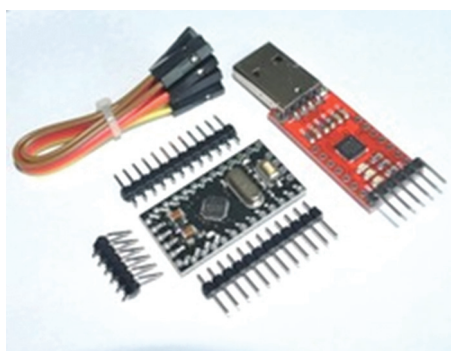
วิธีที่สาม Current Transformer (CT) เป็นการวัดกระแสไฟฟ้าด้วยการใช้หลักการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กที่เปลี่ยนแปลงตามค่าของเวลา [3] โดยอาศัยกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านสายไฟฟ้าที่ด้านปฐมภูมิ (Primary) คือกระแสที่ต้องการวัดเหนี่ยวนำไปยังด้านทุติยภูมิ (Secondary) การเหนี่ยวนำเส้นสนามแม่เหล็กเปลี่ยนแปลงตัดกับขดลวดทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้นในขดทุติยภูมิและไหลผ่านโหลด วิธีนี้วัดได้เฉพาะกระแสไฟฟ้าสลับเท่านั้น วงจรของ CT ดังรูปที่ 2 ลักษณะรูปร่างของ CT ดังรูปที่ 3



รูปที่ 2 การต่อใช้งาน Current Transformer (CT)



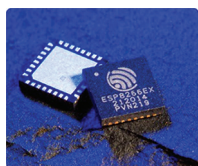
รูปที่ 3 ลักษณะของ Current Transformer(CT)



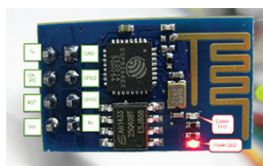
รูปที่ 4 Pro-Mini-Module-Atmega328 และตัวแปลง USB เป็น Serial รุ่น CP2102

บอร์ด Pro-Mini-Module-Atmega328 แสดงดังรูปที่ 4 ประกอบไปด้วย ATmega328 คริสตอล 16 MHz ปุ่มรีเซ็ตและแอลอีดีต่อกับ PIN13 (ตามมาตรฐานของ Arduino) ข้อดีของไมโครคอนโทรลเลอร์นี้คือ ราคาถูก ใช้งานง่าย มีขนาดเล็กและประหยัดพลังงาน เหมาะสำหรับนำมาออกแบบและใช้งานจริง งานวิจัยนี้ใช้โมดูล CP2102 ร่วมกันในการพัฒนา สำหรับแปลง USB เป็น UART ใช้ร่วมกับบอร์ด Arduino Pro-Mini เชื่อมต่อระหว่าง Arduino กับคอมพิวเตอร์ ทำงานร่วมกันกับซอฟต์แวร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266-01 เป็นชิปขนาดเล็ก ดังรูปที่ 5 (ก) และประกอบเป็นระบบสมองกลฝังตัวขนาดเล็กดังรูปที่ 5 (ข) ให้สามารถพัฒนาได้ง่าย ESP8266-01 รุ่นที่ 1 [4] โมดูลระบบสมองกลฝังตัวมีลักษณะเป็นชิปในแบบ SoC ประกอบไปด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ ที่สามารถบรรจุระบบการทำงานที่โปรแกรมได้ (System on Chip) หรือมีระบบปฏิบัติการเล็ก ๆ ซึ่งมีซีพียูขนาด 32 บิต (Tensilca Xtensa LX3: 32-bit, 80 MHz) โมดูล ESP8266-01 มีหน่วยความจำแฟลชแบบอนุกรมความจุ 4 Mbits



