การทดสอบระบบเครื่องมือวัดการติดตามและเฝ้าดูการผลิตพลังงานไฟฟ้าของระบบโฟโตโวลตาอิก ชนิดต่อเชื่อมกับกริดของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค แบบออนไลน์

The Experimental System of Monitoring of Electrical Energy Production of Photovoltaic system Connected to The Grid of PEA with Online mode

องอาจ แสดใหม่ สมชัย หิรัญวโรดม
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี รหัสไปรษณีย์ 12110
E-mail: sadmai@gmail.com*

บทคัดย่อ

บทความนี้ มีจุดประสงค์เพื่อนำเสนอการวัดและวิเคราะห์ค่าพลังงานไฟฟ้าของระบบพลังงานแสงอาทิตย์ แบบเชื่อมต่อกับสายส่งกำลังของการไฟฟ้า ทางด้านแรงต่ำ โดยออกแบบและทดสอบเครื่องมือวัดค่าพลังงานไฟฟ้า ผ่านโปรแกรม LabVIEW ทำให้สามารถวัดค่าพลังงานไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าได้ทั้งสองระบบทั้งแบบ ไฟฟ้ากระแสตรง กระแสสลับ การทดสอบและวิเคราะห์ระบบที่ได้ติดตั้ง ปรากฏว่า สามารถวัดค่าพลังงานไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า ได้จริงตามที่ต้องการ โดยสามารถแสดงรูปค่าของแรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าได้ ในรูปของรูปคลื่นสัญญาณทางไฟฟ้าที่เหมาะสม ทั้งนี้ได้ทำการเปรียบเทียบกับเครื่องมือวัดที่เหมาะสมพบว่า ค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าที่วัดได้มีค่าใกล้เคียงกัน เหมาะสมกับการนำไปใช้ในงานทางด้านการวิเคราะห์กำลังไฟฟ้าอื่นๆต่อไป

คำหลัก พลังงานแสงอาทิตย์ พารามิเตอร์ทางไฟฟ้า ระบบโฟโตโวลตาอิก ระบบไฟฟ้าแรงต่ำ

1. บทนำ

เนื่องจากปัจจุบันมีการใช้พลังงานที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้เชื้อเพลิงที่ใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้า เช่นก๊าซธรรมชาติ ใกล้จะหมดไป รวมทั้งน้ำมันและถ่านหินทำให้ต้องมีการหาพลังงานทางเลือกใหม่มาแก้ไขปัญหาที่จะเกิดขึ้นนี้ พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นอีกพลังงานทางเลือกหนึ่งที่สะอาดปราศจากมลภาวะเป็นพิษ อันที่จะก่อให้เกิดสภาวะเรือนกระจก ไม่ก่อให้เกิดก๊าซพิษ เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Co_2) ที่เกิดจากการเผาไหม้ของถ่านหิน น้ำมันเชื้อเพลิง ก๊าซธรรมชาติ ที่ใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้า ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดสภาวะเรือนกระจก และทำให้เกิดปัญหาอยู่ในขณะนี้เรื่องของ สภาวะโลกร้อน (Green house Effect) การพัฒนาแหล่งพลังงานที่สะอาดปราศจากมลพิษ เพื่อลดการใช้พลังงานจากน้ำมันเป็นงานที่ต้องทำอย่างเร่งด่วน โดยที่โครงการพลังงานทดแทนทั้งหมด โครงการผลิตพลังงานจากแสงอาทิตย์เป็นโครงการที่เหมาะสมโครงการหนึ่ง เนื่องจากเป็นแหล่งพลังงานที่ไม่สิ้นสุด มีอยู่ทั่วไป การวัดค่าพลังงานไฟฟ้า ที่ได้จากระบบพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นไฟฟ้ากระแสตรงสามารถทำได้ง่าย แต่อาจจะไม่สะดวกในการวัดค่ากำลังไฟฟ้า และพลังงานไฟฟ้าในการบันทึกการใช้งาน ซึ่งต้องการเครื่องมือวัดเฉพาะทางในการวัดและการวัดค่าพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ ต้องการเครื่องมือวัดเฉพาะทางซึ่งมีราคาสูง ต้องการความรู้ทางด้านวิศวกรรม งานวิจัยดังกล่าวนี้ต้องการแสดงให้เห็นการใช้เครื่องมือวัด และการพัฒนาระบบเครื่องมือวัดด้วยโปรแกรม LabVIEW [1] การแสดงผลด้วยโปรแกรมมีความสวยงาม และอเนกประสงค์

