



การพัฒนาสมาร์ตมิเตอร์ตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าในสวนพลังงานของมหาวิทยาลัย  
ราชภัฏกำแพงเพชร

Development of Smart Meter for Electricity Consumption in Energy Park,  
KamphaengPhetRajabhat University

ภาคิน มณีโชติ\*

Pakin Maneechot

วัชร วงศ์ปัญญา\*\*

Watchara Wongpanyo

บุญวัฒน์ วิจารย์พล\*\*

Bunyawat Vichanpol

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการสร้างสมาร์ตมิเตอร์ตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าในสวนพลังงานให้มีความคลาดเคลื่อนของเซ็นเซอร์วัดกระแสไฟฟ้าได้เที่ยงตรงเมื่อเปรียบเทียบกับ Clamp Meter ซึ่งอุปกรณ์ไฟฟ้า(load)ที่ใช้ในการทดลองนี้ ได้แก่ หัวแรงแบตเตอรี่ พัดลมไอน้ำและโปรเจกเตอร์ผลการทดลองพบว่าความคลาดเคลื่อนของเซ็นเซอร์วัดกระแสเปรียบเทียบกับ Clamp Meter จากผลรวมโหลด คือ หัวแรงแบตเตอรี่ พัดลมไอน้ำ และโปรเจกเตอร์ ผลคือ Clamp Meter อ่านค่าได้ 0.56 A จากเซ็นเซอร์วัดกระแสอ่านค่าได้อยู่ในช่วง 0.56-0.57 A คิดเป็นความคลาดเคลื่อน 1.75 %ทดสอบโดยวัดจากโหลดหัวแรงแบตเตอรี่ Clamp Meter อ่านค่าได้ 0.04 A จากเซ็นเซอร์วัดกระแสอ่านค่าได้อยู่ในช่วง 0.04 -0.05 A คิดเป็นความคลาดเคลื่อน 25.00 % วัดจากโหลดพัดลมไอน้ำ Clamp Meter อ่านค่าได้ 0.14 A จากเซ็นเซอร์วัดกระแสอ่านค่าได้อยู่ในช่วง 0.14-0.15 A คิดเป็นความคลาดเคลื่อน 7.14 % วัดจากโหลดโปรเจกเตอร์ Clamp Meter อ่านค่าได้ 0.30 A จากเซ็นเซอร์วัดกระแสอ่านค่าได้อยู่ในช่วง 0.30-0.31 A คิดเป็นความคลาดเคลื่อน 3.33 %

คำสำคัญ : สมาร์ตมิเตอร์ / การอ่านมิเตอร์อัตโนมัติ / ไมโครคอนโทรลเลอร์ / การจัดการพลังงาน

\*นักศึกษาหลักสูตรปริญญาตรีบัณฑิต สาขาการจัดการพลังงานและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยพะเยา

\*\*อาจารย์ประจำวิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยพะเยา

### ABSTRACT

This research is to create a smart meter to measure the electrical energy consumption in a power plant. The accuracy of the power meter is compared with the clamp meter. The load used in this test is: Soldering iron, steam fan and projector. The results show that the tolerances of the current sensors compared to the Clamp Meter from the load sum are soldering iron, steam fans and projectors. The result is Clamp Meter readings of 0.56 A from the current sensing sensor in the range 0.56 - 0.57 A (the error of 1.75%). The current of soldering iron load was measured by Clamp Meter is 0.04 A form Current Sensor 0.04 - 0.05 A (the error 25.00 %). The current of steam fan load was measured by Clamp Meter is 0.14 A form Current Sensor 0.14-0.15 A (the error 7.14 %). The current of projector load was measured by Clamp Meter is 0.30 A form Current Sensor 0.30-0.31 A (the error 3.33 %).

