

การพัฒนาระบบควบคุมเพาเวอร์แฟคเตอร์ อัตโนมัติสำหรับระบบไฟฟ้า 1 เฟส ด้วยมินิพีแอลซี

Development of an Automatic Power Factor Control System for a Single-Phase Electrical System Using a Mini PLC

สมบุญ สาลำ¹ อลงกรณ์ เลิศปัญญา² ศุภกร พิมพภู³ ณรงค์ โปวันนิชชากร⁴ พลวิรัฐ รัชอนันท์พงศ์²

Somboon Salam¹ Alongkron Lertpuya¹ Supakorn Phimpoo² Narong Provanichagonhg² Ponvirat Ratananphong²

¹⁻² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคบุรีรัมย์ สถาบันการอาชีวศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 5 จังหวัดบุรีรัมย์ 31000

¹⁻² Assistant Professor, Department of Electrical Technology, Electrical Technology Program, Buriram Technical College, Institute of Vocational Education Northeastern Region 5, Buriram Province, 31000.

³⁻⁵ อาจารย์ ภาควิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคบุรีรัมย์ สถาบันการอาชีวศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 5 จังหวัดบุรีรัมย์ 31000

³⁻⁵ Lecturer, Department of Electrical Technology, Electrical Technology Program, Buriram Technical College, Institute of Vocational Education Northeastern Region 5, Buriram Province, 31000.

¹ Corresponding author E-mail: somboon107@gmail.com, โทร 081-660-9322

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพระบบควบคุมเพาเวอร์แฟคเตอร์อัตโนมัติสำหรับระบบไฟฟ้า 1 เฟส ด้วยมินิพีแอลซี การพัฒนาชุดควบคุมการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power Factor) แบบอัตโนมัติ โดยใช้บอร์ดมินิพีแอลซีเป็นตัวควบคุมการทำงาน ชุดควบคุมประกอบด้วยคาปาซิเตอร์สำหรับปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า และโหลดจำลอง ได้แก่ ชุดฟลูออเรสเซนต์พร้อมบัลลาสต์แกนเหล็ก และมอเตอร์เหนี่ยวนำ ใช้บอร์ดมินิพีแอลซี 8 อินพุต 8 เอาพุต รุ่นเทียบ Fx3u ของ PLC Mitsubishi เป็นตัวควบคุมการทำงานเขียนโปรแกรมด้วย GX Work 2 แสดงผลและตั้งค่าผ่านจอทัสกรีนขนาด 4.3 นิ้ว สามารถเลือกโหมดในการทำงานได้ทั้งแบบควบคุมด้วยมือและแบบควบคุมอัตโนมัติ ทำการทดสอบกับโหลดฟลูออเรสเซนต์พร้อมบัลลาสต์แกนเหล็กก่อนต่อคาปาซิเตอร์ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ 0.43 ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ที่ต้องการ 0.9 หลังจากการต่อคาปาซิเตอร์ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ที่ได้ 0.89 คิดเป็นค่าผิดพลาด 0.01 ทดสอบกับโหลดมอเตอร์เหนี่ยวนำก่อนต่อคาปาซิเตอร์มีค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ 0.54

ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ที่ต้องการ 0.9 หลังจากการต่อคาปาซิเตอร์ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ที่ได้ 0.89 คิดเป็นค่าผิดพลาด 0.01 ทดสอบกับโหลดผสมโหลดฟลูออเรสเซนต์ร่วมกับมอเตอร์เหนี่ยวนำก่อนต่อคาปาซิเตอร์มีค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ 0.48 ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ที่ต้องการ 0.9 หลังจากการต่อคาปาซิเตอร์ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ที่ได้ 0.89 คิดเป็นค่าผิดพลาด 0.01

ผลการวิจัยพบว่า ชุดควบคุมที่พัฒนาขึ้นสามารถควบคุมเพาเวอร์แฟคเตอร์เพื่อใช้ในการปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้าในระบบไฟฟ้า 1 เฟสได้

คำสำคัญ: มินิพีแอลซี, การปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้า, ชุดควบคุมคาปาซิเตอร์, ระบบควบคุมระบบ 1 เฟส

Abstract

The objective of this research is to develop and evaluate the effectiveness of an automatic power factor control system for a single-phase electrical system using a mini PLC. The development involves a control system for automatically adjusting the power factor, utilizing a mini PLC board as the controller. The control system consists of capacitors for power factor correction and a load simulator, which includes a fluorescent lamp with a magnetic ballast and an induction motor. The control is achieved using an 8-input, 8-output mini PLC board (model Fx3u) from Mitsubishi, programmed with GX Work 2. The system is operated and configured via a 4.3-inch touchscreen, allowing for both manual and automatic control modes.

Testing was performed with a fluorescent lamp load with a magnetic ballast, with a power factor of 0.43 before the capacitor was added and a desired power factor of 0.9. After adding the capacitor, the achieved power factor was 0.89, with an error of 0.01. Testing with an induction motor load showed a power factor of 0.54 before the capacitor was added, and a desired power factor of 0.9. After adding the capacitor, the achieved power factor was 0.89, with an error of 0.01. Further testing with a mixed load (fluorescent lamp and induction motor) showed a power factor of 0.48 before the capacitor was added, and a desired power factor of 0.9. After adding the capacitor, the achieved power factor was 0.89, with an error of 0.01.

The research findings indicate that the developed control system is effective in controlling the power factor and improving the power factor in a single-phase electrical system.

Keywords: Mini PLC, Power Factor Correction, Capacitor Control System, Single-Phase System Control

1. บทนำ

ระบบไฟฟ้าในอาคารที่พักอาศัย อาคารพาณิชย์ และภาคอุตสาหกรรม เช่น โรงงานผลิตอาหาร โรงสีข้าว โรงงานผลิตน้ำตาล และโรงงานอุตสาหกรรมอื่นๆ มักมีการใช้งานมอเตอร์ไฟฟ้าเป็นจำนวนมาก ซึ่งมอเตอร์เหล่านี้จัดเป็นโหลดประเภทอินดักทีฟ (Inductive Load) ที่ดึงพลังงานไฟฟ้ารีแอกทีฟ (Reactive Power, kVAR) จากแหล่งจ่ายไฟฟ้า ส่งผลให้ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power Factor, $\cos \phi$) ในระบบลดลง และทำให้ประสิทธิภาพการจ่ายพลังงานไฟฟ้าต่ำลงตามไปด้วย [1,2] เมื่อค่าตัวประกอบกำลังต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด เช่น 0.85 การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (PEA) และการไฟฟ้านครหลวง (MEA) จะเรียกเก็บค่าปรับในอัตรา 56.07 บาทต่อหน่วย kVAR ซึ่งเพิ่มภาระค่าใช้จ่ายให้กับผู้ใช้งาน [3]

การปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าให้สูงขึ้นจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง เพราะสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของระบบไฟฟ้า ลดกระแสไฟฟ้าต้นทาง ลดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้า (Power Loss) ลดแรงดันไฟตก (Voltage Drop) และยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้าในโรงงาน นอกจากนี้ ยังช่วยลดค่าปรับจากการใช้พลังงานไฟฟ้ารีแอกทีฟสูงเกินไป [1,4,6]

ปัจจุบัน อุปกรณ์ปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าที่ใช้งานกันอย่างแพร่หลายส่วนใหญ่ถูกออกแบบมาสำหรับระบบไฟฟ้า 3 เฟส และมีราคาค่อนข้างสูง ซึ่งอาจไม่เหมาะสมกับการใช้งานในระบบไฟฟ้า 1 เฟส ที่พบในอาคารพักอาศัยและโรงงานขนาดเล็ก [5] บอร์ดมินิพีแอลซี มีราคาที่ถูกลงมีอินพุต-เอาพุตให้เลือกเยอะเขียนโปรแกรมง่าย จึงเหมาะกับการนำมาพัฒนาเป็นชุดควบคุม

ดังนั้นผู้วิจัยจึงจึงได้พัฒนา ระบบควบคุมเพาเวอร์แฟกเตอร์อัตโนมัติสำหรับระบบไฟฟ้า 1 เฟส ด้วยมินิพีแอลซี เพื่อใช้ปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าในระบบไฟฟ้า 1 เฟส ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ลดค่าใช้จ่าย และช่วยแก้ไขปัญหาค่าปรับที่เกิดจากการใช้พลังงานรีแอกทีฟสูง

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพระบบควบคุมเพาเวอร์แฟกเตอร์อัตโนมัติสำหรับระบบไฟฟ้า 1 เฟส ด้วยมินิพีแอลซี

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

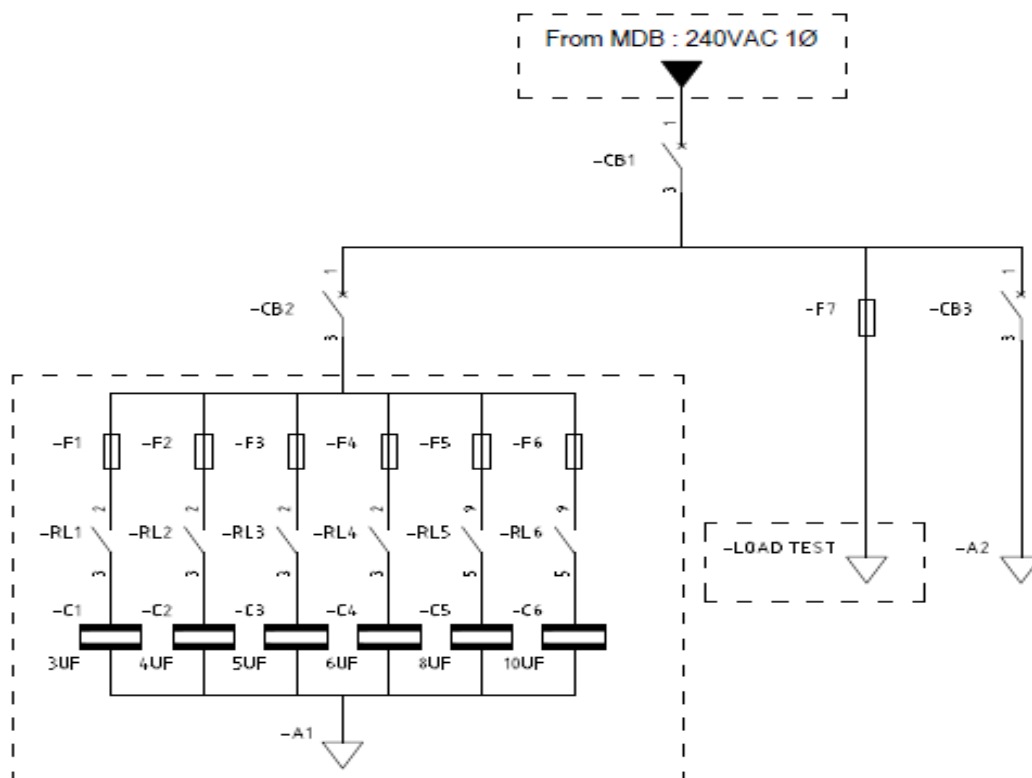
วิธีการดำเนินการวิจัย แบ่งออกเป็น 2 หัวข้อย่อย ดังนี้

3.1 การสร้างและการพัฒนาระบบควบคุมเพาเวอร์แฟกเตอร์อัตโนมัติสำหรับระบบไฟฟ้า 1 เฟส ด้วยมินิพีแอลซี

1) การออกแบบผังการทำงานของชุดควบคุม

การปรับปรุงเพาเวอร์แฟคเตอร์ของโหลด ชุดควบคุมเพาเวอร์แฟคเตอร์อัตโนมัติสำหรับระบบไฟฟ้า 1 เฟส ด้วยมินิพีแอลซี จะทำการต่อคาปาซิเตอร์เข้าไปที่ละสเตตามค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ที่ตั้งไว้โดยเริ่มทำงานจาก RL1 ถึง RL6 ตาม Single Line Diagram แสดงตามภาพที่ 1

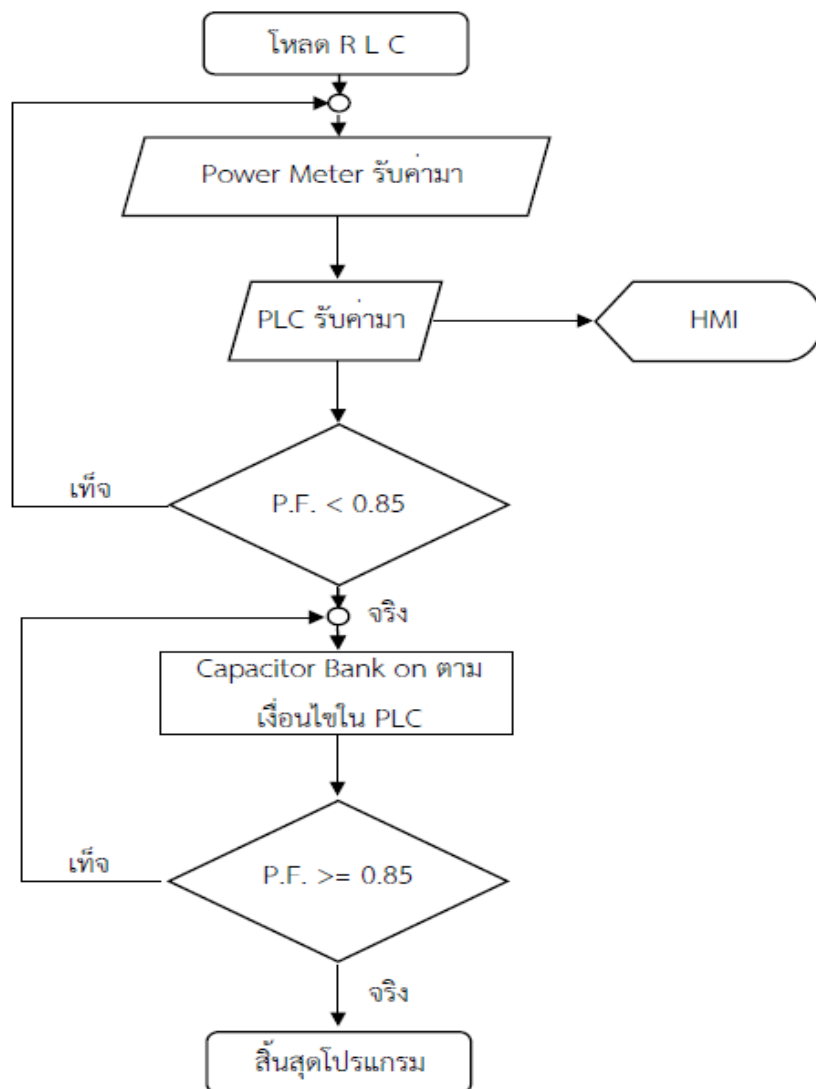
Single Line Diagram
Automatic Single-Phase Power Factor Improvement Simulator with PLC



