

อุปกรณ์เลือกแหล่งจ่ายไฟฟ้าอัตโนมัติโดยบอร์ดอาร์ดูโน้

Automatic Device for Electricity Source Selection by Arduino Board

วิริยะ เรืองชัยชาญ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพ

E-mail: wiriya.rung@bumail.net

นันทิยา ชัยบุตร

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพ

E-mail: nuntiya.c@bu.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนออุปกรณ์เลือกแหล่งจ่ายไฟฟ้าอัตโนมัติสำหรับระบบไฟฟ้าซึ่งจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับพื้นที่ที่ห่างไกลที่ไฟฟ้าเข้าถึงได้ยากหรือมีกำลังไฟฟ้าไม่เพียงพอกับความต้องการ โดยอุปกรณ์เลือกแหล่งจ่ายไฟฟ้าอัตโนมัตินี้ทำหน้าที่เลือกแหล่งจ่ายไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนหรือการไฟฟ้าเพื่อจ่ายให้กับโหลดในระบบ อุปกรณ์นี้ถูกพัฒนาการทำงานขึ้นจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เรียกว่าอาร์ดูโน้ อุปกรณ์เลือกแหล่งจ่ายไฟฟ้าอัตโนมัติที่นำเสนอทำงานอยู่บนสมมติฐานที่ว่ากำลังไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนเป็นกำลังไฟฟ้าอันดับแรกที่ได้รับการพิจารณาก่อนในการจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับพื้นที่ และพิจารณาเลือกกำลังไฟฟ้าจากการไฟฟ้าในกรณีที่กำลังไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนไม่เพียงพอต่อความต้องการของโหลดโดยเงื่อนไขของการเลือกใช้กำลังไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าใดนั้นขึ้นอยู่กับขนาดของแรงดันไฟฟ้าของแต่ละแหล่งจ่ายไฟฟ้า ในบทความนี้อุปกรณ์จะเลือกใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนเมื่อระดับแรงดันไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 200-240 โวลต์ ซึ่งผลการทดสอบที่ได้พบพบว่า อุปกรณ์เลือกแหล่งจ่ายไฟฟ้าอัตโนมัติสามารถทำงานได้ตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้

คำสำคัญ: การเลือกแหล่งจ่ายไฟฟ้า, พลังงานทดแทน, อาร์ดูโน้

ABSTRACT

This paper presents an automatic device for electricity source selection between renewable energy and power utility to supply electricity into the system, such as rural area which difficult to access power utility and areas that power utility is not sufficient. This device is developed from a microcontroller as an Arduino. The first priority of power supply considering is the electricity from renewable energy. The electricity by power utility is chosen when the electricity from renewable energy is not sufficient for load in the area. The device chooses a power supply by the voltage level. In this paper, the device chooses electricity from renewable energy when the voltage level between 200-240 V. Finally, the automatic device good work for electricity source selection under the condition.

KEYWORDS: Electrical source selection, Renewable energy, Arduino

บทนำ

เนื่องจากในปัจจุบันมีความต้องการในการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น ซึ่งพลังงานที่ถูกนำมาใช้เพื่อผลิตกำลังไฟฟ้าในปัจจุบัน เช่น ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ น้ำมันดิบ เป็นต้น ล้วนแต่เป็นพลังงานสิ้นเปลืองก่อให้เกิดมลพิษและเป็นสาเหตุของการเกิดสภาวะโลกร้อน

ผลจากการคำนึงถึงสภาวะโลกร้อนที่เพิ่มมากขึ้นดังกล่าวทำให้หลายประเทศหันมาสนใจการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน ประเทศไทยเป็นอีกประเทศหนึ่งที่มีความสำคัญและสนับสนุนการใช้พลังงานทดแทนซึ่งสามารถพิจารณาได้จากแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 10 ปี (2555 -

2564) (กระทรวงพลังงาน, 2015) ที่มีการกำหนดให้มีการใช้พลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกร้อยละ 25 ของพลังงานทั้งหมดภายในปี 2564 ซึ่งจากแผนพัฒนาฯ ดังกล่าวทำให้เกิดรูปแบบในการจ่ายกำลังไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนให้กับโหลดหลากหลายรูปแบบ เช่น การจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับโหลดโดยตรงเพียงอย่างเดียว การขายกำลังไฟฟ้าเข้าสู่ระบบไฟฟ้า การจ่ายกำลังไฟฟ้าร่วมกับระบบไฟฟ้าให้แกeload เป็นต้น

สำหรับพื้นที่ที่รับกำลังไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้า 2 แหล่ง อุปกรณ์สำคัญที่ช่วยในการเชื่อมต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้าเพื่อช่วยให้ระบบมีไฟฟ้าใช้อย่างต่อเนื่องคือ อุปกรณ์เลือกแหล่งจ่ายไฟฟ้าอัตโนมัติ ซึ่งภายในอุปกรณ์ประกอบด้วยส่วนควบคุมและส่วนหน้าสัมผัสเพื่อเชื่อมต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้าตามคำสั่งจากส่วนควบคุม ในส่วนของการควบคุมมีทั้งการใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ร่วมกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และการใช้เครื่องควบคุมเชิงตรรกที่สามารถโปรแกรมได้ โดยส่วนของการควบคุมนี้มีการตัดสินใจทำงานภายใต้เงื่อนไขที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับการทำงาน ตัวอย่างเช่น ทำงานภายใต้เงื่อนไขของแรงดันไฟฟ้า ความถี่ไฟฟ้า เป็นต้น ซึ่งมีราคาที่ยังค่อนข้างสูง ดังนั้นจึงมีการศึกษาและออกแบบให้อุปกรณ์เลือกแหล่งจ่ายไฟฟ้าอัตโนมัติมีราคาที่ถูกลงและเพิ่มการป้องกันแรงดันเกินที่ส่งผลเสียต่อโหลด (Olatomiwa & Olufadi, 2014)