**Keywords : Smart Mmeter / Automatic Meter Reading / Microcontroller / Energy Management**

### บทนำ

เทคโนโลยีการจัดการพลังงาน มีหลากหลายรูปแบบซึ่งรูปแบบที่น่าสนใจในปัจจุบันที่นำมาใช้งานคือ ระบบ Smart Grid ซึ่งเป็นระบบที่มีความฉลาดที่สามารถรวมการทำงานต่าง ๆ ของโครงข่ายไฟฟ้า ที่เกี่ยวข้องไว้ด้วยกันเพื่อเชื่อมโยงผู้ผลิตและผู้บริโภคเข้าด้วยกัน ให้เกิดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีความมั่นคง ปลอดภัย เชื่อถือได้ มีคุณภาพ ในการผลิตและบริโภค ระบบ Smart Grid เป็นระบบที่รวมเทคโนโลยีมา ใช้บริหารทรัพยากรที่มีให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด (Ezennaya, S.O., 2013) ได้แก่ เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (Information and Communication Technology, ICT) ระบบมิเตอร์อัจฉริยะหรือ สมาร์ทมิเตอร์ (Advance Metering Infrastructure, AMI) ระบบบริหารจัดการด้านความต้องการ (Demand Side Management, DSM), รถยนต์ไฟฟ้า (Electric Car), การเก็บรักษาพลังงาน (Storage) และระบบแหล่งผลิตไฟฟ้ากระจายตัว (Distributed Generation, DG) เป็นต้น ประกอบเป็นโครงข่ายไฟฟ้าในอนาคตโดยการประยุกต์ใช้หลากหลายเทคโนโลยีเพื่อความยั่งยืนของการใช้พลังงานในชุมชน (Khamfoy, S. & Hirunyakitti, V., 2015)

มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชรเป็นหน่วยงานที่เสียค่าไฟฟ้าในแต่ละเดือนค่อนข้างสูงเพราะยังไม่มีระบบการจัดการไฟฟ้าที่ดี และตามมติคณะรัฐมนตรี เมื่อวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2556 กำหนดให้หน่วยงานต่างๆ ช่วยกันประหยัดพลังงานโดยเฉพาะส่วนราชการต้องประหยัดพลังงานลดลง 10% หากหน่วยงานใดใช้ไฟฟ้าเกิน 15% ต้องถูกตัดลดงบประมาณประจำปีในปีต่อไปมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชรจึงขอความร่วมมือจากหน่วยงานต่างๆ ภายในมหาวิทยาลัย เพื่อดำเนินการตามมติดังกล่าว ผู้วิจัยเล็งเห็นความสำคัญในการลดใช้พลังงาน การอนุรักษ์พลังงาน และการจัดการพลังงานในหน่วยงานให้เกิดประโยชน์สูงสุด เพื่อลดค่าไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ดังนั้นผู้วิจัยจึงอยากจะทำปัญหาการใช้พลังงานแบบสิ้นเปลือง ลดการใช้พลังงานภายในสวนพลังงานของมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชรเพื่อเป็นต้นแบบการใช้เทคโนโลยีการจัดการพลังงาน โดยใช้ระบบเทคโนโลยีสมาร์ตกริดซึ่งเป็นระบบการจัดการพลังงานที่มีประสิทธิภาพ (Saving, E., 2012)

สมาร์ตมิเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่สามารถใช้ตรวจวัดปริมาณไฟฟ้าสามารถควบคุมการส่งจ่ายไฟฟ้าผ่านระบบอินเทอร์เน็ต ผ่านโทรศัพท์มือถือโดยไม่ต้องใช้เจ้าหน้าที่มาจดมิเตอร์ สามารถ เปิด-ปิดการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้า

ได้อย่างอัตโนมัติ (กิตติวุฒิ, ธงชัย และกฤตวิทย์, 2557) ตามลำดับความสำคัญที่เราได้ตั้งโปรแกรมไว้ บทความวิจัยฉบับนี้ผู้วิจัยสร้างสมาร์ทมิเตอร์ตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยใช้เทคนิคการคาลิเบรทเซ็นเซอร์ให้อ่านค่าปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่มีความคลาดเคลื่อนของเซ็นเซอร์วัดกระแสใกล้เคียงกับ Clamp Meter มากที่สุดเพื่อจะได้สมาร์ทมิเตอร์ที่มีคุณภาพ (Pensook, T., et al., 2015) ใช้บริหารจัดการไฟฟ้าที่ใช้ในสวนพลังงานของมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชรได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเป็นแนวทางไปสู่การติดตั้งระบบสมาร์ตกริดในอนาคตเพื่อเป็นแหล่งเรียนรู้เทคโนโลยีสมาร์ตกริด



