



รายงานการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

การทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าระบบจำหน่าย 3 เฟส
Testing of Three-Phase Distribution Transformers

โดย

นายสุรัชย์ กลิ่นถนอม 6123200008

นายชานน อุ่นเรืองเกียรติ 6124200003

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาสหกิจศึกษาวิศวกรรมไฟฟ้า

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

ภาคการศึกษา 2 ปีการศึกษา 2563

หัวข้อโครงการ การทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าระบบจำหน่าย 3 เฟส
Testing of Three-Phase Distribution Transformers

รายชื่อผู้จัดทำ นายสุรัชย์ กลิ่นถนอม รหัสนักศึกษา 6123200008
นายชานน อุ่นเรืองเกียรติ รหัสนักศึกษา 6124200003

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ. ดร. ยงยุทธ นาราชญ์

อนุมัติให้โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการปฏิบัติงานสหกิจศึกษาภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
ประจำภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2563



คณะกรรมการสอบโครงการ

..... ประธานกรรมการ
(ผศ. ดร. ยงยุทธ นาราชญ์)

..... พนักงานที่ปรึกษา
(คุณ ยงยุทธ สิริประภาวรรณ)

..... กรรมการกลาง
(ผศ. วิภาวัลย์ นาคทรัพย์)

..... ผู้ช่วยอธิการบดีและผู้อำนวยการสำนักสหกิจศึกษา
(ผศ. ดร. มารุจ ลิ้มปะวัฒนะ)

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

ตามที่ได้จัดทำได้มาปฏิบัติงานในโครงการสหกิจศึกษา ณ บริษัท วิสต้า ทราฟ จำกัด ตั้งแต่วันที่ 5 มกราคม พ.ศ. 2564 ถึงวันที่ 30 เมษายน พ.ศ. 2564 รวมทั้งสิ้น 17 สัปดาห์ส่งผลให้ผู้จัดทำได้รับความรู้และประสบการณ์ต่างๆ ที่มีค่ามากมาย สำหรับรายงานสหกิจศึกษานี้สำเร็จลงได้ด้วยดีจากความร่วมมือและสนับสนุนจากหลายฝ่ายดังนี้

1. บริษัท วิสต้า ทราฟ จำกัด
2. คุณยงยุทธ สิริประภาวรรณ (plant manager)
3. ผศ.ดร. ยงยุทธ นาราษฎร์ (อาจารย์ที่ปรึกษา)

และบุคคลท่านอื่นๆ ที่ไม่ได้กล่าวนามทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำช่วยเหลือในการจัดทำรายงานเล่มนี้ คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการให้ข้อมูลและเป็นพี่ปรึกษาในการทำรายงานฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ตลอดจนให้การดูแลและให้ความเข้าใจกับชีวิตของการทำงานจริงซึ่งคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ผู้จัดทำ

นายสุรัชย์ กลิ่นถนอม
นายชานน อุ่นเรืองเกียรติ
23 กรกฎาคม 2564

จดหมายนำส่งรายงาน

วันที่ 30 เมษายน พ.ศ. 2564

เรื่อง ขอส่งรายงานการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา
เรียน อาจารย์ที่ปรึกษาสหกิจศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
ผศ.ดร.ยงยุทธ นาราชกูร์

ตามที่คุณจัดท่านายสุรัชย์ กลิ่นถนอมและนายชานน อุ้นเรืองเกียรติ นักศึกษาภาควิชา
วิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม ได้ไปปฏิบัติงานสหกิจศึกษา ระหว่างวันที่
5 มกราคม พ.ศ. 2564 ถึงวันที่ 30 เมษายน พ.ศ. 2564 ในตำแหน่ง วิศวกรฝึกหัด ณ บริษัท วิสต้า
ทราฟ จำกัดและได้รับมอบหมายจากผู้จัดการที่ปรึกษาให้ทำการศึกษาและทำรายงานเรื่องการการ
ทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าระบบจำหน่าย 3 เฟส

บัดนี้การปฏิบัติงานสหกิจศึกษาได้สิ้นสุดลงแล้ว ผู้จัดทำจึงขอส่งรายงานดังกล่าวมาพร้อมกันนี้
จำนวน 1 เล่ม และ CD จำนวน 1 แผ่น เพื่อขอรับคำปรึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา



ขอแสดงความนับถือ
นายสุรัชย์ กลิ่นถนอม
นายชานน อุ้นเรืองเกียรติ
นักศึกษาสหกิจศึกษาภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

ชื่อโครงการ	การทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าระบบจำหน่ายชนิด 3 เฟส
หน่วยกิต	5 หน่วยกิต
ชื่อนักศึกษา	นายสุรัชย์ กลิ่นถนอม รหัส 6123200008 นายชานน อุ่นเรืองเกียรติ รหัส 6124200003
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร. ยงยุทธ นาราชกูร์
ระดับการศึกษา	ปริญญาตรี (วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต)
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์
ภาคการศึกษา/ปีการศึกษา	2/2563

บทคัดย่อ

รายงานฉบับนี้นำเสนอประสบการณ์การทำงานเกี่ยวกับการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าระบบจำหน่ายชนิดสามเฟส ซึ่งได้ทำการศึกษา และปฏิบัติงาน ณ บริษัท วิสต้า ทราฟ จำกัด ในระหว่างโครงการสหกิจศึกษาของมหาวิทยาลัยสยาม วัตถุประสงค์หลักของการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าคือ เพื่อให้แน่ใจว่าหม้อแปลงมีคุณสมบัติตรงตามข้อกำหนดด้านการผลิต หม้อแปลงไฟฟ้าระบบจำหน่ายต้องผ่านขั้นตอนการทดสอบต่างๆ หลังการผลิต เพื่อยืนยันว่าหม้อแปลงไฟฟ้าตรงตามข้อกำหนดของลูกค้าและการออกแบบ การทดสอบประกอบด้วย การทดสอบหาค่าความต้านทานของฉนวน การทดสอบหาค่าอัตราส่วนแรงดันและการทดสอบหาค่าความห่างระหว่างเฟส การทดสอบการทนต่อแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ การทดสอบการทนต่อแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ การทดสอบขณะไม่มีโหลด การทดสอบหาค่าความต้านทานของขดลวด และการทดสอบขณะลัดวงจร การทดสอบทั้งหมดดำเนินการตามมาตรฐาน IEC และ IEEE รายละเอียดของการทดสอบได้แสดงไว้อย่างชัดเจนในรายงานฉบับนี้

คำสำคัญ: หม้อแปลงไฟฟ้าระบบจำหน่าย / ข้อมูลจำเพาะของหม้อแปลงไฟฟ้า / การทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้า

Project Title: Testing of Three - Phase Distribution Transformer
Credits: 5 Units
By: Mr. Surachai Klintanom 6123200008
Mr. Chanon Aunrueangkiat 6124200003
Advisor: Asst. Prof. Dr. Yongyuth Naras
Degree: Bachelor of Engineering
Major: Electrical Engineering
Faculty: Engineering
Semester/Academic Year: 2/2020

This report presented the work experiences on the testing of three-phase distribution transformers, which was studied and practiced at Vista Trafo Co., Ltd. during the cooperative education program of Siam University. The primary objective of the transformer testing was to make sure the transformer met manufacturing specifications. The distribution transformer has to go through various testing procedures after manufacturing to confirm that the transformer meet customer's specification and design expectations. The testings included insulation resistance test, voltage ratio and phase displacement test, AC withstand voltage test, induced voltage withstand test, no load test, winding resistance test and short-circuit test. All supported testings were performed in conformity with IEC, IEEE standards. The details of the testings were presented clearly in this report.

Keywords: Distribution Transformer /Transformer Specification / Transformer Testing

Approved by


สารบัญ

	หน้า
จดหมายนำส่งรายงาน	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
บทคัดย่อ	ค
Abstract	ง
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง	2
2.1 หม้อแปลงไฟฟ้า	
2.2 โครงสร้างหม้อแปลง	3
2.3 หลักการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า	3
2.4 ชนิดของหม้อแปลงในระบบไฟฟ้ากำลัง	6
2.5 การทดสอบประจำ Routine test	7
2.6 สมการที่ใช้ในการคำนวณค่าพารามิเตอร์	11
บทที่ 3 รายละเอียดการปฏิบัติงาน	18
1.1 ชื่อและที่ตั้งของสถานประกอบการ	
3.2 ลักษณะการประกอบการและการให้บริการหลักขององค์กร	20
3.3 รูปแบบการจัดองค์การและการบริหารงานขององค์กร	21
3.4 ตำแหน่งและลักษณะงานที่นักศึกษาได้รับมอบหมาย	22
3.5 ชื่อและตำแหน่งงานของพนักงานที่ปรึกษา	22
3.6 ระยะเวลาที่ปฏิบัติงาน	22
3.7 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน	23
3.8 อุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้	23
บทที่ 4 ผลการปฏิบัติตามโครงการ	24
4.1 ศึกษาเกี่ยวเรื่อง ความปลอดภัยในการทำงานจากจป.วิชาชีพ	
4.2 ทดสอบหัวข้อ การวัดค่าความต้านทานฉนวน	25
	27

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
4.3 ทดสอบหัวข้อการวัดค่าอัตราส่วนแรงดันและตรวจสอบสัญลักษณ์ เฟสหรือเวกเตอร์รูป	31
4.4 ทดสอบหัวข้อการทดสอบความคงทนแรงดันจากแหล่งจ่ายอื่น	35
4.5 ทดสอบหัวข้อ การทดสอบความคงทนต่อแรงดันเหนี่ยวนำเกิน	39
4.6 ทดสอบหัวข้อ การวัดค่าความสูญเสียขณะไม่มีโหลด	42
4.7 ทดสอบหัวข้อ การวัดค่าความต้านทานของขดลวด	47
4.8 ทดสอบหัวข้อการวัดค่าอิมพีแดนซ์ลัดวงจรและค่าความสูญเสียขณะจ่ายโหลด ที่พิกัด	50
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการปฏิบัติการ	55
5.2 ประโยชน์ด้านสังคม	55
5.3 ประโยชน์ด้านการทำงาน	55
5.4 ข้อเสนอแนะในการปฏิบัติงาน	55
5.5 การแก้ไขปัญหาในการปฏิบัติงาน	55
5.6 ข้อเสนอแนะในการปฏิบัติงาน	56
บรรณานุกรม	57
ภาคผนวก	58
ภาคผนวก ก ภาพประกอบการทำงาน	59
ภาคผนวก ข การนิเทศงานสหกิจศึกษา	62
ภาคผนวก ค การสอบโครงงานสหกิจศึกษา	65
ภาคผนวก ง การตรวจสอบการลอกเลียนวรรณกรรมทางวิชาการโดยใช้โปรแกรม อักขราวิสุทธิ์	67
ประวัติผู้จัดทำ	70

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 หม้อแปลงชนิด 1 เฟส และ 3 เฟส	3
รูปที่ 2.2 โครงสร้างภายในของหม้อแปลง	4
รูปที่ 2.3 การเหนี่ยวนำที่ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้า	6
รูปที่ 2.4 หม้อแปลงชนิด Air Ventilated	8
รูปที่ 2.5 หม้อแปลงชนิด Cast Resin	9
รูปที่ 2.6 หม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง (Power Transformer)	10
รูปที่ 2.7 หม้อแปลงจำหน่าย (Distribution Transformer)	10
รูปที่ 2.8 หม้อแปลงเพื่อการวัด (Instrument Transformer)	11
รูปที่ 2.9 ตารางภาคผนวก veetor group	13
รูปที่ 2.10 วงจรการทดสอบค่าความสูญเสียขณะไม่มีโหลด	16
รูปที่ 2.11 วงจรการทดสอบค่าความสูญเสียขณะจ่ายโหลดที่พิกัดโดยวิธีลัดวงจร	18
รูปที่ 3.1 ที่ตั้งบริษัทของสถานประกอบการ	20
รูปที่ 3.2 รูปบริเวณหน้าบริษัท วิสต้า ทราฟ จำกัด	21
รูปที่ 3.3 แผนผังองค์กร	22
รูปที่ 4.1 ศึกษาเกี่ยวกับความปลอดภัยในการทำงานจากจบ.วิชาชีพ	26
รูปที่ 4.2 ป้ายความปลอดภัยประจำแผนกทดสอบ	26
รูปที่ 4.3 เครื่องทดสอบ Insulation Resistance Test	27
รูปที่ 4.4 ตรวจสอบ Range ก่อนเริ่มการทดสอบ	27
รูปที่ 4.5 วัดอุณหภูมิด้วย PT.100 จำนวน 2 จุดเพื่อทดสอบ Insulation	28
รูปที่ 4.6 วัดความเป็นฉนวนวงจร (Primary กับ Secondary)	29
รูปที่ 4.7 วัดความเป็นฉนวนวงจร (Secondary กับ ground)	29
รูปที่ 4.8 เกณฑ์ในการพิจารณาผลทดสอบวงจร (Primary กับ Secondary)	30
รูปที่ 4.9 เกณฑ์ในการพิจารณาผลทดสอบวงจร (Secondary กับ ground)	30
รูปที่ 4.10 เครื่องทดสอบ Tranformer Turn Ratio Meter	31
รูปที่ 4.11 ทำการ calibrate เครื่องทดสอบ Ratio ก่อนทำการใช้งาน	32
รูปที่ 4.12 เช็คนตำแหน่งชุดสายทดสอบให้อยู่ตำแหน่งให้ถูกต้อง	32
รูปที่ 4.13 เช็คนตำแหน่ง Tap ต้องอยู่ที่ Tap 1 ก่อนเสมอ)	32
รูปที่ 4.14 ทำการต่อวงจรในการทดสอบ Ratio	33
รูปที่ 4.15 ตารางภาคผนวก veetor group	34
รูปที่ 4.16 เครื่องทดสอบ Digital Kilovoltmeter	35
รูปที่ 4.17 เชื่อมต่อสัญญาณ HIPOTRONICS กับ Taplet with Android	36