บทความนี้แนะนำเสนออุปกรณ์เลือกแหล่งจ่ายไฟฟ้าอัตโนมัติโดยใช้อาร์ดูโน้เพื่อจัดการกับการเลือกแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับพื้นที่ที่ห่างไกลที่ไฟฟ้าเข้าถึงได้ยากหรือมีกำลังไฟฟ้าไม่เพียงพอต่อความต้องการของพื้นที่นั้นๆ ในการจัดการนี้ระบบจะรับกำลังไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนเป็นแหล่งพลังงานหลักในการจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับพื้นที่ที่พิจารณาและรับกำลังไฟฟ้าจากการไฟฟ้าในกรณีที่กำลังไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนอยู่ในระดับที่ไม่สามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับโหลดในพื้นที่ที่พิจารณาได้ โดยอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นนี้จะพิจารณาการรับกำลังไฟฟ้าของระบบจากระดับแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน

วัตถุประสงค์

พัฒนาอุปกรณ์สำหรับเลือกแหล่งจ่ายไฟฟ้าอัตโนมัติจากการใช้อาร์ดูโน้ เพื่อเป็นทางเลือกหนึ่งในการผลิตสวิตช์อัตโนมัติ และศึกษาผลความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นเมื่อนำอาร์ดูโน้มาใช้เป็นสวิตช์อัตโนมัติ

ในการตัดต่อวงจรไฟฟ้าเพื่อเลือกแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้กับระบบที่พิจารณา

ประโยชน์ที่ได้รับ

อุปกรณ์เลือกแหล่งจ่ายอัตโนมัติโดยอาร์ดูโน้สามารถนำมาใช้เป็นสวิตช์สำหรับตัดต่อในวงจรไฟฟ้าตามเงื่อนไขของระดับแรงดันไฟฟ้าที่สามารถกำหนดเองได้ โดยสามารถนำไปใช้กับระบบการจ่ายไฟฟ้าในเขตพื้นที่ที่มีการเลือกใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าจาก 2 แหล่งจ่ายหรือการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ติดตั้งบนหลังคา (solar rooftop)

วิธีดำเนินการวิจัย

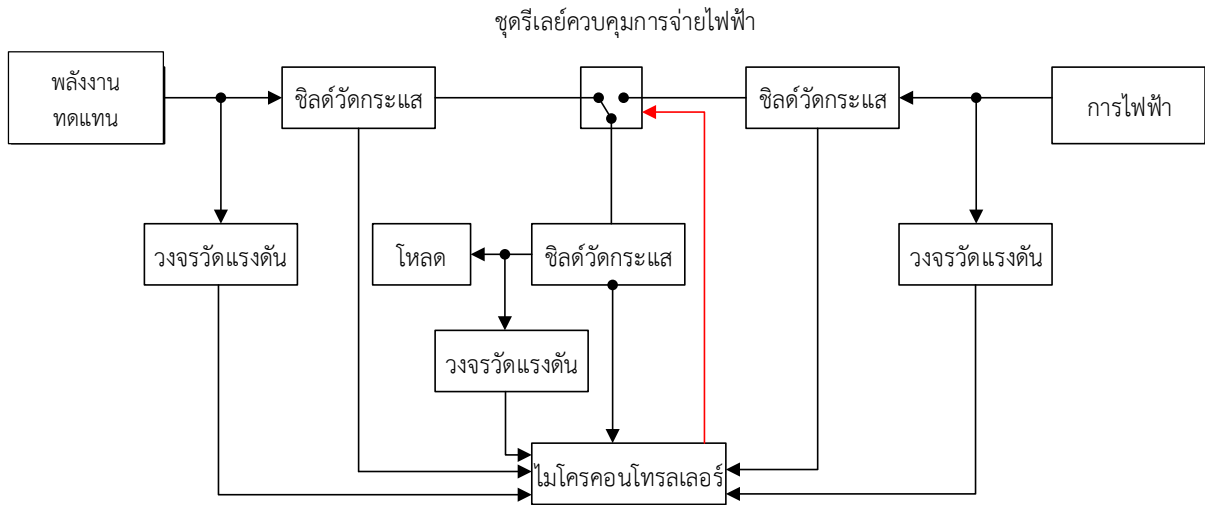
วิธีการวิจัยของการศึกษานี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ แนวคิดการทำงานของอุปกรณ์และการคำนวณ ซึ่งประกอบด้วย การคำนวณค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า และความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจากการใช้อาร์ดูโน้ในการวัดปริมาณทางไฟฟ้า

หลักการการทำงานของอุปกรณ์

หลักการในการทำงานของอุปกรณ์มีระบบควบคุมการจ่ายไฟฟ้างดรูปที่ 1 โดยระบบที่นำเสนอแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของกำลังไฟฟ้าที่ผลิตจากพลังงานทดแทนและส่วนที่ได้รับจากการไฟฟ้า ซึ่งกำลังไฟฟ้าจากทั้งสองส่วนนี้จะถูกเชื่อมต่อเข้ากับระบบที่ต้องการส่งกำลังไฟฟ้าไปผ่านอุปกรณ์จัดการกำลังไฟฟ้านี้ การทำงานของอุปกรณ์เลือกแหล่งจ่ายไฟฟ้าอัตโนมัติถูกควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) โดยในที่นี้เลือกใช้บอร์ดอาร์ดูโน้ (arduino) (Monk, 2014) ทำการวัดค่ากระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าจำนวน 3 ตำแหน่งเพื่อใช้เป็นเงื่อนไขในการทำงานของอุปกรณ์ ประกอบด้วย ตำแหน่งการรับกำลังไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน ตำแหน่งการรับกำลังไฟฟ้าจากการไฟฟ้า และตำแหน่งการจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับระบบที่ต้องการกำลังไฟฟ้าหรือโหลด ซึ่งค่ากระแสไฟฟ้าทั้ง 3 ตำแหน่งนี้จะถูกวัดผ่านชิลด์วัดกระแสไฟฟ้า (ACS 712) สำหรับค่าแรงดันไฟฟ้านั้นถูกวัดผ่านวงจรวัดแรงดันไฟฟ้าซึ่งประกอบด้วยหม้อแปลงไฟฟ้า วงจรแบ่งแรงดันและวงจรระดับแรงดันไฟฟ้าเพื่อทำให้สัญญาณของแรงดันไฟฟ้าก่อนเข้าสู่อาร์ดูโน้มีค่าเป็นบวกตามเงื่อนไขการรับสัญญาณเข้าของอาร์ดูโน้ ซึ่งค่าแรงดันไฟฟ้าจะถูกนำไปประมวลผลในไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อตัดสินใจและส่งสัญญาณไปควบคุมหน้าสัมผัสเพื่อเลือกแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าที่

