

ชุดแสดงสถานะ และเก็บข้อมูลการใช้งานของหม้อแปลงจำหน่ายไฟฟ้า 3 เฟส ขนาดกำลัง 50 กิโลโวลต์-แอมป์

Status Monitoring Set and Data Logger for 50 kVA 3-Phase Distribution Transformer

ดำรงศักดิ์ วงศ์ตา^{1*} ศตวรรษ เมืองชื่น² และไพฑูรย์ ยศกาศ²

¹สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาลัยเชียงราย

199 หมู่ 6 ตำบลป่าอ้อดอนชัย อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย 57000

²หน่วยวิจัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาลัยเชียงราย

199 หมู่ 6 ตำบลป่าอ้อดอนชัย อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย 57000

Dumrongsak Wongta^{1*}, Satawat Muangchuen² and Paitoon Yodkad²

¹Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Chiangrai College

199 Moo 6, Muang, Chiang Rai, Thailand, 57000

²Research Unit, Faculty of Engineering, Chiangrai College

199 Moo 6, Muang, Chiang Rai, Thailand, 57000

*ผู้รับผิดชอบบทความ: Dumrongsak.wongta@crc.ac.th เบอร์โทรศัพท์ 08-4172-7780

Received: 19 May 2021, Revised: 29 September 2021, Accepted: 21 December 2021

บทคัดย่อ

ชุดแสดงสถานะและเก็บข้อมูลการใช้งานหม้อแปลงจำหน่ายไฟฟ้า ได้ติดตั้งกับหม้อแปลงไฟฟ้า 3 เฟส ขนาดพิกัด 50 กิโลโวลต์-แอมป์ ในการติดตั้งใช้เซนเซอร์กระแส และเซนเซอร์แรงดันวัดค่าส่งให้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ในการประมวลผลและบันทึกผล เพื่อศึกษาการใช้งานหม้อแปลงไฟฟ้าที่การจ่ายกำลังไฟฟ้า จ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับโหลด กำหนดไม่เกิน 80% ของพิกัดหม้อแปลง และแสดงสถานะโหลดเฟส A, B และ C แสดงผลสถานะเป็นสีแสงหลอดไฟตามเงื่อนไขที่กำหนด คือ หลอดไฟเขียว (ปกติ), หลอดไฟเหลือง (เตือน), หลอดไฟแดง (เกินพิกัด) ผลการทดลองพบว่าหม้อแปลงไฟฟ้าที่ศึกษาจ่ายกำลังไฟฟ้าช่วงสูงสุดที่ 65% และหม้อแปลงยังเหลือกำลังไฟฟ้าที่รองรับการจ่ายโหลดอีก 15% และสถานะโหลดที่ใช้งานแต่ละเฟส หลอดแสดงผลออกมาได้ค่าเป็นค่าสมมูลของโหลดตรงตามข้อมูลที่บันทึกได้

คำสำคัญ แสดงสถานะ บันทึกข้อมูล หม้อแปลงจำหน่ายไฟฟ้า

Abstract

A set of status monitoring and data logger for the use of distribution transformers was installed on a 3-phase transformer rated at 50 kVA. In the installation, current sensors and voltage sensors were used to measure values and send to the microcontroller board for processing and recording in the data logger. The purpose of this paper, in addition to studying the use of transformer in distribution of power to a load rated at no more than 80% of the transformer rating, is to implement a display for phase A, B and C load states. The status display used color lamps according to the specified conditions: green lamp (normal), yellow lamp (warning)

and red lamp (overload). The results showed that the studied transformer provided a maximum power of 65% and the transformer still had 15% of the power to support the load. Moreover, for each phase of the operating load conditions, the lamps can display load balance values according to recorded data in the data logger.