(ก) ชิป ESP8266

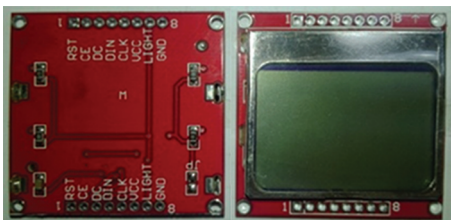


(ข) โมดูล ESP8266-01

รูปที่ 5 ลักษณะของ ESP8266 รุ่น 01

บอร์ดมีการเชื่อมต่อเครือข่ายข้อมูลไร้สายแบบ Direct (P2P) และ Soft - AP มี TCP/IP โปรโตคอลสแต็กในตัวรองรับการติดต่อสื่อสารแบบไร้สายตามมาตรฐาน 802.11 b/g/n มี TRswitch, balun, LNA วงจรขยายกำลังสำหรับส่งออกอากาศและแมตชิ่งเน็ตเวิร์กในตัว มีสายอากาศในตัวมีกำลังส่ง 19.5 dBm มีบัลสำหรับสื่อสารข้อมูลทั้งแบบ SPI และ UART ความสามารถแบบ STBC (Space Time Block Code) และแบบ MIMO (Multi-Input Multi-Output) ช่วยให้การสื่อสารข้อมูลไร้สายที่มีเสถียรภาพมากขึ้น กระแสไฟฟ้าใช้งานสูงสุดที่ 215 mA บอร์ด ESP8266-01 สามารถอัปเกรดเฟิร์มแวร์ได้ ซึ่งพัฒนาโดย NodeMCU เขียนโค้ดหรือรหัสคำสั่งในการส่งงานไมโครโปรเซสเซอร์ใช้ภาษา Lua รองรับ Lua 5.1.x ซึ่งเป็นภาษาประเภท Scripting Language นอกจากนั้นยังพัฒนาด้วยภาษา C และ Python เป็นภาษาที่ได้รับความนิยม เฟิร์มแวร์ที่มีชื่อว่า NodeMCU ทำให้เขียนโค้ดเพื่อควบคุมการทำงานของโมดูล ESP8266-01 ได้ดังเช่น สามารถใช้งาน GPIO, I²C, SPI, PWM, One-Wire, ADC, Wi-Fi รวมถึงมีการพัฒนาไลบรารี (Libraries) เพิ่มมากขึ้นตามลำดับ ให้ใช้งานกับอุปกรณ์อื่น ๆ ได้ เช่น DS18B20 DHT11 WS2812 RGB LED OLED Display เป็นต้น

จอแอลซีดี NOKIA 5110 แสดงดังรูปที่ 6 เป็นจอแสดงผลกราฟฟิกความละเอียด 48 x 84 จุด ภายในโมดูลควบคุมการทำงานด้วยคอนโทรลเลอร์บอร์ด PCD8544 มีหลอดไฟ Back-Light ทำงานที่แรงดัน 2.7 - 5.0 โวลต์ ติดต่อสื่อสารแบบระบบบัสอนุกรม (Serial Bus Interface) ความเร็วสูงสุด 4.0 Mbits/Sec