เพียงพอต่อความต้องการของโหลด นอกจากนี้ค่ากระแส และแรงดันไฟฟ้าจะถูกนำไปคำนวณเป็นค่ากำลังไฟฟ้า

จริงที่โหลดนำไปใช้งานจากแหล่งกำลังไฟฟ้าที่ถูกเลือก และแสดงผลผ่านหน้าจอแอลซีดี



รูปที่ 1 การทำงานของอุปกรณ์

ขั้นตอนการพิจารณาเพื่อเลือกใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าของอุปกรณ์สามารถพิจารณาได้จากรูปที่ 2 โดยก่อนเริ่มทำงานของอุปกรณ์เลือกแหล่งจ่ายไฟฟ้าอัตโนมัติ ชุดรีเลย์ของอุปกรณ์จะอยู่ในสถานะเชื่อมต่อกับแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน

- ขั้นตอนที่ 1 ตั้งค่าเริ่มต้นของโปรแกรมการคำนวณและฮาร์ดแวร์ที่เกี่ยวข้อง เช่น ค่าการส่งผ่านข้อมูล การกำหนดขาอินพุทและเอาต์พุทของอาร์ดูโน้ เป็นต้น
- ขั้นตอนที่ 2 รับค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าทั้ง 3 ตำแหน่ง คือ พลังงานทดแทน การไฟฟ้า และโหลด
- ขั้นตอนที่ 3 คำนวณค่าแรงดันไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าจากค่าที่รับเข้ามาในขั้นตอนที่ 2
- ขั้นตอนที่ 4 เลือกการทำงานของรีเลย์ โดยถ้าแรงดันไฟฟ้าไม่อยู่ในช่วงที่ออกแบบไว้ โปรแกรมจะส่งสัญญาณให้รีเลย์เปลี่ยนสถานะการทำงานให้มีการทำงานตรงกันข้ามกับสถานะก่อนเริ่มทำงานของอุปกรณ์
- ขั้นตอนที่ 5 แสดงผลการคำนวณผ่านจอแอลซีดี

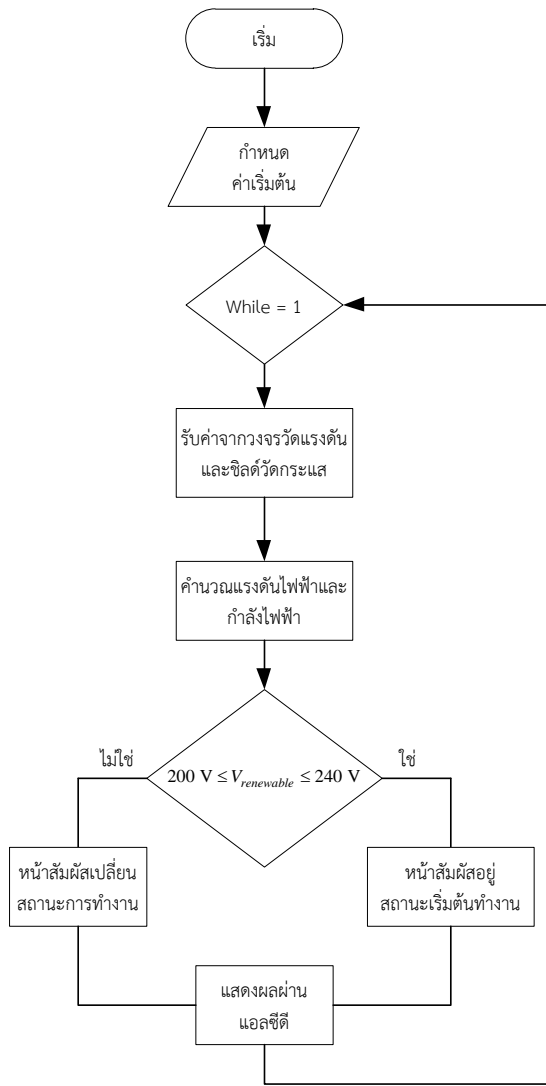
กำลังไฟฟ้าไม่เพียงพอ หรือสามารถกลับมาทำงานในสถานะเริ่มต้นได้ นั่นคือ การรับไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าพลังงานทดแทน

การคำนวณ

การวัดแรงดันไฟฟ้า

เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เลือกใช้ในงานวิจัยนี้รับสัญญาณขาเข้าหรือสัญญาณอินพุทอนาล็อกต้องมีสัญญาณเป็นค่าบวกและมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 5 โวลต์ ดังนั้นการวัดสัญญาณในระบบไฟฟ้ากำลังขนาด 220 โวลต์ จึงใช้หลักการของการลดระดับสัญญาณแรงดันไฟฟ้า (scale down) และยกระดับสัญญาณ (add an offset) ให้มีค่าของสัญญาณเป็นบวกหรือมีค่าต่ำสุดมากกว่า 0 โวลต์ (Hudson & Lea, 2013) โดยการลดระดับแรงดันไฟฟ้านั้นสามารถดำเนินการโดยให้สัญญาณไฟฟ้าผ่านหม้อแปลงไฟฟ้าเพื่อลดระดับแรงดันไฟฟ้าตามพิสัยของหม้อแปลงไฟฟ้าร่วมกับวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า ซึ่งแรงดันที่ได้จากการลดระดับแรงดันไฟฟ้าสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (1) สำหรับการยกระดับสัญญาณไฟฟ้านั้นสามารถใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงจากอาร์ดูโน้

