อุปกรณ์วัดค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าของโหลดแบบพกพาขนาดไม่เกิน 1 กิโลวัตต์

Portable Load Power Factor Measuring Device up to 1 kW

อภัยภักดิ์ ประทุมทิพย์[1,*] และ ศรัณยู เหลาพา[2]
[1]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
[2]วิศวกรรมอุตสาหการและโลจิสติกส์ โครงการจัดตั้งคณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ
Aphaiphak Prathumthip[1,*] and Saranyu Laopa[2]
[1]Department of Electrical Engineering, Faculty of Technology,
Udon Thani Rajabhat University
[2]Establishment Project of The Faculty of Engineering and Industrial Technology
Chaiyaphum Rajabhat University

(Received: June 17, 2022; Revised: September 8, 2022; Accepted: October 5, 2022)

*ผู้ประสานงาน : อภัยภักดิ์ ประทุมทิพย์ อีเมล์ : aphaiphak.p@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้นำเสนอการสร้างชุดอุปกรณ์วัดค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าของโหลดแบบพกพาขนาดไม่เกิน 1 กิโลวัตต์ สามารถวัดได้ทั้งค่าแรงดันที่คร่อมโหลด ค่ากระแสที่ไหลผ่านโหลด และค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า อุปกรณ์ชุดนี้ใช้โมดูล ZMPT101B และโมดูล ZMCT103C ในการวัดสัญญาณแรงดันและกระแสไฟฟ้า มีการประมวลผลด้วยไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega328p และส่งข้อมูลไปแสดงผลบนจอแอลซีดีขนาด 16x2 ส่วนโหลดที่ใช้ในการทดสอบ คือโหลดความต้านทาน โหลดตัวเหนี่ยวนำและโหลดตัวเก็บประจุ มาต่ออนุกรมในการกำหนดค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าอยู่ในช่วง 0.7 ถึง 1 ผลการทดลองพบว่า ค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้มีคลาดเคลื่อนน้อยกว่า 4% (ในช่วง 160-250 โวลต์) และค่ากระแสไฟฟ้าที่วัดได้มีคลาดเคลื่อนน้อยกว่า 5-10% ส่วนค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าที่วัดได้มีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า 5% ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ถือว่ามีความถูกต้องพอสมควรและสามารถนำไปประยุกต์การใช้งานในงานอุตสาหกรรมและในห้องปฏิบัติการทางไฟฟ้าขั้นพื้นฐานได้

คำสำคัญ: ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า, ไอซี ATmega328p, โมดูลวัดแรงดันและกระแสไฟฟ้า

ABSTRACT

This research presents the construction of a portable power factor measuring device for loads up to 1 kW. This device can measure the voltage across the load, the current flowing through the load and power factor, uses the ZMPT101B module and the ZMCT103C module to measure voltage and current signals of load. It's processed with an ATmega328p microcontroller IC and the data results express on the 16x2 LCD display. The testing load will use resistive load, inductive load and capacitive load were connected in series form to determine the power factor in the range of 0.7 to 1. From results found that the error of the measured voltage was less than 4% (in the range of 160-250 V) and the error of the measured current was less than 5-10%. The error of the measured power factor was less than 5%. All the results have high accuracy and can be applied in industrial and basic of electrical laboratory.