Keywords: Status Monitoring, Distribution Transformer, Data Logger

1. บทนำ

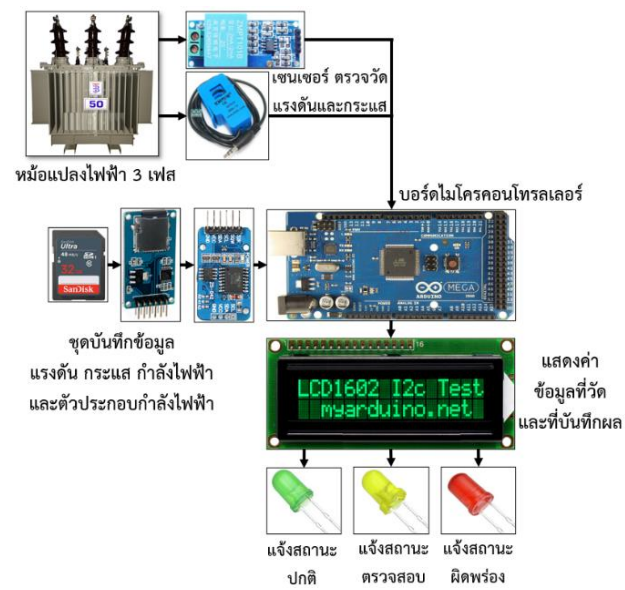
หม้อแปลงไฟฟ้าระบบ 1 เฟส และ 3 เฟส เป็นเครื่องจักรกลไฟฟ้าที่ทำหน้าที่ลดหรือเพิ่มระดับแรงดันไฟฟ้าให้ในการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าในระบบไฟฟ้า ในการลดการสูญเสียกำลังไฟฟ้าในสายส่งจำเป็นต้องเพิ่มระดับแรงดันให้เป็นไฟฟ้าแรงดันสูงจากหม้อแปลงไฟฟ้า จากนั้นกำลังไฟฟ้าถูกส่งไปที่สถานีไฟฟ้าระบบจำหน่าย เพื่อจะเข้าผ่านอุปกรณ์ตัดต่อของระบบไฟฟ้า แล้วใช้หม้อแปลงระบบจำหน่ายลดระดับแรงดันไฟฟ้าให้ลดลงในระดับการใช้งาน เพื่อจ่ายกำลังไฟฟ้าไปยังพื้นที่ใช้ไฟในแต่ละพื้นที่ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคมีหน้าที่ผู้รับผิดชอบ ติดตั้งตรวจสอบ และบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้าที่เพียงพอต่อการใช้ไฟฟ้าในแต่ละพื้นที่ [1] ถ้าหากมีการขยายตัวของการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้น หม้อแปลงไฟฟ้าก็ต้องจ่ายกำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้นตามโหลดการใช้ไฟฟ้าที่มีการใช้งานตลอด 24 ชั่วโมง และในบางช่วงเวลาโหลดผู้ใช้ไฟมีการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นหรือพร้อม ๆ กัน เกินพิกัดกำลังของหม้อแปลงไฟฟ้าทำให้ความสามารถในการจ่ายโหลดลดลง จะมีกระแสไหลในสายนิวทรัล ซึ่งจะทำให้แรงดันตกและมีกำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายนิวทรัลประสิทธิภาพของระบบจะลดลง [2] เปอร์เซนต์ค่าแรงดันเบี่ยงเบนมากเกินไป เฟสที่มีโหลดต่อในวงจรมากแรงดันจะต่ำ ส่วนเฟสที่มีโหลดต่อน้อยแรงดันจะสูง ความสามารถในการจ่ายโหลดของระบบลดลง ไม่สามารถจ่ายได้ตามพิกัด เพราะถูกจำกัดด้วยเฟสที่มีโหลดสูงสุด และหากว่ากรณีที่ระบบไม่สมดุลและสายนิวทรัลขาด จะทำให้แรงดันไฟฟ้ามีขนาด 400 โวลต์ แรงดันตกคร่อมโหลดบางตัวอาจสูงกว่าปกติ ดังนั้นพนักงานการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจึงต้องมีการตรวจเช็ค บันทึกข้อมูลหม้อแปลงไฟฟ้าประจำทุกวัน 1-2 ครั้งต่อวัน ในช่วงเวลาระหว่างนั้นก็อาจจะเกิดเหตุการณ์ที่หม้อแปลงจ่ายโหลดเกินพิกัด ส่งผลให้ไม่ครอบคลุมการตรวจสอบการใช้งานหม้อแปลงได้ทั้งหมด อุปกรณ์ที่

ใช้สำหรับเก็บบันทึกข้อมูล (Data Logger) ค่าสัญญาณชนิดต่าง ๆ ไว้ [3] โดยมีอุปกรณ์เก็บข้อมูลสำหรับเก็บค่าที่วัดได้ของสัญญาณตามช่วงเวลาการบันทึกที่กำหนดไว้โดยอัตโนมัติ ซึ่งก็คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่เป็นอุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก และมีความสามารถที่คล้ายคลึงกับระบบคอมพิวเตอร์ โดยในไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รวมเอา ซีพียู หน่วยความจำ และพอร์ต ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักสำคัญของระบบคอมพิวเตอร์เข้าไว้ด้วยกัน จึงสามารถใช้คอนโทรลเลอร์เป็นอุปกรณ์ที่สามารถบันทึกค่า และแสดงผลตามที่เรากำหนดเองได้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สามารถวัดและบันทึกค่าพารามิเตอร์ข้อมูลทางไฟฟ้า ได้แก่ แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า และตัวประกอบกำลัง มาบันทึกค่าไว้ เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์หม้อแปลงจ่ายกำลังไฟฟ้าย้อนหลังได้ อีกทั้งยังแจ้งสถานะให้ทราบถึงค่าความสมดุลของโหลดไฟฟ้าที่ใช้กำลังไฟฟ้าในแต่ละเฟสของหม้อแปลงไฟฟ้า พร้อมกับแจ้งสถานะให้ตรวจสอบว่าได้เกิดเหตุการณ์การใช้กำลังไฟฟ้าเกินพิกัดหม้อแปลงไฟฟ้า ตามที่กำหนดเงื่อนไขสถานะไว้หรือไม่