การพิจารณาค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้านี้จะถูกบันทึกค่าอย่างต่อเนื่องเพื่อให้อุปกรณ์สามารถทำงานได้อย่างทันทีทันใดเมื่อแหล่งจ่ายไฟฟ้ามีปริมาณ



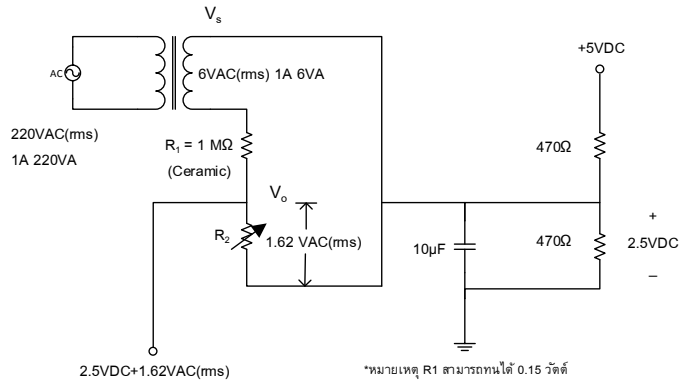
รูปที่ 2 ขั้นตอนการเลือกแหล่งจ่ายไฟฟ้าของอุปกรณ์

$$V_o = \frac{V_s \times R_2}{R_1 + R_2} \quad (1)$$

- เมื่อ V_o คือ แรงดันไฟฟ้าที่ต้องการ
 V_s คือ แรงดันไฟฟ้าที่หม้อแปลง
 R_1 คือ ความต้านทานคงที่
 R_2 คือ ความต้านทานปรับค่าได้

ในการออกแบบสำหรับบทความนี้ซึ่งต้องการให้แรงดันไฟฟ้าเป็นปริมาณที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้ในการตัดสินใจทำงาน โดยระดับแรงดันไฟฟ้าในช่วง 200-240 โวลต์ คือ ช่วงระดับแรงดันไฟฟ้าที่โหลดรับกำลังไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายพลังงานทดแทน ทั้งนี้ นอกเหนือจากช่วงระดับแรงดันไฟฟ้างดกล่าวโหลดจะรับกำลังไฟฟ้าจากการไฟฟ้าโดยการควบคุมการสั่งงานจากอาร์ดูโน้

ดังนั้นจึงต้องพิจารณาขนาดของความต้านทานปรับค่าได้เพื่อให้แรงดันไฟฟ้าอินพุทของอาร์ดูโน้มีค่าไม่เกิน 5 โวลต์ (ค่ายอด) โดยในที่นี้ได้ออกแบบที่ระดับแรงดันไฟฟ้าระบบขนาด 240 โวลต์ ให้มีค่ายอดของสัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่ 2.3 โวลต์หรือ 1.62 โวลต์ (ค่าอาร์เอ็มเอส) ซึ่งค่าความต้านทานปรับค่าได้ที่ทำให้ได้ตามเงื่อนไขดังกล่าวจากการคำนวณสมการที่ (1) คือ 370 กิโลโอห์ม ดังแสดงในรูปที่ 3 ซึ่งแสดงที่ระดับแรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์



รูปที่ 3 เทคนิคการวัดแรงดันไฟฟ้า

ภายหลังสัญญาณแรงดันไฟฟ้าถูกส่งเข้าสู่อาร์ดูโน้ แรงดันไฟฟ้าจะถูกเปลี่ยนกลับมาอยู่ในระดับที่ได้ทำการวัดในระบบไฟฟ้าจากสมการที่ (2) ซึ่งได้นำไลบรารีจากเว็บไซต์ (Hudson, 2014) มาปรับปรุงใหม่เพื่อให้เหมาะสมกับงาน โดยการสุ่มค่าสัญญาณจากแรงดันไฟฟ้าเพื่อใช้ในการคำนวณต้องมีอัตราการสุ่มสัญญาณมากกว่าสองเท่าของความถี่แรงดันไฟฟ้า ในที่นี้เลือกใช้ค่าการสุ่มสัญญาณอยู่ที่ 125 ต่อหนึ่งช่วงเวลาพิจารณา

$$V_{rms} = V_c \times \left(\frac{5}{1024} \times \sqrt{\frac{\sum V_{rv}^2}{N_{samp}}} \right) \quad (2)$$

- เมื่อ V_{rms} คือ แรงดันไฟฟ้าที่วัด
 V_{rv} คือ ค่าขณะใดขณะหนึ่งที่อาร์ดูโน้อ่านจากวงจรวัดแรงดัน
 V_c คือ แรงดันไฟฟ้าชดเชย
 N_{samp} คือ ค่าการสุ่มสัญญาณ

การวัดกระแสไฟฟ้า

การวัดกระแสไฟฟ้าใช้ชิลด์ ACS712 ในการตรวจจับกระแสไฟฟ้า โดยค่ากระแสไฟฟ้าที่วัดได้จะถูกแสดงออกมาในรูปแบบของแรงดันไฟฟ้าซึ่งมีค่าออฟเซตอยู่ที่ 2.5 โวลต์ ดังนั้นเมื่ออาร์ดูโน้อ่านค่าจากชิลด์วัด