Keywords: Power Factor, ATmega328p IC, Voltage and Current Sensor Modules

1. บทนำ

ในปัจจุบัน การผลิตพลังงานไฟฟ้าเพื่อให้เพียงพอกับภาคอุตสาหกรรมและรวมไปถึงการให้บริการประชาชนนั้น จะต้องใช้ต้นทุนและวัตถุดิบในการผลิตที่สูงขึ้น และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นไปเรื่อยๆ แต่ประสิทธิภาพของการใช้ไฟฟ้านั้นไม่สามารถใช้ได้อย่างเต็มที่หรือกล่าวคือ ไม่สามารถใช้ได้เต็ม 100% ทั้งนี้ส่วนหนึ่งเกิดจากอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือโหลดไฟฟ้า (Electric Load) ที่นำมาใช้งานนั้นมีความสูญเสียทางไฟฟ้า ซึ่งอาจเกิดจากความเก่าของโหลด หรือชิ้นส่วนของโหลดเสื่อมสภาพการใช้งาน เป็นต้น ในทางทฤษฎีไฟฟ้านั้น การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของโหลดไฟฟ้าจะกล่าวถึงในรูปแบบค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power Factor, PF) ซึ่งค่าดังกล่าวคือ ค่ากำลังงานไฟฟ้าที่ใช้จริง (Real Power, P) หน่วยเป็นวัตต์ (W) นำมาหารด้วยค่ากำลังงานไฟฟ้าที่ปรากฏ (Apparent Power, S) หน่วยเป็นโวลต์แอมป์แปร์ (VA) ซึ่งค่าประสิทธิภาพของโหลดที่ทำงานได้ 100% หรือที่กล่าวในรูปแบบค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้านั้น จะมีค่าเท่ากับ 1 แต่ในความเป็นจริงนั้น โหลดไฟฟ้าที่ใช้ในปัจจุบันมีอายุการใช้งานมานานหรือมีสภาพเก่า ซึ่งโหลดแต่ละชนิดโดยส่วนมากจะมีค่าค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าต่ำกว่า 1 ซึ่งการที่จะทำให้ค่า PF ของโหลดไฟฟ้ามีค่าที่ดีขึ้นอย่างง่ายและรวดเร็วที่สุดคือ เปลี่ยนโหลดไฟฟ้าชิ้นใหม่ แต่การแก้ปัญหาแบบนี้มีข้อเสียคือ อุปกรณ์ราคาแพง และไม่คุ้มทุนต่อการใช้งานของโหลดชิ้นเดิมที่ถูกเปลี่ยน ดังนั้น จึงมีการทำวิจัย

เพื่อเพิ่มค่า PF ของโหลดอยู่เรื่อง เช่น ในปี ค.ศ.2012 นักวิจัย S. Rustemli ได้ทำการสร้างชุดวงจรที่สามารถวัดและจำลองค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นกับโหลด ด้วยการใช้ไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 เป็นตัวประมวลผล ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการวัดและจำลองนั้น จะแสดงค่าของมุมองศาที่เกิดขึ้นระหว่างสัญญาณแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าบนจอแอลซีดี [1] หลังจากนั้นในปี ค.ศ.2018 นักวิจัย T. S. Gunawan และทีมงาน ได้ทำการพัฒนาชุดวัดค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าที่ใช้บอร์ด Arduino เป็นพื้นฐานในการออกแบบและสามารถบันทึกค่าที่วัดได้ลง SD card จากนั้นจะส่งค่าดังกล่าวเข้าไปยังคอมพิวเตอร์ผ่านโปรแกรม Matlab เพื่อนำออกมาแสดงผลในลักษณะกราฟบนจอคอมพิวเตอร์ [2] และในปีเดียวกัน นักวิจัย K. Mukundan และทีมงาน ได้ทำชุดวัดค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าบนพื้นฐานบอร์ด Arduino เช่นเดียวกัน แต่จะแตกต่างในลักษณะการแสดงผล โดยแสดงผลบนจอแอลซีดี (LCD) และยังเพิ่มระบบการเชื่อมต่อชุดตัวเก็บประจุเข้ากับระบบไฟฟ้าเพื่อใช้ในการปรับปรังค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าให้ดีขึ้น [3] จากการศึกษาข้อมูลของนักวิจัยที่ส่วนใหญ่ได้พัฒนาชุดวัดค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้านั้น พบว่ามีแนวโน้มในการใช้หลักการเดียวกันคือ จะใช้โมดูลในการเปรียบเทียบมุมที่เกิดขึ้นระหว่างสัญญาณแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า จากนั้นจะส่งข้อมูลเข้าไปประมวลผลยังบอร์ด Arduino และส่งผลมาแสดงบนจอ LCD จากนั้นจะใช้ชุดตัวเก็บประจุไฟฟ้าในการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าให้ดีขึ้น [4] ซึ่งสิ่งที่กล่าวมานี้จะสังเกตุว่า ชุดที่พัฒนาขึ้นนี้มีขนาดใหญ่ และการนำชุดตัวเก็บประจุไฟฟ้ามาใช้ปรับปรุงค่า PF นั้นมีขนาดที่ใหญ่เกินไป