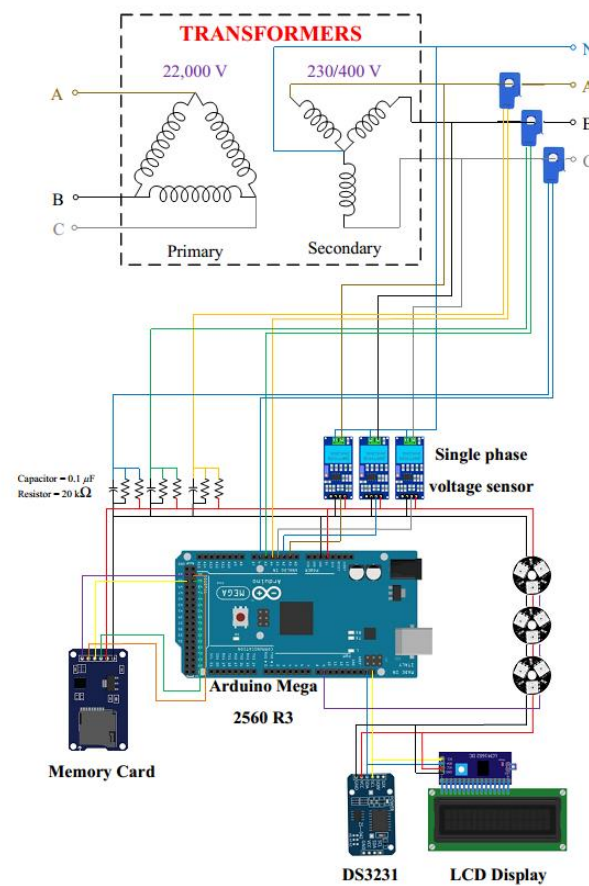
2. ทฤษฎีและวิธีการดำเนินงานวิจัย

2.1 การออกแบบชุดแสดงสถานะ และเก็บข้อมูล

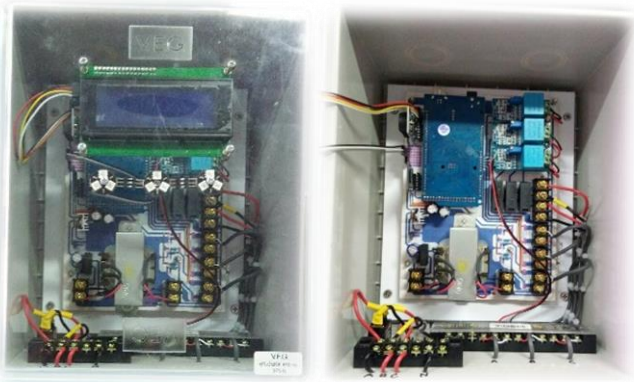
การสร้างชุดแสดงสถานะ [4] และเก็บข้อมูลการใช้หม้อแปลงจำหน่ายไฟฟ้า เป็นการใช้การทำงานของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทั้งหมด โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Arduino Mega 2560 R3) จะทำหน้าที่ในการประมวลผลจากเซ็นเซอร์แรงดันและกระแสทำหน้าที่วัดค่าและนำสัญญาณส่งต่อให้แสดงผลข้อมูลที่จอแสดงผล (LCD Display) และบันทึกข้อมูลลงในหน่วยความจำ (Memory Card) และสามารถแสดงสถานะจากการวัดค่าได้ทันที โดยส่วนประกอบที่ออกแบบแสดงได้ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 การออกแบบโครงสร้างการทำงาน และส่วนประกอบของอุปกรณ์ในแต่ละส่วน



รูปที่ 2 การต่อวงจรของอุปกรณ์แต่ละส่วนเข้าบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์



ก) ด้านหน้าตู้ ข) ด้านในตู้
รูปที่ 3 การประกอบอุปกรณ์เข้าในตู้ชุดแสดงสถานะ

ทำการประกอบชุดแสดงสถานะ และเก็บข้อมูลการใช้งานหม้อแปลงจำหน่ายไฟฟ้า และต่อวงจรด้วยสายพอร์ตของแต่ละส่วนมาที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ประกอบในกล่องที่กันแดดและฝนได้ หน้ากล่องได้เลือกเป็นแบบโปร่งแสงเพื่อให้สามารถแสดงสถานะของหม้อแปลงได้พร้อมๆกับฮีตซิงค์ให้แน่น แสดงดังรูปที่ 2 และ 3

ก่อนที่จะทำการติดตั้งใช้งานจริง จำเป็นต้องทดสอบและปรับค่าในการวัดการเก็บข้อมูลของชุดแสดงสถานะให้มีค่าที่เชื่อถือได้ โดยการสอบเทียบอุปกรณ์ชุดแสดงสถานะเทียบกับเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าที่เป็นมาตรฐานหรือเครื่องวัดได้ใบรับรองค่าการวัดที่ได้มาตรฐานมาแล้ว [12] ในการสอบเทียบได้ติดตั้งชุดแสดงสถานะเข้ากับตู้ระบบไฟฟ้า 3 เฟส (Main Distribution Board : MDB) ของอาคารเฉลิมพระเกียรติ วิทยาลัยเชียงราย โดยใช้ค่าแสดงผลของตู้ MDB เป็นค่ามาตรฐาน เปรียบเทียบค่าที่วัดได้ของชุดแสดงสถานะ ทำการวัดและปรับตั้งค่า จากนั้นจึงทำการสอบเทียบ ดังรูปที่ 4 ค่าเฉลี่ยที่บันทึกผลการสอบเทียบแสดงดังตารางที่ 1

ค่าเกณฑ์การยอมรับแรงดันไฟฟ้ากำหนดที่ ± 5 โวลต์ จากผลการสอบเทียบได้ค่าคลาดเคลื่อนมากที่สุดที่ 1.10 โวลต์และเกณฑ์การยอมรับกระแสไฟฟ้ากำหนดที่ ± 3 แอมแปร์จากผลการสอบเทียบได้ค่าคลาดเคลื่อนมากที่สุดที่ 0.51 แอมแปร์สำหรับเกณฑ์การยอมรับค่ากำลังไฟฟ้าต่อ