กระแสไฟฟ้านี้เข้าทางอินพุทนาฬิกา จะสามารถคำนวณกลับมาเป็นกระแสไฟฟ้าที่อ่านได้จากสมการที่ (3)

$$I_{rms} = I_c \times \left(\frac{5}{1024} \times \sqrt{\frac{\sum I_{rc}^2}{N_{samp}}} \right) \quad (3)$$

เมื่อ I_{rms} คือ กระแสไฟฟ้าที่วัด
 I_{rc} คือ ค่าขณะใดขณะหนึ่งที่อาร์ดูโน้อ่านจากชิปวัดกระแส
 I_c คือ กระแสไฟฟ้าชดเชย

การคำนวณกำลังไฟฟ้าจริง

การคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าจริงสามารถคำนวณได้จากค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าที่อาร์ดูโน้อ่านค่าได้ดังสมการที่ (4) และ (5)

$$P = \frac{\sum(V_{inst} \times I_{inst})}{N_{samp}} \quad (4)$$

$$V_{inst} = V_c \times V_{rc} \quad (5)$$

$$I_{inst} = I_c \times I_{rc} \quad (6)$$

เมื่อ V_{inst} คือ แรงดันไฟฟ้าขณะใดขณะหนึ่ง ที่ผ่านการชดเชย
 I_{inst} คือ กระแสไฟฟ้าขณะใดขณะหนึ่ง ที่ผ่านการชดเชย
 V_{rc} คือ แรงดันไฟฟ้าขณะใดขณะหนึ่งที่อาร์ดูโน้อ่านค่าได้
 I_{rc} คือ กระแสไฟฟ้าขณะใดขณะหนึ่งที่อาร์ดูโน้อ่านค่าได้

การคำนวณความคลาดเคลื่อนในการวัด

การคำนวณความคลาดเคลื่อนในการวัด สำหรับบทความนี้ คือ การวัดความคลาดเคลื่อนเชิงระบบ (systemic error) โดยวัดความถูกต้อง (accuracy) ของค่าที่วัดจากอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้น ซึ่งทำการเปรียบเทียบค่าจริงจากการวัดด้วยอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นเทียบกับเครื่องมือวัดมาตรฐานที่เชื่อถือได้ (Bohm, & Zech, 2010) ซึ่งในบทความนี้ได้ทำการทดสอบวัดความคลาดเคลื่อนของค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าเทียบกับโวลต์มิเตอร์และแอมป์มิเตอร์ตามลำดับ ซึ่งเมื่อนำมาพิจารณาตามตัวแปรของบทความนี้แล้ว สามารถเขียนสมการเพื่อการคำนวณ

ร้อยละความคลาดเคลื่อนของแรงดันและกระแสไฟฟ้าได้ดังสมการที่ (6)

$$\delta X = \frac{X_m - X_d}{X_m} \times 100, X \in (V, I) \quad (6)$$

เมื่อ δX คือ ค่าความคลาดเคลื่อน
 X_m คือ ค่าจากเครื่องมือวัด
 X_d คือ ค่าจากอุปกรณ์

การทดสอบการทำงานของอุปกรณ์

สำหรับบทความนี้ได้ทำการทดสอบอุปกรณ์เลือกแหล่งจ่ายไฟฟ้าอัตโนมัติ โดยจำลองการใช้พลังงานทดแทนผ่านหม้อแปลงปรับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟสชนิดแกนหมุน (Variable Voltage Transformer) และใช้หลอดไฟขนาด 100 วัตต์จำนวน 5 หลอดแทนโหลดของระบบไฟฟ้า ภายใต้การทดสอบการทำงานใน 3 กรณี ตามระดับแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายพลังงานทดแทน ดังนี้

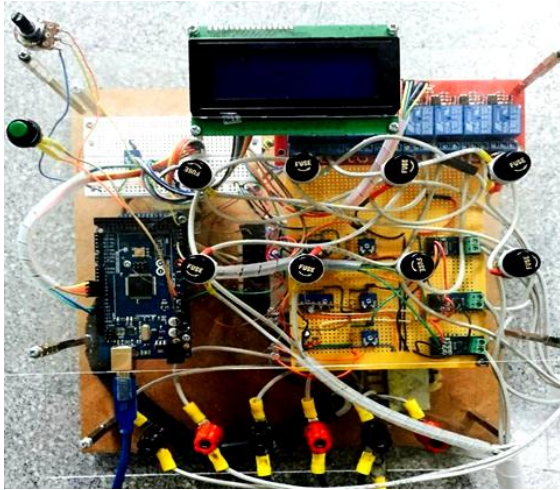
- กรณีที่ 1 จำลองปรับระดับแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายพลังงานทดแทนอยู่ในช่วงที่ออกแบบไว้ (200 – 240 โวลต์) ในที่นี้ใช้ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ 220 โวลต์
- กรณีที่ 2 จำลองแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายพลังงานทดแทนมีค่าต่ำกว่าระดับที่ออกแบบไว้
- กรณีที่ 3 จำลองแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายพลังงานทดแทนมีค่าสูงกว่าระดับที่ออกแบบไว้

ผลการทดสอบและการวิเคราะห์

ผลการทดสอบกรณีศึกษาทั้ง 3 กรณีข้างต้นจะถูกนำเสนอผ่านหัวข้อย่อย 3 หัวข้อ ได้แก่ อุปกรณ์และการทำงานตามเงื่อนไข การแสดงผลการทำงานของอุปกรณ์ และความแม่นยำในการวัดของอุปกรณ์

อุปกรณ์และการทำงานตามเงื่อนไข

อุปกรณ์เลือกแหล่งจ่ายไฟฟ้าอัตโนมัติ โดยอาร์ดูโน้ที่พัฒนาขึ้นสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4 ซึ่งผลการทดสอบอุปกรณ์ดังกล่าวทั้ง 3 กรณีศึกษาสามารถแสดงในรูปแบบของการทำงานของหน้าสัมผัสที่เชื่อมต่อกับแหล่งจ่ายตารางที่ 1