ภาพที่ 1 สมาร์ทมิเตอร์

### วิธีดำเนินการวิจัย

1. ออกแบบอัลกอริทึมของสมาร์ทมิเตอร์
2. ออกแบบและสร้างสมาร์ทมิเตอร์ตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าในสวนพลังงานของมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
3. วิเคราะห์ผลการทดลองการเปรียบเทียบวัดกระแสระหว่างเซ็นเซอร์วัดกระแสกับ Clamp Meter
4. สรุปผลและอภิปราย

### ผลการทดสอบ

จากการทดสอบเปรียบเทียบค่าการวัดระหว่างเซ็นเซอร์วัดกระแสกับ Clamp Meter มีความคลาดเคลื่อน  $\pm 20\%$  จึงต้องมีการ Calibrate ค่าที่ได้จากเซ็นเซอร์วัดกระแสเพื่อให้ความแม่นยำตรงขึ้น

การเปรียบเทียบ ค่าปริมาณที่ไม่ทราบกับค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ในการใช้เครื่องมือวัดไฟฟ้าควรหลีกเลี่ยงค่าผิดพลาด(error)ซึ่งค่าผิดพลาดหมายถึงค่าที่วัดได้ผิดพลาดไปจากค่าจริงมากหรือน้อยโดยสูตรคำนวณการหาค่าผิดพลาดดังนี้(อนุรักษ์, 2557)

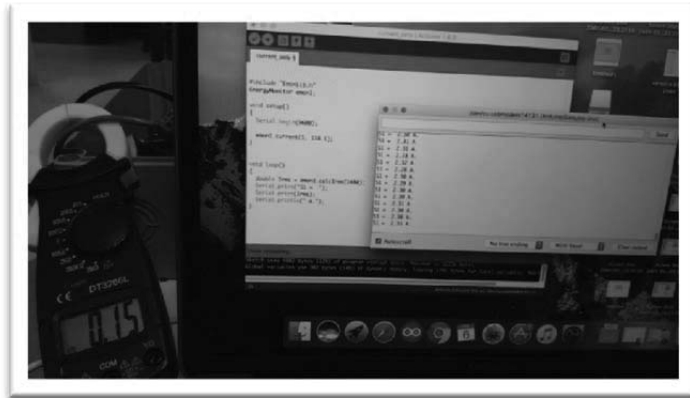
โดย  $\% \text{ error} = 100\% - \% \text{ accuracy}$

หรือ  $\% \text{ error} = \frac{y_n - x_n}{y_n} \times 100$

เมื่อ  $e =$  ค่าความผิดพลาดของเครื่องวัด

$y_n =$  ค่าที่แท้จริงของการวัด (measure value)

$x_n =$  ค่าที่อ่านได้จากการวัด (true value)



ภาพที่ 2 การอ่านค่าจากเซ็นเซอร์วัดกระแสก่อน Calibrate

จากการอ่านค่ากระแสจาก Clamp Meter วัดได้ 0.14 A จากการอ่านค่ากระแสจากเซ็นเซอร์วัดกระแสได้ 2.31 A (ยังไม่ได้ Calibrate) จึงนำมาหาค่าความคลาดเคลื่อน