ภาพที่ 1 แสดงผังการวงจรการต่อคาปาซิเตอร์เข้ากับระบบเพื่อปรับปรุงเพาเวอร์แฟคเตอร์ของโหลด

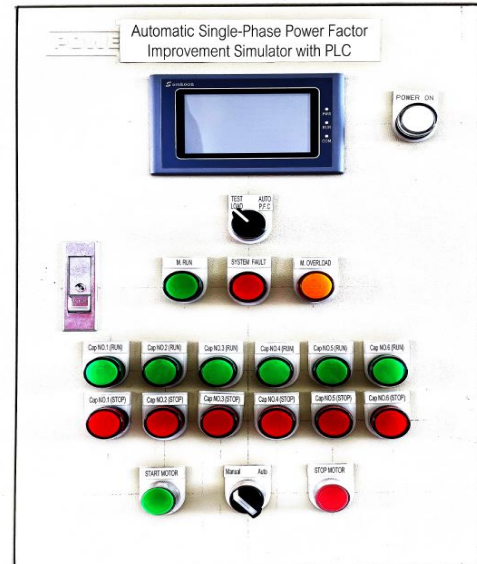
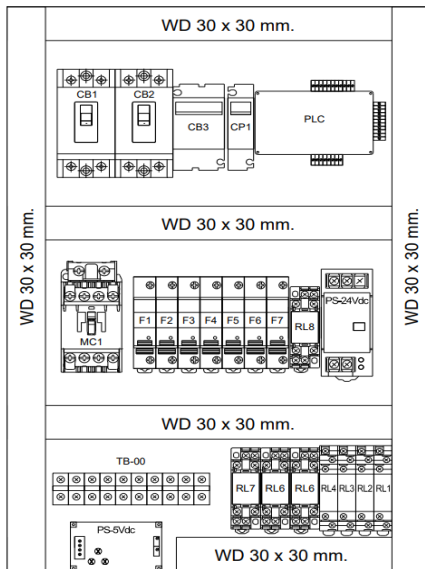
การทำงานของชุดควบคุมเพาเวอร์แฟคเตอร์อัตโนมัติสำหรับระบบไฟฟ้า 1 เฟส ด้วยมินิพีแอลซี โดยใช้บอร์ดมินิพีแอลซี รุ่นเทียบ Fx3u ขนาด 8 อินพุต 8 เอาท์พุต เป็นชุดควบคุมการทำงาน และใช้โปรแกรม GXWork 2 สำหรับเขียนโปรแกรมในการควบคุมการทำงานของระบบ มีการแสดงผลและควบคุมการทำงานของคาปาซิเตอร์ด้วยจอทัสกรีน (HMI) ยี่ห้อ Samkoon รุ่น SK043FE ขนาด 4.3 นิ้วโดยแสดงขั้นตอนในการทำงานตามภาพที่ 2

บอร์ดมินิพีแอลซี เป็นรุ่นเทียบ Fx3u ของ PLC Mitsubishi จึงสามารถใช้โปรแกรม GXWork 2 ของ PLC Mitsubishi ได้ บอร์ดมินิพีแอลซี และจอทัสกรีนที่ใช้มีราคาถูก จึงเหมาะสำหรับการนำมาพัฒนาเป็นชุดควบคุม



ภาพที่ 2 แสดงผังการทำงานของโปรแกรมชุดควบคุมเพาเวอร์แฟคเตอร์อัตโนมัติสำหรับระบบไฟฟ้า 1 เฟส ด้วยมินิพีแอลซี

2) ออกแบบวางอุปกรณ์ภายในตู้ควบคุมให้เหมาะสมและติดตั้งอุปกรณ์ แสดงตามภาพที่ 3 เมื่อติดตั้งอุปกรณ์เสร็จหน้าตู้ควบคุมแสดงตามภาพที่ 4