รูปที่ 4 อุปกรณ์เลือกแหล่งจ่ายไฟฟ้าอัตโนมัติโดยอาร์ดูโน

อุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นนี้มุ่งเน้นให้สามารถทำงานตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้เป็นอันดับแรก ดังนั้นจึงทำให้เกิดการละเลยการออกแบบการจัดวางส่วนประกอบต่างๆ ทำให้อุปกรณ์มีขนาดใหญ่และใช้พื้นที่มากเกินความจำเป็น ซึ่งถ้ามีการปรับปรุงการจัดวางอุปกรณ์ใหม่ รวมถึงการออกแบบสายวงจรแทนการใช้บอร์ดสำเร็จรูป จะช่วยลดขนาดของอุปกรณ์ลงได้

ตารางที่ 1 การทำงานของหน้าสัมผัสในกรณีต่างๆ

กรณี	การทำงานของหน้าสัมผัสที่			
	1	2	3	4
1	ทำงาน	ไม่ทำงาน	ทำงาน	ไม่ทำงาน
2	ไม่ทำงาน	ทำงาน	ไม่ทำงาน	ทำงาน
3	ไม่ทำงาน	ทำงาน	ไม่ทำงาน	ทำงาน

ในที่นี้กำหนดให้หน้าสัมผัสที่ 1 และ 3 ของอุปกรณ์เชื่อมต่อกับแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนและหน้าสัมผัสที่ 2 และ 4 ของอุปกรณ์เชื่อมต่อกับแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าจากการไฟฟ้า ซึ่งจากผลการทดสอบจะพบว่า กรณีที่ 1 จะมีเพียงหน้าสัมผัสที่ 1 และ 3 เท่านั้นที่ทำงานเพื่อรับกำลังไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าพลังงานทดแทน สำหรับกรณีที่ 2 และ 3 นั้น หน้าสัมผัสที่ 2 และ 4 จะทำงานแทนหน้าสัมผัส 1 และ 3 หรือกล่าวได้ว่าหน้าสัมผัสทั้ง 4 หน้าสัมผัสมีการเปลี่ยนสถานะการทำงานเป็นตรงข้ามจากเงื่อนไขเริ่มต้นการทำงานของอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นเพื่อรับกำลังไฟฟ้าจากการไฟฟ้าเนื่องจากแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนมีค่าต่ำและสูงกว่าค่าที่ออกแบบไว้ ตามลำดับ

การทดสอบการทำงานของอุปกรณ์นี้ทางผู้วิจัยได้ทำการทดสอบการทำงานซ้ำ 20 รอบในแต่ละกรณี ซึ่งได้ผลการทำงานดังตารางที่ 1 ทุกครั้งถือได้ว่าทำงานถูกต้องร้อยละ 100 ของการทดสอบ

การแสดงผลการทำงานของอุปกรณ์

อุปกรณ์เลือกแหล่งจ่ายไฟฟ้าอัตโนมัติ โดยอาร์ดูโนนี้สามารถแสดงผลการทำงานของการทำงานเลือกแหล่งจ่ายไฟฟ้าผ่านทางจอแอลซีดีซึ่งติดตั้งอยู่ที่อุปกรณ์ โดยมีการแสดงผล 4 บรรทัด ในแต่ละบรรทัดมีความหมายดังนี้

บรรทัดที่ 1 แสดงกำลังไฟฟ้า (P1) และแรงดันไฟฟ้าของพลังงานทดแทน

บรรทัดที่ 2 แสดงกำลังไฟฟ้า (P2) และแรงดันไฟฟ้าของการไฟฟ้า

บรรทัดที่ 3 แสดงกำลังไฟฟ้า (P3) และแรงดันไฟฟ้าของโหลด

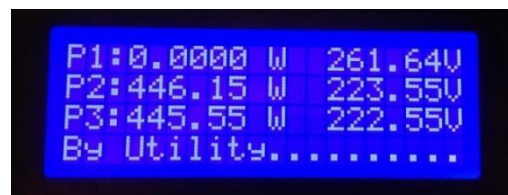
บรรทัดที่ 4 แสดงแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า โดยมี 2 สถานะคือ By Solar Energy คือ ใช้กำลังไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนซึ่งในที่นี้ใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นตัวแทนของพลังงานทดแทนและ By Utility คือ ใช้กำลังไฟฟ้าจากการไฟฟ้า



รูปที่ 5 หน้าจอแอลซีดีแสดงผลกรณีที่ 1



รูปที่ 6 หน้าจอแอลซีดีแสดงผลกรณีที่ 2



รูปที่ 7 หน้าจอแอลซีดีแสดงผลกรณีที่ 3

ผลที่ได้จากแอลซีดี จะพบว่ากรณีนี้ 1 แรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน มีค่าอยู่ที่ 223.42 โวลต์ ซึ่งอยู่ในช่วงที่ออกแบบไว้ ดังนั้นอุปกรณ์เลือกแหล่งจ่ายไฟฟ้าอัตโนมัติจึงเลือกรับกำลังไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายพลังงานทดแทนซึ่งในที่นี้คือพลังงานแสงอาทิตย์โดยแสดงผลของแหล่งจ่ายที่เลือกใช้ในบรรทัดที่ 4 ในขณะที่กรณีนี้ 2 และ 3 มีค่าแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนอยู่ที่ 184.78 และ 261.64 โวลต์ ตามลำดับ ซึ่งอยู่นอกช่วงของแรงดันไฟฟ้าที่ออกแบบไว้ ทำให้อุปกรณ์เลือกแหล่งจ่ายไฟฟ้าเลือกใช้การไฟฟ้าแทนแหล่งจ่ายไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน (รูปที่ 5-7)