$$\text{จากสูตร } \% \text{ error} = \frac{y_n - x_n}{y_n} \times 100$$

$$= \frac{0.14 - 2.31}{0.14} \times 100$$

$$\% \text{ error} = 1,550 \%$$

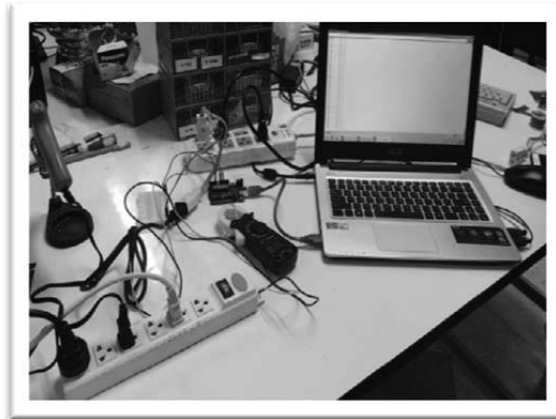
มีค่าความคลาดเคลื่อนจากเซ็นเซอร์ ถึง 1,550 % เมื่อเปรียบเทียบกับ Clamp Meter จึงจำเป็นต้องมีการ Calibrate เซ็นเซอร์วัดกระแสให้ค่าที่อ่านได้มีความใกล้เคียงกัน ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 จากการอ่านค่ากระแสจากแอมมิเตอร์หลังจาก Calibrate

การอ่านค่ากระแสจากแอมมิเตอร์หลังจาก Calibrate แล้ววัดได้ 0.14 A ค่ากระแสจากเซ็นเซอร์วัดกระแสได้ 0.13 A มีความคลาดเคลื่อน 7.14%

ต้องตรวจสอบเซ็นเซอร์วัดกระแสเปรียบเทียบกับ Clamp Meter โดยวัดจากโหลด 3 ตัว คือ หัวเร่ง บัคกรี พัดลมไอน้ำ และโปรเจคเตอร์ ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 การต่อเซ็นเซอร์วัดกระแสเปรียบเทียบกับ Clamp Meter

#### ผลการวิจัย

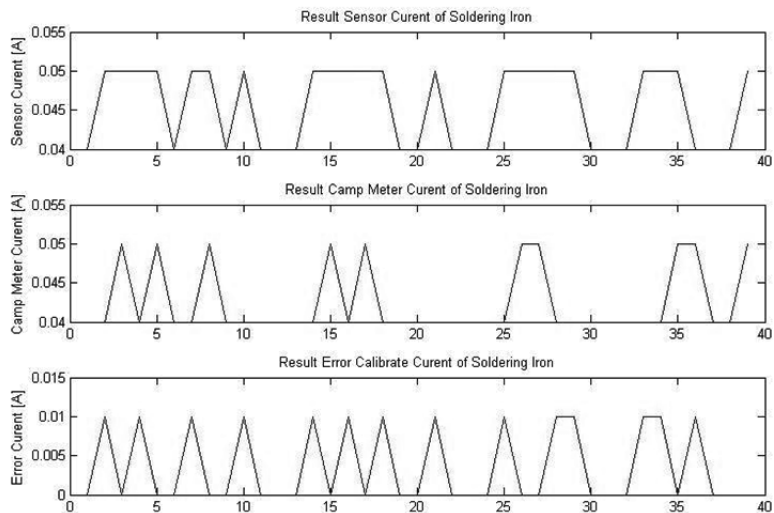
ผลการวิจัยการ calibrate เซ็นเซอร์วัดไฟโดยทดสอบเซ็นเซอร์วัดกระแสจากโหลด 3 ตัว คือ หัวแร้งบัดกรี พัดลมไอน้ำ และโปรเจกเตอร์หาความคลาดเคลื่อนของเซ็นเซอร์วัดกระแสเปรียบเทียบกับ Clamp Meter

ผลการทดสอบการหาความคลาดเคลื่อนของเซ็นเซอร์วัดกระแสเปรียบเทียบกับ Clamp Meter

1. ทดสอบการหาความคลาดเคลื่อนของเซ็นเซอร์วัดกระแสจากหัวแร้งบัดกรีเปรียบเทียบกับ Clamp Meter