ดังนั้น ทีมงานวิจัยเห็นว่าประเด็นที่กล่าวว่า การจะปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้านั้น จะต้องศึกษาในส่วนของโหลดทางไฟฟ้าที่นำมาใช้งานด้วยซึ่งโหลดแต่ละชนิดมีส่วนที่ทำให้ค่า PF ลดลงไม่เท่ากัน จึงจำเป็นจะต้องปรับปรับค่า PF ของโหลดไฟฟ้าให้ดีขึ้นก่อน สรุปคือ ทีมงานวิจัยจะจัดทำชุดอุปกรณ์ที่ใช้วัดค่าตัวประกอบทางไฟฟ้าของโหลดแบบพกพา ที่สามารถวัดค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และค่ากำลังไฟฟ้าขณะที่ใช้โหลด โดยค่าทั้งหมดที่กล่าวมานั้นจะแสดงผลบนจอแอลซีดีขนาด 16x2

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ระบบไฟฟ้าที่ใช้ภายในครัวเรือนมีลักษณะแรงดันเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current, AC) ที่มีความถี่ 50-60Hz และอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือโหลดทางไฟฟ้า (Load) ที่นำมาใช้กับระบบไฟฟ้านี้ ค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้งานจะขึ้นอยู่กับค่ากำลังงานไฟฟ้าของโหลด ซึ่งค่ากำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากโหลดนั้น จะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

1. กำลังไฟฟ้าที่ปรากฏ (Apparent Power, S) มีหน่วยเป็น โวลต์-แอมป์แปร์ (VA)

2. กำลังไฟฟ้าที่ใช้งานได้จริง (Real Power, P) มีหน่วยเป็น วัตต์ (Watt, W)

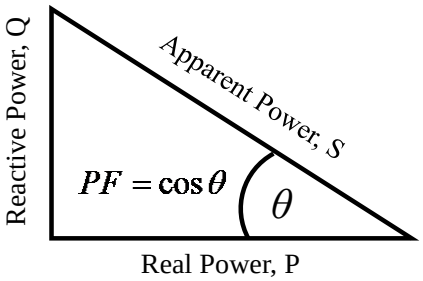
3. กำลังไฟฟ้าที่สูญเสีย (Reactive Power, Q) มีหน่วยเป็นวาร์ (VAR)

จากค่ากำลังไฟฟ้าที่สำคัญทั้ง 3 ส่วนเหล่านี้ สามารถนำมาวาดเป็นรูปในทางทฤษฎีของสามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้าได้ดังรูปที่ 1 ซึ่งค่ากำลังไฟฟ้าทั้ง 3 ส่วน สามารถหาได้จากสมการ (1)-(3)

$$S = VI \quad (1)$$

$$P = VI\cos\theta \quad (2)$$

$$Q = VI\sin\theta \quad (3)$$



รูปที่ 1 สามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้า

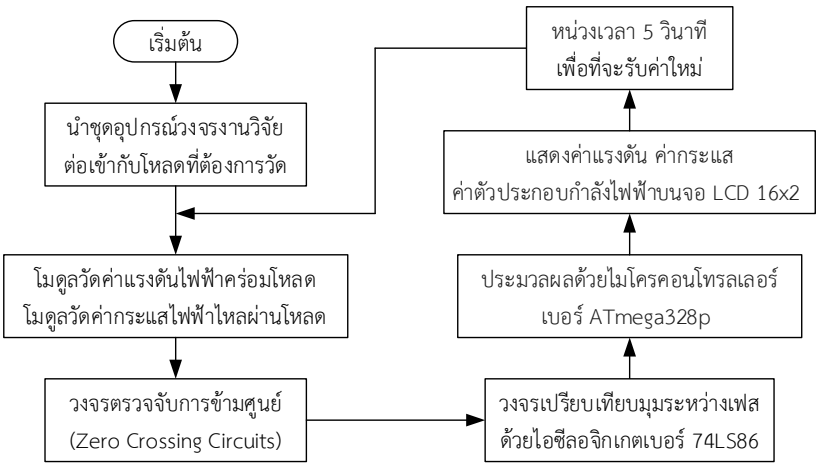
ส่วนค่าตัวประกอบทางไฟฟ้า หรือ ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ (Power Factor, PF) ของโหลดไฟฟ้า คือ ค่าตัวเลขที่หาได้จากอัตราส่วนระหว่างค่ากำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจริง (P) เปรียบเทียบกับค่ากำลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่เกิดขึ้นในระบบไฟฟ้า (S) ดังสมการ (4) หรืออาจกล่าวได้ว่าค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าเกิดจากค่ามุมที่มีความแตกต่างกันระหว่างค่ามุมของสัญญาณแรงดันไฟฟ้า (θ_V) และสัญญาณกระแสไฟฟ้า (θ_I) ซึ่งในทางปฏิบัติจะเกิดขึ้นไม่พร้อมกัน โดยปกติค่าของมุม $\theta = |\theta_V - \theta_I|$ นี้จะมีค่ามุมไม่เกิน 90 องศา ซึ่งในระบบไฟฟ้านั้น ถ้าค่า PF มีค่าที่น้อยกว่า 1 จะทำให้เกิดความสูญเสียค่าไฟฟ้าที่สูงขึ้น ทั้งนี้ความ PF จะมากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของโหลดไฟฟ้าที่นำมาต่อใช้งาน