ความแม่นยำในการวัดของอุปกรณ์

การวัดความแม่นยำของอุปกรณ์เลือกแหล่งจ่ายอัตโนมัติโดยอาร์ดูโน้นี้ นอกเหนือจากการวัดความสามารถในการทำงานตามเงื่อนไขในตารางที่ 1 แล้ว ในหัวข้อนี้จะได้วัดความแม่นยำของการวัดค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าจากอาร์ดูโน้เทียบกับเครื่องมือวัดมาตรฐาน (มัลติมิเตอร์) ซึ่งผลที่ได้แสดงได้ดังตารางที่ 2 และ 3 ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ผลการวัดแรงดันไฟฟ้าโดยใช้วงจรวัดแรงดันไฟฟ้า

แรงดันไฟฟ้าที่หม้อแปลง (V_{rms})	แรงดันไฟฟ้าวัดโดยโวลต์มิเตอร์ (V_{rms})	แรงดันไฟฟ้าวัดโดยอาร์ดูโน้ (V_{rms})		
		วงจรที่ 1	วงจรที่ 2	วงจรที่ 3
0	0	0.47	0.21	0.44
50	50	50.33	50.48	50.25
100	100	100.16	99.94	100.23
150	150	150.32	150.71	150.74
200	200	200.54	200.85	200.90
250	250	239.77	239.89	238.15

วงจรที่ 1, 2 และ 3 ในตารางที่ 2 คือ ตำแหน่งของวงจรวัดแรงดันไฟฟ้าที่แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน การไฟฟ้าและโหลด ตามลำดับ ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าค่าที่ได้จากวงจรวัดแรงดันไฟฟ้าจะมีค่าคลาดเคลื่อนไปจากการวัดโดยโวลต์มิเตอร์ไม่มากนัก คือ เมื่อปรับค่าแรงดันไฟฟ้าที่หม้อแปลงให้มีขนาด 150 โวลต์ ค่าที่วัดได้จากโวลต์มิเตอร์คือ 150 โวลต์ แต่ค่าที่วัดได้จากวงจรวัดแรงดันไฟฟ้าที่ 1, 2 และ 3 คือ 150.32 โวลต์, 150.71 โวลต์ และ 150.74 โวลต์ ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนไปจากค่าของเครื่องมือวัดเท่ากับ

0.32, 0.71 และ 0.84 โวลต์ คิดเป็นร้อยละ 0.21, 0.47 และ 0.56 ตามลำดับ

ตารางที่ 3 ผลการวัดกระแสไฟฟ้าโดยใช้ซิลด์วัดกระแส

โหลดไฟฟ้ (ดวง)	กระแสไฟฟ้าวัดโดยแอมมิเตอร์ (I_{rms})	กระแสไฟฟ้าวัดโดยอาร์ดูโน้ (I_{rms})		
		ซิลด์ที่ 1	ซิลด์ที่ 2	ซิลด์ที่ 3
0	0.00	0.03	0.05	0.08
1	0.42	0.48	0.45	0.49
2	0.88	0.91	0.90	0.93
3	1.32	1.36	1.34	1.37
4	1.79	1.84	1.82	1.85
5	2.24	2.27	2.29	2.32

เมื่อซิลด์ตัวที่ 1, 2 และ 3 ในตารางที่ 3 คือ ตำแหน่งการวัดกระแสไฟฟ้าประกอบด้วย ตำแหน่งแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน การไฟฟ้าและโหลด ตามลำดับ ซึ่งพบว่าค่าที่ได้จากซิลด์วัดกระแสไฟฟ้าจะมีค่าคลาดเคลื่อนไปจากการวัดโดยแอมมิเตอร์ เช่น การเปิดหลอดไฟ 3 ดวง ค่าที่วัดได้จากแอมมิเตอร์ คือ 1.32 แอมแปร์ แต่ค่าที่วัดได้จากซิลด์วัดกระแสไฟฟ้าตัวที่ 1, 2 และ 3 คือ 1.36, 1.34 และ 1.37 แอมแปร์ ซึ่งจะมีความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ 0.04, 0.02 และ 0.05 แอมแปร์ คิดเป็นร้อยละ 3.03, 1.52 และ 3.79 ตามลำดับ

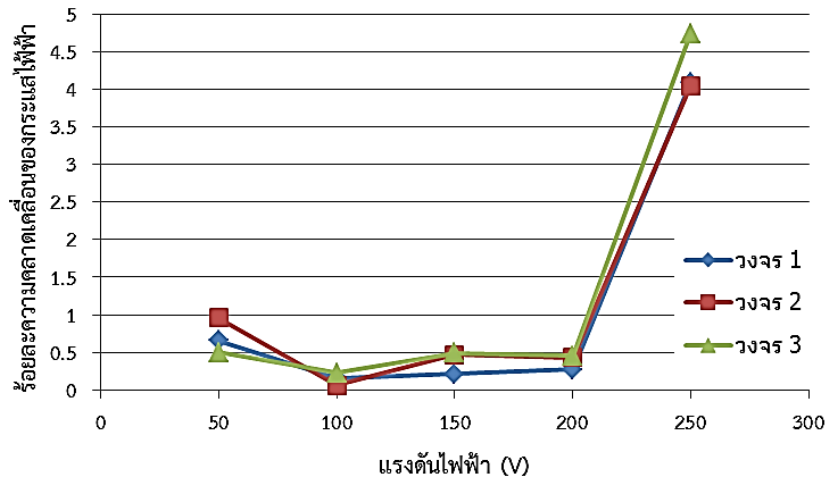
ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นเนื่องจากการใช้อุปกรณ์เลือกแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถแสดงออกในรูปแบบของร้อยละความคลาดเคลื่อนของการวัดที่เกิดขึ้นเทียบกับค่าที่วัดโดยเครื่องมือวัดมาตรฐาน ดังรูปที่ 8 และ 9 ซึ่งแสดงร้อยละความคลาดเคลื่อนของแรงดันและกระแสไฟฟ้า ตามลำดับ