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.18 หม้อแปลง Hipot	37
รูปที่ 4.19 ผลการทดสอบทางด้าน HV หน้าจอจะแสดงผลค่า Peak + $\sqrt{2}$ และ RMS	37
รูปที่ 4.20 ผลการทดสอบทางด้าน LV หน้าจอจะแสดงผลค่า Peak + $\sqrt{2}$ และ RMS	38
รูปที่ 4.21 ค่า Pure sine ทางด้าน HV	38
รูปที่ 4.22 ค่า Pure sine ทางด้าน LV	39
รูปที่ 4.23 เช็การคายตัวของน็อคยัดเครื่อง GEN	40
รูปที่ 4.24 ตรวจเช็คมิเตอร์ให้อยู่ใน VAC ที่ Range 600 V.	40
รูปที่ 4.25 Generator ทำงานที่ความเร็วคงที่ 200 Hz	41
รูปที่ 4.26 ปรับโวลต์เตสเร็กกูเรเตอร์	41
รูปที่ 4.27 meter แสดงผลแรงดัน 2 เท่าของ Rated voltage	42
รูปที่ 4.28 เช็การคายตัวของน็อคแคลมป์หม้อแปลง AUTO	43
รูปที่ 4.29 ทำการ calibrate เครื่องทดสอบ WT500 ก่อนใช้งาน	43
รูปที่ 4.30 เครื่องทดสอบ Digital Power Analyser	44
รูปที่ 4.31 ทำการต่อวงจรทดสอบNoLoadด้านแรงต่ำ	44
รูปที่ 4.32 ทำการเปิดจอPLCไปที่คำสั่งno-loadloss	45
รูปที่ 4.33 กระแสและพิกัดแรงดัน (Rated Voltage) ของหม้อแปลงไฟฟ้า	46
รูปที่ 4.34 รูปคลื่น Pure Sine no-load loss	46
รูปที่ 4.35 ทำการตรวจเช็คน็อคยัดตัวคืบ	47
รูปที่ 4.36 ทำการ calibrate เครื่องทดสอบ DV POWER ก่อนใช้งาน	48
รูปที่ 4.37 เครื่องทดสอบ Winding Resistance Test Set	48
รูปที่ 4.38 วัดอุณหภูมิ PT.100 จำนวน 2 จุดเพื่อทดสอบ Resistance	49
รูปที่ 4.39 วงจรการทดสอบ Short - Circuit impedance and Load loss	51
รูปที่ 4.40 นำ Busbar ทองแดงต่อเข้ากับ LV Terminal	52
รูปที่ 4.41 วัดอุณหภูมิ PT.100 จำนวน 2 จุดเพื่อทดสอบ load loss	52
รูปที่ 4.42 ทำการเปิดจอ PLC ไปที่คำสั่ง load loss	53
รูปที่ 4.43 Currant Rated ของหม้อแปลงไฟฟ้า	54



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากการที่ได้ไปฝึกปฏิบัติงานที่บริษัทวิสตา ทราฟ จำกัดและได้รับมอบหมายให้ฝึกปฏิบัติเกี่ยวกับงานในแผนกการทดสอบหม้อแปลงซึ่งการทดสอบหม้อแปลงก่อนส่งมอบให้ลูกค้านั้นเป็นเรื่องที่มีความสำคัญวัตถุประสงค์หลักของการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าคือ เพื่อให้แน่ใจว่าหม้อแปลงมีคุณสมบัติตรงตามข้อกำหนดด้านการผลิต หม้อแปลงไฟฟ้าระบบจำหน่ายต้องผ่านขั้นตอนการทดสอบต่างๆ หลังการผลิต เพื่อยืนยันว่าหม้อแปลงไฟฟ้าตรงตามข้อกำหนดของลูกค้าและการออกแบบ การทดสอบประกอบด้วย การทดสอบหาค่าความต้านทานของฉนวน การทดสอบหาค่าอัตราส่วนแรงดันและการทดสอบหาค่าความห่างระหว่างเฟส การทดสอบการทนต่อแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ การทดสอบการทนต่อแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ การทดสอบขณะไม่มีโหลด การทดสอบหาค่าความต้านทานของขดลวด และการทดสอบขณะลัดวงจร การทดสอบทั้งหมดดำเนินการตามมาตรฐาน IEC และ IEEE รายละเอียดของการทดสอบได้แสดงไว้อย่างชัดเจน

ดังนั้นเพื่อให้การปฏิบัติหน้าที่ดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพและเพื่อให้เป็นข้อมูลอ้างอิงแก่บุคคลที่ต้องการจะศึกษาเกี่ยวกับการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้า และรายละเอียดเกี่ยวกับการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าในหัวข้อต่างๆ ผู้จัดทำจึงได้จัดทำโครงงานชื่อ “การทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าระบบจำหน่าย3 เฟส ”

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

- 1.2.1 เพื่อศึกษารายละเอียดและหลักการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า
- 1.2.2 เพื่อศึกษามาตรฐานในการทดสอบหม้อแปลงของต่างประเทศและในประเทศไทย
- 1.2.3 เพื่อศึกษาหัวข้อการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้า
- 1.2.4 เพื่อเป็นข้อมูลอ้างอิงให้นักศึกษาและผู้สนใจเกี่ยวกับเกี่ยวกับงานหม้อแปลงไฟฟ้า
- 1.2.5 เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานรู้จักการทำงานอย่างปลอดภัยเป็นขั้นตอนและถูกต้อง

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

- 1.3.1 ศึกษารายละเอียดและหลักการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า
- 1.3.2 ศึกษาโครงสร้างของหม้อแปลงไฟฟ้า
- 1.3.3 ศึกษาวิธีการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้า
- 1.3.4 ศึกษามาตรฐานในการทดสอบ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 ได้รู้มาตรฐานต่างๆที่ใช้ในการทดสอบ
- 1.4.2 ได้รับความรู้รายละเอียดและหลักการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า
- 1.4.4 ได้ฝึกปฏิบัติในพื้นฐานงานด้านหม้อแปลงไฟฟ้า

1.4.5 ใช้เป็นข้อมูลความรู้แก่นักศึกษาที่ฝึกปฏิบัติงานสหกิจศึกษาในรุ่นต่อไป



บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 หม้อแปลงไฟฟ้า

- 2.1.1 หม้อแปลงไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับแปลงพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับจากวงจรหนึ่งไปยังอีกวงจรหนึ่งโดยวิธีทางวงจรแม่เหล็กซึ่งไม่มีจุดต่อไฟฟ้าถึงกันและปกติจะใช้เชื่อมโยงระหว่างระบบไฟฟ้าแรงสูงและระบบไฟฟ้าแรงต่ำหม้อแปลงเป็นอุปกรณ์หลักในระบบส่งกำลังไฟฟ้า

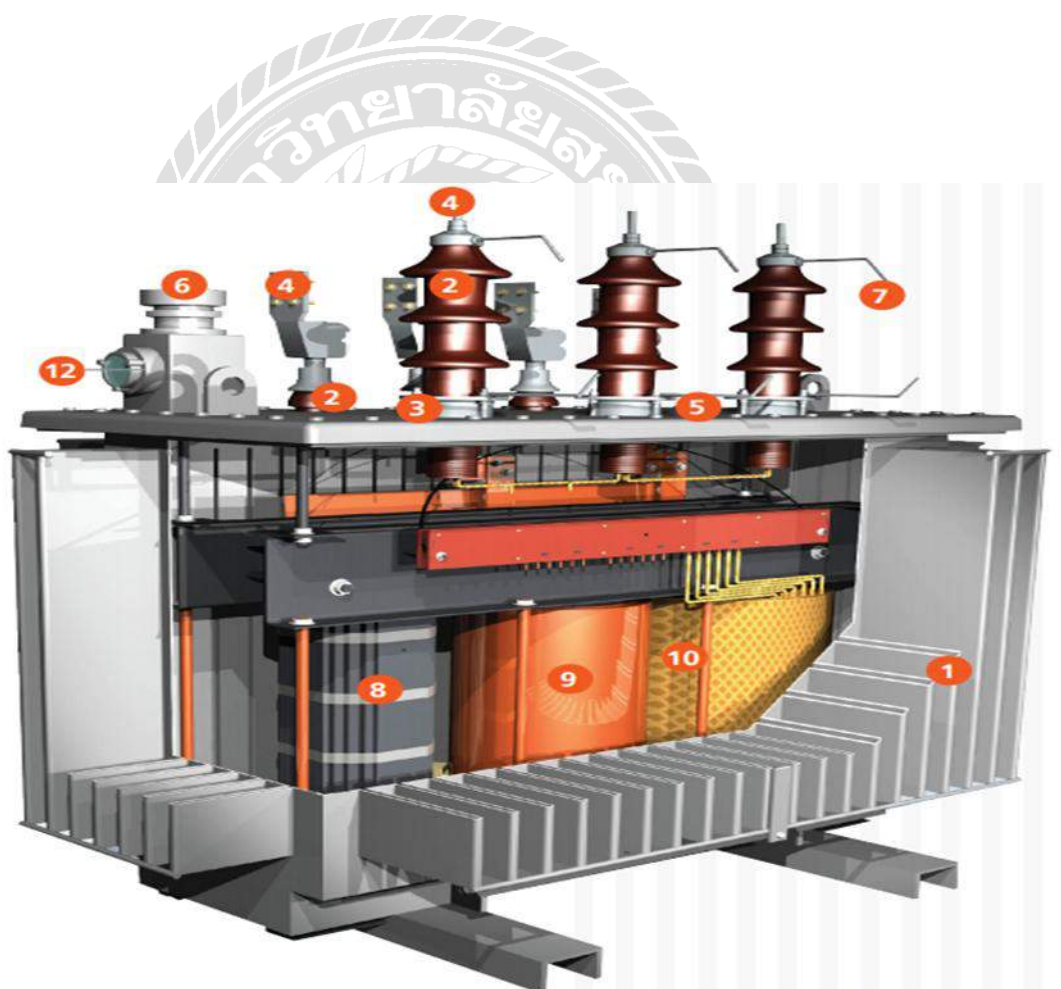


รูปที่ 2.1 หม้อแปลงชนิด 1 เฟส และ 3 เฟส

2.2 โครงสร้างหม้อแปลง

- 2.2.1 หม้อแปลงแบ่งออกตามการใช้งานของระบบไฟฟ้ากำลังได้ 2 แบบคือ หม้อแปลงไฟฟ้าชนิด 1 เฟส และหม้อแปลงไฟฟ้าชนิด 3 เฟส แต่ละชนิดมีโครงสร้างสำคัญประกอบด้วย
- ขดลวดตัวนำปฐมภูมิ (Primary Winding) ทำหน้าที่รับแรงเคลื่อนไฟฟ้า
 - ขดลวดทุติยภูมิ (Secondary Winding) ทำหน้าที่จ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้า

- แผ่นแกนเหล็ก (Core) ทำหน้าที่เป็นทางเดินสนามแม่เหล็กไฟฟ้าและให้ ขดลวดพันรอบแกนเหล็ก
- ขั้วต่อสายไฟ (Terminal) ทำหน้าที่เป็นจุดต่อสายไฟกับขดลวด
- แผ่นป้าย (Name Plate) ทำหน้าที่บอกรายละเอียดประจำตัวหม้อแปลง
- อุปกรณ์ระบายความร้อน (Coolant) ทำหน้าที่ระบายความร้อนให้กับขดลวด เช่น อากาศ, พัดลม, น้ำมัน หรือใช้ทั้งพัดลมและน้ำมัน ช่วยระบายความร้อน
- โครง (Frame) หรือตัวถังของหม้อแปลง (Tank) ทำหน้าที่บรรจุขดลวด แกนเหล็กรวมทั้งการติดตั้งระบบระบายความร้อนให้กับหม้อแปลงขนาดใหญ่
- สวิตช์และอุปกรณ์ควบคุม (Switch Controller) ทำหน้าที่ควบคุมการเปลี่ยนขนาดของแรงเคลื่อนไฟฟ้าและมีอุปกรณ์ป้องกันไฟฟ้าชนิดต่างๆ รวมอยู่ด้วย



รูปที่ 2.2 โครงสร้างภายในของหม้อแปลง

1. Tank and Fin

Tank : ห่อหุ้มชิ้นส่วนที่สำคัญภายในของหม้อแปลง

เช่น แกนเหล็ก, ขดลวด และน้ำมัน

Fin: เป็นส่วนประกอบของ Tank ทำหน้าที่ระบาย

ความร้อน ขณะที่หม้อแปลงกำลังใช้งาน

2. HV and LV Bushing

เป็นฉนวนกั้นระหว่างขั้วตัวนำด้านแรงสูง

และแรงต่ำ กับ Tank

3. Transformer Gasket

เป็นวัสดุที่ใช้ป้องกันการรั่วซึมของน้ำมัน

4. HV and LV Terminal

เป็นจุดเชื่อมต่อระหว่างขดลวดของหม้อแปลงกับสายไฟฟ้า

5. Tap Changer

สำหรับปรับเพิ่มหรือลดระดับแรงดันของหม้อแปลงเพื่อรักษาระดับแรงดัน

ด้านผู้ใช้ไฟให้คงที่จะมีทั้ง

แบบ Off-Load Tap Changer และแบบ On-Load Tap Changer (OLTC)

6. Pressure-Relief Device

ทำหน้าที่ระบายความดันภายใน Tank ที่มากเกินไปกำหนดใช้ป้องกัน Tank และ Fin ไม่ให้
เกิดความเสียหาย