(ก) ลักษณะของขาสัญญาณ

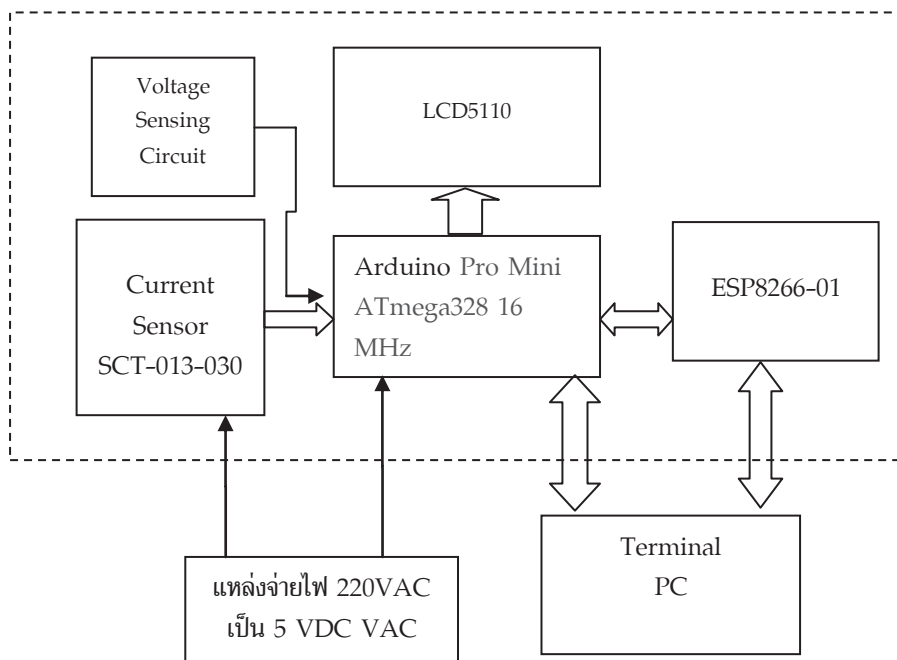


(ข) การแสดงผลบนหน้าจอ

รูปที่ 6 จอแอลซีดี NOKIA5110

พัฒนาเริ่มต้นจากการกำหนดขอบเขตการทำงานโมดูล อธิบายได้จากบล็อกไดอะแกรมรูปที่ 7 โดยให้ Arduino เป็นตัวอ่านค่ากระแสจากตัวเซนเซอร์กระแส (CT) ประมวลผลและทำการส่งค่าที่ประมวลผลไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์คือ ESP8266-01 ข้อมูลนี้จะถูกส่งทางระบบโทรศัพท์มือถือ เพื่อส่งข้อมูลที่ประมวลผลคือ ค่ากำลังไฟฟ้าไปยังเว็บเซิร์ฟเวอร์ ทำหน้าที่เก็บและแสดงผลผ่านระบบอินเทอร์เน็ต การออกแบบเพื่อให้ได้โมดูลวัดกระแสและกำลังไฟฟ้ากระแสสลับ ประกอบไปด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนแรกเป็นการทดสอบหาคุณสมบัติ CT (Current Transformers) เป็นการหาค่าแรงดันด้านขดลวดขดขั้วเพื่อนำไปใช้สำหรับการเขียนโปรแกรมเพื่อคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าสลับ ขั้นตอนที่สองส่วนของการพัฒนาโปรแกรมคำนวณค่ากระแสและกำลังไฟฟ้ากระแสสลับแสดงค่าบนจอแอลซีดี ขั้นตอนที่สามคือออกแบบเพื่อรับค่าที่ได้จากคำนวณด้วย Arduino และทำการส่งเข้าระบบอินเทอร์เน็ต โดยการออกแบบเลือกใช้ ESP8266-01 ทำหน้าที่ดังกล่าวเลือกใช้โทรศัพท์มือถือทำหน้าที่เป็น Access Point ให้โมดูลวัดกระแสและกำลังไฟฟ้ากระแสสลับสามารถเชื่อมต่อกับระบบอินเทอร์เน็ต วัสดุสำหรับใช้สร้างโมดูลประกอบไปด้วย

เซนเซอร์กระแส (Current Transformers) รุ่น SCT-013-030 ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino รุ่น Pro Mini ATmega328 16 MHz และไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266-01 สำหรับตั้งค่า SSID และ PASSWORD เพื่อเชื่อมต่อเข้ากับระบบอินเทอร์เน็ต จอแสดงผลแอลซีดี 5110 สำหรับแสดงค่ากระแสและกำลังไฟฟ้า กระแสสลับที่ได้จาก Arduino เครื่องมือและอุปกรณ์ทดสอบโมดูลวัดกระแสไฟฟ้า ได้แก่ โทรศัพท์มือถือ I-mobile รุ่น IQ-X OKU สำหรับปล่อยสัญญาณขอทดสอบให้กับ ESP8266-01 และ Digital Oscilloscope ยี่ห้อ Tektronix รุ่น TDS754D วัดแรงดันไฟฟ้าด้านขดลวดของเซนเซอร์กระแส (Current Transformers) เพื่อนำไปเขียนโปรแกรมหากระแสและกำลังไฟฟ้ากระแสสลับ เครื่องใช้ไฟฟ้า สำหรับเป็นโหลดเพื่อทดสอบกระแส ได้แก่ หลอดไฟชนิดไส้ มอเตอร์(สว่านแท่น) กาต้มน้ำร้อน ฮีตเตอร์เครื่องปิ้งขนมปัง และเครื่องปรับอากาศขนาด 26,000 BTU