|                |   |      |    |
|----------------|---|------|----|
| Soldering iron | = | 0.04 | A. |
| Soldering iron | = | 0.05 | A. |
| Soldering iron | = | 0.05 | A. |
| Soldering iron | = | 0.05 | A. |
| Soldering iron | = | 0.05 | A. |
| Soldering iron | = | 0.04 | A. |
| Soldering iron | = | 0.05 | A. |
| Soldering iron | = | 0.05 | A. |
| Soldering iron | = | 0.04 | A. |
| Soldering iron | = | 0.05 | A. |
| Soldering iron | = | 0.04 | A. |
| Soldering iron | = | 0.04 | A. |
| Soldering iron | = | 0.04 | A. |
| Soldering iron | = | 0.05 | A. |
| Soldering iron | = | 0.05 | A. |
| Soldering iron | = | 0.05 | A. |
| Soldering iron | = | 0.05 | A. |
| Soldering iron | = | 0.05 | A. |
| Soldering iron | = | 0.04 | A. |
| Soldering iron | = | 0.04 | A. |
| Soldering iron | = | 0.05 | A. |
| Soldering iron | = | 0.04 | A. |
| Soldering iron | = | 0.04 | A. |
| Soldering iron | = | 0.04 | A. |
| Soldering iron | = | 0.04 | A. |
| Soldering iron | = | 0.05 | A. |
| Soldering iron | = | 0.05 | A. |
| Soldering iron | = | 0.05 | A. |
| Soldering iron | = | 0.04 | A. |
| Soldering iron | = | 0.04 | A. |
| Soldering iron | = | 0.04 | A. |
| Soldering iron | = | 0.04 | A. |
| Soldering iron | = | 0.05 | A. |

ภาพที่ 5 ผลการวัดเซ็นเซอร์วัดกระแสจากหัวแร้งบัดกรี



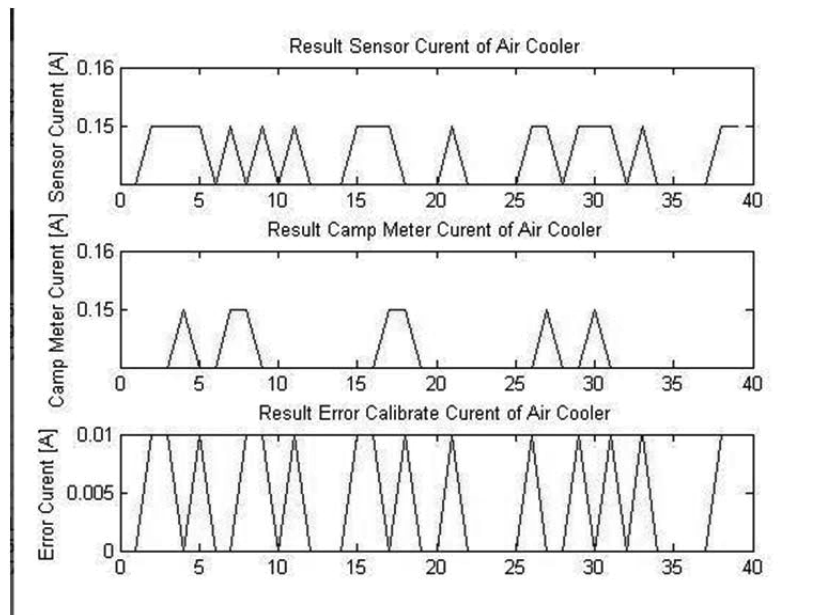
ภาพที่ 6 กราฟเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของเซ็นเซอร์วัดกระแสเปรียบเทียบกับ Clamp Meter จากโหลด หัวแร้งบัดกรี

ผลทดสอบการหาความคลาดเคลื่อนของเซ็นเซอร์วัดกระแสเปรียบเทียบกับ Clamp Meter จาก โหลด หัวแร้งบัดกรีผลคือ Clamp Meter อ่านค่าได้ 0.04 A จากเซ็นเซอร์วัดกระแสอ่านค่าได้อยู่ในช่วง 0.04-0.05 A คิดเป็นความคลาดเคลื่อน 25.00 %

2. ทดสอบการหาความคลาดเคลื่อนของเซ็นเซอร์วัดกระแสจากพัดลมไอน้ำเปรียบเทียบกับ Clamp Meter