7. Arcing Horn

ทำหน้าที่ป้องกันหม้อแปลงเสียหายจากแรงดันเกิน

(surge) โดยเฉพาะที่เกิดจากฟ้าผ่า

8. Transformer Core

แกนเหล็กของหม้อแปลงใช้เป็นทางผ่านของสนามแม่เหล็กระหว่างขดลวดแรง
สูงและแรงต่ำ

9. HV Winding

เป็นขดลวดด้านแรงสูง

10. LV Winding

เป็นขดลวดด้านแรงต่ำ

11. Dial Type Thermometer

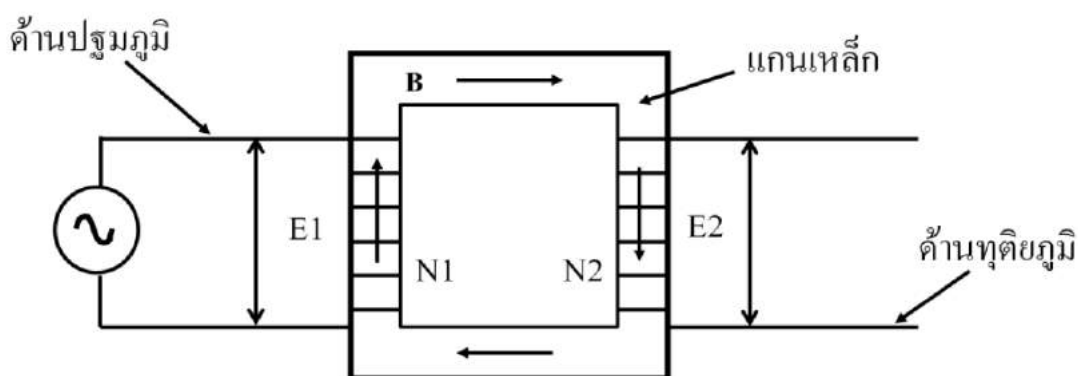
แสดงอุณหภูมิของน้ำมันหม้อแปลงจะมีทั้งแบบ Without Contact และ With
Contact

12. Oil Level Indicator

แสดงระดับน้ำมันภายใน Tank จะมีทั้งแบบ Without Contact และ With
Contact

2.3 หลักการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า

- 2.3.1 กฎของฟาราเดย์ (Faraday's Law) กล่าวว่าเมื่อขดลวดได้รับแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสสลับจะทำให้ขดลวดมีการเปลี่ยนแปลงเส้นแรงแม่เหล็กตามขนาดของรูปคลื่นไฟฟ้ากระแสสลับและทำให้มีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำเกิดขึ้นที่ขดลวดนี้
- คำอธิบาย : เมื่อขดลวดปฐมภูมิได้รับแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสสลับจะทำให้มีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำเกิดขึ้นตามกฎของฟาราเดย์ขนาดของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงของขดลวดพื้นที่แกนเหล็กและความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กที่มีการเปลี่ยนแปลงจากไฟฟ้ากระแสสลับเมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดจะทำให้มีเส้นแรงแม่เหล็กในขดลวดเส้นแรงแม่เหล็กนี้เปลี่ยนแปลงตามขนาดของรูปคลื่นไฟฟ้าที่ได้รับ เส้นแรงแม่เหล็กเกือบทั้งหมดจะอยู่รอบแกนเหล็กเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของเส้นแรงแม่เหล็กผ่านขดลวดจะทำให้มีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำเกิดขึ้นที่ขดลวดทุติยภูมินี้



รูปที่ 2.3 การเหนี่ยวนำที่ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้า

สมการแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำในหม้อแปลงไฟฟ้า คือ

สามารถได้จากสมการที่ (2.1) (2.1)

$$E_1 = 4.44 \times N_1 \times f \times B \times A$$

$$E_2 = 4.44 \times N_2 \times f \times B \times A$$

เมื่อ E คือ แรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้น

f คือ ความถี่

B คือ ความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็ก

A คือ พื้นที่หน้าตัดของแกนเหล็ก

N คือ จำนวนรอบของขดลวด

2.4 ชนิดของหม้อแปลงในระบบไฟฟ้ากำลัง

2.4.1 ชนิดของหม้อแปลงอาจแบ่งได้หลายวิธี เช่น แบ่งตาม โครงสร้าง แบ่งตามตัวกลางที่ใช้ เป็นฉนวนและตัวระบายความร้อน แบ่งตามขนาด ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ แบ่งตามโครงสร้างออกเป็น 2 ชนิดใหญ่ๆ คือ

- แบบ Core Type ซึ่งประกอบด้วยแผ่นเหล็กบางๆมาเรียงติดกันเป็นแท่ง ส่วนขดลวดจะพันทับขาของแกนเหล็กโดย ขดลวดปฐมภูมิ และ ขดลวดทุติยภูมิ แยกไว้คนละขาของแกนเหล็กสำหรับหม้อแปลงไฟฟ้าแบบเฟสเดียว ส่วนหม้อแปลงไฟฟ้าแบบ 3 เฟส ขดลวดปฐมภูมิ และ ขดลวดทุติยภูมิ จะพันคนละชุด สวมอยู่บนแกนเดียวกันโดยขดลวดปฐมภูมียู่ด้านนอกส่วนขดลวดทุติยภูมิอยู่ด้านในดังนั้นแกนเหล็กแบบนี้จึงเรียกว่าเป็นแบบขดลวดหุ้มแกนสำหรับหม้อแปลงเฟสเดียวมีขาแกนเหล็ก 2 ขา ส่วนหม้อแปลง 3 เฟสจะมีแกนเหล็ก 3 ขา
- แบบ Shell Type ลักษณะของแกนเหล็กแบบนี้จะประกอบด้วยเหล็กบางๆ 2 ส่วนคือรูปตัว E และตัว I นำมาเรียงติดกันเป็นแท่ง ขดลวดปฐมภูมิ และ ทุติยภูมิจะพันทับกันบนขากลางของแกนเหล็กจึงเรียกแกนเหล็กแบบนี้ว่าชนิดแกนหุ้มขดลวด โดยหม้อแปลงเฟสเดียวมีขาแกนเหล็ก 3 ขาและหม้อแปลง 3 เฟส มีขาแกนเหล็ก 5 ขา

2.4.2 แบ่งตามตัวกลางที่ไหลเป็นฉนวนและตัวระบายความร้อนออกเป็น 2 ชนิด คือ

2.4.2.1 แบบระบายความร้อนด้วยอากาศ (Dry Type) ซึ่งใช้อากาศเป็นฉนวนระบายความร้อนแทนน้ำมันปัจจุบันมีใช้ 2 แบบ คือ

- แบบ Air Ventilated หม้อแปลงแบบนี้ขดลวดจะสัมผัสกับอากาศโดยตรงหม้อแปลงชนิดนี้เมื่อพันขดลวดทั้งด้านปฐมภูมิ และ ด้านทุติยภูมิเสร็จเรียบร้อยแล้วจะนำไปเคลือบฉนวนเช่น วานิช แล้วอบให้ปราศจากความชื้น ประกอบกับแกนเหล็กให้สมบูรณ์ไม่ต้องใส่ถังหม้อแปลงโดยเมื่อใช้งานจะนำไปประกอบอยู่ในตู้อบ
- แบบ Cast Resin หม้อแปลงชนิดนี้จะทำการหล่อโดยใช้ฉนวนจำพวก Epoxy Resin หุ้มขดลวดปฐมภูมิ และ ทุติยภูมิด้วยระบบสุญญากาศเพื่อไม่ให้เกิดฟองอากาศขึ้นใน Epoxy Resin เพื่อป้องกันการปล่อยประจุผ่านฟองอากาศทำให้เกิดความเสียหายแก่หม้อแปลงได้ หม้อแปลงชนิดนี้จะทนต่อสภาพความชื้นได้ดีกว่า แบบ Air Ventilated แต่การระบายความร้อนจากขดลวดสู่ฉนวน Epoxy Resin และระบายออกสู่อากาศต้องใช้เทคนิคสูงกว่าชนิดแรก



รูปที่ 2.4 หม้อแปลงชนิด Air Ventilated



รูปที่ 2.5 หม้อแปลงชนิด Cast Resin

2.4.2.2 แบบขดลวดจุ่มในน้ำมัน (Oil Immerse) ซึ่งใช้ของเหลวเป็นฉนวน และ ระบายความร้อนแบ่งตามขนาดได้ 3 ชนิด คือ

- หม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง (Power Transformer) เป็นหม้อแปลงขนาดใหญ่ที่มีการติดตั้งตามสถานีต้นทาง สถานีย่อยของการไฟฟ้าบริษัทผลิตไฟฟ้าเอกชนหรือสถานีจ่ายไฟฟ้าของโรงงานอุตสาหกรรมขนาดกลางจนถึงขนาดใหญ่โดยทั่วไปมีขนาด 1 MVA จนถึงหลายร้อยMVA
- หม้อแปลงจำหน่าย (Distribution Transformer) เป็นหม้อแปลงขนาดกลางที่ใช้ในระบบของการจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคและการไฟฟ้านครหลวง ติดตั้งบนเสาไฟฟ้านั่งร้านหรือวางบนพื้นโดยทั่วไปมีขนาดตั้งแต่ 1 kVA – 1 MVA
- หม้อแปลงเพื่อการวัด (Instrument Transformer) เป็นหม้อแปลงสำหรับวัดค่าแรงดันหรือกระแสไฟฟ้าในระบบแรงดันไฟสูงๆซึ่งไม่สามารถใช้โวลท์มิเตอร์หรือแอมป์มิเตอร์วัดได้โดยตรงเพราะอาจทำให้อุปกรณ์วัดและบุคคลที่เข้าไปเกี่ยวข้องได้รับอันตราย



รูปที่ 2.6 หม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง (Power Transformer)



รูปที่ 2.7 หม้อแปลงจำหน่าย (Distribution Transformer)



รูปที่ 2.8 หม้อแปลงเพื่อการวัด (Instrument Transformer)

2.5 การทดสอบประจำ Routine test

Routine หมายถึง งานประจำที่ จำเป็นต้องทำ โดยไม่สามารถละเว้นได้ ในกระบวนการทดสอบ Routine tests จึงต้องทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าทุกตัวในกระบวนการผลิต เพื่อให้มั่นใจได้ถึงคุณภาพของหม้อแปลงไฟฟ้าก่อนส่งมอบให้กับลูกค้าเพื่อให้มั่นใจว่าหม้อแปลงไฟฟ้าที่จะส่งมอบให้ลูกค้า มีคุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐานกำหนดตามความต้องการของลูกค้า โดยตามที่มีการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคและการไฟฟ้านครหลวงได้กำหนดไว้ Routine test ต้องมีทั้งหมด 7 หัวข้อโดยแบ่งได้ดังนี้

1. การวัดค่าความต้านทานฉนวน
2. การวัดค่าอัตราส่วนแรงดันและตรวจสอบสัญลักษณ์เฟสหรือเวกเตอร์กรุป
3. การทดสอบความคงทนแรงดันจากแหล่งจ่ายอื่น
4. การทดสอบความคงทนต่อแรงดันเหนี่ยวนำเกิน
5. การวัดค่าความสูญเสียขณะไม่มีโหลด
6. การวัดค่าความต้านทานของขดลวด
7. การวัดค่าอิมพีแดนซ์ลัดวงจรและค่าความสูญเสียขณะจ่ายโหลดที่พิกัด

สภาวะอากาศโดยรวมขณะทำการทดสอบ กำหนดให้อยู่ในช่วงระหว่างอุณหภูมิ 10-40 °C ,Humidity < 90 % Air pressure 86-106 kPa

2.5.1 การวัดค่าความต้านทานฉนวน

- วัตถุประสงค์
 1. เพื่อให้ทราบค่าฉนวนภายในหม้อแปลงไฟฟ้าระหว่างขดลวดแรงสูงกับขดลวดแรงต่ำ, ขดลวดแรงต่ำกับดินมีค่าความเป็นฉนวนผ่านตามที่มาตรฐานกำหนดหรือไม่
- เครื่องมือ/อุปกรณ์ในการทดสอบ
 1. HIGH VOLTAGE INSULATION TESTER MODEL 3125A
 2. Humidity/Baro/Temp. Recorder (Environmental conditions)
 3. RTD PT-100 Sensor Probe

- **มาตรฐานในการทดสอบ**

1. IEC Standard 60076-1 Edition 3.0 2011-04 Power transformer
2. IEE STD C57.12.90 Test Code for Liquid-Immersed Distribution, Power, and Regulating Transformers
3. ANSI/NETA ATS-2009 American National Standard : Standard for Acceptance Testing Specifications for Electrical Power Equipment and Systems
4. Technical specification RTRN (PEA)
5. PEA Product Acceptance Document No. PEA-TRAN-001

2.5.2 การวัดค่าอัตราส่วนแรงดันและตรวจสอบสัญลักษณ์เฟสหรือเวกเตอร์กรุป

- **วัตถุประสงค์**

1. เพื่อทดสอบหาค่าอัตราส่วนของแรงดันทางด้านแรงสูงและทางด้านแรงต่ำว่าเป็นไปตาม specification ที่กำหนดไว้หรือไม่ และทำการตรวจสอบเวกเตอร์กรุปของหม้อแปลงไฟฟ้า

- **เครื่องมือ/อุปกรณ์ในการทดสอบ**

1. TRANSFORMER TURN RATIO METER RAYTECH USA MODEL TR-Mark II
2. Humidity/Baro/Temp. Recorder (Environmental conditions)

- **มาตรฐานในการทดสอบ**

1. IEC STANDARD 60076-1 Edition 3.0 2011-04 International Standard Norme International Power transformers
2. Technical specification RTRN (PEA)
3. PEA Product Acceptance Document No. PEA-TRAN-001

Vector group	Test point			Polarity		Indication		Comments	
	HV side		LV side						
D-d-0	U-V		u-v			U_N		$U_N = \frac{U_{No}}{U_{Nu}}$	
	V-W		v-w						
	W-U		w-u						
D-yn-1	U-V		v-n			U_N		$U_N = \sqrt{3} \frac{U_{No}}{U_{Nu}}$	
	V-W		w-n						
	W-U		u-n						
D-yn-5	U-V		u-n						
	V-W		v-n			U_N		$U_N = \sqrt{3} \frac{U_{No}}{U_{Nu}}$	
	W-U		w-n						
D-yn-11	U-V		u-n						
	V-W		v-n			U_N		$U_N = \sqrt{3} \frac{U_{No}}{U_{Nu}}$	
	W-U		w-n						
YN-d-11	U-N		w-u						
	V-N		u-v			U_N		$U_N = \frac{1}{\sqrt{3}} \frac{U_{No}}{U_{Nu}}$	
	W-N		v-w						
1 phase									
subtractive or	U-V		u-v			U_N		$U_N = \frac{U_{No}}{U_{Nu}}$	
additive									