$$PF = \frac{P}{S} = \frac{VI\cos\theta}{VI} = \cos\theta \quad (4)$$

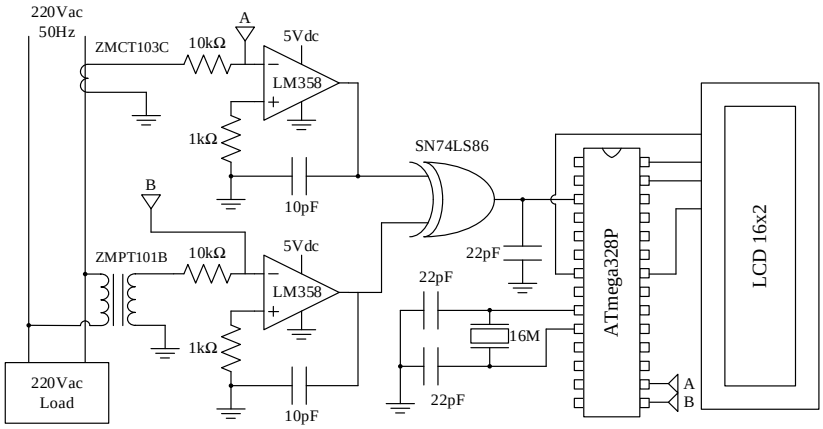
ในความเป็นจริงนั้น โหลดทางไฟฟ้าที่ใช้ส่วนใหญ่จะมีค่าพารามิเตอร์ของค่าตัวต้านทาน (Resistive, R) ค่าตัวเหนี่ยวนำ (Inductive, L) และค่าตัวเก็บประจุ (Capacitive, C) ทั้งสามตัวอยู่รวมกัน ทำให้ประสิทธิภาพของโหลดไม่สามารถใช้งานได้ถึง 100% และค่า PF โดยเฉลี่ยของโหลดจะอยู่ในช่วง 85% ถึง 98% เท่านั้น ซึ่งส่วนใหญ่แล้วโหลดทุกชนิดจะมีแนวโน้มไปในทางโหลดเหนี่ยวนำมากกว่าโหลดตัวเก็บประจุ การแก้ปัญหาเพื่อจะทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของโหลดเพิ่มขึ้นให้ใกล้เคียง 100% นั้น จะแก้ไขโดยการต่อตัวเก็บประจุขนานเข้ากับโหลด แต่ก่อนอื่นจะต้องวัดค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าของโหลดให้ได้เป็นอันดับแรก จึงจะสามารถคำนวณหาตัวเก็บประจุที่เหมาะสมที่นำมาปรับค่า PF นั่นเอง