|     |       |    |
|-----|-------|----|
| Fan | =0.14 | A. |
| Fan | =0.15 | A. |
| Fan | =0.15 | A. |
| Fan | =0.15 | A. |
| Fan | =0.15 | A. |
| Fan | =0.14 | A. |
| Fan | =0.15 | A. |
| Fan | =0.14 | A. |
| Fan | =0.15 | A. |
| Fan | =0.14 | A. |
| Fan | =0.15 | A. |
| Fan | =0.14 | A. |
| Fan | =0.14 | A. |
| Fan | =0.14 | A. |
| Fan | =0.15 | A. |
| Fan | =0.15 | A. |
| Fan | =0.15 | A. |
| Fan | =0.14 | A. |
| Fan | =0.14 | A. |
| Fan | =0.14 | A. |
| Fan | =0.15 | A. |
| Fan | =0.15 | A. |
| Fan | =0.14 | A. |
| Fan | =0.15 | A. |
| Fan | =0.15 | A. |
| Fan | =0.15 | A. |
| Fan | =0.14 | A. |
| Fan | =0.15 | A. |
| Fan | =0.14 | A. |
| Fan | =0.14 | A. |
| Fan | =0.14 | A. |
| Fan | =0.15 | A. |
| Fan | =0.15 | A. |

ภาพที่ 7 ผลการวัดเซ็นเซอร์วัดกระแสจากพัดลมไอน้ำ



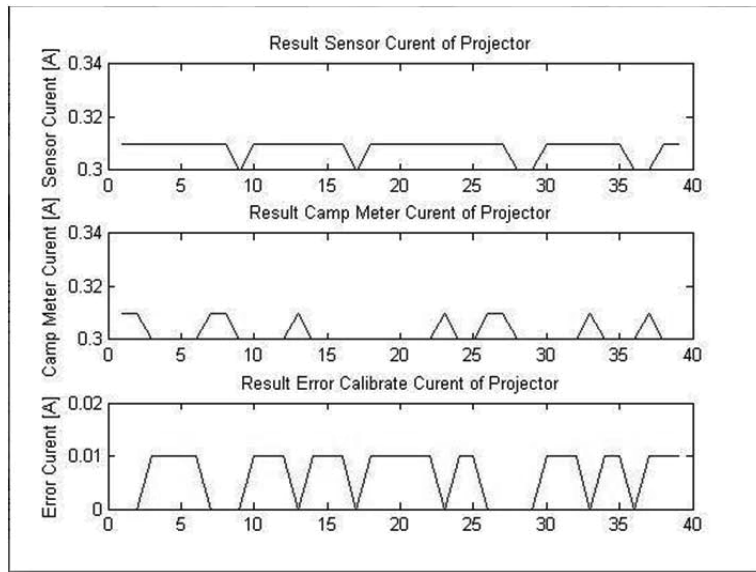
ภาพที่ 8 กราฟเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของเซ็นเซอร์วัดกระแสเปรียบเทียบกับ Clamp Meter จากโหลด  
พัดลมไอน้ำ

ผลทดสอบการหาความคลาดเคลื่อนของเซ็นเซอร์วัดกระแสเปรียบเทียบกับ Clamp Meter จากโหนด พัดลมไอน้ำผลคือ Clamp Meter อ่านค่าได้ 0.14 A จากเซ็นเซอร์วัดกระแสอ่านค่าได้อยู่ในช่วง 0.14 - 0.15 A คิดเป็นความคลาดเคลื่อน 7.14 %

3. ทดสอบการหาความคลาดเคลื่อนของเซ็นเซอร์วัดกระแสจากพัลล์มโปรเจกเตอร์เปรียบเทียบกับ Clamp Meter

|           |       |    |
|-----------|-------|----|
| Projector | =0.31 | A. |
| Projector | =0.31 | A. |
| Projector | =0.31 | A. |
| Projector | =0.31 | A. |
| Projector | =0.31 | A. |
| Projector | =0.31 | A. |
| Projector | =0.30 | A. |
| Projector | =0.31 | A. |
| Projector | =0.31 | A. |
| Projector | =0.31 | A. |
| Projector | =0.31 | A. |
| Projector | =0.30 | A. |
| Projector | =0.31 | A. |
| Projector | =0.31 | A. |
| Projector | =0.31 | A. |
| Projector | =0.31 | A. |
| Projector | =0.30 | A. |
| Projector | =0.30 | A. |
| Projector | =0.31 | A. |
| Projector | =0.31 | A. |
| Projector | =0.31 | A. |
| Projector | =0.31 | A. |
| Projector | =0.30 | A. |
| Projector | =0.31 | A. |