รูปที่ 2.9 ตารางภาคผนวก Vector group

2.5.3 การทดสอบความคงทนแรงดันจากแหล่งจ่ายอื่น

- วัตถุประสงค์

1. เพื่อทดสอบความต้านทานของฉนวนที่กั้นระหว่าง ขดลวดแรงสูงกับดิน ,และ ขดลวดแรงต่ำกับดิน ว่าสามารถทดสอบผ่านเกณฑ์ตามที่ มาตรฐานกำหนดไว้หรือไม่

- เครื่องมือ/อุปกรณ์ในการทดสอบ

1. 3-Phase Voltage Regulator 50 kVA Input 420 V Output 0-650 V
2. High Potential Transformer (Hi-pot) 100 kVA 75000/250 V 50 Hz
3. Voltage Divider "HIPOTRONICS"
4. Willess box "HIPOTONICS" KWM-W
5. Taplet with Android app. KVM-W
6. AC Ammeter (For monitoring only)
7. Humidity/Baro/Temp. Recorder (Environmental conditions)

- มาตรฐานในการทดสอบ

1. IEC STANDARD 60076 - 1 Edition 3.0 2011-04 International Standard Norme International Power transformers - Part 1 : General
2. IEC STANDARD 60076 - 3 Edition 3.0 2013-07 International Standard Norme International
3. Power transformers - Part 3 : Insulation levels,dielectric tests and external clearances in air
4. IEEE C57.12.00™ -2015 IEEE Standard for General Requirements for Liquid-Immersed Distribution, power, and Regulating Transformers
5. IEEE C57.12.90-2015 IEEE Standard Test Code for Liquid-Immersed Distribution, power, and Regulating Transformers
6. Technical specification RTRN (PEA)
7. PEA Product Acceptance Document No. PEA-TRAN-001

2.5.4 การทดสอบความคงทนต่อแรงดันเหนี่ยวนำเกิน

- วัตถุประสงค์

1. เพื่อทดสอบให้สามารถมั่นใจได้ว่า ฉนวนที่กั้นระหว่างชั้นของขดลวด (Inter turn & End) สามารถทนต่อแรงดันเกิน 2 เท่าของแรงดันที่พิกัด (Rated) ได้ตามที่มาตรฐานกำหนดไว้ได้หรือไม่

- เครื่องมือ/อุปกรณ์ในการทดสอบ

1. Motor - Genarator Test 30 kW 200 Hz / 0-1000 V.
2. Analog ammeter (Used for monitoring only)
3. Digital Multi Meter 0-1000 V , 200 Hz "FLUKE" 88
4. Digital Multi Meter 0-1 kHz "FLUKE" 27
5. Humidity/Baro/Temp. Recorder (Environmental conditions)

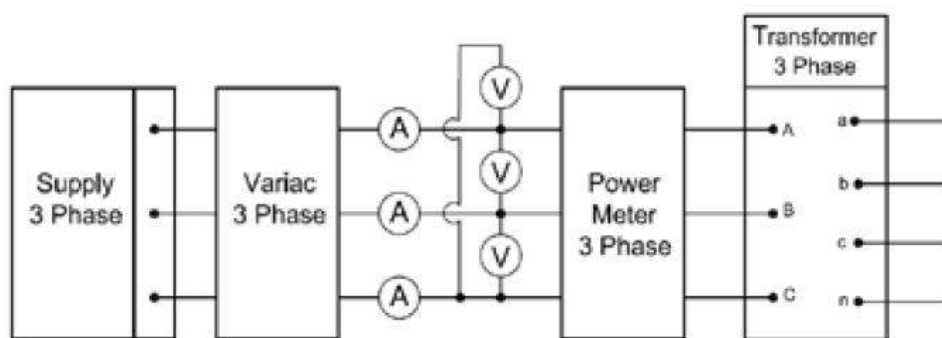
- มาตรฐานในการทดสอบ

1. IEC STANDARD 60076 - 1 Edition 3.0 2011-04 International Standard Norme International
2. Power transformers - Part 1 : General
3. IEC STANDARD 60076 - 3 Edition 3.0 2013-07 International Standard Norme International
4. Power transformers - Part 3 : Insulation levels,dielectric tests and external clearances in air
5. IEEE C57.12.00™ -2015 IEEE Standard for General Requirements for Liquid-Immersed
6. Distribution, power, and Regulating Transformers

7. IEEE C57.12.90-2015 IEEE Standard Test Code for Liquid-Immersed Distribution, power, and
8. Regulating Transformers
9. Technical specification RTRN (PEA)
10. PEA Product Acceptance Document No. PEA-TRAN-001

2.5.5 การวัดค่าความสูญเสียขณะไม่มีโหลด

- วัดอุปกรณ์
 1. เพื่อทดสอบหาค่าความสูญเสียของหม้อแปลงไฟฟ้า ขณะที่มีโหลด และ หาค่า Impedance Voltage ของหม้อแปลงไฟฟ้า เพื่อเทียบกับ Specification ว่ามีผลทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้หรือไม่
- เครื่องมือ/อุปกรณ์ในการทดสอบ
 1. Voltage Regulator 315 kVA Input 480 V Output 25-650 V 50 Hz.
 2. Auto Transformer 500 kVA Pri. 380,480 V Sec. 1050,1790,2890, 4740 V 50 Hz
 3. Digital Power Meter "YOGOGAWA" WT-500
 4. RTD PT-100 Sensor Probe
 5. Humidity/Baro/Temp. Recorder (Environmental conditions)
- มาตรฐานในการทดสอบ
 1. IEC Standard 60076-1 Edition 3.0 2011-04 Power transformer - Part 1: General
 2. IEEE Std C57.12.00 - 2015 IEEE Standard for General Requirement for Liquid-Immersed Distribution, Power and Regulating Transformers
 3. IEEE Std C57.12.90 - 2015 IEEE Standard Test Code for Liquid-Immersed Distribution, Power , and Regulating Transformers
 4. Technical specification RTRN (PEA)
 5. PEA Product Acceptance Document No. PEA-TRAN-001



รูปที่ 2.10 วงจรการทดสอบค่าความสูญเสียขณะไม่มีโหลด

2.5.6 การวัดค่าความต้านทานของขดลวด

- วัตถุประสงค์
 1. เพื่อทดสอบหาค่าความต้านทานของขดลวดด้านแรงสูง และ ขดลวดแรงต่ำของหม้อแปลงและตรวจสอบมาตรฐานการผลิต ด้านการต่อสาย ว่าต่อสายมาดีหรือไม่เช่นการเชื่อม การทำความสะอาดบัสบาร์ การขันน็อตให้แน่นข้อดีของ
- เครื่องมือ/อุปกรณ์ในการทดสอบ
 1. WINDING RESISTANCE TEST (RAYTECH USA MODEL WR14
 2. WINDING RESISTANCE TEST (DV POWER MODEL RMO50TW
 3. RTD PT-100 Sensor Probe
 4. Humidity/Baro/Temp. Recorder (Environmental conditions)
- มาตรฐานในการทดสอบ
 1. IEC STANDARD Publication 76 - 1 Edition3.0 2011-04 Power transformers - Part 1 : General
 2. IEEE C57.12.00™ -2015 IEEE Standard for General Requirements for Liquid-Immersed
 3. Distribution,power,and Regulating Transformers
 4. IEEE C57.12.90-2015 IEEE Standard Test Code for Liquid-Immersed Distribution,power,and Regulating Transformers
 5. Technical specification RTRN (PEA)
 6. PEA Product Acceptance Document No. PEA-TRAN-001

2.6 สมการที่ใช้ในการคำนวณค่าพารามิเตอร์

2.6.1 ความสูญเสียเนื่องจากขดลวดและเส้นแรงแม่เหล็กที่อุณหภูมิอ้างอิง 75 องศาเซลเซียส สามารถหาได้จากสมการที่ (2.2)

$$\text{Load loss at } 75^{\circ}\text{C} = (P_{cu} \times K) + \frac{P_{sc} - P_{cu}}{K} \quad (2.2)$$

โดยที่ P_{CU} คือ ความสูญเสียเนื่องจากขดลวด (W)

K คือ ค่าคงที่ของตัวนำสำหรับทองแดง = 235 อลูมิเนียม = 225

T_2 คือ อุณหภูมิที่ต้องการคำนวณอ้างอิง ($^{\circ}\text{C}$)

T_1 คือ อุณหภูมิแวดล้อมขณะทดสอบหม้อแปลง ($^{\circ}\text{C}$)

P_{sc} คือ ค่าความสูญเสียที่วัดได้จากการทดสอบขณะจ่ายโหลด (W)

2.6.2 เปอร์เซนต์อิมพีแดนซ์ หาได้จากสมการที่ (2.3)

$$\% Z = \sqrt{(\%R)^2 + (\%X)^2} \quad (2.3)$$

โดยที่ $\% R$ คือ เปอร์เซนต์ความต้านทาน (%)

$\% X$ คือ เปอร์เซนต์รีแอ็กแตนซ์ (%)

2.6.3 เปอร์เซนต์เรกูเลชันหาได้จากสมการที่ (2.4)

$$\% \text{ Regulation} = (R\cos\theta + X\sin\theta) + \frac{(X\cos\theta + R\sin\theta)^2}{200} \quad (2.4)$$

2.6.4 เปอร์เซนต์กระแสขณะไม่มีโหลดหาได้จากสมการที่ (2.5)

$$\% \text{ No Load Current} = \frac{I_{oc}}{I_s} \times 100 \quad (2.5)$$

โดยที่ I_{oc} คือ กระแสทดสอบขณะไม่มีโหลดไม่มีโหลด (A)

I_s คือ กระแสฟัดด้านทุติยภูมิ (A)

2.6.4 ประสิทธิภาพของหม้อแปลงหาได้จากสมการที่ (2.6)

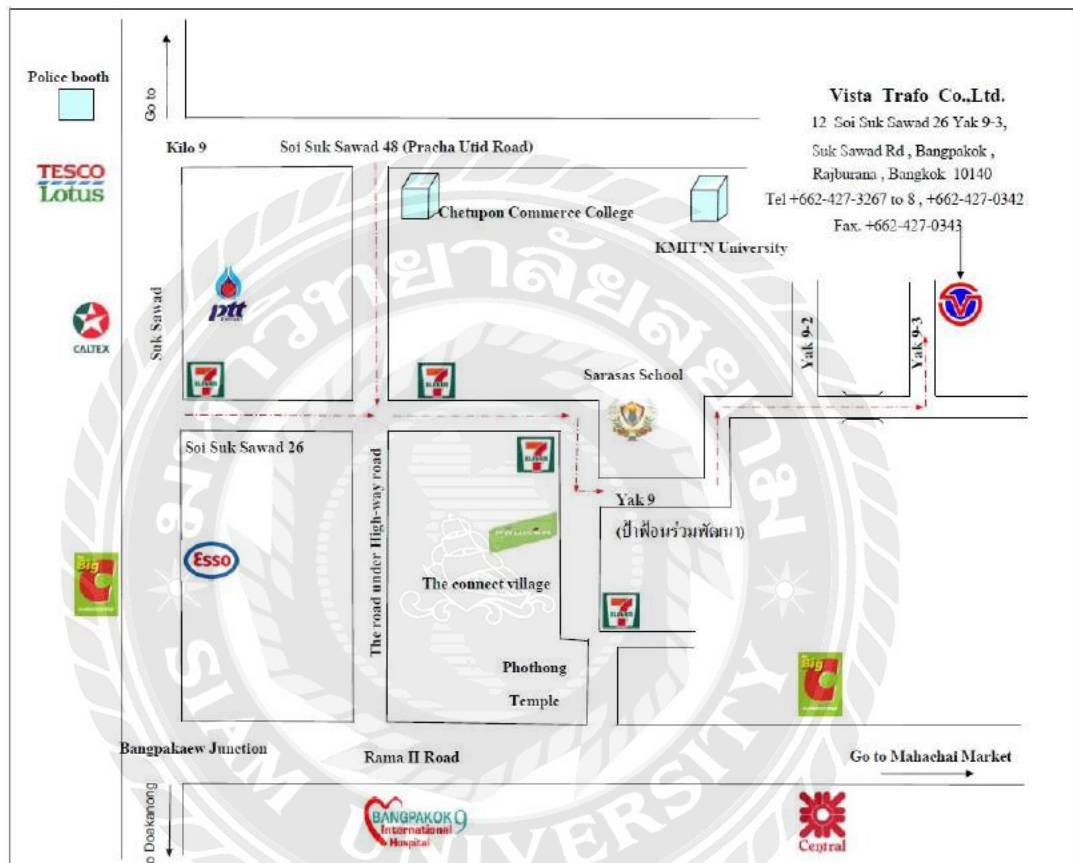
$$\% \text{ Efficiency} = \frac{\text{Out put}}{\text{In put}} \times 100 \quad (2.6)$$

บทที่ 3 รายละเอียดการปฏิบัติงาน

3.1 ชื่อและที่ตั้งของสถานประกอบการ

บริษัท วิสต้าทราฟ จำกัด 12 ถนนสุขสวัสดิ์ 26 แขวงบางปะกอก เขตราชบุรีบูรณะ กรุงเทพมหานคร 10140 โทร. 0-2427-0342, 0-2427-3267-8, 08-1632-9779

อีเมล: vt@vistatrafo.com เว็บไซต์: <http://www.vistatrafo.com>



รูปที่ 3.1 ที่ตั้งบริษัทของสถานประกอบการ



รูปที่ 3.2 รูปบริเวณหน้าบริษัท วิสตัด้า ทราฟ จำกัด

3.2 ลักษณะการประกอบการและการให้บริการหลักขององค์กร

บริษัท วิสตัด้าทราฟ จำกัด เป็นหนึ่งในผู้ผลิตและจำหน่ายหม้อแปลงไฟฟ้าที่ผลิตหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีคุณภาพ ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดตามมาตรฐานของประเทศ และมาตรฐานระหว่างประเทศ ฉบับล่าสุดได้แก่ IEC , ANSI/IEEE , DIN และ มอก. (TIS) ปัจจุบันบริษัทตั้งอยู่ที่ 12 ซอยสุขสวัสดิ์ 26 แยก 9-3 ถนนสุขสวัสดิ์ แขวงบางปะกอก เขต ราษฎร์บูรณะ กรุงเทพฯ มีความสามารถในการผลิตหม้อแปลงไฟฟ้าระบบจำหน่าย Single-phase Distribution Transformers ขนาด 10 kVA – 500 kVA./36kV; Three-phase Distribution และ Power Transformers ขนาด 50 kVA – 3000 kVA./36kV ทำให้หม้อแปลงไฟฟ้าของบริษัทฯ ได้รับการรับรองคุณภาพจากสถาบัน

2550: มอก.384/2543 : หม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง จากสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.)