เฟสกำหนดที่ ± 5 % หรือไม่เกิน 600 วัตต์ ผลการสอบเทียบได้ค่าคลาดเคลื่อนมากที่สุดไม่ถึง 3 % โดยรวมถือว่าอยู่ในเกณฑ์ยอมรับการใช้งาน จึงนำไปติดตั้ง ณ จุดที่ศึกษา



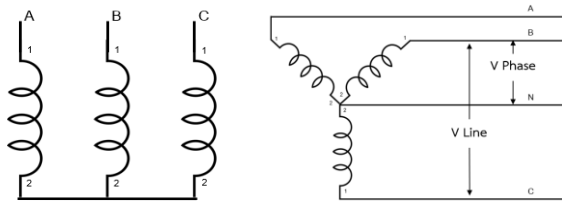
ก) เครื่องมือวัดมาตรฐาน ข) การติดตั้งทดสอบเทียบค่า
รูปที่ 4 การสอบเทียบชุดแสดงสถานะ กับตู้ระบบไฟฟ้า MDB

ตารางที่ 1 ผลการสอบเทียบการวัดค่าไฟฟ้าชุดแสดงสถานะ

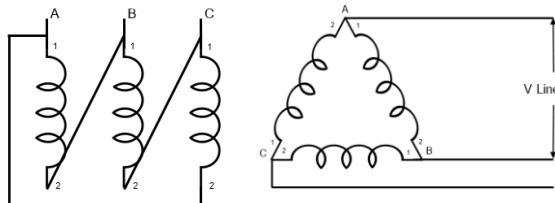
ค่าเฉลี่ยทางไฟฟ้า	ระบบไฟฟ้า MDB	ชุดแสดงสถานะ	ค่าคลาดเคลื่อน	
			$\pm$	%
แรงดันเฟส A (โวลต์)	230.55	230.05	0.50	0.22
แรงดันเฟส B (โวลต์)	231.14	230.43	0.71	0.31
แรงดันเฟส C (โวลต์)	231.35	230.25	1.10	0.48
กระแสเฟส A (แอมแปร์)	62.24	61.73	0.51	0.82
กระแสเฟส B (แอมแปร์)	54.01	53.56	0.45	0.83
กระแสเฟส C (แอมแปร์)	59.65	59.25	0.40	0.67
กำลังไฟฟ้าเฟส A (วัตต์)	12770.99	12496.87	274.13	2.15
กำลังไฟฟ้าเฟส B (วัตต์)	11110.65	10860.81	249.83	2.25
กำลังไฟฟ้าเฟส C (วัตต์)	12282.02	12005.24	276.79	2.25
ค่าตัวประกอบกำลัง	0.89	0.88	0.01	1.12

2.2 หม้อแปลงไฟฟ้าระบบ 3 เฟส

หม้อแปลงไฟฟ้า 3 เฟส เป็นหม้อแปลงที่มีจำนวนขดลวดแบบหม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส มีจำนวนสามชุด [5] โดยมีวิธีที่สามารถเข้าขดลวดของหม้อแปลงทั้งสามชุดของด้านปฐมภูมิและทุติยภูมิเป็น 2 แบบ คือ แบบวายหรือสตาร์ (Wye or Star connection) และแบบเดลต้า (Delta connection)



ก) การต่อขดลวดแบบวายหรือสตาร์



ข) การต่อขดลวดแบบเดลต้า

รูปที่ 5 การต่อขดลวดหม้อแปลง แบบวาย แบบเดลต้า

หม้อแปลงไฟฟ้ามีพิกัดกำลังไฟฟ้าเป็นกำลังไฟฟ้าปรากฏ (Apparent Power : S) ซึ่งจะสามารถหาค่ากำลังไฟฟ้าจริง (Active Power : P) และกำลังไฟฟ้าเสมือน (Reactive Power : Q) ได้ด้วยสมการดังนี้

$$S_{3\phi} = \sqrt{3}V_L I_L^* \quad (1)$$

$$S_{3\phi} = P + jQ \quad (2)$$

$$P_{3\phi} = \sqrt{3}V_L I_L \cos\theta \quad (3)$$

$$Q_{3\phi} = \sqrt{3}V_L I_L \sin\theta \quad (4)$$

$S_{3\phi}$ = กำลังไฟฟ้าปรากฏสามเฟส หน่วย โวลต์แอมป์ (VA)

$P_{3\phi}$ = กำลังไฟฟ้าจริงสามเฟส หน่วย วัตต์ (W)

$Q_{3\phi}$ = กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟสามเฟส หน่วย วาร์ (Var)

$\cos\theta$ = ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า

2.3 การกำหนดเงื่อนไขการแสดงผลสถานะของข้อมูลที่บ้านทีก

หม้อแปลงจำหน่ายไฟฟ้า 3 เฟส ณ บ้านสะนู ตำบลเหมืองหม้อ อำเภอมือง จังหวัดแพร่ ต่อขดลวดแบบ เดลตา-สตาร์ มีพิกัดกำลังไฟฟ้าปรากฏสามเฟสขนาด $S_{3\phi} = 50kVA$ แรงดันไฟฟ้า $22kV / 400 - 230V$ และค่าตัวประกอบกำลังมีค่าเท่ากับ 0.85 Lagging ในการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าของหม้อแปลงจะต้องไม่เกิน 80% ของพิกัดหม้อแปลง [6] หม้อแปลงจำหน่ายไฟฟ้านี้จะต้องจ่ายกำลังไฟฟ้าได้ไม่เกิน $S_{3\phi} = (50 \times 10^3) \times (0.8) = 40kVA$ ส่วนโหลด