ภาพที่ 9 ผลการวัดเซ็นเซอร์วัดกระแสจากโปรเจกเตอร์



ภาพที่ 10 กราฟเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของเซ็นเซอร์วัดกระแสเปรียบเทียบกับ Clamp Meter จากโหนดโปรเจคเตอร์

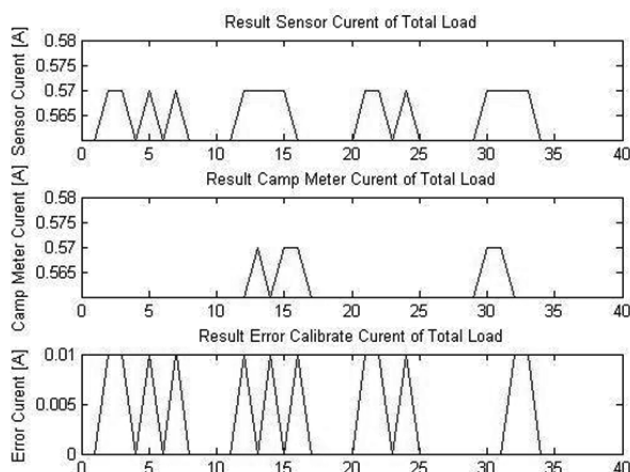
ผลทดสอบการหาความคลาดเคลื่อนของเซ็นเซอร์วัดกระแสเปรียบเทียบกับ Clamp Meter จากโหนด โปรเจคเตอร์ผลคือ Clamp Meter อ่านค่าได้ 0.30 A จากเซ็นเซอร์วัดกระแสอ่านค่าได้อยู่ในช่วง 0.30-0.31 A คิดเป็นความคลาดเคลื่อน 3.33 %

4. ทดสอบการหาความคลาดเคลื่อนของเซ็นเซอร์วัดกระแสรวมโหนด หัวแร้งบัดกรี พัดลมไอน้ำ และโปรเจคเตอร์เปรียบเทียบกับ Clamp Meter

| COP114 (Arduino/Genuino Uno) |           |     |          |           |          |                |
|------------------------------|-----------|-----|----------|-----------|----------|----------------|
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.30 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.30 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.30 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.30 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.30 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.30 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.30 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.30 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.30 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.30 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.30 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.30 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.30 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.30 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.30 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.30 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.30 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.30 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.30 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.30 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.30 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.30 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.30 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.30 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.30 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.30 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.30 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.30 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.30 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.30 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.30 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.30 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.30 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.30 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.30 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.30 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.30 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.30 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.30 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.30 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.30 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.14 A. | Projector | =0.30 A. | Total =0.56 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.05 A. | Fan | =0.15 A. | Projector | =0.31 A. | Total =0.57 A. |
| Soldering iron               | = 0.04 A. | Fan | =0.      |           |          |                |

ภาพที่ 11 ผลการทดสอบหาความคลาดเคลื่อนของเซ็นเซอร์วัดกระแสเปรียบเทียบกับ Clamp Meter

โหลด หัวแรงบัดกรี พัดลมไอน้ำ และโปรเจคเตอร์



ภาพที่ 12 กราฟเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของเซ็นเซอร์วัดกระแสเปรียบเทียบกับ Clamp Meter จาก โหลด จากโหลด หัวแรงบัดกรี พัดลมไอน้ำ และโปรเจคเตอร์