2551: ISO 9001 จาก Bureau Veritas Certification

2560: ISO 14001 จาก Bureau Veritas Certification

2560: ISO 18001 จาก Bureau Veritas Certification

3.7 ขั้นตอนและวิธีดำเนินงาน

3.7.1 ศึกษาเกี่ยวกับระบบการทดสอบในคู่มือ WI

3.7.2 ศึกษาอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการทดสอบ

3.7.4 ปฏิบัติงานในการทดสอบหม้อแปลง

3.7.5 ซ่อมบำรุงและตรวจเช็คอุปกรณ์

3.7.6 สรุปและบันทึกผลการปฏิบัติงาน

ตารางที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินการ

ลำดับ	ขั้นตอนการดำเนินการ	มกราคม 2564			กุมภาพันธ์ 2564			มีนาคม 2564			เมษายน 2564		
1	ตั้งหัวข้อโครงการ												
2	รวบรวมข้อมูลโครงการ												
3	ยื่นเสนอโครงการ												
4	อนุมัติโครงการ												
5	ดำเนินการเขียนโครงการ												
6	ติดตามผลการดำเนินงาน												
7	สรุปผล												
9	จัดทำรูปเล่มโครงการ												

3.8 อุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้

3.8.1 คอมพิวเตอร์

3.8.2 โปรแกรม Word

บทที่ 4

ผลการปฏิบัติงานตามโครงการ

การปฏิบัติงานตามโครงการที่ได้รับมอบหมาย มีดังนี้

- 4.1 ศึกษาเกี่ยวเรื่อง ความปลอดภัยในการทำงานจากจป.วิชาชีพ
- 4.2 ทดสอบหัวข้อ การวัดค่าความต้านทานฉนวน
- 4.3 ทดสอบหัวข้อ การวัดค่าอัตราส่วนแรงดันและตรวจสอบสัญลักษณ์เฟสหรือเวกเตอร์รูป
- 4.4 ทดสอบหัวข้อ การทดสอบความคงทนแรงดันจากแหล่งจ่ายอื่น
- 4.5 ทดสอบหัวข้อ การทดสอบความคงทนต่อแรงดันเหนี่ยวนำเกิน
- 4.6 ทดสอบหัวข้อ การวัดค่าความสูญเสียขณะไม่มีโหลด
- 4.7 ทดสอบหัวข้อ การวัดค่าความต้านทานของขดลวด
- 4.8 ทดสอบหัวข้อ การวัดค่าอิมพีแดนซ์ลัดวงจรและค่าความสูญเสียขณะจ่ายโหลดที่พิกัด

4.1 ศึกษาเกี่ยวกับความปลอดภัยในการทำงานจากจป.วิชาชีพ

- เพื่อทราบถึงระเบียบความปลอดภัยและข้อห้ามของบริษัทอุปกรณ์ PPE พื้นฐานสำหรับการปฏิบัติงาน เช่น
- พนักงานทุกคนต้องสวมรองเท้าSafetyเมื่ออยู่ในเขตพื้นที่การทำงานยกเว้นพนักงานออฟฟิศ
- ต้องสวมถุงมือทุกครั้งที่ปฏิบัติงาน
- ห้ามถ่ายรูปหรือคัดลอกเอกสารก่อนได้รับอนุญาตจากผู้จัดการแผนก
- ให้สูบบุหรี่ได้ในพื้นที่ที่บริษัทกำหนดเท่านั้น



รูปที่ 4.1 ศึกษาเกี่ยวกับความปลอดภัยในการทำงานจากจป.วิชาชีพ



รูปที่ 4.2 ป้ายความปลอดภัยประจำแผนกทดสอบ

4.2 ทดสอบหั่วข้อ การวัดค่าความต้านทานฉนวน

- ข้อดีของการทดสอบ
 1. ทดสอบเพื่อความมั่นใจว่าหม้อแปลงไฟฟ้าทุกตัวที่นำมาทดสอบจะเป็นฉนวนไม่เป็นตัวนำไฟฟ้าสาเหตุของไฟฟ้ารั่วได้
- ศึกษาวิธีการทดสอบตามคู่มือ WI
- ตรวจสอบเช็คอุปกรณ์ก่อนเริ่มการทดสอบว่ายังใช้งานได้ดีหรือไม่
- ทำความสะอาดชุดสายทดสอบเมกเกอร์และสายพ่วง
- ตรวจสอบตำแหน่งชุดสายทดสอบให้อยู่ตำแหน่งที่ถูกต้อง



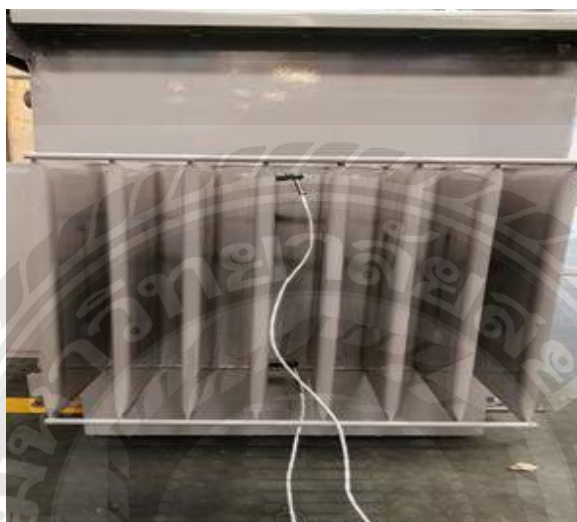
รูปที่ 4.3 เครื่องทดสอบ Insulation Resistance Test



รูปที่ 4.4 ตรวจสอบ Range ก่อนเริ่มการทดสอบ

● **วิธีการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้า**

1. ทำการต่อสายทางด้านแรงสูง ระหว่าง Phase A , Phase B และ Phase C ให้ถึงกัน โดยใช้ตัวหนีบที่ทำต่อกันไว้
2. ทำการต่อสายทางด้านแรงต่ำ ระหว่าง Phase a , Phase b , Phase c และ Phase n ให้ถึงกัน โดยใช้ตัวหนีบที่ทำต่อกันไว้
3. ทำการวัดอุณหภูมิด้วย PT100 ก่อนการทดสอบ TR ที่ตัวหม้อแปลงไฟฟ้าที่ตำแหน่ง In let and Out let เพื่อหาค่าเฉลี่ย (ค่าของอุณหภูมิ In let และ Out let ต้องไม่เกิน 5°C)



รูปที่ 4.5 วัดอุณหภูมิด้วย PT.100 จำนวน 2 จุดเพื่อทดสอบ Insulation

4. นำเครื่องมือทดสอบความเป็นฉนวนหรือเมกกะโอห์ม มิเตอร์มาทำการวัดความเป็นฉนวนวงจร (Primary กับ Secondary) โดยใช้ปลายขั้วข้าง LINE หรือโพรบทดสอบ วัดที่ ทางด้านแรงสูง และปลายขั้วข้าง EARTH หรือ โพรบ EARTH หนีบไว้ที่ขั้วหรือ Phase ทางด้านแรงต่ำ Test Voltage ที่ 5000 VDC แล้วกดปุ่ม PRESS TO TEST รอระยะเวลา 1 นาทีอ่านค่าที่ได้แล้วบันทึกผล



รูปที่ 4.6 วัดความเป็นฉนวนวงจร (Primary กับ Secondary)

5. ทำการวัดระหว่างขดลวดแรงต่ำกับกราวด์ (Secondary กับ ground) โดยใช้วิธีเดียวกันกับการวัดระหว่างขดลวดแรงสูงกับขดลวดแรงต่ำจากนั้นปรับสวิตช์ไปที่ตำแหน่ง Test Voltage ที่ 2500 VDC แล้วกดปุ่ม PRESS TO TEST รอระยะเวลา 1 นาที อ่านค่าที่ได้แล้วบันทึกผล



รูปที่ 4.7 วัดความเป็นฉนวนวงจร (Secondary กับ ground)

6. เกณฑ์ในการพิจารณาผลทดสอบ ให้พิจารณาวงจร (Primary กับ Secondary) ต้องไม่ต่ำกว่า 5 GW และวงจร (Secondary กับ ground) ต้องไม่ต่ำกว่า 1 GW หากไม่ผ่านให้ทำการ Rework เพื่อให้ฝ่ายผลิตนำไปแก้ไข



รูปที่ 4.8 เกณฑ์ในการพิจารณาผลทดสอบวงจร (Primary กับ Secondary)



รูปที่ 4.9 เกณฑ์ในการพิจารณาผลทดสอบวงจร (Secondary กับ ground)

7. สภาพอากาศโดยรวมขณะทำการทดสอบ ต้องให้อยู่ในช่วงระหว่างอุณหภูมิ 10-40 °C, Humidity $\leq$ 90 % Air pressure 86-106 kPa

4.3 ทดสอบหัวข้อ การวัดค่าอัตราส่วนแรงดันและตรวจสอบสัญลักษณ์เฟสหรือเวกเตอร์กรุป

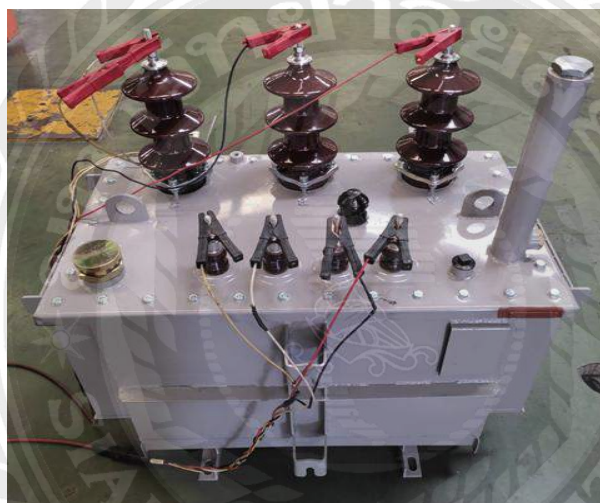
- ข้อดีของการทดสอบ
 1. เป็นการวัดอัตราส่วนของแรงดันของหม้อแปลง เปรียบเทียบกับค่าที่กำหนดว่ามีค่าถูกต้อง มีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในพิกัดมาตรฐานหรือไม่ และเป็นการวัดค่าความต่างเฟสของขดลวดทั้งสองด้าน หรือที่เรียกว่า การหา Vector Group ของหม้อแปลง
- ศึกษาวิธีการทดสอบตามคู่มือ WI
- ตรวจสอบอุปกรณ์ก่อนเริ่มการทดสอบว่ายังใช้งานได้ดีหรือไม่
- ทำความสะอาดชุดสายทดสอบ ratio
- เช็ดตำแหน่งชุดสายทดสอบให้อยู่ตำแหน่งให้ถูกต้อง สายทางด้าน HV (ตัวครีปสีแดง H1U,H2V,H3W,H0N) ให้อยู่ที่ตำแหน่งด้าน HV ของหม้อแปลงและสายทางด้าน LV (ตัวครีปสีดำ X1U,X2V,X3W,X0N) ให้อยู่ทางด้าน LV ของหม้อแปลง
- เช็ดตำแหน่ง Tap ต้องอยู่ที่ Tap 1 ก่อนเสมอ



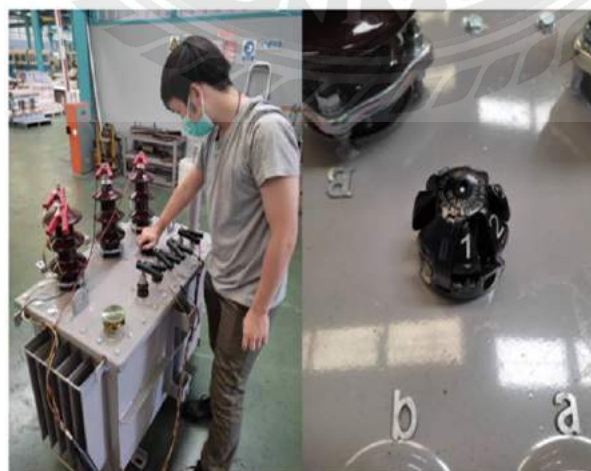
รูปที่ 4.10 เครื่อง Tranformer Turn Ratio Meter



รูปที่ 4.11 ทำการ calibrate เครื่องทดสอบ Ratio ก่อนทำการใช้งาน



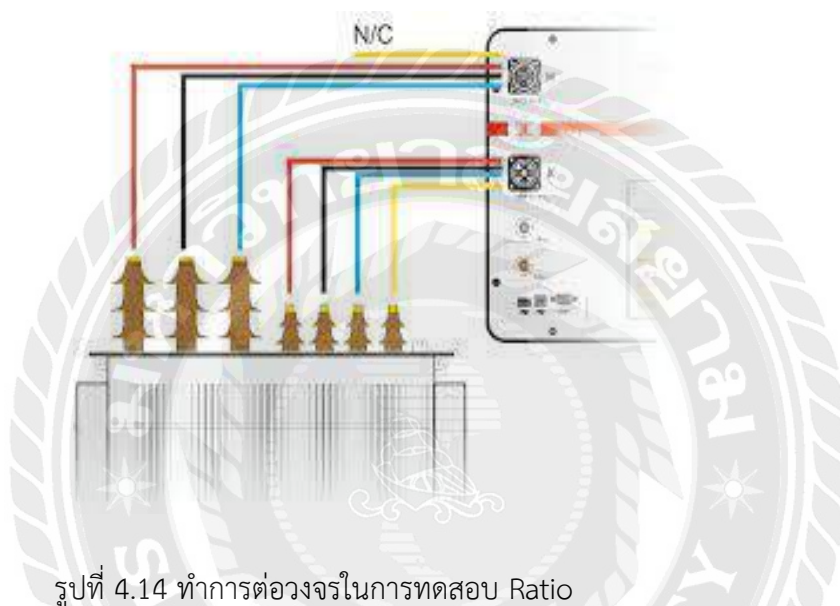
รูปที่ 4.12 เช็คว่าตำแหน่งชุดสายทดสอบให้อยู่ตำแหน่งให้ถูกต้อง