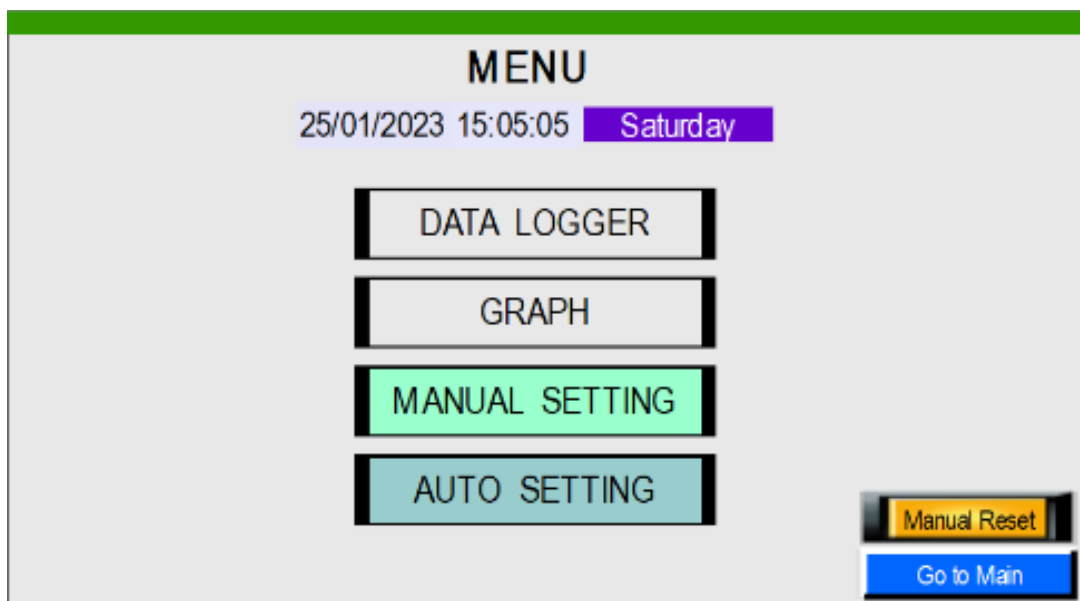


ภาพที่ 3 แสดงผังการวางอุปกรณ์ภายในตู้

ภาพที่ 4 แสดงผังหน้าตู้ควบคุมที่พัฒนาขึ้น

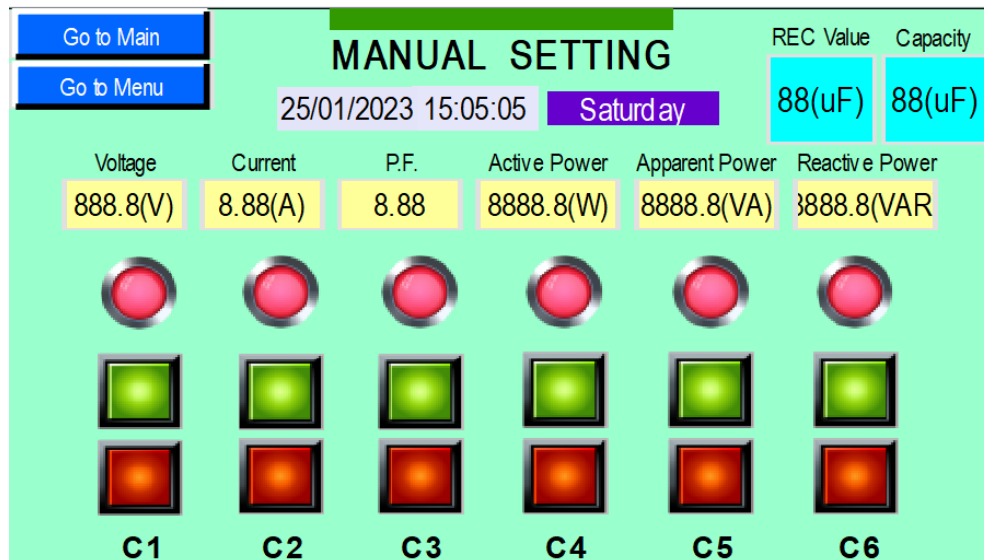
3) ออกแบบหน้าจอทัสกรีน (HMI)

หน้าจอทัสกรีนสามารถเลือกโหมดการทำงานของชุดควบคุมคาปาซิเตอร์ โดยเลือกโหมดการทำงานเป็นโหมดควบคุมด้วยมือ (Manual Setting) หรือโหมดควบคุมอัตโนมัติ (Auto Setting) ได้ และสามารถเลือกดูการแสดงผลที่หน้าจอทัสกรีนเป็นกราฟ (Graph) หรือตารางแสดงผลข้อมูล (Data Logger) ได้ แสดงตามภาพที่ 5



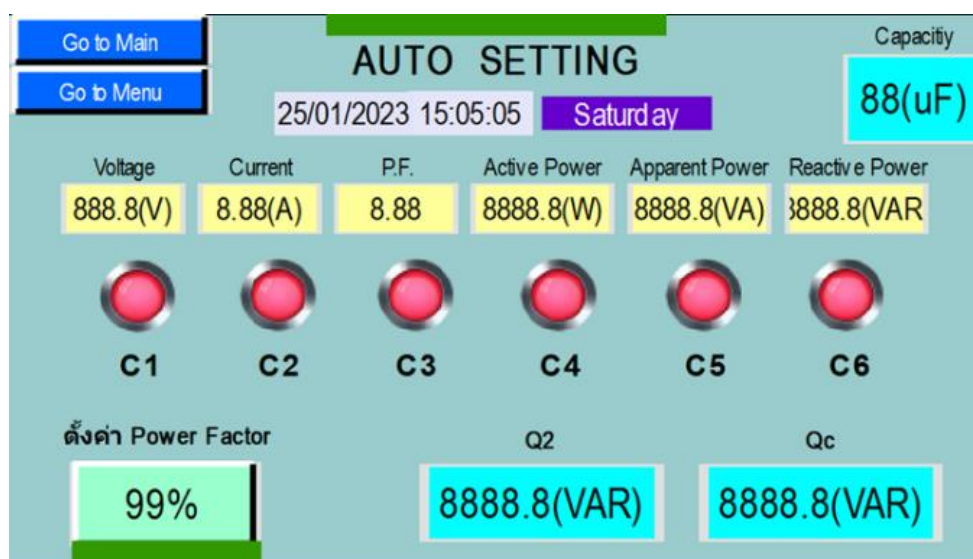
ภาพที่ 5 แสดงหน้าจอทัสกรีนเพื่อเลือกโหมดการทำงาน

เมื่อเลือกโหมดการทำงานด้วยมือ (Manual Setting) จากภาพที่ 5 สามารถกดปุ่มเปิด/ปิด คาปาซิเตอร์ที่หน้าจอทัสกรีนได้ ตามภาพที่ 6 ซึ่งหน้าจอทัสกรีนจะแสดงการทำงานของคาปาซิเตอร์ ขนาดของคาปาซิเตอร์ (μF) แรงดันไฟฟ้า (V) กระแสไฟฟ้า (A) ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ (PF.) ค่ากำลังไฟฟ้าจริง (W) ค่ากำลังไฟฟ้าที่ปรากฏ (VA) และค่ากำลังรีแอคทีฟ (VAR)



ภาพที่ 6 แสดงโหมดการทำงานด้วยมือที่หน้าจอทัสกรีน

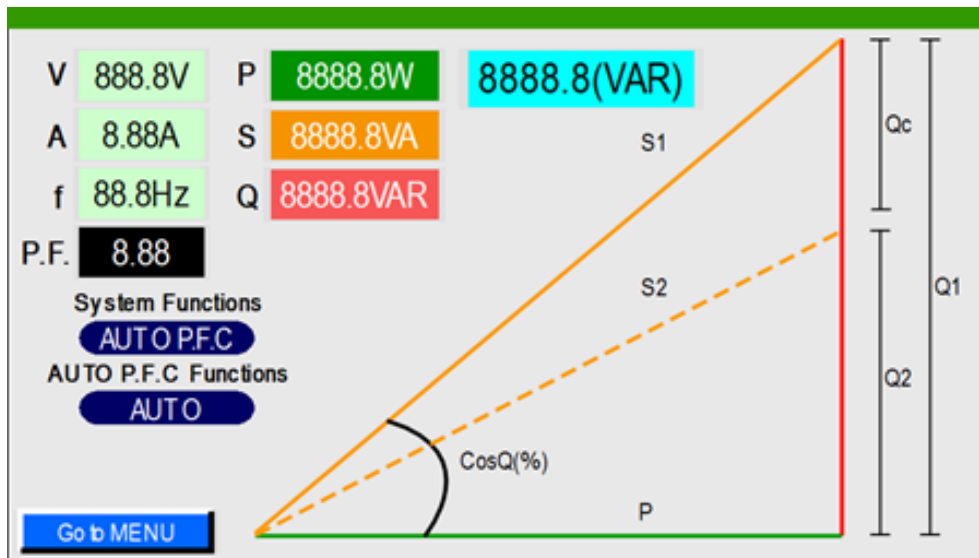
เมื่อเลือกโหมดการทำงานอัตโนมัติจากภาพที่ 5 ชุดควบคุมจะเปิด/ปิด คาปาซิเตอร์แบบอัตโนมัติตามค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ที่ตั้งไว้ ตามภาพที่ 7