รูปที่ 7 บล็อกไดอะแกรมการวัดกระแสและกำลังไฟฟ้า

ขั้นตอนการทดสอบ

ขั้นตอนแรก การทดสอบคุณสมบัติของ CT คำนวณกระแสโดยใช้ทฤษฎีประกอบไปด้วย กระแสที่วัดได้ทางด้านขดลวดขดลวดของ CT วัดได้ถูกต้องโดยคำนวณจากออสซิลโลสโคป การทดสอบ CT (Current Transformer) เพื่อนำไปออกแบบและเขียนโปรแกรม ใช้วิธีการนำออสซิลโลสโคป (Digital Oscilloscope) ยี่ห้อ Tektronix รุ่น TDS754D ทำการวัดค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับด้านขดลวดขดลวด (V_s) และนำที่ได้คำนวณหาค่ากระแสด้านปฐมภูมิ (I_p) โดยพิจารณาพารามิเตอร์เทียบกับค่าจากดาต้าชีต 2 ค่า คือ TR.(1800:1) และค่า $R_L(62\Omega)$ ดังสมการที่ใช้ในการคำนวณ

$$I_S = \frac{V_S}{R_L} \quad (2)$$

ตัวอย่าง กรณีวัดแรงดันด้านขดทุติยภูมิได้เท่ากับ $0.127 \text{ V}_{\text{rms}}$ จะได้ค่ากระแส

$$I_S = \frac{V_S}{R_L} = \frac{0.127}{62} = 0.002 A_{\text{rms}} \quad (3)$$

เมื่อค่าความต้านทาน (R_L) = 62 โอห์ม กระแสด้านปฐมภูมิ (I_P) จะได้เท่ากับ

$$I_P = 0.002 A_{\text{rms}} * 1800 = 3.68 A_{\text{rms}} \quad (4)$$

กรณีกำหนดให้ $T.R = 1800 : 1$

ขั้นตอนที่สอง ทดสอบวงจรเซนเซอร์ตรวจจับกระแสโดยวัดกระแสจากอุปกรณ์ไฟฟ้า ทำการบันทึกผล
เปิดใช้งานผสมผสานกัน 6 ลักษณะ นำผลที่ได้หาค่าคงที่สำหรับนำไปเขียนโปรแกรม

ขั้นตอนที่สาม เป็นการอ่านค่าจาก CT โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino แสดงผลบนแอลซีดี
และส่งข้อมูลให้กับ ESP8266-01

การทดลองคุณสมบัติ CT และการเปลี่ยนรูปกระแสเป็นแรงดันและ Arduino อ่านค่าจากอินพุต
ที่เป็นแรงดัน ซึ่งเป็นแอนะล็อกแปลงเป็นดิจิตอลขนาด 10 บิต จำนวน 20 ครั้ง ภายในเวลา 20 มิลลิวินาที
หรือทุก ๆ 1 รอบหรือ 1 ไซเคิลของสัญญาณความถี่ 50 Hz และคำนวณค่า RMS ของแรงดันทั้ง 20 ค่า
ที่อ่านมาได้คูณด้วยค่า $T.R$ และหารด้วยค่าความต้านทาน R_{burden} เพื่อเปลี่ยนแรงดันที่ได้เป็นกระแส
ถูกต้องตรงกับอินพุตเซนเซอร์กระแส (CT) พบว่า ค่าที่ใช้งานจริงกับค่าที่คำนวณจะไม่ตรงกัน จำเป็นต้อง
มีการปรับเทียบค่าให้ตรงกันด้วยซอฟต์แวร์

ขั้นตอนที่สี่ เขียนโปรแกรม ESP8266-01 ด้วยภาษา lua ให้สามารถติดต่อและส่งข้อมูลไปยัง
เว็บไซต์ www.thingspeak.com ซึ่งเป็นเว็บไซต์ที่รองรับการส่งข้อมูลจาก ESP8266-01

ขั้นตอนที่ห้า ทำการเชื่อมต่อระหว่าง Arduino กับ ESP8266-01 เพื่อทดสอบการส่งข้อมูลผ่าน
ระบบอินเทอร์เน็ต ดังรูปที่ 8