รูปที่ 4.13 เช็คว่าตำแหน่ง Tap ต้องอยู่ที่ Tap 1 ก่อนเสมอ

● **วิธีการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้า**

1. ทำการเปิดเครื่อง Transformer Turn Ratio Meter หลังจากนั้นหลอดไฟสีเขียว ตำแหน่ง Safe ปรากฏแสงสว่างขึ้นเพื่อแสดงว่าเครื่องพร้อมใช้งานแล้ว
2. นำสายไฟสำหรับใช้ในการตรวจสอบจากเครื่อง Transformer Turn Ratio Meter โดยใช้สายด้าน HV ตัวหนีบสีแดง เส้นสีแดงหนีบที่ด้านแรงสูง Phase A เส้นสีดำหนีบที่ Phase B เส้นสีขาวหนีบที่ Phase C ใช้สายด้าน LV ตัวหนีบสีดำ เส้นสีแดงหนีบที่ด้านแรงต่ำ Phase a เส้นสีเหลืองหนีบที่ Phase n เส้นสีดำหนีบที่ Phase b เส้นสีขาวหนีบที่ Phase c



รูปที่ 4.14 ทำการต่อวงจรในการทดสอบ Ratio

3. เมื่อเปิดเครื่อง Transformer Turn Ratio Meter ให้ตั้งค่าที่ ปุ่ม New เลือก New Transformer จากนั้นให้ตั้งค่า vector group ตามที่จะทำการทดสอบ โดย ดูจากภาคผนวก 1 เพื่อเป็นแนวทางปฏิบัติแล้วกดปุ่ม Auto เลือกปรับตั้งค่า Volt Selector ให้อยู่ที่ปุ่ม Auto แล้วกดปุ่ม หมายเหตุ : กรณีเวกเตอร์กรุปไม่ตรงผลการวัดจะ Error และทำการ Rework เพื่อให้ฝ่ายผลิตนำไปแก้ไข
4. ทำการกดปุ่ม GO ABC หลังจากนั้นหลอดไฟ Seft สีเขียวปรากฏขึ้น ตรวจสอบค่า Ratio จนครบทุก Phase และบันทึกผลการทดสอบถ้าต้องการเปลี่ยน TAP ให้ทำการกด Buzzer Switch
5. เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานดำเนินการเปลี่ยน TAP จนครบ 5 TAP (พิจารณาผลการทดสอบ ถ้าไม่ผ่านตามเกณฑ์กำหนดให้ทำการ Rework เพื่อให้ฝ่ายผลิตนำไปแก้ไข)

6. เกณฑ์พิจารณาคือ

ค่า Ratio ต้องไม่เกิน $\pm 0.5\%$ ของค่าที่ออกแบบ ในทุก phase ทุกแท่งที่ทำการวัด เช่น ระบบ 22 kV - 416 V แท่ง 3 ค่า Ratio = $(22000/416)*\sqrt{3} = 91.60$ จะต้องมีการหว่าน $91.60+0.46 = 92.06$ (Max), $91.60-0.46 = 91.14$ (Min) เป็นต้น

7. สภาพอากาศโดยรวมขณะทำการทดสอบ อุณหภูมิ 10-40 °C ,Humidity < 90 % , Air pressure 86-106 kPa

Vector group	Test point			Polarity	Indication	Comments		
	HV side		LV side					
D-d-0	U-V		u-v		U_N	$U_N = \frac{U_{No}}{U_{Nu}}$		
	V-W		v-w					
	W-U		w-u					
D-yn-1	U-V		v-n		U_N	$U_N = \sqrt{3} \frac{U_{No}}{U_{Nu}}$		
	V-W		w-n					
	W-U		u-n					
D-yn-5	U-V		u-n		U_N	$U_N = \sqrt{3} \frac{U_{No}}{U_{Nu}}$		
	V-W		v-n					
	W-U		w-n					
D-yn-11	U-V		u-n		U_N	$U_N = \sqrt{3} \frac{U_{No}}{U_{Nu}}$		
	V-W		v-n					
	W-U		w-n					
YN-d-11	U-N		w-u		U_N	$U_N = \frac{1}{\sqrt{3}} \frac{U_{No}}{U_{Nu}}$		
	V-N		u-v					
	W-N		v-w					
1 phase								
subtractive or	U-V		u-v		U_N	$U_N = \frac{U_{No}}{U_{Nu}}$		
additive								

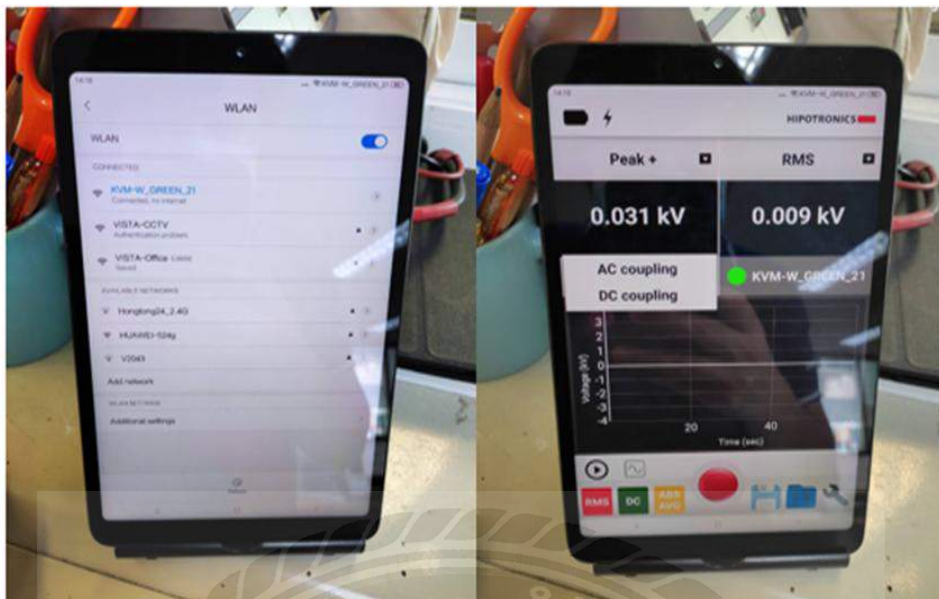
รูปที่ 4.15 ตารางภาคผนวก Vector group

4.4 ทดสอบหัวข้อการทดสอบความคงทนแรงดันจากแหล่งจ่ายอื่น

- ข้อดีของการทดสอบ
 1. เป็นการตรวจสอบฉนวนภายในหม้อแปลงที่คั่นอยู่ระหว่างขดลวดแรงสูงกับแรงต่ำ แรงสูงกับGround แรงต่ำกับGround ด้วยการจ่ายแรงดันสูงกระแสสลับ 50 Hz ระหว่างจุดที่จะทดสอบตามค่าและเวลาที่มาตรฐานกำหนด
- ศึกษาวิธีการทดสอบตามคู่มือ WI
- เช็กระบบสัญญาณเตือนว่ายังทำงานได้ดีไม่มีปัญหา
- เช็ค HIPOTRONICS ว่ายังนำสัญญาณเชื่อมต่อกับ Tablet with Android หรือไม่



รูปที่ 4.16 เครื่อง Digital Kilovoltmeter



รูปที่ 4.17 เชื่อมต่อสัญญาณ HIPOTRONICS กับ Tablet with Android

- **วิธีการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้า**

1. ทำการทดสอบด้านแรงสูง (HV) ทำการต่อสายด้านแรงสูงระหว่าง Phase A Phase B และ Phase C ให้ถึงกันโดยใช้สายพ่วงหนีบระหว่าง Phase
2. ทำการต่อสายด้านแรงต่ำระหว่าง Phase a Phase b Phase c และ Phase n ให้ถึงกันโดยใช้สายพ่วงหนีบระหว่าง Phase
3. ทำการต่อสาย Ground เข้ากับตัวถังหม้อแปลงหรือที่แคมป์ Ground ของหม้อแปลงไฟฟ้า ที่ทำการทดสอบ (Transformer Under Test)
4. นำสายไฟด้านแรงสูงของหม้อแปลงทดสอบ (หม้อแปลง Hipot) ต่อเข้าด้านแรงสูงของหม้อแปลงไฟฟ้าที่ทำการทดสอบ



รูปที่ 4.18 หม้อแปลง Hipot

5. ทำการเปิดจอ PLC ไปที่คำสั่ง Applied Potential Test จากนั้นไปคำสั่ง Routine Start และปรับสวิตช์เลือกทดสอบทางด้าน (HV) และไปที่คำสั่ง Start Applied 1 รอเวลา ประมาณ 5 วินาทีจากนั้นไปที่คำสั่ง Start Inverter และคำสั่ง Start Hi Pot และไปที่คำสั่ง Volt-Up เพื่อทำการ Slide จ่ายแรงดันทางด้านแรงสูงและหลังจากแรงดันตาม*มาตรฐานที่กำหนดให้จับเวลา 60 Sec. หลังจากนั้นไปที่คำสั่ง Stop Hi Pot แล้วไปที่คำสั่ง Volt-Down หลอดไฟ Zero สว่างขึ้นจึงกดเสียงสัญญาณ Alarm Buzzer จึงทำการเปลี่ยนหม้อแปลงที่จะทดสอบ จัดบันทึกผลทดสอบโดยให้ จดค่าPeak+ , RMS และ Current)



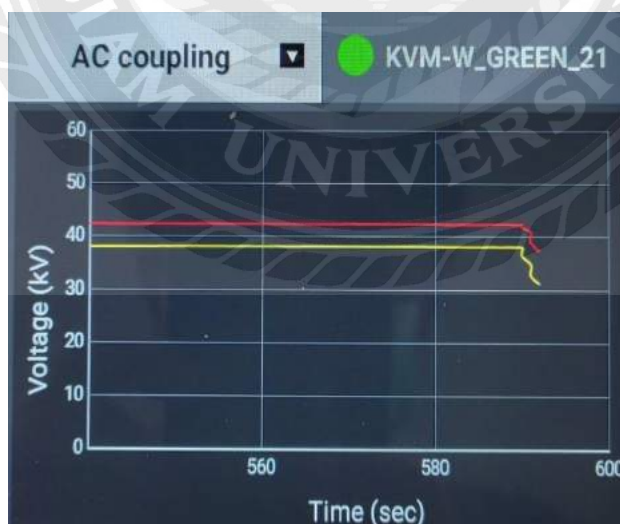
รูปที่ 4.19 ผลการทดสอบทางด้าน HV หน้าจอจะแสดงผลค่า Peak + $\sqrt{2}$ และ RMS

6. เมื่อทำการทดสอบข้อ 5. เสร็จแล้วให้ทดสอบทางด้านแรงต่ำ (LV) ให้นำสาย Ground ไปหนีบททางด้านแรงสูงนำสายไฟด้านแรงสูงของหม้อแปลงทดสอบ (หม้อแปลง Hipot) ต่อเข้าด้านแรงต่ำของหม้อแปลงไฟฟ้าทำการทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 5 ให้เปลี่ยนคำสั่งเลือกสวิตช์ไปทางด้าน LV



รูปที่ 4.20 ผลการทดสอบทางด้าน LV หน้าจอจะแสดงผลค่า Peak + $\sqrt{2}$ และ RMS

7. แรงดันที่ใช้ทดสอบต้องเป็น Sine Wave หรือใกล้เคียงที่สุดโดยให้ทำการตรวจสอบโดยอ่านค่า Peak+ ต้องเท่ากับแรงดันที่ใช้ในการทดสอบ (กรณีเป็น Pure sine) แต่ยอมรับได้ตามมาตรฐานโดยจะต้องห่างกันไม่เกิน 5%



รูปที่ 4.21 ค่า Pure sine ทางด้าน HV



รูปที่ 4.22 ค่า Pure sine ทางด้าน LV

8. สภาพอากาศโดยรวมขณะทำการทดสอบ ต้องให้อยู่ในช่วงระหว่างอุณหภูมิ 10-40 °C
 ,Humidity < 90 % Air pressure 86-106 kPa

4.5 ทดสอบหัวข้อ การทดสอบความคงทนต่อแรงดันเหนี่ยวนำเกิน

- ข้อดีของการทดสอบ
 1. เป็นการตรวจสอบฉนวนของเส้นลวดแต่ละเส้นที่พันเป็นขดลวด ด้วยการจ่ายแรงดันสูงเป็นสองเท่าให้กับขดลวดตามระยะเวลาที่มาตรฐานกำหนด
- ศึกษาวิธีทดสอบตามคู่มือ WI
- ทำการตรวจเช็คอุปกรณ์ก่อนเริ่มใช้งาน
- ทำการเช็คการคายตัวของน็อตที่ยึดเครื่อง GEN
- ทำการตรวจเช็คมิเตอร์ให้อยู่ใน range ที่ใช้งาน



รูปที่ 4.23 เช็การคายตัวของน็อคยัดเครื่อง GEN



รูปที่ 4.24 ตรวจเช็คมิตเตอร์ให้อยู่ใน VAC ที่ Range 600 v.