2. การออกแบบระบบ

2.1 การออกแบบเครื่องมือวัด

การออกแบบโปรแกรม LabVIEW ทำได้ด้วยการเลือกระบบไฟฟ้าที่ต้องการวัด โดยแบ่งออกเป็นระบบไฟฟ้ากระแสตรงและระบบไฟฟ้ากระแสสลับ

การออกแบบระบบวัดไฟฟ้ากระแสตรง

- ระบบไฟฟ้ากระแสตรงได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยตรง ทำให้ มีค่าระดับแรงดันไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก ทำให้สามารถควบคุมระดับแรงดันที่ต้องการวัดได้โดยง่ายการวัดแรงไฟฟ้ากระแสตรงใช้ Voltage Divider ในการวัด กระแสไฟฟ้าที่ต้องการวัดมีค่าสูงสุด 16A ใช้ Current Shunt มาทำการวัด

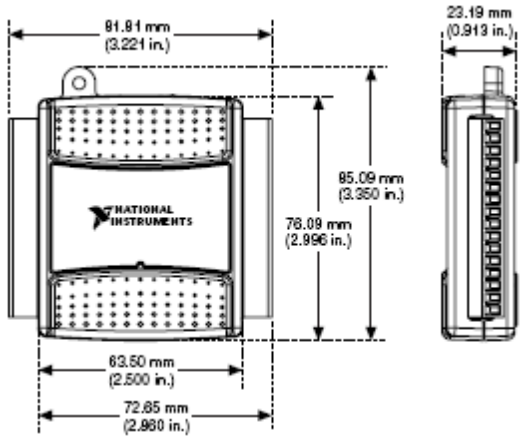
การออกแบบระบบวัดไฟฟ้ากระแสสลับ

- ระบบไฟฟ้ากระแสสลับได้จาก เครื่องแปลงกระแส (Inverter) ซึ่งแรงดันไฟฟ้าที่ต้องการวัดอยู่ที่ 210 – 240 โวลต์ จึงเลือกใช้หม้อแปลงไฟฟ้า ขนาดเล็กเป็นตัวแปลงแรงดันไฟฟ้าให้มีระดับแรงดันที่สามารถใช้กับเครื่องมือวัดได้ โดยเลือกใช้หม้อแปลงขนาด 220V-6V มาลดระดับแรงดันไฟฟ้าก่อนเข้าเครื่องมือวัด การวัดกระแสไฟฟ้าทางด้าน ไฟฟ้ากระแสสลับจะใช้ Current Transformer (CT) ในการขนาดกระแสไฟฟ้า โดยมีขนาด 50/5A

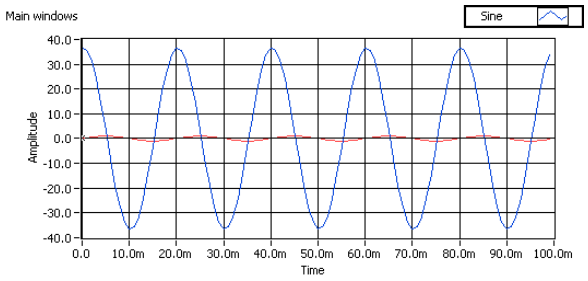
การออกแบบระบบวัดไฟฟ้ากระแสสลับ

- เครื่องเก็บข้อมูลทางไฟฟ้า Daq (Data Acquisition) ใช้ของ National Instrument (NI) รุ่น USB-6008 ซึ่งสามารถรับอินพุตได้ถึง 4 ช่อง (Channel) ทำให้ทำการวัดแรงดันไฟฟ้าและ

กระแสไฟฟ้าได้ เพื่อทำการวัดและคำนวณค่าทางสัญญาณไฟฟ้าได้ดี



รูปที่ 1 DAQ USB-6008 (Data Acquisition)