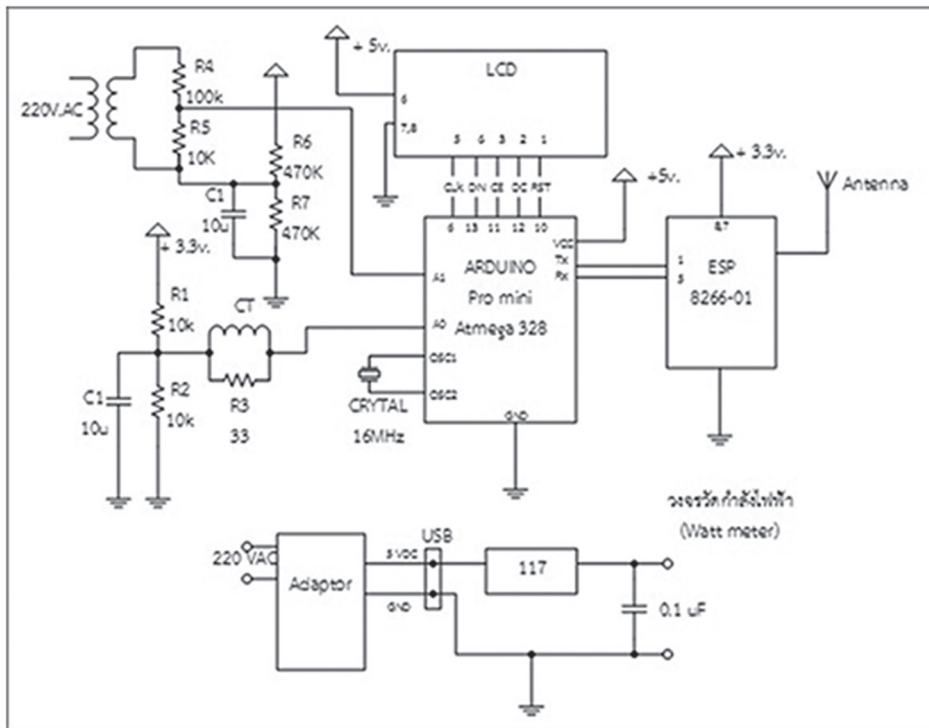


(ก) ส่วนประกอบบนแผ่นวงจร



(ข) โมดูลสำเร็จพร้อมทดสอบ

รูปที่ 8 ต้นแบบโมดูลวัดกระแสและกำลังไฟฟ้ากระแสสลับ

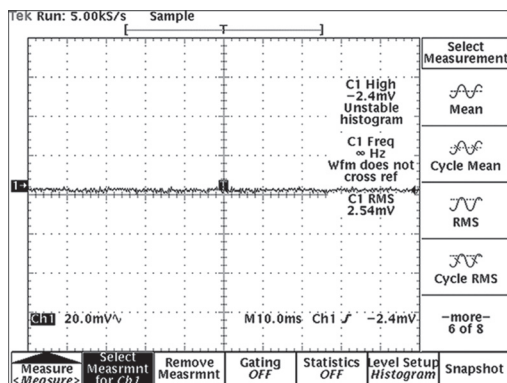


รูปที่ 9 วงจรที่ได้จากการออกแบบวัดกระแสและกำลังไฟฟ้าสลับ

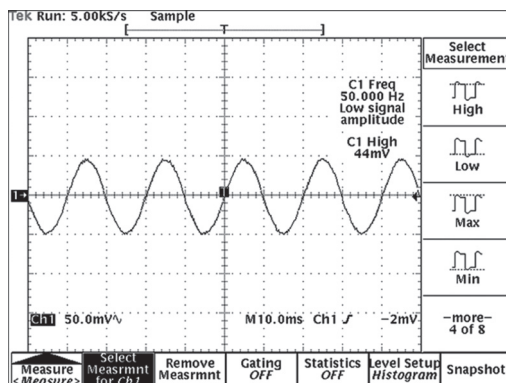
การออกแบบวงจร Arduino Pro Mini Atmega328 ทำหน้าที่อ่านค่ากระแส แรงดัน แสดงผลที่จอแอลซีดี และส่งค่าที่อ่านได้ออกทาง Tx ผ่านมาตรฐาน UART ไปยัง ESP8266-01 เพื่อส่งสัญญาณข้อมูลไร้สายสู่ระบบอินเทอร์เน็ต

ผลการวิจัย

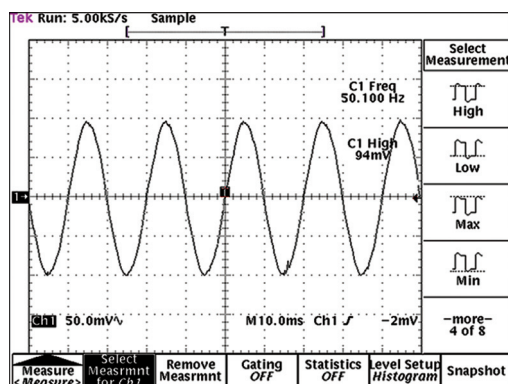
การวิเคราะห์ผลการวิจัยจากสัญญาณที่วัดได้จาก Digital Oscilloscope ยี่ห้อ Tektronix รุ่น TDS754D ซึ่งสัญญาณที่วัดได้จากเซนเซอร์เมื่อต่อร่วมกับวงจรปรับแต่งสัญญาณก่อนเข้าไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Pro Mini Atmega328 จะมีสัญญาณรบกวนมากกว่ากรณีไม่ได้ใส่วงจรปรับแต่งสัญญาณ ผลการทดสอบขณะที่มีโหลดกระแสที่แตกต่างกัน เพื่อหากระแสค่าต่ำสุดที่สามารถวัดได้ ทำการบันทึกผลดังแสดงรูปที่ 10