● **วิธีการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้า**

1. ทำการต่อวงจรทดสอบแบบ Open Circuit Test นำปลายสายไปหนีบยัง Phase ที่เราจะวัดค่าทางด้าน L_v โดยใช้สายสีแดงหนีบที่ Phase a สายสีดำหนีบที่ Phase b สายสีเทาหนีบที่ Phase c สายสีน้ำเงิน (Neutral) หนีบที่ Phase n สายสีส้ม (Ground) หนีบที่ตัวถัง
2. ทำการ ON Breaker กดปุ่ม Start แล้วรอให้ Generator ทำงานที่ความเร็วคงที่



รูปที่ 4.25 Generator ทำงานที่ความเร็วคงที่ 200 Hz

3. กดสวิตช์ On แล้วเพิ่มแรงดันโดยการปรับ Potention meter จนได้แรงดันที่ต้องการแล้ว (2 เท่าของ Rated voltage) ทำการจับเวลา (เวลาทดสอบให้คำนวณตามข้อ 6) เมื่อได้เวลาที่กำหนดแล้ว ปรับ Potention meter ลดลงจนได้แรงดันเป็นศูนย์แล้วจึงกดสวิตช์ OFF (กรณีที่ทำการทดสอบผ่าน กระแสและแรงดันจะนิ่ง และคงที่ตลอดในช่วงเวลาทดสอบ)



รูปที่ 4.26 ปรับโวลต์เตสเร็กกูเรเตอร์

4. แรงดันที่ใช้ในการทดสอบ มาตรฐานกำหนดให้วัดเป็นแรงดันเฟส ดังนั้นค่าที่อ่านที่ 2 เท่าของ Rated Voltage ค่าที่มิเตอร์อ่านจะต้องหารด้วย $\sqrt{3}$ เนื่องจากปกติจะทดสอบด้านแรงต่ำซึ่งต่อแบบ Star
5. ขณะที่ปรับแรงดันให้สังเกตกระแสและแรงดันในกรณีที่ไม่ผ่าน (กระแสจะสูงผิดปกติ) จนไม่สามารถเพิ่มแรงดัน
6. ในพิกัดที่ต้องการได้ (2 เท่าของพิกัดแรงดันหม้อแปลงทดสอบ) จากนั้นจดบันทึกค่า Vrms ที่ทดสอบระหว่างทดสอบให้ปรับค่าที่อ่านของมิเตอร์สลับไปที่ Peak + และ Peak- เพื่อบันทึกค่าดังกล่าว



รูปที่ 4.27 meter แสดงผลแรงดัน 2 เท่าของ Rated voltage

7. การคำนวณเวลาในการทดสอบจากสมการที่ (4.1)

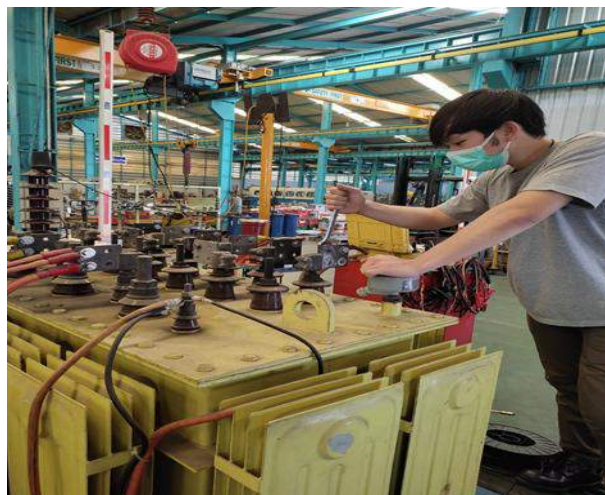
$$\text{Time of Test} = \frac{120 \times \text{Rated Frequency}}{\text{Test Frequency}} \text{ But not less Than } 30 \text{ s} \quad (4.1)$$

$$\text{เวลาทดสอบ} = \frac{120 \times 50}{200} = 30 \text{ s}$$

8. สภาพอากาศโดยรวมขณะทำการทดสอบ ต้องให้อยู่ในช่วงระหว่างอุณหภูมิ 10-40 °C
, Humidity $\leq$ 90 % Air pressure 86-106 kPa

4.6 ทดสอบหัวข้อ การวัดค่าความสูญเสียขณะไม่มีโหลด

- ข้อดีของการทดสอบ
 1. เป็นการวัดค่าความสูญเสียขณะที่ไม่ได้จ่ายโหลด หรือความสูญเสียในแกนเหล็ก (Core Loss) และวัดค่ากระแสที่ไหลในขดลวด ขณะที่ไม่ได้จ่ายโหลด หรือ No-Load Current
- ศึกษาวิธีทดสอบตามคู่มือ WI
- ทำการตรวจเช็คอุปกรณ์ก่อนเริ่มใช้งาน
- ทำการเช็คการคายตัวของน็อคแคลมป์หม้อแปลง AUTO
- ทำการ calibrate เครื่องทดสอบ WT500



รูปที่ 4.28 เช็การคายตัวของน็อคแคลมป์หม้อแปลง AUTO



รูปที่ 4.29 ทำการ calibrate เครื่องทดสอบ WT500 ก่อนใช้งาน



รูปที่ 4.30 เครื่องทดสอบ Digital Power Analyser

- วิธีการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้า

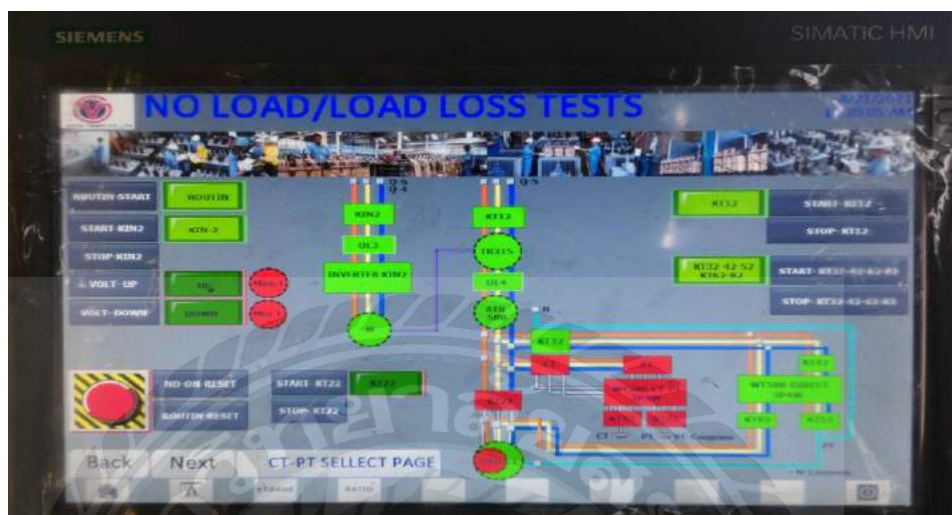
1. นำสายไฟจาก Auto Tr. 4 เส้นต่อเข้ากับ Phase a, b, c และ N ที่ LV. Terminal ของหม้อแปลงไฟฟ้าที่ทำการทดสอบ (Phase X1, X2, X3 และ X0 กรณีเป็น Standard ของ IEEE)



รูปที่ 4.31 ทำการต่อวงจรทดสอบ No Load ด้านแรงต่ำ

2. ในการทดสอบค่าความสูญเสียขณะไม่มีภาระนี้ต้องทำให้มั่นใจว่าตัวหม้อแปลงไฟฟ้าไม่มีสนามแม่เหล็กค้างอยู่ที่แกนเหล็กซึ่งเกิดจาก DC Current เช่น การทดสอบ Winding Resistance หรือ Impulse test
3. ทำการเปิดจอ PLC ไปที่คำสั่ง no-load loss จากนั้นไปคำสั่ง Routine Start และไปที่คำสั่ง no-load loss รอเวลาประมาณ 5 วินาที จากนั้นไปที่คำสั่ง Start Inverter และเปิดเครื่อง Digital Power Analyser และปรับ Voltage Regulator และไปที่คำสั่ง Volt-Up เพื่อทำการ

Slide จ่ายแรงดันกระแสทางด้านแรงต่ำและอ่านค่าได้เท่ากับ Rated Voltage ของหม้อแปลงไฟฟ้าที่ทำการทดสอบบันทึกผลการทดสอบแล้วไปที่คำสั่ง Volt-Down หลอดไฟ Zero สว่างขึ้นจึงกดเสียงสัญญาณ Alarm Buzzer จึงทำการเปลี่ยนหม้อแปลง

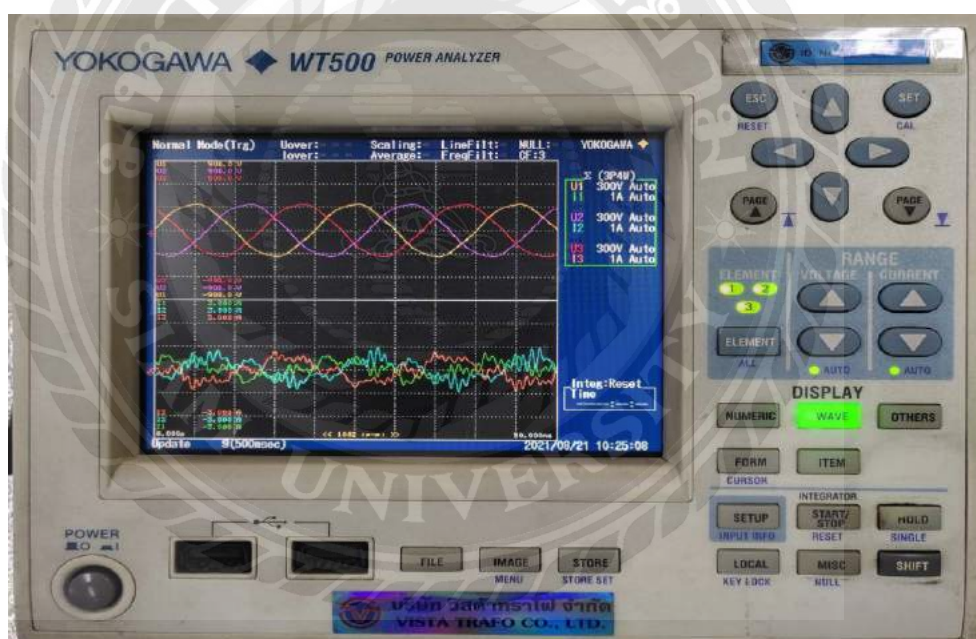


รูปที่ 4.32 ทำการเปิดจอ PLC ไปที่คำสั่ง no-load loss

4. เมื่อปรับค่าแรงดันทดสอบได้เท่ากับ *Rated Voltage แล้วกดปุ่ม Hold ที่ Power Analyser แล้วปรับลดแรงดันลงมาที่ตำแหน่งศูนย์โวลต์แล้วทำการปรับสวิตช์ปิดวงจรการทดสอบ (สำหรับงานในระบบ ISO/IEC 17025 ให้วัดเพิ่มที่ 90% และ 110% ของ Rated Voltage ด้วย) *ให้ดูจาก Vmean หรือในเครื่องจะแสดงเป็น Vmn เป็นหลักเนื่องจาก Vmn เป็น ค่า RMS Calibrated Vmn จะเท่ากับ Vrms กรณีที่เป็น Pure Sine และพยายามปรับค่าแรงดันให้ได้ใกล้เคียง



รูปที่ 4.33 กระแส Rated Voltage ของหม้อแปลงไฟฟ้า



รูปที่ 4.34 รูปคลื่น Pure Sine no-load loss

5. จดบันทึกผลการทดสอบโดยบันทึกรายละเอียดดังต่อไปนี้ RMS Voltage (U) , Mean Voltage (U') , RMS Current , Power losses

6. พิจารณาผลการทดสอบค่า U และ U' หากมีค่าห่างกันเกิน 3 % ให้ใช้ค่าแก้เพื่อให้ค่าความสูญเสียปรับไปสู่ค่าความสูญเสียที่เป็น ไซดเวฟ ที่แท้จริง (Voltage Sinusoidal) ตามสมการที่ (4.2)

$$P_o = P_m (1 + d) \quad d = \frac{U - U'}{U} \quad (4.2)$$

P_o = The corrected of no load loss

P_m = The measured no load loss

V = RMS Voltage

7. สภาพอากาศโดยรวมขณะทำการทดสอบ ต้องให้อยู่ในช่วงระหว่างอุณหภูมิ 10-40 °C , Humidity $\leq$ 90 % Air pressure 86-106 kPa

4.7 ทดสอบหัวข้อ การวัดค่าความต้านทานของขดลวด

- ข้อดีของการทดสอบ
 1. เป็นการวัดความต้านทานของขดลวดแต่ละขด เพื่อเปรียบเทียบค่าที่วัดได้ระหว่างเฟส ว่ามีขดลวดใดผิดปกติหรือไม่ และเพื่อเอาค่าที่วัดได้มาอ้างอิงกับอุณหภูมิปัจจุบัน สำหรับการแปลงค่าอ้างอิงไปที่อุณหภูมิอื่น เช่น 75°C
- ศึกษาวิธีทดสอบตามคู่มือ WI
- ตรวจสอบเช็คชนิดตัวคีบว่าคายออกหรือไม่
- ทำการ calibrate เครื่องทดสอบก่อนใช้งาน
- ทำการเช็คตำแหน่ง RTD PT-100 Sensor Probe
- เช็คตำแหน่ง Phase ที่จะทำการทดสอบ
- เช็คตำแหน่ง Tap ต้องอยู่ที่ Tap 3 ก่อนเสมอ



รูปที่ 4.35 ทำการตรวจเช็คชนิดตัวคีบ



รูปที่ 4.36 ทำการ calibrate เครื่องทดสอบ DV POWER ก่อนใช้งาน



รูปที่ 4.37 เครื่องทดสอบ Winding Resistance Test Set

- **วิธีการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้า**

1. ต้องมั่นใจว่าหม้อแปลงไฟฟ้าที่นำเข้ามาทดสอบไม่ถูก Excitation เป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า 3 ชั่วโมง(เช่น Turbulane flow จากมอเตอร์ปั๊มของหม้อแปลงประเภท OD or OF > Forced circulation)
2. ให้วัดอุณหภูมิหม้อแปลงด้วย PT100 จำนวน 2 จุดควบคุมอุณหภูมิบนหม้อแปลงไฟฟ้าต้องอุณหภูมิไม่แตกต่างกัน 5°C แล้วให้ใช้ค่าเฉลี่ยในการบันทึกอุณหภูมิการทดสอบ และ ให้วัดอุณหภูมิ หม้อแปลงทุก ๆ เครื่อง ของใครของมัน(ตำแหน่งของ Sensor Probe ให้วัดที่กึ่งกลางฟिन บริเวณที่คาดว่าเป็นต้นคอลล์ย(Top) หรือปลายคอลล์ย (Bottom))