จากผลการทดลองพบว่า ร้อยละของความคลาดเคลื่อนของแรงดันไฟฟ้าจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้น เมื่อขนาดของแรงดันไฟฟ้าที่ทำการวัดมีค่ามากขึ้น ถึงแม้ว่าอย่างไรก็ตามค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนในช่วงแรงดันที่พิจารณามีค่า ไม่เกินร้อยละ 5 ดังนั้นเป็นการยืนยันได้ว่า อุปกรณ์ดังกล่าวสามารถวัดแรงดันไฟฟ้าได้อย่างถูกต้องในระดับความคลาดเคลื่อนไม่เกินร้อยละ 5

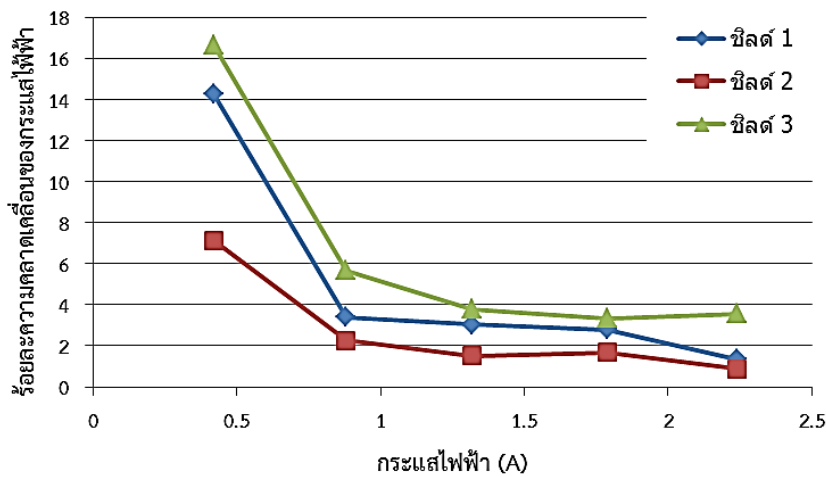
ในกรณีของกระแสไฟฟ้าพบว่า ร้อยละความคลาดเคลื่อนมีค่าลดลงเมื่อกระแสไฟฟ้าในวงจรมีค่าเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นการนำอุปกรณ์นี้ไปใช้กับระบบไฟฟ้าที่มีกระแสไฟฟ้าอย่างน้อย 1 แอมป์แอมแปร์ จะส่งผลทำให้

ความคลาดเคลื่อนในการวัดกระแสไฟฟ้ามักจะมีค่าไม่เกิน ร้อยละ 5 เช่นกัน แต่ทั้งนี้ปริมาณกระแสไฟฟ้าสูงสุดที่

วัดต้องมีค่าไม่เกินค่าพิกัดที่ชิลด์วัดกระแสไฟฟ้ที่เลือกใช้ สามารถทนได้



รูปที่ 8 ร้อยละความคลาดเคลื่อนของการวัดแรงดันไฟฟ้า



รูปที่ 9 ร้อยละความคลาดเคลื่อนของการวัดกระแสไฟฟ้า

สรุปผลการวิจัย

อุปกรณ์เลือกแหล่งจ่ายไฟฟ้าอัตโนมัติโดยใช้บอร์ดอาร์ดูโน้ที่นำเสนอนี้สามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้ คือ กำลังไฟจากพลังงานทดแทนเป็นกำลังไฟอันดับแรกที่ได้รับการพิจารณา ก่อนในการจ่ายกำลังไฟให้กับพื้นที่ และพิจารณา กำลังไฟจากการไฟฟ้าในกรณีที่กำลังไฟจากพลังงานทดแทนไม่เพียงพอต่อความต้องการของโหลด โดยพิจารณาผ่านแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายกำลังไฟ จากพลังงานทดแทน กล่าวคือ ถ้าแรงดันไฟฟ้ามีค่าอยู่ในช่วง 200-240 โวลต์ โหลดจะรับกำลังไฟจากพลังงานทดแทน แต่กรณีที่แรงดันไฟฟ้ามีค่าน้อยกว่า 200 โวลต์หรือมากกว่า 240 โวลต์ โหลดจะได้รับ

กำลังไฟจากการไฟฟ้าแทน ซึ่งอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นนี้มีความสามารถในการทำงานตามเงื่อนไขได้ถูกต้องทุกครั้ง นอกจากนี้จากการศึกษาความคลาดเคลื่อนของการแปลงสัญญาณแรงดันและกระแสไฟฟ้าภายในอุปกรณ์ยังพบว่า มีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกินร้อยละ 5 ของค่าจริง เมื่อพิจารณาเฉพาะช่วงของแรงดันและกระแสไฟฟ้าในการนำอุปกรณ์ไปใช้งาน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ นายจตุรวิทย์ ผื่นปิมปา นางสาวสิริพร ต้นติวชิรฐาภูร นางสาวสัมพันธ์ ดอมไธสง และนางสาวปาริชาติ ทองอุบล ที่ให้ความอนุเคราะห์ช่วยทดสอบอุปกรณ์

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงพลังงาน. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2015. แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 10 ปี (2555 - 2564).
- Bohma, G. and Zech G. 2010. **Introduction to Statistics and Data Analysis for Physicists**. German Electron Synchrotron (Publisher). Zeuthen. pp. 81-104.
- Hudson, G. and Lea, T. 2013. **Measuring AC Voltage with an AC to AC power adapter**. [online] Retrieved From <http://openenergymonitor.org>
- Hudson, G. 2014. **Electricity monitoring library**. [online] Retrieved From <https://github.com>
- Monk, S. 2014. **Programming Arduino Next Steps Going Further with Sketches**. McGraw-Hill Education (Publisher). New York. pp. 1-36.
- Olatomiwa, L. and Olufadi, R. 2014. Design and development of a low cost automatic transfer switch (ATS) with an over-voltage protection. **Journal of Multi-disciplinary Engineering Science and Technology**. 1: 190-196.