3. วิธีดำเนินการวิจัย

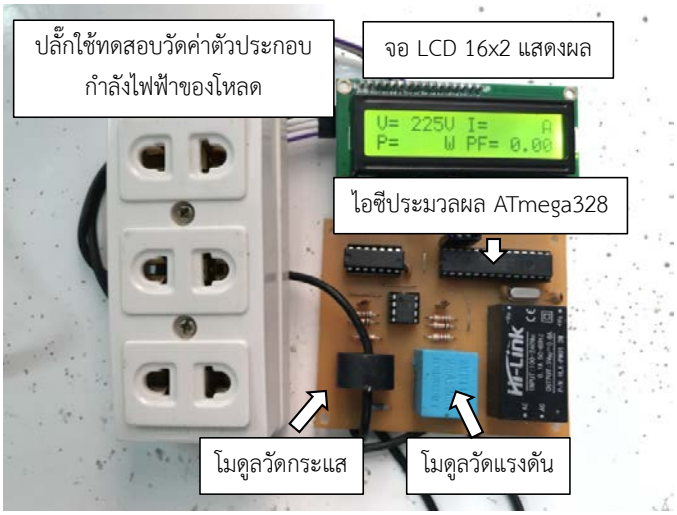
จากทฤษฎีตัวประกอบกำลังไฟฟ้าในสมการ (4) ที่ได้กล่าวมานั้นพบว่า การที่จะสร้างวงจรที่ใช้วัดค่า ตัวประกอบกำลังไฟฟ้าของโหลดจะมีการวัดตัวแปรสำคัญอยู่สองตัว คือ การวัดค่าสัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่คร่อมโหลดและการวัดค่าสัญญาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโหลด ดังนั้น โมดูลที่ใช้วัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับจะใช้รุ่น ZMPT101B และโมดูลที่ใช้วัดค่ากระแสไฟฟ้าจะใช้รุ่น ZMCT103C ทั้งสองโมดูลถูกเลือกนำมาใช้ประกอบการสร้างชุดวงจรนี้ เมื่อโมดูลทั้งสองวัดค่าแรงดันและกระแสแล้ว จะนำค่าสัญญาณที่ได้จากโมดูลทั้งสอง ส่งค่าไปยังชุดวงจรตรวจจับการข้ามศูนย์ (Zero Crossing Circuits) เพื่อเปลี่ยนรูปแบบสัญญาณอนาล็อกที่รับค่ามาจากโมดูลให้เป็นรูปแบบสัญญาณดิจิตอล และจะถูกส่งค่าของสัญญาณทั้งสองไปเปรียบเทียบมุมระหว่างเฟสด้วยไอซีลอจิกเกตเบอร์ 74LS86 ซึ่งไอซีตัวนี้จะสร้างสัญญาณพัลส์ดิจิตอลขึ้นมา (Digital Pulse Signal) จากนั้นจะส่งค่ามุมดังกล่าวและส่งค่าสัญญาณแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าจากโมดูลทั้งสอง เข้าไปยังตัวประมวลผลไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ ATmega328p เพื่อใช้คำนวณวิเคราะห์ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า หลังจากนั้นไอซี ATmega328p จะส่งค่าแรงดัน ค่ากระแส ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า ไปแสดงผลที่จอแอลซีดีขนาด 16x2 (16x2 LCD Display) การแสดงผลจะถูกแสดงค่าที่เป็นปัจจุบัน (Real Time) ในทุกๆ 5 วินาที ส่วนบล็อคไดอะแกรมลำดับการทำงานของวงจรจะแสดงดังรูปที่ 2 ในส่วนวงจรทางไฟฟ้าของงานวิจัยและลักษณะโครงสร้างของอุปกรณ์จริงแสดงได้ดังรูปที่ 3-4



รูปที่ 2 บล็อคไดอะแกรมการทำงานของวงจรวัดค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า



รูปที่ 3 วงจรทางไฟฟ้าของวงจรวัดค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า



รูปที่ 4 ลักษณะโครงสร้างอุปกรณ์จริงของวงจรวัดค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า

4. ผลการทดลอง

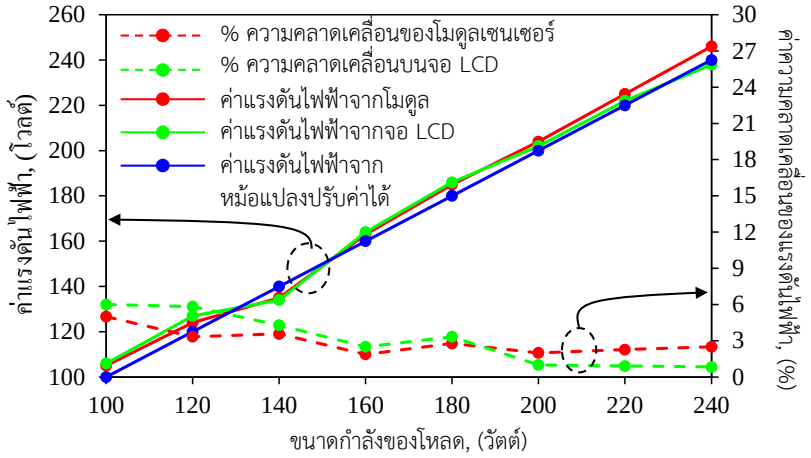
ในส่วนของผลการทดลองที่ได้นี้ จะแบ่งผลออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของผลการตรวจสอบความถูกต้องของชิ้นงาน และส่วนของผลการทดลองวัดค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า ซึ่งจะขอกล่าวรายละเอียดในลำดับต่อไป