ภาพที่ 7 แสดงโหมดการทำงานอัตโนมัติที่หน้าจอทัสกรีน

บทความวิจัย

การแสดงผลการทำงานสามารถเลือกได้จากหน้าจอตามภาพที่ 5 เมื่อเลือกดูการแสดงผลเป็นกราฟ (Graph) หน้าจอจะแสดงผลตามภาพที่ 8



ภาพที่ 8 แสดงผลเป็นกราฟที่หน้าจอทัสกรีน

เมื่อเลือกดูการแสดงผลข้อมูล (Data Logger) จากภาพที่ 5 หน้าจะแสดงผลเป็นตารางข้อมูลตามภาพที่ 9

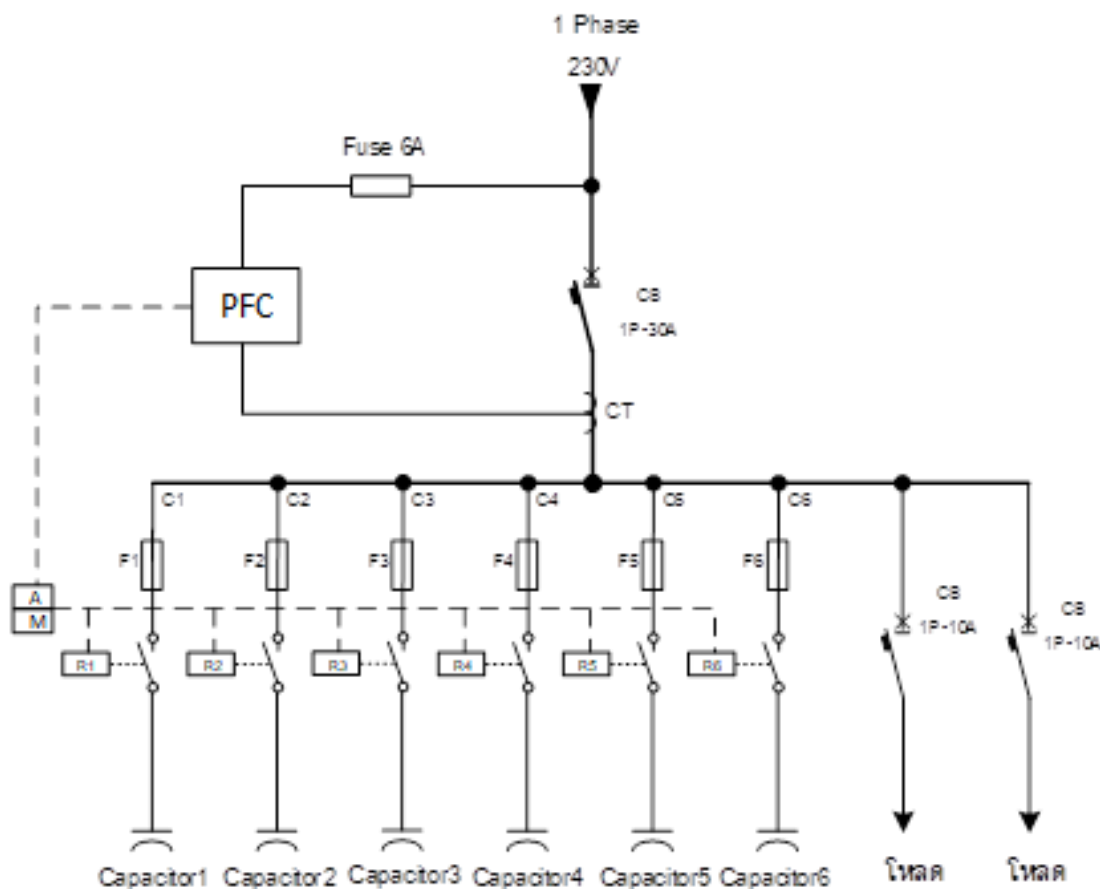
[illegible]

ภาพที่ 9 แสดงผลการบันทึกข้อมูลที่น่าจ้อตัสกรีน

3.2 ทดสอบและวิเคราะห์ผลการการทำงานของระบบควบคุมเพาเวอร์แฟกเตอร์อัตโนมัติสำหรับระบบไฟฟ้า 1 เฟส ด้วยมินิพีแอลซี

การวัดผลการทดลองแบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงแรกเป็นการบันทึกค่าทางไฟฟ้าในระบบก่อนมีการต่อคาปาซิเตอร์เข้ากับระบบควบคุมเพาเวอร์แฟกเตอร์ ช่วงที่สองเป็นการวัดค่าทางไฟฟ้าหลังมีการต่อคาปาซิเตอร์เข้ากับระบบควบคุมเพาเวอร์แฟกเตอร์ เพื่อปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ให้ดีขึ้นหรือมีค่าใกล้เคียงหนึ่ง โดยได้ทำการเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าก่อนและหลังการติดตั้งชุดคาปาซิเตอร์ด้วยการหาค่ากำลังไฟฟ้าส่วนที่ลดลง หาค่าเฉลี่ยของกระแส ค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏ ค่ากำลังไฟฟ้าจริง และค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ และพิสูจน์ความแตกต่างของค่าพลังงานไฟฟ้าก่อนและหลังการติดตั้งชุดคาปาซิเตอร์จากผลการทดสอบ โหลดที่ใช้ทำการทดลองประกอบด้วยชุดฟลูออเรสเซนต์ มอเตอร์เหนี่ยวนำ 1 เฟส และโหลดผสมชุดฟลูออเรสเซนต์ร่วมกับมอเตอร์เหนี่ยวนำ 1 เฟส

1) การทดสอบชุดควบคุมกับโหลดหลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 18 วัตต์ จำนวน 2 ชุด โดยต่อโหลดตามภาพที่ 10



ภาพที่ 10 แสดงวงจรการทดสอบชุดควบคุมกับโหลด

ต่อโหลดที่เป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ เข้ากับชุดควบคุมตามภาพที่ 10 โดยทำเป็น 2 ช่วง ช่วงแรก ก่อนต่อคาปาซิเตอร์เข้าไปกับชุดควบคุมทำการเปิดเซอร์กิตเบรกเกอร์ (CB) แล้วทำการอ่านค่าแรงดันไฟฟ้า (V) กระแสไฟฟ้า (A) กำลังไฟฟ้าจริง (W) กำลังไฟฟ้าที่ปรากฏ (VA) กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ (VAR) และค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ (PF) เสร็จแล้วนำมาคำนวณหาค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ที่ต้องการ และหาค่าคาปาซิเตอร์ที่เหมาะสมตามสมการ

$$C = \frac{Q_c}{(\omega V_{rms}^2)} \quad \mu F \quad \text{สมการที่ 1}$$

ช่วงที่สองทำการต่อคาปาซิเตอร์ตามค่าที่คำนวณได้เข้าไปกับชุดควบคุมเปิดเซอร์กิตเบรกเกอร์แล้ววัดค่าทางไฟฟ้าต่างๆ ตามช่วงแรก