รวมไฟฟ้าทั้งสามเฟสนั้นจะเป็นค่ากำลังไฟฟ้าจริง และกระแสไฟฟ้า โดยสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$P_{3\phi} = (40 \times 10^3) \times (0.85) = 34kW$$

$$I_L = \frac{P_{3\phi}}{\sqrt{3}V_L \cos\theta}$$

$$I_L = \frac{34 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.85} = 57.74A$$

จะทำการติดตั้งที่เสาไฟฟ้าต้นที่หม้อแปลงจำหน่ายติดตั้งอยู่ แล้วจะใช้ชุดเซ็นเซอร์กระแสและแรงดันไฟฟ้าคล้องสายไฟฟ้าไว้ ชุดแสดงสถานะทำการวัดค่าและบันทึกค่าพร้อมกับให้แสดงผลออกมาตามเงื่อนไขการแสดงผลในสถานะสีเขียว สีเหลือง สีแดง ของหลอดไฟแต่ละเฟสได้ [7-8] โดยสามารถวิเคราะห์ความหมายของสีสถานะของหลอดไฟ ดังนี้

ตารางที่ 2 หลอดไฟแสดงผลสถานะการใช้งานหม้อแปลงจำหน่ายไฟฟ้า

เปอร์เซ็นต์ (%)			
การใช้งานหม้อแปลง	ไม่เกิน 80%	80-90 %	90-100 %
กำลังไฟฟ้า $P_{3\phi}$ (กิโลวัตต์: kW)	0-34 kW	34-38.3 kW	38.3-42.5 kW
กระแสไฟฟ้า I_L (แอมแปร์: A)	34-38.3 kW	57.74-65.04 A	เหลือง
สถานะสีเขียว	ตลอดเวลา	-	-
สถานะสีเหลือง	-	ครบ 3 ครั้ง	ครบ 6 ครั้ง
สถานะสีแดง	-	-	ครบ 3 ครั้ง

2.1 การติดตั้งชุดแสดงสถานะ และเก็บข้อมูล

ในการศึกษาทดสอบ ได้ทำการติดตั้งอุปกรณ์นี้ไว้ที่หมู่บ้านสะนู ตำบลเหมืองหม้อ อำเภอมือง จังหวัดแพร่ หม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 50 กิโลวัตต์-แอมป์ ติดตั้งเซ็นเซอร์แรงดันและเซ็นเซอร์กระแส คล้องสายวัดค่าที่สายไฟฟ้าใต้หม้อแปลงไฟฟ้าด้านแรงต่ำ เฟส A, B และ C ติดตั้งให้ชุดแสดงสถานะทำการเก็บข้อมูล เป็นเวลา 3 วัน เริ่มเก็บข้อมูลที่บันทึกตั้งแต่วันที่ 21 สิงหาคม 2563 ถึง วันที่ 23 สิงหาคม 2563 โดยกำหนดให้เครื่องมีการบันทึกข้อมูลทางไฟฟ้าของหม้อแปลงไฟฟ้า ทุก ๆ 5 นาที และเงื่อนไขที่นับจำนวนเหตุการณ์จะ

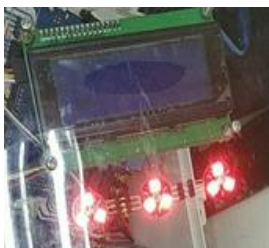
รีเซ็ตใน 24 ชั่วโมง แสดงรูปการทำงานของชุดแสดงสถานะ และบันทึกค่าดังรูปที่ 8 และข้อมูลจากผลการบันทึกค่าที่ติดตั้ง แสดงดังตาราง 3-5



ก) สีเขียว คือ ปกติ สถานะโหลดใช้งาน ไม่เกิน 80 % ของพิกัดการใช้งาน หม้อแปลงไฟฟ้า



ข) สีเหลือง คือ สถานะ โหลดใช้งาน 80-90 % ของ พิกัดหม้อแปลงไฟฟ้า ให้ ตรวจสอบ ฝ้าติดตาม วางแผนจ่ายโหลด



ค) สีแดง คือ สถานะ โหลดใช้งาน 90-100 % เกินพิกัดใช้งานหม้อแปลง ไฟฟ้า ให้ทำการเพิ่มพิกัด หรือเปลี่ยนหม้อแปลง

รูปที่ 6 การแสดงผลของโหลดไฟแสดงสถานะในแต่ละสี



รูปที่ 7 การติดตั้งชุดแสดงสถานะที่หม้อแปลงไฟฟ้า



รูปที่ 8 การแสดงสถานะกำลังไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า ของเฟส A, B และ C ที่จุดทดสอบ และเก็บข้อมูล

ตารางที่ 3 ข้อมูลหม้อแปลง วันที่ 21 สิงหาคม 2563

แรงดันไฟฟ้า (V)			
ลำดับเฟส	A	B	C
ค่าต่ำสุด	235.23	231.6	231.33
ค่าสูงสุด	249.6	247.91	243.62
ค่าเฉลี่ย	241.61	239.51	237.26