4.1 ส่วนของผลการตรวจสอบความถูกต้องของชิ้นงาน

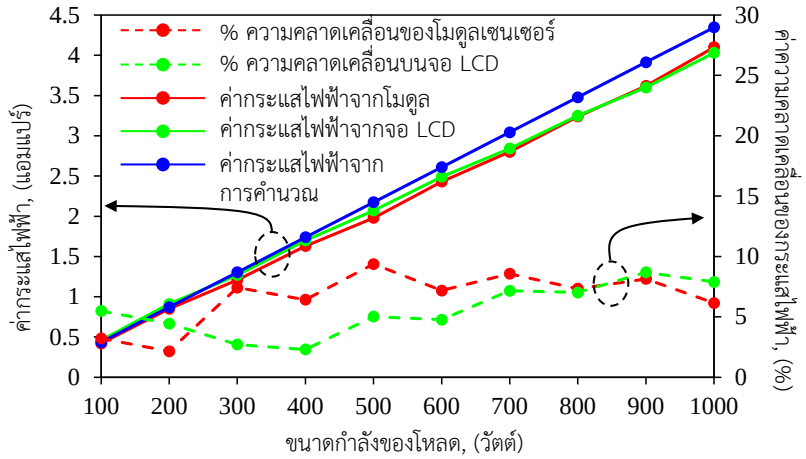
ก่อนที่จะทำการทดลองวัดค่าแรงดัน ค่ากระแส และค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าของโหลดนั้น จะต้องทำการตรวจสอบความถูกต้องของชิ้นงานก่อน โดยจะนำค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากโมดูลเซนเซอร์ ZMPT101B ค่ากระแสที่ได้จากโมดูลเซนเซอร์ ZMCT103C และค่าแรงดันกับกระแสที่แสดงบนจอ LCD มาเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้จากเครื่องมือวัดที่ได้มาตรฐานจากห้องทดลองทาง

ไฟฟ้า การทดสอบในส่วนของค่าแรงดันไฟฟ้าจะใช้หม้อแปลงปรับค่าได้จาก 20-250 โวลต์ และการทดสอบค่ากระแสไฟฟ้านั้นจะใช้หลอดไฟแบบไส้ที่มีขนาด 100-1000 วัตต์ เป็นตัวกำหนดค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้ในทดลองและคำนวณค่ากระแสไฟฟ้าจากสมการ I=P/V ส่วนการติดตั้งอุปกรณ์ทดลองแสดงได้ดังรูปที่ 5 และค่าการเปรียบเทียบค่าแรงดันและกระแสกับเครื่องมือวัดที่ได้มาตรฐานสามารถแสดงผลได้ดังรูปที่ 6-7

รูปที่ 5 การติดตั้งอุปกรณ์ทดลองวัดความถูกต้องของแรงดันและกระแสไฟฟ้า



รูปที่ 6 ผลเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้ากับเครื่องมือวัด



รูปที่ 7 ผลเปรียบเทียบค่ากระแสไฟฟ้ากับเครื่องมือวัด

จากรูปที่ 6 พบว่าค่าความถูกต้องของค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จาก ZMPT101B มีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 4% อยู่ในช่วงค่าแรงดันทดสอบที่ 160-250 โวลต์ แต่ช่วงแรงดัน 100-150 โวลต์ ค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้นั้นจะเกิน 4% โดยค่าสูงสุดที่คลาดเคลื่อนเท่ากับ 6% อยู่ที่แรงดันทดสอบ 100 โวลต์ และในส่วนผลของค่าความถูกต้องของกระแสไฟฟ้าที่วัดได้จากโมดูล ZMCT103C และค่าที่แสดงบนจอ LCD มีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วง 5-10% ตลอดการทดลองกับโหลดที่เป็นหลอดไฟแบบไส้ 100-1000 วัตต์ ดังแสดงในรูปที่ 7 ส่วนสาเหตุที่ค่าความคลาดเคลื่อนสูงนั้นอาจเกิดจากความร้อนของหลอดไฟแบบไส้ที่ทำให้ค่าความต้านทานของหลอดเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยประกอบทั้งเวลาที่ใช้ในการทดลองของแต่ละขนาดโหลดนั้น จะใช้เวลาทดลองประมาณ 5 นาที ทำให้ความร้อนของหลอดไฟไม่คงที่ จึงเกิดค่าความคลาดเคลื่อนดังที่กล่าว ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนที่กล่าวมานี้ สามารถปรับให้ลดลงได้โดยการปรับค่าสัมประสิทธิที่นำมาคูณกับตัวแปรที่อยู่โปรแกรมอาดูโน่ แต่ถึงอย่างไรถ้าต้องการให้ความคลาดเคลื่อนลดลงมากกว่านี้ อาจต้องเปลี่ยนตัวเซนเซอร์ใหม่ให้มีความละเอียดที่สูงขึ้น