รูปที่ 2 ตัวอย่างการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าในระบบแรงต่ำ กระแสสลับ เฟสเดียว

3. สูตรในการคำนวณ

$$P = VI \tag{1}$$

เมื่อ P คือกำลังไฟฟ้ากระแสตรง
V คือแรงดันไฟฟ้า
I คือกระแสไฟฟ้า

$$P = VI\cos\theta \tag{2}$$

เมื่อ P คือกำลังไฟฟ้ากระแสสลับ
V คือแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ
I คือไฟฟ้ากระแสสลับ
θ คือมุมต่างเฟสของกระแสและแรงดัน

$$S = VI \tag{3}$$

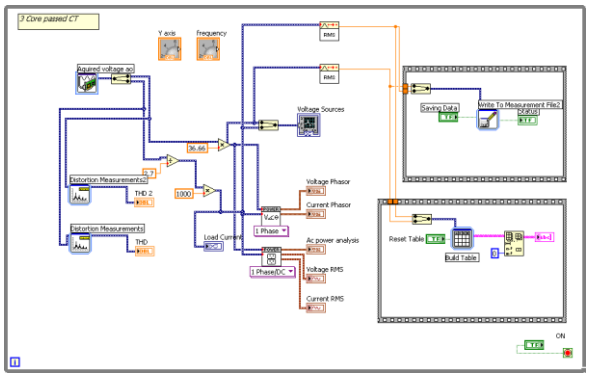
เมื่อ S คือกำลังไฟฟ้ากระแสสลับ
V คือแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ
I คือไฟฟ้ากระแสสลับ

$$Q = VI\sin\theta \tag{4}$$

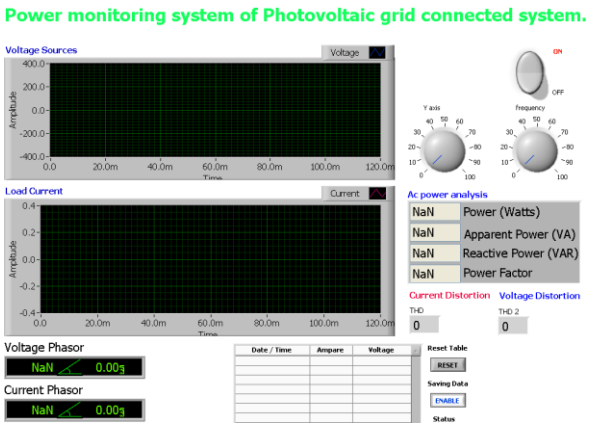
เมื่อ Q คือกำลังไฟฟ้ากระแสสลับ
V คือแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ
I คือไฟฟ้ากระแสสลับ
θ คือมุมต่างเฟสของกระแสและแรงดัน

4. การออกแบบวงจรไฟฟ้าของ LabVIEW

การออกแบบ Blog Diagram ของโปรแกรม LabVIEW แสดงให้เห็นดังรูปที่ 3 ซึ่งจากรูปจะมีส่วนที่เป็น ส่วนที่รับสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับ จาก NI DAQ มาเพื่อทำการคำนวณ โดยส่งค่าพารามิเตอร์ต่างๆไปยังส่วนที่มีการคำนวณ กำลังไฟฟ้า และส่งผ่านไปแสดงผลที่หน้าจอ