กระแสไฟฟ้า (A)			
ลำดับเฟส	A	B	C
ค่าต่ำสุด	5.13	5.14	5.05
ค่าสูงสุด	37.76	36.02	34.46
ค่าเฉลี่ย	14.39	11.42	14.72

กำลังไฟฟ้า (W)			
ลำดับเฟส	A	B	C
ค่าต่ำสุด	919.07	1139.61	530.46
ค่าสูงสุด	8233.62	8618.54	8126.95
ค่าเฉลี่ย	2994.41	2574.27	2509.11

ตารางที่ 4 ข้อมูลหม้อแปลง วันที่ 22 สิงหาคม 2563

แรงดันไฟฟ้า (V)			
ลำดับเฟส	A	B	C
ค่าต่ำสุด	234.18	231.24	233.19
ค่าสูงสุด	246.59	245.64	245.35
ค่าเฉลี่ย	240.70	239.64	239.04

กระแสไฟฟ้า (A)			
ลำดับเฟส	A	B	C
ค่าต่ำสุด	5.05	5.12	5.48
ค่าสูงสุด	37.13	37.28	39.93
ค่าเฉลี่ย	13.38	12.05	19.12

กำลังไฟฟ้า (W)			
ลำดับเฟส	A	B	C
ค่าต่ำสุด	1029.61	839.14	561.96
ค่าสูงสุด	7243.99	8920.68	9515.52
ค่าเฉลี่ย	2796.66	2821.88	4025.64

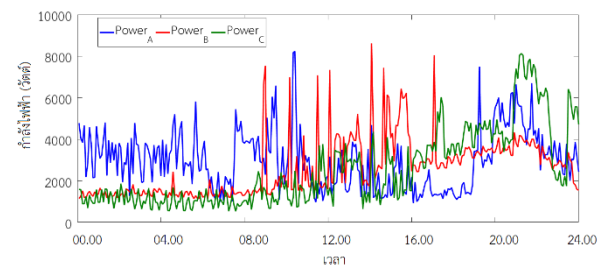
ตารางที่ 5 ข้อมูลหม้อแปลง วันที่ 23 สิงหาคม 2563

แรงดันไฟฟ้า (V)			
ลำดับเฟส	A	B	C
ค่าต่ำสุด	234.98	233.98	204.67
ค่าสูงสุด	255.62	246.21	243.78
ค่าเฉลี่ย	242.67	240.36	235.89
กระแสไฟฟ้า (A)			
ลำดับเฟส	A	B	C
ค่าต่ำสุด	5.03	5.07	5.44
ค่าสูงสุด	46.32	40.17	32.73
ค่าเฉลี่ย	14.97	11.87	16.92
กำลังไฟฟ้า (W)			
ลำดับเฟส	A	B	C
ค่าต่ำสุด	888.32	873.39	630.61
ค่าสูงสุด	10582.53	9641.42	6274.44
ค่าเฉลี่ย	3280.91	2762.41	3052.92

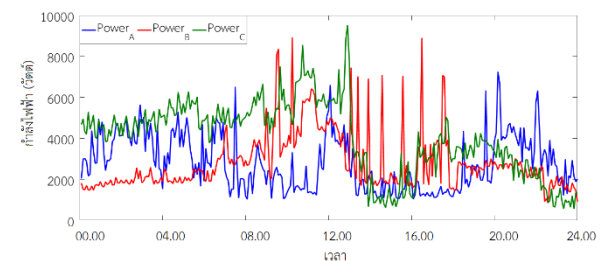
3. ผลการวิจัยและอภิปราย

จากผลการทดลองจะนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์การจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับโหลดในแต่ละเฟส [9-11] แสดงค่ากำลังไฟฟ้าที่บันทึกได้ในแต่ละวัน ดังรูปที่ 9-11

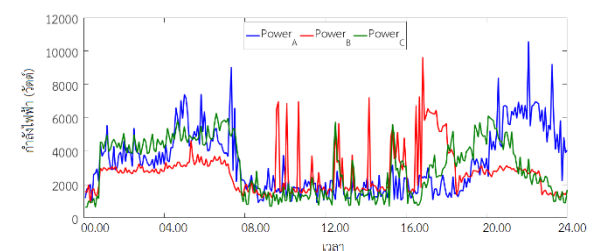
จากการบันทึกผลข้อมูลการจ่ายกำลังไฟฟ้าที่หม้อแปลงไฟฟ้าจ่ายให้กับโหลดในแต่ละวัน จะเห็นว่ากำลังไฟฟ้าเฟส A และ C จะจ่ายโหลดมากน้อยสลับกันไปมา แต่กำลังไฟฟ้าเฟส B มีการจ่ายโหลดในแต่ละวันที่มีค่าใกล้เคียงกัน โดยโหลดจะใช้กำลังไฟฟ้ามากในช่วงเวลาประมาณ 08.00-19.00 น. ดังนั้นหม้อแปลงไฟฟ้านี้ การจ่ายกำลังไฟฟ้าเฟส B ถือว่ามีความเสถียรดีกว่า เฟส A และ C สำหรับการวิเคราะห์การจ่ายกำลังไฟฟ้าเกินพิกัด โดยคิดเป็นกำลังไฟฟ้าจริงคิดที่ 80% ของพิกัดหม้อแปลง 3 เฟส คือ 34 กิโลวัตต์ หรือ 34,000 วัตต์ หากคิดเป็นค่ากำลังไฟฟ้าจริง 1 เฟส คือ 11,333 วัตต์ จะเห็นว่ามีการจ่ายกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่เฟส A เท่ากับ 10,583 วัตต์ ค่ากำลังไฟฟ้ายังไม่เกินพิกัดใช้งานของหม้อแปลงไฟฟ้า และหากใช้ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยมาคิดจะมีการใช้งานอยู่ที่ไม่เกิน 30%