4.2 ส่วนของผลการทดลองวัดค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า

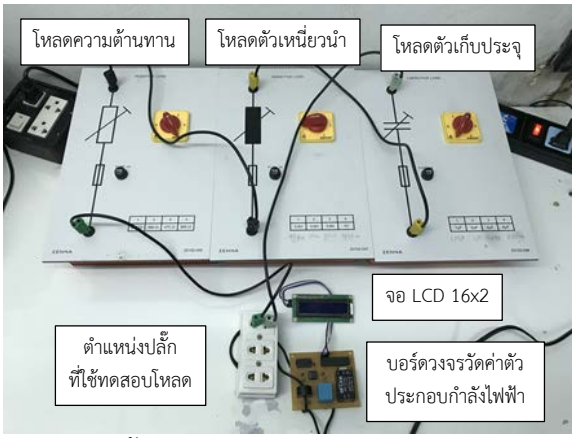
การทดลองนี้จะใช้บอร์ดโหลดความต้านทาน โหลดตัวเหนี่ยวนำและโหลดตัวเก็บประจุ มาต่ออนุกรมเพื่อจำลองเป็นโหลดทางไฟฟ้าของบอร์ดวงจร และนำมาใช้เป็นตัวกำหนดค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าโดยช่วงที่กำหนดอยู่ที่ 0.7 ถึง 1 ซึ่งค่าโหลดต่างๆที่นำมาใช้แสดงได้ดังตารางที่ 1 ส่วนการติดตั้งอุปกรณ์ในการทดลองแสดงดังรูปที่ 8

จากรูปที่ 9 คือ ค่าความคลาดเคลื่อนของผลการทดลองวัดค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าจากมิเตอร์ในห้องทดลองและชุดวงจรที่สร้างขึ้น เมื่อปรับค่าโหลดให้ได้ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าเท่ากับ 0.7 ถึง 1 ซึ่งพบว่าค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าที่วัดได้จากมิเตอร์และชุดวงจรที่สร้างขึ้น มีแนวโน้มไปใน

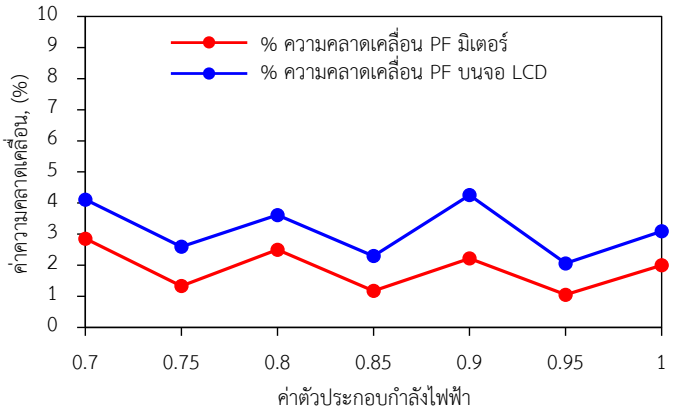
ทิศทางเดียวกัน แต่ค่าความคลาดเคลื่อนเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับทฤษฎีนั้น ค่าความคลาดเคลื่อนจากชุดวงจรที่สร้างขึ้นมีค่าสูงกว่ามิเตอร์ ซึ่งเกิดจากสาเหตุเกิดมาจากชุดวงจรที่สร้างขึ้นนั้น อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แต่ละตัวจะมีค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดอยู่เป็นทุนเดิมแล้ว เมื่อนำมาประกอบรวมกันเป็นชุดวัดค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า จะทำให้ตัวประมวลผลจากไอซี ATmega328p มีความแม่นยำลดลง หรือกล่าวได้ว่าสัญญาณที่ป้อนเข้าไอซี ATmega328p มีสัญญาณรบกวนสูงขึ้นนั่นเอง ส่วนผลการทดลองค่าความคลาดเคลื่อนจากมิเตอร์และชุดวงจรที่สร้างขึ้น มีค่าไม่เกิน 5% ซึ่งเป็นที่ยอมรับได้ในการนำไปใช้งานจริง