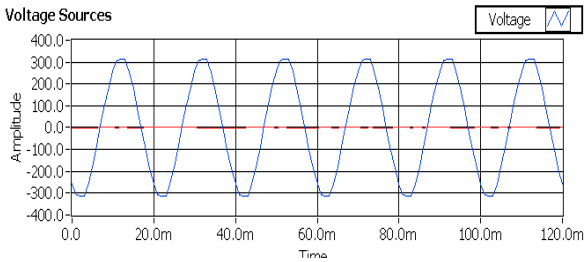


รูปที่ 3 Blog Diagram ของ LabVIEW



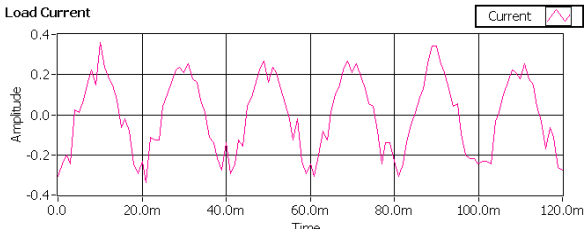
รูปที่ 4 หน้าจอของระบบที่ได้ออกแบบ

จากรูปที่ 4 แสดงให้เห็นถึงหน้าจอของโปรแกรมที่ได้ออกแบบไว้ ประกอบไปด้วย หน้าจอสำหรับแสดงรูปคลื่นของแรงดันและกระแส สำหรับโหลดที่ต้องการวัด และสามารถแสดงขนาดของแรงดันและกระแสไฟฟ้า ได้ด้วยค่า RMS (Root mean square) หรือค่าประสิทธิผล พร้อมมุมต่างเฟส ของแรงดันและกระแส ซึ่งสามารถแสดงค่า กำลังไฟฟ้าได้ทั้งแบบ กำลังไฟฟ้าจริง กำลังไฟฟ้าเหนี่ยวนำ กำลังไฟฟ้าปรากฏ รวมทั้งตัวประกอบกำลังของระบบได้อีกด้วย

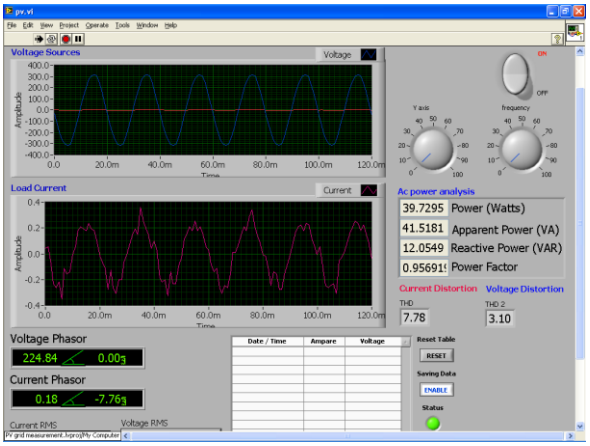


รูปที่ 5 ค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ

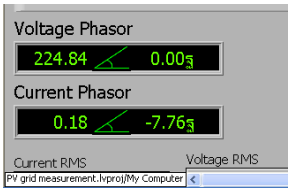
จากรูปที่ 5 แสดงการวัดค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220V เมื่อแรงดันสูงสุดที่วัดได้คือ 320V คือแรงดันสูงสุดที่วัดได้ ขนาดแรงดันประสิทธิผล (V_{rms}) 225V ความถี่ 50Hz หรือคาบเวลา 20ms สำหรับค่ากระแสไฟฟ้าสามารถวัดได้ ตามรูปที่ 6



รูปที่ 6 ขนาดรูปคลื่นกระแสของพัดลมตั้งโต๊ะ

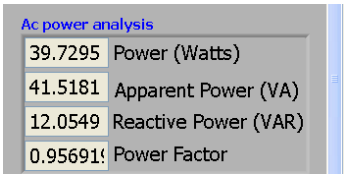


รูปที่ 7 ข้อมูลระบบไฟฟ้าที่วัดได้จากพัดลม



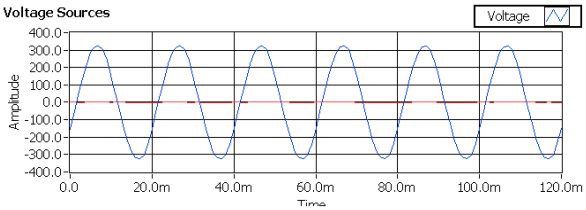
รูปที่ 8 แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ V_{rms} และกระแสโหลด I_{rms}

จากรูปที่ 8 เป็นค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสใช้งานของพัดลมที่วัดและแสดงจากหน้าจอของโปรแกรม