รูปที่ 9 กำลังไฟฟ้าแต่ละเฟส วันที่ 21 สิงหาคม 2563



รูปที่ 10 กำลังไฟฟ้าแต่ละเฟส วันที่ 22 สิงหาคม 2563

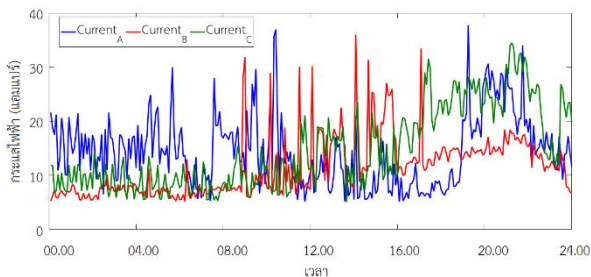


รูปที่ 11 กำลังไฟฟ้าแต่ละเฟส วันที่ 23 สิงหาคม 2563

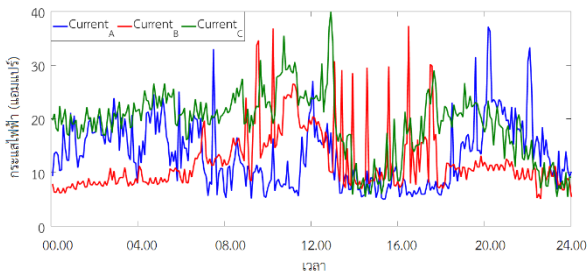
ส่วนค่ากระแสไฟฟ้าสามารถวิเคราะห์ข้อมูลที่บ้านบันทึกได้ในแต่ละวัน ดังรูปที่ 12-14

จากการบันทึกผลข้อมูลค่ากระแสไฟฟ้าส่วนใหญ่เฟส A จะมีค่ากระแสที่ใช้งานมากที่สุด 3-4 ครั้งต่อวัน ที่เวลา 8.00 น. และ หลัง 20.00 น. ส่วนเฟส B มีค่ากระแสที่ใช้งานมากที่สุด 7-8 ครั้งต่อวัน อยู่ในช่วงเวลา 8.00-19.00 น. และเฟส C ค่ากระแสไฟฟ้าใช้งานมีค่าที่มากน้อยในแต่ละวันไม่เหมือนกัน โดยส่วนใหญ่จะใช้งานมากที่เวลา 16.00 - 24.00 น.

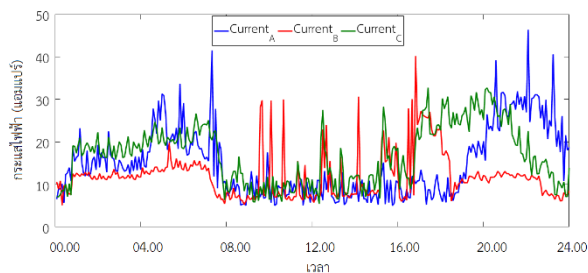
สำหรับการวิเคราะห์พิกัดกระแสใช้งานหม้อแปลงไฟฟ้าที่ 80 % คือ 57.74 แอมแปร์ จะเห็นว่าค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุดที่เฟส A เท่ากับ 46.32 แอมแปร์ ค่ากระแสไฟฟ้ายังไม่เกินพิกัดใช้งานของหม้อแปลงไฟฟ้าให้อยู่ที่ไม่เกิน 65% ของพิกัดกระแสใช้งานหม้อแปลงไฟฟ้า



รูปที่ 12 กระแสไฟฟ้าแต่ละเฟส วันที่ 21 สิงหาคม 2563



รูปที่ 13 กระแสไฟฟ้าแต่ละเฟส วันที่ 22 สิงหาคม 2563



รูปที่ 14 กระแสไฟฟ้าแต่ละเฟส วันที่ 23 สิงหาคม 2563

4. บทสรุป

บทความนี้ได้นำเสนอ ชุดแสดงสถานะ และเก็บข้อมูลการใช้งานหม้อแปลงจำหน่ายไฟฟ้า โดยกำหนดการแจ้งเตือนสถานะ ของเฟส A B และ C ค่าพิกัดกำลังไฟฟ้า พิกัดกระแสไฟฟ้าใช้งานไม่เกิน 80% และกำหนดเหตุการณ์ที่เกินค่าพิกัดใช้งานเป็นจำนวนครั้งด้วยหลอดไฟ โดยสถานะหลอดไฟแสดงสถานะเป็นสีเขียว แสดงว่าหม้อแปลงทำงานปกติการใช้งานไม่เกินพิกัดที่กำหนด สถานะหลอดไฟเป็นสีแดงแสดงว่ามีการใช้งานหม้อแปลงไฟฟ้าเกินพิกัด และเกินจำนวนครั้งขั้นต่ำที่กำหนดไว้ ให้สามารถประเมินกำลังหม้อแปลงไฟฟ้าในอนาคตได้ และสถานะหลอดไฟเป็นสีแดงกำหนดให้เป็นค่าที่เกินพิกัดใช้งานให้เห็นว่ากำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้โหนดนั้นไม่เพียงพอที่รองรับโหลด นอกจากแสดงสถานะแล้วยังสามารถบันทึกข้อมูล ในทุก ๆ 5 นาที ได้แก่ แรงดัน