#### อภิปรายผล

งานวิจัยนี้เป็นการสร้างสมรรถนะเครื่องมือตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าในสวนพลังงานที่มีความคลาดเคลื่อนของเซ็นเซอร์วัดกระแสไฟฟ้าได้เที่ยงตรงเมื่อเปรียบเทียบกับ Clamp Meter ผลการทดสอบโดยวัดจากโหลดคือหัวแรงบัดกรี Clamp Meter อ่านค่าได้ 0.04 A จากเซ็นเซอร์วัดกระแสอ่านค่าได้อยู่ในช่วง 0.04-0.05 A คิดเป็นความคลาดเคลื่อน 25.00 % พัดลมไอน้ำ Clamp Meter อ่านค่าได้ 0.14 A จากเซ็นเซอร์วัดกระแสอ่านค่าได้อยู่ในช่วง 0.14-0.15 A คิดเป็นความคลาดเคลื่อน 7.14 % โปรเจคเตอร์ Clamp Meter อ่านค่าได้ 0.30 A จากเซ็นเซอร์วัดกระแสอ่านค่าได้อยู่ในช่วง 0.30-0.31 A คิดเป็นความคลาดเคลื่อน 3.33 % ผลการอ่านค่ารวมคือ Clamp Meter อ่านค่าได้ 0.56 A จากเซ็นเซอร์วัดกระแสอ่านค่าได้อยู่ในช่วง 0.56-0.57 A คิดเป็นความคลาดเคลื่อน 1.75 %

จากผลการทดลองสรุปได้ว่าการสร้างสมรรถนะเครื่องมือตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าในสวนพลังงานมีความแม่นยำใกล้เคียงกับ Clamp Meter มีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน  $\pm 10\%$  (Nookhlip, R., 2011) การสร้างสมรรถนะเครื่องมือที่มีคุณภาพจำเป็นต้อง Calibrate เพื่อให้ได้ค่าที่แม่นยำและนำไปคำนวณค่าไฟได้จริงและพัฒนาใช้กับระบบสมรรถนะกริดในอนาคต

#### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีพลังงานและโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ที่มีส่วนร่วมสนับสนุนงานวิจัยให้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

### เอกสารอ้างอิง

- กิตติวุฒิ จินนະบุตร, ธงชัย คล้ายคลึง และกฤตวิทย์ บัวใหญ่. (2557). การจัดการด้านการใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยวิธีสร้างแบบจำลองโหนด. ใน การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 6 วันที่ 30 พฤศจิกายน 2557. สงขลา : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.
- อนุรักษ์ แสงใส. (2557). ระบบตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าแบบไร้สายสำหรับมิเตอร์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- Ezennaya, S.O. (2013). **Smart Grid Network Transmission Line RLC Modelling Using Random Power Line Synthesis Scheme**. [Online]. Available : [http://thesai.org/Downloads/Volume4No6/Paper\\_39Smart\\_Grid\\_Network\\_Transmission\\_Line\\_RLC\\_Modelling\\_Using\\_Random\\_Power\\_Line\\_Synthesis\\_Scheme.pdf](http://thesai.org/Downloads/Volume4No6/Paper_39Smart_Grid_Network_Transmission_Line_RLC_Modelling_Using_Random_Power_Line_Synthesis_Scheme.pdf) [2015, November 9].
- Khamfoy, S. & Hirunyakitti, V. (2015). **Inventor and Designer of work piece**. [Online]. Available : <http://www.manager.co.th/Science/ViewNews.aspx?NewsID=9560000041623>. [2015, November 9].
- Nookhlip, R. (2011). **Kilowatt-Hour Meter**. [Online]. Available : <http://www.edltv.vec.go.th/courses/32/10110046.pdf> [2015, November 9].
- Pensook, T., et al. (2015). **Smart meters for the modern home**. [Online]. Available : [www.realkmitl.org/files/1410786880-บทความวิชาการ.pdf](http://www.realkmitl.org/files/1410786880-บทความวิชาการ.pdf) [2015, November 10].
- Pora, W. (2014). **Fundamental of Smart Meter and guidelines for the preparation of specific smart meter**. [Online]. Available : [www.eri.chula.ac.th/eri-main/wp-content/uploads/2014/03/Paper-3-of-3-Smart-Meter.pdf](http://www.eri.chula.ac.th/eri-main/wp-content/uploads/2014/03/Paper-3-of-3-Smart-Meter.pdf) [2015, November 10].
- Sagnuanwattana, R. (2014). **Counting System and Monitoring Tools with Wireless Sensors Networks**. Master of Engineering, King Mongkut's University of Technology, Thonburi.
- Saving, E. (2555). **Building Automation System For save energy (BAS)**. [Online]. Available : <http://www.energysavingmedia.com/news/page.php?a=10&n=114&cno=3162>. [2016, April 29].