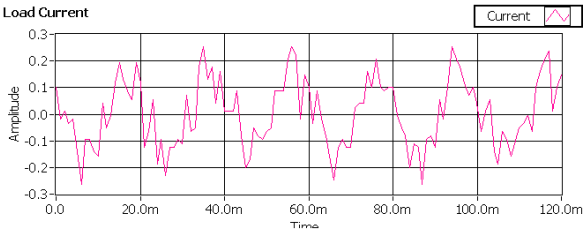


รูปที่ 9 ค่ากำลังไฟฟ้า P, Q, S

กำลังไฟฟ้าที่วัดได้จากโปรแกรม ทำให้ทราบว่า พัดลมใช้กำลังไฟฟ้าขนาด 39.73 วัตต์ มีตัวประกอบกำลังประมาณ 0.95 โดยเป็นโหลดประเภทเหนี่ยวนำ (Inductive load)

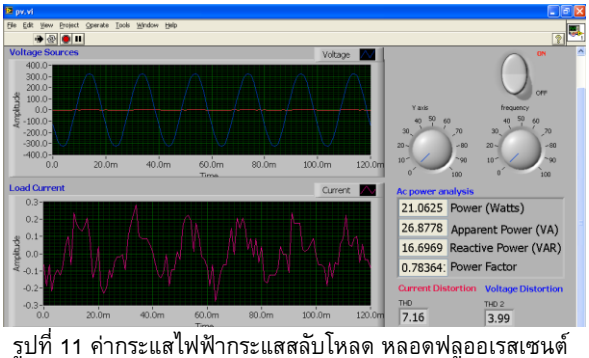


รูปที่ 10 ค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับโหลด หลอดฟลูออเรสเซนต์ 18 วัตต์บัลลาสต์แบบอิเล็กทรอนิกส์



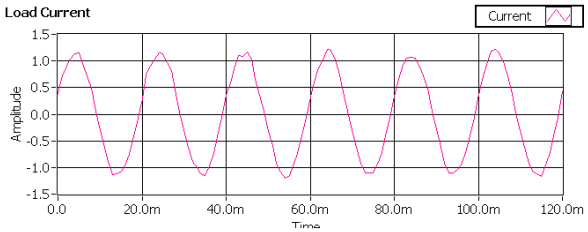
รูปที่ 11 ค่ากระแสไฟฟ้ากระแสสลับโหลด หลอดฟลูออเรสเซนต์ 18 วัตต์บัลลาสต์แบบอิเล็กทรอนิกส์

จากรูปที่ 10, 11 แสดงให้เห็นถึงค่ากระแสไฟฟ้าของหลอดไฟ ที่ใช้บัลลาสต์แบบอิเล็กทรอนิกส์ ทำให้พบว่ารูปคลื่นของกระแสไฟฟ้า จะมีรูปร่างที่เปลี่ยนไปมากเมื่อเทียบกันกับรูปคลื่นของแรงดันที่วัดได้ โดยมีค่าผิดเพี้ยนของรูปคลื่นที่ ร้อยละ 7.16



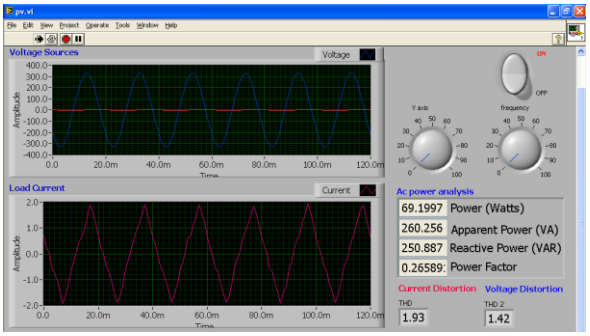
รูปที่ 11 ค่ากระแสไฟฟ้ากระแสสลับโหลด หลอดฟลูออเรสเซนต์