(ก) กรณีไม่ได้เปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า



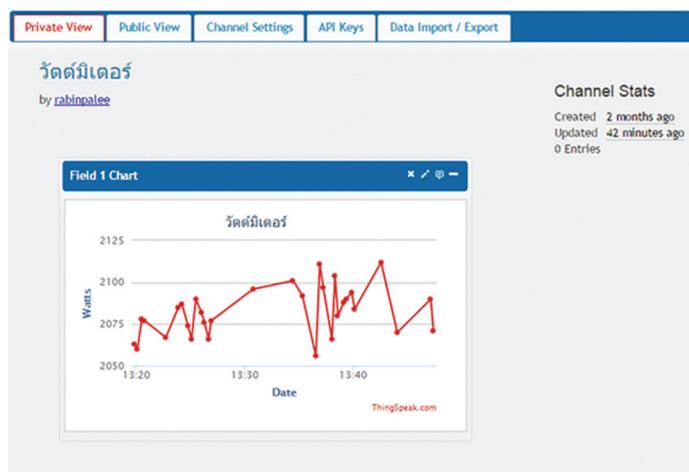
(ข) กาดม้น้ำร้อนขณะทำงาน



(ค) กาดม้น้ำร้อนและเครื่องปิ้งขนมปัง

รูปที่ 10 สัญญาณเอาต์พุต CT ก่อนเข้า Arduino Pro Mini Atmega328 (ต่อ)

จากสัญญาณในรูปที่ 10 (ก) ขณะไม่มีกระแสไหลในขดปฐมภูมิของตัวเซนเซอร์วัดกระแส ปรากฏสัญญาณรบกวนแต่มีค่าน้อยมากต่างกับสัญญาณรูปที่ 10 (ค) กระแสไหลขดปฐมภูมิมากขึ้น สัญญาณไฟฟ้าที่ได้จากวงจรแปลงกระแสเป็นแรงดันจะชัดเจนอ่านค่าได้ออสซิลโลสโคป จากการบันทึกค่าสัญญาณด้านขดทุติยภูมิในตารางและเปรียบเทียบกับค่าที่คำนวณดังตารางที่ 1 พบว่ายิ่งกระแสไหลมากค่าที่วัดได้จะใกล้เคียงกับที่คำนวณยิ่งขึ้น การวัดกระแสและค่ากำลังไฟฟ้าที่คำนวณได้ไปยังเว็บไซต์ชื่อ Thingspeak.com ดังรูปที่ 11 การแสดงผลเปรียบเทียบกระแสที่วัดจากแคลมป์มิเตอร์กับเครื่องต้นแบบฯ ดังรูปที่ 12



รูปที่ 11 กราฟกำลังไฟฟ้าที่ได้จาก <https://thingspeak.com/channels/35559i>



รูปที่ 12 เปรียบเทียบค่าจากแคลมป์มิเตอร์กับเครื่องต้นแบบ

ตารางที่ 1 ผลทดสอบอุปกรณ์ตรวจจับสนกระแส (Current Transformers) รุ่น SCT-013-030

ที่	อุปกรณ์ไฟฟ้า (โหลด)	กระแสที่วัดได้ (A_{rms})	ค่านวน* (mV_{rms})	V_{second}	I_{second}	I_p
				วัดได้จาก OSC. (mV_{rms})	I_{second} = $V_{osc}/6$ 2 (mA_{rms})	$I_p = I_{second} \times 1800$ (A_{rms})
1	หลอดไฟชนิดไส้	0.10	3.30	6.30	0.10	0.18
2	มอเตอร์สว่านแท่น	0.62	22	23.3	0.37	0.67
3	กาต้มน้ำร้อน	2.82	94	99	1.59	2.87
4	ฮีตเตอร์เครื่องปิ้งขนมปัง	3.05	98.60	104	1.67	3.01
5	ฮีตเตอร์ + สว่านแท่น	3.71	120	125	2.01	3.63
6	กาต้มน้ำร้อน + ฮีตเตอร์	5.85	195	201	3.24	5.83