2) การทดสอบชุดควบคุมกับโหลดมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำชนิด 1 เฟส ขนาด 0.5 แรงม้า จำนวน 1 ตัว โดยต่อโหลดตามภาพที่ 10

การทดสอบตามวงจรในภาพที่ 10 เป็นการทดสอบกับโหลดที่เป็นมอเตอร์เหนี่ยวนำ โดยทำการทดสอบและวัดค่าต่างๆ ทางไฟฟ้าตามขั้นตอนเหมือนกับการทดสอบข้อที่ 1)

3) การทดสอบชุดควบคุมกับโหลดผสมคือต่อหลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 18 วัตต์ จำนวน 2 ชุด ร่วมกับมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำชนิด 1 เฟส ขนาด 0.5 แรงม้า จำนวน 1 ตัว โดยต่อโหลดตามภาพที่ 10

การทดสอบตามวงจรในภาพที่ 10 เป็นการทดสอบกับโหลดที่เป็นมอเตอร์เหนี่ยวนำ โดยทำการทดสอบและวัดค่าต่างๆ ทางไฟฟ้าตามขั้นตอนเหมือนกับการทดสอบข้อที่ 1)

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการสร้างและพัฒนาระบบควบคุมเพาเวอร์แฟกเตอร์อัตโนมัติสำหรับระบบไฟฟ้า 1 เฟสด้วยมินิพีแอลซี ระบบควบคุมเพาเวอร์แฟกเตอร์ที่พัฒนาขึ้นใช้กับระบบไฟฟ้า 1 เฟสได้ทำการทดสอบโดยการต่อโหลดทั้ง 3 ชนิดเข้ากับชุดควบคุมเพาเวอร์แฟกเตอร์โดยการวัดค่าทางไฟฟ้าต่างๆ ก่อนและหลังจากต่อคาปาซิเตอร์ เปรียบเทียบกับค่าคาปาซิเตอร์ที่คำนวณได้ พบว่าชุดควบคุม สามารถควบคุมการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตรงตามค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ที่คำนวณได้ โดยก่อนการปรับปรุงมีค่าต่ำกว่า 0.85 แต่หลังจากติดตั้งและใช้งานระบบควบคุมแล้วสามารถปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์สูงขึ้นอยู่ที่ 0.90 ตรงตามที่คำนวณได้อย่างชัดเจน ซึ่งแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของชุดควบคุมที่พัฒนาขึ้น สามารถนำไปติดตั้งเพื่อควบคุมค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ได้

4.2 ทดสอบหาประสิทธิภาพระบบควบคุมเพาเวอร์แฟกเตอร์อัตโนมัติสำหรับระบบไฟฟ้า 1 เฟสด้วยมินิพีแอลซี โดยได้ทำการทดสอบกับโหลดทั้ง 3 ชนิดดังนี้

1) ผลการทดสอบกับโหลดฟลูออเรสเซนต์

การทดสอบการทำงานของชุดควบคุมก่อนต่อคาปาซิเตอร์เพื่อหาค่าที่เหมาะสมกับโหลดฟลูออเรสเซนต์

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบของชุดควบคุมก่อนต่อคาปาซิเตอร์เข้ากับโหลดชุดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 18 วัตต์ จำนวน 2 ชุด

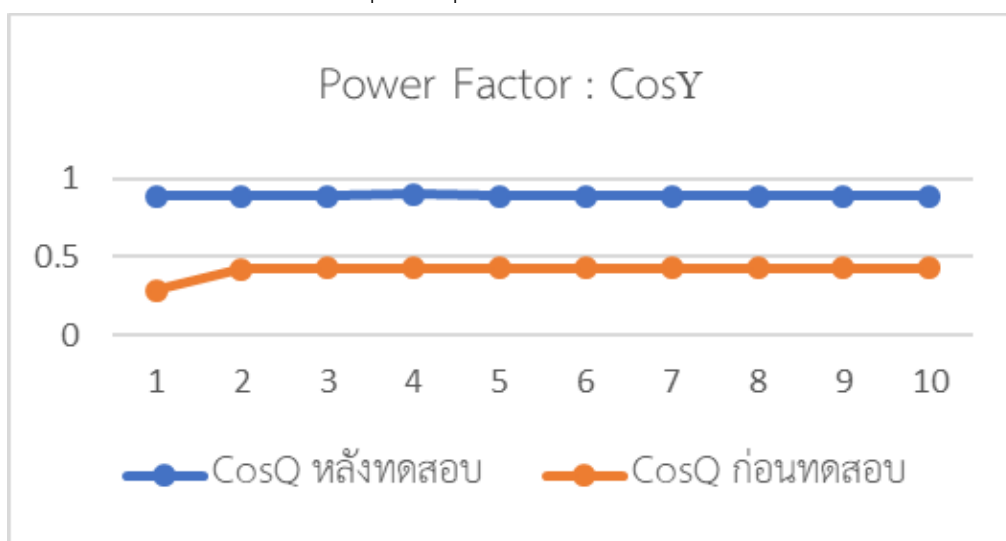
ผลการทดสอบก่อนต่อคาปาซิเตอร์					
แรงดัน (V)	กระแส (A)	Active Power (W)	Apparent Power (VA)	Reactive Power (VAR)	Power Factor
234.2	0.72	72	168.1	151.3	0.43

จากตารางที่ 1 นำค่าที่วัดได้มาคำนวณหาขนาดของคาปาซิเตอร์เบงค์ที่เหมาะสมแล้วต่อคาปาซิเตอร์ที่คำนวณได้เข้ากับชุดควบคุม เพื่อเปรียบเทียบความถูกต้องระหว่างค่าที่คำนวณได้กับการวัดค่าที่ได้จากชุดควบคุมที่สร้างขึ้น

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบของชุดควบคุมหลังจากการต่อคาปาซิเตอร์ เข้ากับโหลดชุดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 18 วัตต์ จำนวน 2 ชุด

ผลการทดสอบหลังต่อคาปาซิเตอร์					
แรงดัน (V)	กระแส (A)	Active Power (W)	Apparent Power (VA)	Reactive Power (VAR)	Power Factor
234.5	0.32	66.3	74.2	34	0.89

นำค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ในตารางที่ 3 และตารางที่ 4 มาลงกราฟเพื่อเปรียบเทียบค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ก่อน-หลังการต่อคาปาซิเตอร์เข้ากับชุดควบคุม



ภาพที่ 11 กราฟแสดงผลการทดสอบค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ก่อน และหลังชุดควบคุมต่อคาปาซิเตอร์กับโหลดชุดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 18 วัตต์ จำนวน 2 ชุด