ตารางที่ 1 ค่าความต้านทาน ตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ ที่นำมาตัวกำหนดค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า

ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า	0.7	0.75	0.8	0.85	0.9	0.95	1
ค่าความต้านทาน (Ω)	1035	1035	1035	1035	1035	1035	1035
ค่าตัวเหนี่ยวนำ (mH)	893	893	893	893	893	893	893
ค่าตัวเก็บประจุ (μF)	2.4	2.7	3	3.5	4.1	5.2	8



รูปที่ 8 การติดตั้งโหลดเพื่อกำหนดค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า



รูปที่ 9 ค่าความคลาดเคลื่อนของชุดวงจรวัดค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า

5. สรุปผลการทดลอง

ชุดวงจรที่สร้างขึ้นเพื่อใช้วัดค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าของโหลดนี้ จะสามารถวัดค่า PF ได้ในช่วง 0.7 ถึง 1 และขอบเขตการใช้วัดแรงดันและกระแสจะสามารถใช้ได้ไม่เกิด 250 โวลต์และ 5 แอมป์แปร์ ตามลำดับ ซึ่งค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า จะแสดงบนจอแอลซีดีขนาด 16x2 ในลักษณะแสดงค่าที่เป็นปัจจุบัน (Real Time) ทุกๆ 5 วินาที ดังแสดงในรูปที่ 10 ในรูปที่ 10 นี้จะทดลองวัดโหลด RLC ที่ต่ออนุกรมกัน เพื่อให้ได้ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าที่จะทดลองเท่ากับ 0.95 โดยมีค่าโหลดความต้านทาน 1035 Ω โหลดตัวเหนี่ยวนำ 893 mH และโหลดตัวเก็บประจุ 5.2 μF

รูปที่ 10 หน้าจอแอลซีดี 16x2 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า

ส่วนผลการทดลองวัดค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า จะมีค่าแรงดันไฟฟ้าคลาดเคลื่อนน้อยกว่า 4% (ในช่วง 160-250 โวลต์) และมีค่ากระแสไฟฟ้าคลาดเคลื่อนน้อยกว่า 5-10% (ตลอดการทดลองที่โหลดเท่ากับ 100-1000 วัตต์) ส่วนผลของการวัดค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้ากับโหลดความต้านทาน ตัวเหนี่ยวนำ และตัวเก็บประจุที่กำหนดค่าตามตารางที่ 1 นั้น พบว่าชุดวงจรที่สร้างขึ้นมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า 5% ซึ่งถือว่ามีความถูกต้องและแม่นยำสูงพอสมควร ดังนั้น ชุดวงจรวัดค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้านี้สามารถยอมรับได้ในการนำไปประยุกต์ใช้งาน ในส่วนข้อแนะนำในการพัฒนาขั้นต่อไป ควรออกแบบให้ชุดวงจรมีขนาดเล็กลง อาจเปลี่ยนจอแสดงผลจาก LCD เป็น OLED

เนื่องจากมีความคมชัดและมีขนาดเล็กกว่า ชุดวงจรนี้ควรเพิ่มอีกอย่างหนึ่งคือ ส่วนของการ์ดหน่อยความจำจัดเก็บข้อมูล ซึ่งจะทำให้สามารถศึกษาพฤติกรรมของโหลดในช่วงระยะเวลาที่ยาวนานขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] S. Rustemli, “Measurement and Simulation of Power Factor PIC16F877,” Electrical Review, vol.88.6, pp. 290-294, 2012.

[2] T. S. Gunawan, M. H. Anuar, M. Kartiwi. Z. Janin, “Development of Power Factor Meter using Arduino,” IEEE 5th International Conference on Smart Instrumentation, Measurement and Application (ICSIMA). IEEE, vol. 9, pp. 1-4, November 2018.

[3] K. Mukundan, P. Bala, S, Karthikeyan, S. R. Kumar, R. Nagara, “Automatic Power Factor Correction Unit using Arduino,” International Journal of Innovative Research in Electrical, Electronics, Instrumentation and Control Engineering, vol. 6, pp. 10-13, April 2018.

[4] G. Premkumar, B. Muthukumar, “Design, Fabrication and Implementation of Microcontroller Controlled Static Var Compensator,” International Journal of Computer Applications, vol. 81(19), pp. 43-50, 2013.