หมายเหตุ * คำนวณได้จากสมการ $V_{second} = \frac{1}{30} \times \text{กระแสที่วัดได้ } (I_p)$

ตารางที่ 1 เป็นผลการทดสอบค่าอุปกรณ์ตรวจจับกระแสไฟฟ้าสลับ โดยการวัดค่าแรงดันจาก
ออสซิลโลสโคปเทียบกับค่าที่คำนวณได้ ก่อนนำค่าที่วัดได้ไปคำนวณด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบเปรียบเทียบวัดกระแสระหว่างเครื่องต้นแบบและแคลมป์มิเตอร์

ที่	ชนิดเครื่องใช้ไฟฟ้า	กระแสของ งานวิจัยที่วัดได้ (A.)	แคลมป์มิเตอร์ มาตรฐาน (A.)	เปอร์เซ็นต์ ผิดพลาด %
1	ไม่มี	0	0	0
2	หลอดไฟชนิดไส้	0.15	0.11	36.40
3	มอเตอร์ (สว่านแท่น)	0.8	0.62	29.00
4	กาต้มน้ำร้อน	3.10	2.82	9.90
5	ฮีตเตอร์เครื่องปิ้งขนมปัง	3.30	2.96	4.70
6	กาต้มน้ำร้อน + ฮีตเตอร์ฯ	5.90	5.85	0.90
7	เครื่องปรับอากาศ	9.25	9.32	-0.80
8	ตู้เบรกเกอร์ อาคาร อท.1	15.05	15.05	0
9	ตู้เบรกเกอร์ อาคาร อท.3	28.85	28.81	0.14

หมายเหตุ เปอร์เซนต์ผิดพลาด = [(เครื่องต้นแบบ - แคลมป์มิเตอร์)/แคลมป์มิเตอร์] x 100

นำตัวตรวจจับออกแบบและคำนวณกระแสไฟฟ้าสลับด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ทดสอบเปรียบเทียบกับ
กับเครื่องมือวัดมาตรฐาน ได้ค่าความผิดพลาดลดลงที่กระแสสูงขึ้น

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าระหว่างค่าจริงกับงานวิจัยที่วัดได้

ที่	ชนิดเครื่องใช้ไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้า งานวิจัยที่วัดได้ (W.)	กำลังไฟฟ้า จริง (W.)	เปอร์เซ็นต์ ผิดพลาด %
1	ไม่มี	0	0	0
2	หลอดไฟชนิดไส้	33	24	36
3	มอเตอร์(สว่านแท่น)	176	136	29
4	กาต้มน้ำร้อน	682	620	10
5	ฮีตเตอร์เครื่องปิ้งขนมปัง	726	651	11
6	กาต้มน้ำร้อน + ฮีตเตอร์ฯ	1298	1287	1
7	เครื่องปรับอากาศ	2035	2050	-1
8	ตู้เบรกเกอร์ อาคาร อท.1	3311	3311	0
9	ตู้เบรกเกอร์ อาคาร อท.3	6347	6338	0

หมายเหตุ เปอร์เซนต์ผิดพลาด= [(เครื่องงานวิจัย - กำลังไฟฟ้าจริง) กำลังไฟฟ้าจริง] x 100

ผลการเปรียบเทียบตารางที่ 3 กำลังไฟฟ้าเปรียบเทียบค่าที่วัดได้จากเครื่องที่ออกแบบเทียบกับกำลังไฟฟ้าจริง ความผิดพลาดลดลงเมื่อภาระโหลดเครื่องใช้ไฟฟ้ามีกำลังไฟฟ้ามากขึ้น