จากภาพที่ 11 ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ก่อนต่อคาปาซิเตอร์เข้ากับชุดควบคุมเป็น 0.43 หลังจากต่อคาปาซิเตอร์เข้ากับชุดควบคุมค่าค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ที่วัดได้จะเพิ่มขึ้นเป็น 0.89

2) ผลการทดสอบชุดควบคุมโหลดมอเตอร์เหนี่ยวนำ

การทดสอบการทำงานของชุดควบคุมก่อนต่อคาปาซิเตอร์เพื่อหาค่าที่เหมาะสมกับโหลดมอเตอร์เหนี่ยวนำ

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบของชุดควบคุมก่อนต่อคาปาซิเตอร์เข้ากับโหลดมอเตอร์เหนี่ยวนำ 1 เฟส ขนาด 0.5 แรงม้า

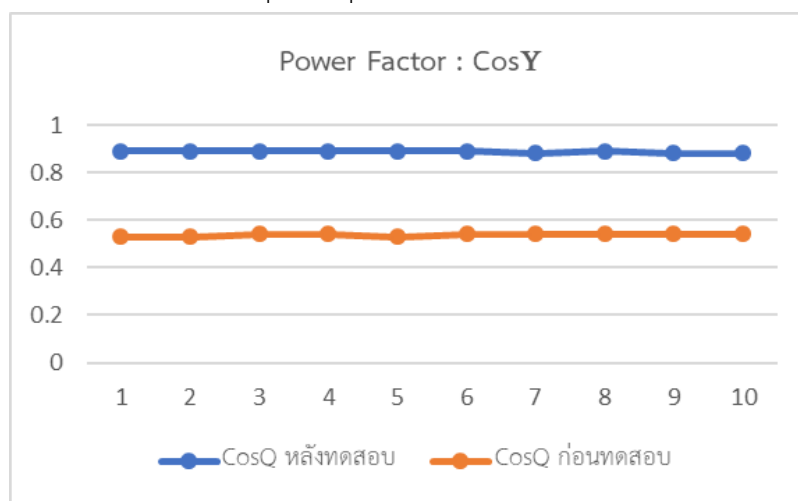
ผลการทดสอบก่อนต่อคาปาซิเตอร์					
แรงดัน (V)	กระแส (A)	Active Power (W)	Apparent Power (VA)	Reactive Power (VAR)	Power Factor
236.2	1.11	139.4	257.3	216.1	0.54

ต่อคาปาซิเตอร์ที่คำนวณได้เข้ากับชุดควบคุมเพื่อเปรียบเทียบความถูกต้องระหว่างค่าที่คำนวณได้กับการวัดค่าที่ได้จากชุดควบคุมที่สร้างขึ้น โดยทดสอบกับโหลดมอเตอร์เหนี่ยวนำ 1 เฟสขนาด 0.5 แรงม้า

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบของชุดควบคุมหลังจากต่อคาปาซิเตอร์ เข้ากับโหลดมอเตอร์เหนี่ยวนำ 1 เฟส ขนาด 0.5 แรงม้า

ผลการทดสอบหลังต่อคาปาซิเตอร์					
แรงดัน (V)	กระแส (A)	Active Power (W)	Apparent Power (VA)	Reactive Power (VAR)	Power Factor
237.2	0.65	130.7	153.52	67	0.89

นำค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ในตารางที่ 3 และตารางที่ 4 มาลงกราฟเพื่อเปรียบเทียบค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ก่อน-หลังการต่อคาปาซิเตอร์เข้ากับชุดควบคุม



ภาพที่ 12 กราฟแสดงผลการทดสอบค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ก่อน และหลังชุดควบคุมต่อคาปาซิเตอร์ เข้ากับโหลดมอเตอร์เหนี่ยวนำ 1 เฟส ขนาด 0.5 แรงม้า

จากภาพที่ 12 ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ก่อนต่อคาปาซิเตอร์เข้ากับชุดควบคุมเป็น 0.54 หลังจากต่อคาปาซิเตอร์เข้ากับชุดควบคุมค่าค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ที่วัดได้จะเพิ่มขึ้นเป็น 0.89

3) การทดสอบกับโหลดผสม (ฟลูออเรสเซนต์ร่วมกับมอเตอร์เหนี่ยวนำ)

การทดสอบการทำงานของชุดควบคุมก่อนต่อคาปาซิเตอร์เพื่อหาค่าที่เหมาะสมกับการทดสอบกับโหลดผสม (ฟลูออเรสเซนต์ร่วมกับมอเตอร์เหนี่ยวนำ)

ตารางที่ 5 แสดงผลการทดสอบของชุดควบคุมก่อนต่อคาปาซิเตอร์เข้ากับโหลดผสม (ฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 18 วัตต์ จำนวน 2 ชุด และโหลดมอเตอร์เหนี่ยวนำ 1 เฟส ขนาด 0.5 แรงม้า)

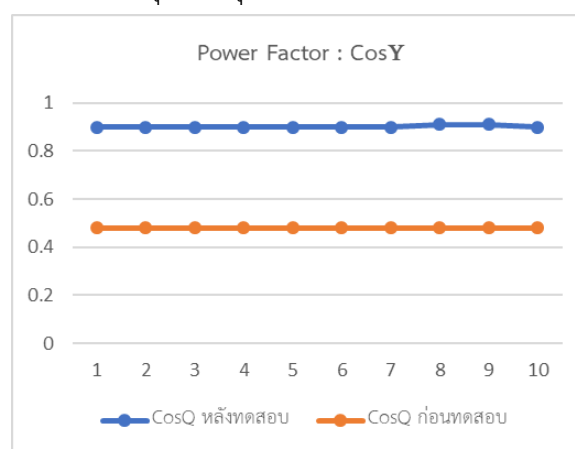
ผลการทดสอบก่อนต่อคาปาซิเตอร์					
แรงดัน (V)	กระแส (A)	Active Power (W)	Apparent Power (VA)	Reactive Power (VAR)	Power Factor
239.6	1.95	224	468.6	407.7	0.48

ต่อคาปาซิเตอร์ที่คำนวณได้เข้ากับชุดควบคุม เพื่อเปรียบเทียบความถูกต้องระหว่างค่าที่คำนวณได้กับการวัดค่าที่ได้จากชุดควบคุมที่สร้างขึ้น

ตารางที่ 6 แสดงผลการทดสอบของชุดควบคุมหลังจากต่อคาปาซิเตอร์เข้ากับโหลดผสม (ฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 18 วัตต์ จำนวน 2 ชุด และโหลดมอเตอร์เหนี่ยวนำ 1 เฟส ขนาด 0.5 แรงม้า)

ผลการทดสอบหลังต่อคาปาซิเตอร์					
แรงดัน (V)	กระแส (A)	Active Power (W)	Apparent Power (VA)	Reactive Power (VAR)	Power Factor
239.7	0.98	216	234.9	106.86	0.89