กระแส กำลังไฟฟ้า และค่าตัวประกอบกำลัง ให้สามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์ข้อมูลย้อนหลังได้

จากการทดลองติดตั้งที่บ้านสระบุรี ตำบลเหมืองหม้อ อำเภอเมือง จังหวัดแพร่ หม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 50 กิโลโวลต์-แอมป์ กำหนดค่าพิกัดกำลังไฟฟ้าที่ 80% แบบ 3 เฟส คือ 34 กิโลวัตต์ และพิกัดกระแสไฟฟ้าที่ 80% คือ 57.74 แอมแปร์ พบว่าโหลดใช้กำลังไฟฟ้าสูงสุดจากหม้อแปลงจำหน่ายแบบระบบ 3 เฟส ใช้ไม่เกิน 28 กิโลวัตต์ หรือ 65% และใช้กระแสไฟฟ้าไม่เกิน 47 แอมแปร์ หรือ 65% จากการศึกษาและติดตั้งจึงพบว่าหม้อแปลงจำหน่ายไฟฟ้านี้ ยังเหลือกำลังไฟฟ้าที่รองรับการจ่ายโหลดอีก 15% คือ กำลังไฟฟ้าแบบ 3 เฟส ได้อีก 6 กิโลวัตต์ และกระแสไฟฟ้าได้อีก 10.74 แอมแปร์

ชุดแสดงสถานะที่น่าเสนอนี้ นอกจากจะแสดงค่าสถานะการจ่ายกระแส และกำลังไฟฟ้าให้โหลดแล้ว สามารถนำไปวัดและบันทึกข้อมูลระบบไฟฟ้าในอาคารได้ เพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้โหลด ตรวจสอบความเสถียรภาพทางไฟฟ้าของโหลดในแต่ละเฟสได้ เพื่อประมาณกำลังไฟฟ้าหรือวางแผนปรับปรุงอุปกรณ์ไฟฟ้าในอนาคตได้

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้ทำการวิจัยขอขอบคุณวิทยาลัยเชียงราย ที่ให้การสนับสนุนการวิจัย และขอขอบคุณการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค จังหวัดแพร่ ที่ให้ข้อมูลและเอื้อให้ดำเนินการให้ติดตั้ง สถานศึกษา รวมถึงสนับสนุนรถกระบะเข้าช่วยให้ความสะดวกแก่การดำเนินงานการวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Organization System Division Policy and Strategy Department Strategy. Provincial Electricity Authority Service Quality Standard, B.E. 2563 (2020); 1-147. Thai.
- [2] Provincial Electricity Authority. B.E. 2559 (2016). Provincial Electricity Authority Regulation on Grid Connection Requirements. Bangkok: PEA; 2016. Thai.

- [3] Sriprasarn S, Leelachindakrairerk M. Detection system for the transformer of the Provincial Electricity Authority. Engineering Journal, Kasetsart University. 2010; 23 (73): 23-32. Thai.
- [4] Rattanalertnusorn S. Computer Programming With C Language. 3rd ed. Bangkok: Technology Promotion Association (Thailand-Japan); 2014. Thai.
- [5] Hinkerd C. Fundamental of Transformer. 3rd ed. Bangkok: Technology Promotion Association (Thailand-Japan); 2009. Thai.
- [6] Chaidee E. Power System. Bangkok: Se-education Public Company Limited; 2014. Thai.
- [7] Kositpol T, Ragyeong A. Operating instructions and preventive maintenance of oil-immersed distribution transformers. B.Eng thesis. Burapha University; 2017. Thai.
- [8] Jakovic T, Murat I, Klaric F, Keitoue S. Transformer fleet monitoring. Science Direct. Procedia Engineering 2017; 202: 20-8.
- [9] Rusov V, Zhivodernikov S. Transformer condition monitoring. In: IEEE Power and Transmission, editor. International Conference on Condition Monitoring and Diagnosis; 2008 April 21-24; Beijing. China; 2008. p. 1012-4.
- [10] Pablo AD, Ferguson W, Mudryk A, Golovan D. On-line condition monitoring of power transformers. In: IEEE Power and Transmission, editor. Electrical Insulation Conference; 2011 June 5-8; Annapolis, Maryland. USA; 2011. p. 285-8
- [11] Mackenzie EA, Crossey J, Pablo AD, Ferguson W. On-line monitoring and diagnostics for power transformers. In: IEEE International Symposium, Electrical Insulation Conference; 2010 June 6-9; San Diego. USA; 2010. p.150-8
- [12] Hedtthng P. The development of electrical calibration instrument manual for technician of industrial service department instrument calibration center in technology promotion association (Thailand – Japan). M.Eng thesis. Srinakharinwirot University; 2004. Thai.