การอภิปรายผล

การวัดกระแสด้วยแคลมป์มิเตอร์และแรงดันเอาต์พุตของ CT ด้วยออสซิลโลสโคป เพื่อเปรียบเทียบค่ากระแสไฟฟ้าสลับ ก่อนนำไปออกแบบทำให้ทราบความเป็นเชิงเส้นของเซนเซอร์กระแส เป็นการนำแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่ได้ใช้ออกแบบเพื่อไม่ให้เกิดการอิ่มตัว (Saturate) ได้ค่าที่เป็นจริงตามพิกัดของเซนเซอร์ Rburden ที่น้อยกว่าค่า R_L ได้ค่าแรงดันอินพุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ลดลง การทดลองคุณสมบัติ CT คือ การเปลี่ยนกระแสเป็นแรงดันและ Arduino อ่านค่าจากอินพุตที่เป็นแอนะล็อกขนาด 10 บิต ภายในเวลา 20 มิลลิวินาที จำนวน 20 ครั้ง และคำนวณค่า RMS ของแรงดันทั้ง 20 ค่าคูณด้วยค่า $T.R$ ทหาร Rburden เพื่อเปลี่ยนค่าแรงดันที่ได้เป็นกระแสที่ถูกต้องตรงกับอินพุตของเซนเซอร์กระแส ค่ากระแสต่ำสุดวัดได้ คือ 0.1 A. กระแสสูงสุดในการทดลองที่สามารถวัดได้คือ 10 A. การใส่ Rburden ทำให้ได้ค่าแรงดันอินพุตที่ลดลง การออกแบบเลือกใช้เร็กกูเลท 3.3 โวลต์แยกออกจากไฟเลี้ยงของ Arduino ให้ค่ามีความแม่นยำมากกว่าการใช้ 5 โวลต์ร่วมกับ Arduino การทดลองทำการปรับแต่งสัญญาณด้วยซอฟต์แวร์ทำให้การปรับแต่งทำได้ง่าย การส่งข้อมูลเก็บและสร้างกราฟ ทดสอบผ่าน www.thingspeak.com ค่าที่แสดงเป็นกำลังงานมีหน่วยเป็นวัตต์ ส่งออกจาก ESP8266-01 ทุก ๆ 5 วินาที แสดงผลแสดงได้ถูกต้อง แต่ไม่เป็น RealTime แนวทางการพัฒนาจำเป็นต้องออกแบบให้เก็บข้อมูลไว้ในไมโครโปรเซสเซอร์ขนาดเล็กและสร้างโปรโตคอลในการติดต่อระหว่างกันกับ ESP8266-01 เพื่อให้เป็น RealTime ทำให้เห็นกำลังงานไฟฟ้าที่ต่อเนื่อง การวิจัยสร้างโมดูลวัดกระแสล้นเปลืองพลังงานน้อยกว่า 2.2 วัตต์

บทสรุป

การออกแบบโมดูลวัดกระแสและกำลังไฟฟ้าสลับเป็นการออกแบบโดยใช้ขดลวดเหนี่ยวนำให้ง่ายต่อการวัดกระแสและกำลังไฟฟ้าสลับ ผลการทดลองให้ค่าความแม่นยำการวัดได้ดีขึ้นที่กระแสสูงมากกว่าการวัดที่กระแต่ำ ค่าที่วัดได้เป็นการคำนวณกระแสและกำลังไฟฟ้าที่วัดด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล Arduino Pro Mini Atmega328 แสดงผลทางจอแอลซีดีกราฟิก 5110 และส่งผ่านค่ากระแสและกำลังไฟฟ้าแบบไร้สายผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์บอร์ด ESP8266-01 ให้สามารถดูค่ากระแสและกำลังไฟฟ้าสลับระยะไกลผ่านระบบอินเทอร์เน็ต

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอบพระคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาที่ให้การสนับสนุนทุนสนับสนุนการวิจัยโดยใช้งบประมาณประจำปี พ.ศ. 2558 ให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

References

- [1] Ramesh Gaonkar. (1988). *The Z80 Microprocessor: Architecture, Interfacing, Programming and Design*. Merrill Publishing Company.
- [2] Anan Wongjan, Pasit Sangkham, Sujinda Panyakanta and Rabin Palee. (2014). Monitor Volt Amp and Lux of Lamp by LabVIEW. ECTI Association ECTI-CARD Love the Earth.
- [3] Thaieasy. (2015). **Basic Current Transformer**. Access (2 June 2015). Available (<http://www.thaieasyelec.com>)
- [4] Nakon Pukdeechat, Nuttapon Wongsuntouchai and Chaiwat Rimparnjitwilai. (2015). *Manual Experiment dsPIC*, Innovative Experiment Co., Ltd. ESP8266. Access (2 June 2015). Available (<http://www.esp8266.com/wiki/doku.php>)