นำค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ในตารางที่ 5 และตารางที่ 6 มาลงกราฟเพื่อเปรียบเทียบค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ก่อน-หลังการต่อคาปาซิเตอร์เข้ากับชุดควบคุม



ภาพที่ 13 กราฟแสดงผลการทดสอบค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ก่อน และหลังชุดควบคุมต่อคาปาซิเตอร์ เข้ากับโหลดผสม (ฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 18 วัตต์ จำนวน 2 ชุด และโหลดมอเตอร์เหนี่ยวนำ 1 เฟส ขนาด 0.5 แรงม้า)

จากภาพที่ 13 ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ก่อนต่อคาปาซิเตอร์เข้ากับชุดควบคุมเป็น 0.48 หลังจากต่อคาปาซิเตอร์เข้ากับชุดควบคุมค่าค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ที่วัดได้จะเพิ่มขึ้นเป็น 0.89

5. สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง สามารถสรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาและหาประสิทธิภาพของระบบควบคุมเพาเวอร์แฟกเตอร์อัตโนมัติสำหรับระบบไฟฟ้า 1 เฟส โดยใช้มินิพีแอลซี (Mini PLC) เป็นตัวควบคุมการทำงาน ซึ่งผลการวิจัยพบว่า ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power Factor) ให้ใกล้เคียงกับค่าเป้าหมายที่ 0.9 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.2 อภิปรายผล

จากผลการวิจัยได้ข้อค้นพบที่สามารถนำมาอภิปรายผล ดังนี้

ระบบควบคุมเพาเวอร์แฟกเตอร์อัตโนมัติสำหรับระบบไฟฟ้า 1 เฟสด้วยมินิพีแอลซี ที่พัฒนาขึ้น เมื่อนำมาทดสอบกับโหลดชุดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 18 วัตต์ จำนวน 2 ชุด ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ก่อนและหลังจากการต่อคาปาซิเตอร์ พบว่าค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ที่คำนวณได้ 0.90 เมื่อต่อคาปาซิเตอร์ที่คำนวณได้เข้ากับชุดควบคุมสามารถอ่านค่าได้ 0.89 คิดเป็นค่าผิดพลาด 0.01 เมื่อนำมาทดสอบกับโหลดมอเตอร์เหนี่ยวนำ 1 เฟส ขนาด 0.5 แรงม้า ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ก่อนและหลังจากการต่อคาปาซิเตอร์ พบว่าค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ที่คำนวณได้ 0.90 เมื่อต่อคาปาซิเตอร์ที่คำนวณได้เข้ากับชุดควบคุมสามารถอ่านค่าได้ 0.89 คิดเป็นค่าผิดพลาด 0.01 สอดคล้องกับงานวิจัยของ สุระเชษฐ์ มิตสานนท์ และกันตภณ โฉนพันธ์ ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการแก้ไขตัวประกอบกำลังไฟฟ้าสำหรับระบบสูบน้ำบาดาลไฟฟ้า พบว่าจากผลการทดลองสามารถแก้ไขตัวประกอบกำลังให้สูงขึ้นจากเดิม 0.806 เป็น 0.982 ทำให้การใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบสูบน้ำบาดาลไฟฟ้าลดลง ส่งผลให้ช่วยลดการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงได้ของเครื่องยนต์ ขนาด 16 Hp ได้ 0.058 ลิตรต่อชั่วโมง คิดเป็น 4.77 % [2]

เมื่อนำมาทดสอบกับโหลดผสม (ฟลูออเรสเซนต์ขนาด 18 วัตต์ จำนวน 2 ชุด และโหลดมอเตอร์เหนี่ยวนำ 1 เฟสขนาด 0.5 แรงม้า) ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ก่อนและหลังจากการต่อคาปาซิเตอร์ พบว่าค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ที่คำนวณได้ 0.90 เมื่อต่อคาปาซิเตอร์ที่คำนวณได้เข้ากับชุดควบคุมสามารถอ่านค่าได้ 0.89 คิดเป็นค่าผิดพลาด 0.01

ผลการทดสอบทั้งในกรณีที่ใช้โหลดฟลูออเรสเซนต์, มอเตอร์เหนี่ยวนำ และโหลดผสม พบว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถควบคุมเพาเวอร์แฟกเตอร์ให้ใกล้เคียงกับค่าเป้าหมายที่ 0.9 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีค่าผิดพลาดที่ต่ำมาก (0.01) ในทุกกรณี

5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการพัฒนา

การวิจัยยังพบข้อจำกัดบางประการในเรื่องของการออกแบบฟังก์ชันการควบคุมใน PLC เพื่อให้ใกล้เคียงกับอุปกรณ์ Power Factor Controller (PFC) มากที่สุด ซึ่งมีความซับซ้อนในการออกแบบฟังก์ชันการทำงาน รวมถึงการคำนวณสถานะโหลด Leading หรือ Lagging ที่ยังต้องการการปรับปรุงเพิ่มเติมเพื่อให้สามารถบอกสถานะการทำงานได้อย่างแม่นยำ

เอกสารอ้างอิง

- [1] ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์. (2565). การออกแบบระบบไฟฟ้า ฉบับปรับปรุง ครั้งที่ 9 ตามมาตรฐาน วสท. 2564. กรุงเทพมหานคร: ห้างหุ้นส่วนจำกัด โชติอนันต์ ศรีเอชเอ็น
- [2] สุรเชษฐ์ มิตสานนท์ และกันตณ โลงนพันธ์. (2563). การแก้ไขตัวประกอบกำลังไฟฟ้าสำหรับระบบสูบน้ำบาดาลไฟฟ้า. วารสาร “Life Sciences and Environment Journal” มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม. ปีที่ 21 ฉบับที่ 2. 480-490.
- [3] โครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้า. (2566). [ออนไลน์]. การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. [สืบค้นเมื่อวันที่ 22 เมษายน 2566]. จาก <https://www.pea.co.th/electricity-tariffs>
- [4] นิพิชญ์ กัมแก้ว. (2565). การพัฒนาสมรรถนะของระบบควบคุมสำหรับวงจรปรับปรุงคุณภาพกำลังไฟฟ้ารวม. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า. บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยลงชลาครินทร์.
- [5] อนุชิต อุไรรัตน์ และเฉลิม จินาตุน. (2563). ระบบขับเคลื่อนมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสที่มีวงจรแก้ไขตัวประกอบกำลังสำหรับเครื่องรีดยางไฟฟ้า. วารสารวิจัย มทร.กรุงเทพ. ปีที่ 14 ฉบับที่ 1. 1-13.
- [6] คมกฤษณ์ ศรีสุวรรณ และรัก สกุลพงศ์. (2561). การศึกษาผลของตัวประกอบกำลังไฟฟ้าในกรณีใช้ชุดแอลอีดีร่วมกับชุดฟลูออเรสเซนต์. วารสารวิชาการปทุมวัน. ปีที่ 8 ฉบับที่ 2. 45-52.