18 วัตต์บัลลาสต์แบบอิเล็กทรอนิกส์

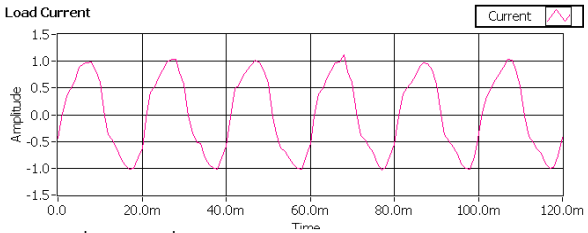


รูปที่ 12 ค่ากระแสไฟฟ้ากระแสสลับโหลด หลอดไส้ 100 วัตต์

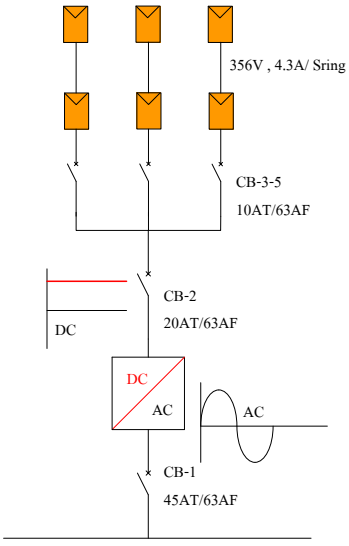
จากรูปที่ 12 แสดงให้เห็นถึงค่ากระแสไฟฟ้าของหลอดไส้ขนาด 200 วัตต์ ซึ่งมีขนาดกระแสประมาณ 0.85 แอมป์



รูปที่ 13 แสดงให้เห็นถึงค่ากระแสไฟฟ้าของหลอด Sodium 110W



รูปที่ 14 รูปคลื่นกระแสไฟฟ้าของหลอด Sodium 110W



รูปที่ 15 ระบบไฟฟ้าของระบบโฟโตโวลตาอิกกับกริดของการไฟฟ้าระบบแรงต่ำ (220V)

จากรูปที่ 15, 16 แสดงให้เห็นถึงระบบไฟฟ้าของระบบโฟโตโวลตาอิก ขนาด 10kW [2] ซึ่งจะใช้ในการติดตั้งระบบเครื่องมือวัดค่าพลังงานไฟฟ้า โดยรูปที่ 15 ระบบไฟฟ้าที่จะติดตั้งเครื่องมือวัดที่จ่ายออกไปยังโหลดทางด้านกระแสสลับ

รูปที่ 16 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ในการติดตั้งเครื่องมือวัด

6. สรุป

จากการทดลองที่ผ่านมา ได้ทำการทดสอบโปรแกรมที่ได้ออกแบบไว้ ด้วยการวัดค่า แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ตัวประกอบกำลัง กำลังไฟฟ้า ของการใช้ไฟฟ้าของโหลดต่างๆเช่น พัดลม หลอดฟลูออเรสเซนต์ หลอดไส้ และหลอด High pressure sodium lamp 110 วัตต์พบว่าค่าที่ได้สามารถนำไปใช้งานเพื่ออ้างอิง การใช้กำลังไฟฟ้าของโหลดต่างๆได้ดี เมื่อได้นำระบบเครื่องมือวัดนี้ไปติดตั้งกับ ระบบโฟโตโวลตาอิกแบบเชื่อมต่อกับสายส่งกำลังไฟฟ้า (แรงต่ำ) ซึ่งมีการจ่ายให้กับโหลดมอเตอร์ปั๊มน้ำขนาด 30kW พบว่าสามารถวัดการจ่ายกำลังไฟฟ้าของระบบโฟโตโวลตาอิกได้ตลอดเวลาที่ทำการทดสอบ และค่าที่วัดได้ สามารถเก็บบันทึกไว้เพื่อนำมาวิเคราะห์ได้ภายหลังอีกด้วย อย่างไรก็ดี การใช้เครื่องมือวัดนี้ ยังต้องมีการพัฒนาอีกมาก เนื่องจากการส่งข้อมูลผ่านระบบไร้สายยังไม่มั่นคง ทำให้การแสดงผลเป็นรูปสัญญาณไฟฟ้ายังมีปัญหาอยู่ ซึ่งอยู่ในขั้นตอนการวิเคราะห์เพื่อแก้ปัญหา

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (วช)

เอกสารอ้างอิง

[1] http://www.ni.com

[2] องอาจ แสดใหม่ และสมชัย หิรัญวโรดม. 2553 “การจำลองและวิเคราะห์ก่อนการติดตั้งจริงของระบบพลังงานแสงอาทิตย์ 10 kW_p สำหรับมอเตอร์ปั๊มน้ำพุ 3 เฟสเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า” การประชุมวิชาการพลังงานแห่งชาติ ครั้งที่ 1, กรุงเทพ, ประเทศไทย 18 – 19 กุมภาพันธ์ 2553