รูปที่ 4.38 วัดอุณหภูมิ PT.100 จำนวน 2 จุดเพื่อทดสอบ Resistance

3. ทำการต่อวงจร Winding Resistance นำปลายหนีบไปหนีบยัง Phase ที่เราจะวัด ค่าทางด้าน HV ได้แก่ขั้ว A-B , A-C , B-C ที่ Principal tapping และทางด้าน LV ให้วัดที่ขั้ว a-b,a-c,b-c และให้วัดให้เสร็จตัวต่อตัว เพื่อไม่ให้ค่า Average oil temp. เปลี่ยนไปตามสภาพบรรยากาศตามเวลาที่เปลี่ยนไปในขณะทำการทดสอบ
หมายเหตุ : สำหรับงานในระบบ ISO/IEC 17025 ให้วัดเพิ่ม HV ให้ครบทุกแท๊ป และที่ด้าน LV ที่ a-n , b-n และ c-n การวัดทั้ง 5 แท๊ปให้วัดให้เสร็จที่ละแท๊ป จะเริ่มจากไหนก็ได้เพื่อไม่ให้มีการหมุนแท๊ปมากเกินไป
4. เมื่อเปิดเครื่อง Winding Resistance หน้าจอจะให้ปรับ Range ที่ต้องการจะวัดแล้วกดปุ่ม ลูกศรขึ้น-ลงเพื่อเลือกย่านวัดจากนั้นกดปุ่มลูกศรซ้าย-ขวาเพื่อเลือก TAP CHANGER หัวข้อ DETC แล้วกดปุ่ม Enter (กรณีที่ไม่ทราบหรือไม่แน่ใจจะเลือกใช้ Range ไหน ให้เลือก Range ที่น้อยที่สุดก่อนแล้วสังเกตว่าเครื่องวัดค่าได้หรือไม่) (Note : Range current ที่เลือกต้องมีขนาดไม่เกิน 15% ของ Rated current ของหม้อแปลงไฟฟ้าในด้านที่กำลังทำการทดสอบอยู่ เพราะการเลือกขนาดที่สูงเกินไปจะทำให้ค่า ความต้านทานขดลวดสูงขึ้น)
5. หลังจากที่ได้เลือก Range ให้กดปุ่ม START รอจนค่า W ที่แสดงนิ่ง (ประมาณ 10 Sec.) จึงจดบันทึกค่าที่ได้
6. กดปุ่ม Ω แล้วรอเสียงสัญญาณเตือนของเครื่องดังขึ้นจึงทำการเปลี่ยน Phase ที่จะ Test ต่อไปแล้วกดปุ่ม START
7. ปฏิบัติตามข้อที่ 4 เพื่อทดสอบให้ครบทุก Phase ทุกขั้วหรือทุก Tapping

8. พิจารณาความแตกต่างกันระหว่างเฟสโดยปกติต้องไม่เกิน 2% หากเกินแสดงว่าการต่อสายไม่แน่นจากภายในหรือคิบบสายไม่ดีหน้าสัมผัสสกปรกให้ลองขยับแล้วใหม่ หากวัดจนแน่ใจแล้วความต่างกันระหว่างเฟสเกิน 4 %
การคำนวณความแตกต่างกันระหว่างเฟส คัดจากสมการที่ (4.3)

$$[(\text{Max} - \text{Average}) / (\text{Average})] \times 100 \quad (4.3)$$
9. สภาพอากาศโดยรวมขณะทำการทดสอบ ต้องให้อยู่ในช่วงระหว่างอุณหภูมิ 10-40 °C ,Humidity < 90 % Air pressure 86-106 kPa

4.8 ทดสอบหัวข้อ การวัดค่าอิมพีแดนซ์ลัดวงจรและค่าความสูญเสียขณะจ่ายโหลดที่พิกัด

- ข้อดีของการทดสอบ

1. เพื่อทดสอบหาค่าความสูญเสียของหม้อแปลงไฟฟ้า ขณะที่มีโหลด และ หาค่า Impedance Voltageของหม้อแปลงไฟฟ้า เพื่อเทียบกับ Specification ว่ามีผลทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้หรือไม่

- ศึกษาวิธีทดสอบตามคู่มือ WI

- ทำการ calibrate เครื่องทดสอบ WT500
- ทำการตรวจเช็คอุปกรณ์ก่อนเริ่มใช้งาน
- ทำการล็อก Busbar ทองแดง
- ทำการเช็คตำแหน่ง RTD PT-100 Sensor Probe

- วิธีการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้า

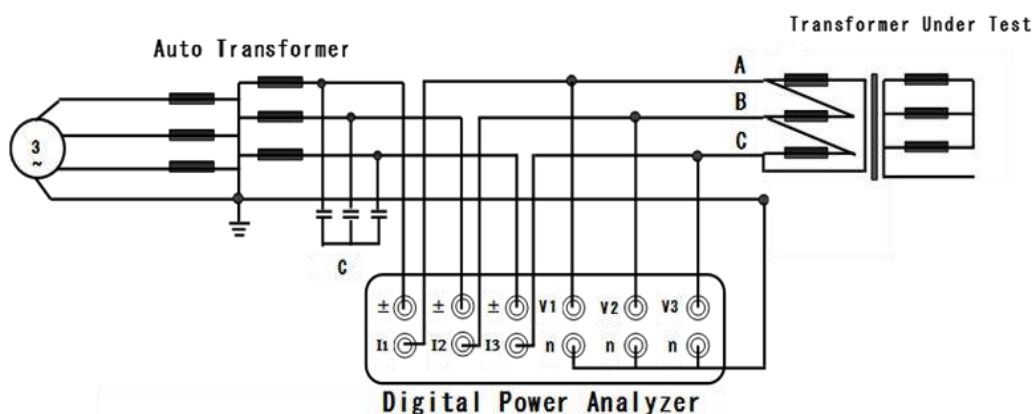
1. เตรียมหม้อแปลงไฟฟ้าเข้ามายังพื้นที่ทดสอบ โดย หม้อแปลงไฟฟ้าที่นำมาทดสอบต้องไม่ตากแดดมา หรือเติมน้ำมันมาแล้วไม่น้อยกว่า 12 ชั่วโมงทั้งนี้เพื่อป้องกันผลกระทบด้านความร้อนที่จะทำให้ผลการวัด Error
2. คำนวณหากระแสทางด้าน HV Side จากสูตรสมการที่ (4.4)

$$HV = \frac{kVA}{HV \text{ Side (kV)} \times 1.732} \quad (4.4)$$

3. คำนวณหาค่า Impedance Voltage โดย ประมาณสำหรับตั้ง แท๊ปที่ Auto Transformer จากสูตรสมการที่ (4.5)

$$\text{Impedance Voltage} = \frac{HV \text{ Side (kV)} \times \%Z (kVA)}{100} \quad (4.5)$$

4. ทำการต่อวงจรทดสอบ แบบ Short-Circuit Method ดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.50 โดยนำสายที่ออกจาก Auto Tr. ต่อที่ Phase A ,Phase B และ Phase C (หรือ H1 ,H2 และ H3 สำหรับ IEEE. STD.) ของหม้อแปลงที่ทำการทดสอบ



รูปที่ 4.39 วงจรการทดสอบ Short - Circuit impedance and Load loss

5. นำ Busbar ทองแดง ซึ่ง สามารถทนกระแส I LV ได้ ต่อ เข้ากับ LV Terminal ทางด้านแรงต่ำ โดย Short ให้ถึงกันระหว่างเฟส a, b, c หรือ x1 ,x2 ,x3 กรณี IEEE Std. และ ล็อคให้แน่น เพื่อให้มั่นใจว่าหน้าสัมผัสของทองแดงโดนเต็มกับ LV Terminal กรณีหม้อแปลงขนาดใหญ่มากอาจหมุน LV Terminal มาใน แกนแนวนอน เพื่อให้หน้าสัมผัสทองแดง สัมผัสกับ LV Terminal ได้มากที่สุด



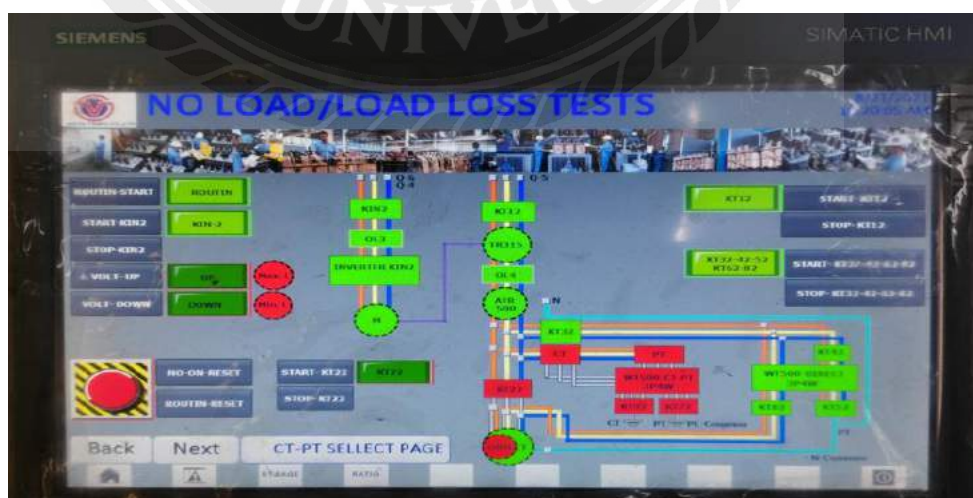
รูปที่ 4.40 นำ Busbar ทองแดงต่อเข้ากับ LV Terminal

6. นำ Sensor PT-100 สองตัววัดค่าอุณหภูมิก่อนการทดสอบลักษณะตามรูปที่ 2 เพื่อหาค่าเฉลี่ยและจุดบันทึกอุณหภูมิของ การทดสอบที่ ไบบันที่กผลการทดสอบ (ค่าอุณหภูมิ ด้านบนและด้านล่างต้องต่างกัน ไม่เกิน 5 องศาเซลเซียส หากเกินให้รอจนกว่าจะได้เพราะจะทำให้ผลการทดสอบมีค่า Error ที่สูง)



รูปที่ 4.41 วัตถุณหภูมิ PT.100 จำนวน 2 จุดเพื่อทดสอบ load loss

7. ทำการเปิดจอ PLC ไปที่คำสั่ง load loss จากนั้นไปคำสั่ง Routine Start และไปที่คำสั่ง - load loss รอเวลาประมาณ 5 วินาที จากนั้นไปที่คำสั่ง Start Inverter และเปิดเครื่อง Digital Power Analyser และปรับ Voltage Regulator และไปที่คำสั่ง Volt-Up เพื่อทำการ Slide จ่ายแรงดันแรงดัน current ทางด้านแรงสูงและอ่านค่าได้เท่ากับ Rated Voltage ของหม้อแปลงไฟฟ้าทำการทดสอบบันทึกผลการทดสอบแล้วไปที่คำสั่ง Volt-Down หลอดไฟ Zero สว่างขึ้นจึงกดเสียงสัญญาณ Alarm Buzzer จึงทำการเปลี่ยนหม้อแปลง



รูปที่ 4.42 ทำการเปิดจอ PLC ไปที่คำสั่ง load loss

8. กด ปุ่ม Down เพื่อลดแรงดันที่ Regulator ลงมาที่ระดับ ศูนย์ จากนั้น จดบันทึกค่า Volt , Ampere , Watt



รูปที่ 4.43 Current Rated ของหม้อแปลงไฟฟ้า

9. บันทึกค่า % Z โดย คำนวณจากสูตรสมการที่ (4.6)
- $$\%Z = \frac{\text{Impedance Voltage} \times 100}{\text{HV Side Voltage}} \quad (4.6)$$
10. หลังจากการทดสอบเสร็จ 7 หัวข้อนำผลการทดสอบที่ได้มาจัดทำ Test Report โดย Program Computer Excel เพื่อออกรายงานฉบับเต็ม
11. สภาพอากาศโดยรวมขณะทำการทดสอบ ต้องให้อยู่ในช่วงระหว่างอุณหภูมิ 10-40 °C , Humidity < 90 % Air pressure 86-106 kPa

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการปฏิบัติงาน

จากที่ได้เข้ามาฝึกปฏิบัติงานที่บริษัท วิสตา ทราฟ จำกัด เป็นเวลา 4 เดือน ได้เข้ามารับหน้าที่ในการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้า ทั้งระบบ 3 เฟส และ 1 เฟส ได้รับความรู้เกี่ยวกับหัวข้อทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้า จากมาตรฐาน IEC ซึ่งได้เรียนรู้วงจรต่างๆในหม้อแปลงรวมถึงวิธีการปฏิบัติในการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าระบบจำหน่ายในหัวข้อต่างๆ ทั้ง single phase และ Three phase การปฏิบัติงานจริงซึ่งเป็นประโยชน์ในการปฏิบัติงานในอนาคต

5.2 ประโยชน์ด้านสังคม

- 5.2.1 ได้เรียนรู้ระบบการบริหารองค์กร
- 5.2.2 ได้เรียนรู้การประสานงานกับเพื่อนร่วมงาน
- 5.2.3 ได้เรียนรู้การประสานงานกับแผนกอื่นๆ
- 5.2.4 ได้เรียนรู้หน้าที่ของแต่ละแผนก
- 5.2.5 ได้เรียนรู้การทำงานเป็นทีม
- 5.2.6 ได้เรียนรู้หน้าที่ความรับผิดชอบของตน

5.3 ประโยชน์ด้านการทำงาน

- 5.3.1 ได้ประสบการณ์ใหม่ ที่แตกต่างจากห้องเรียน
- 5.3.2 ได้สัมผัสการทำงานจริง และวิเคราะห์แก้ปัญหา
- 5.3.3 ได้รู้จักขั้นตอนการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้า
- 5.3.4 ได้รู้จักวิธีการทำงานด้านเอกสาร ISO

5.4 ปัญหาในการปฏิบัติงาน

- 5.4.1 การแปลภาษาอังกฤษ
- 5.4.2 หม้อแปลงทดสอบไม่ผ่าน
- 5.4.3 อุปกรณ์ไม่เพียงพอ

5.5 การแก้ไขปัญหาในการปฏิบัติงาน

- 5.5.1 ฝึกการใช้ภาษาอังกฤษสำหรับการทำงาน
- 5.5.2 จัดทำ Rework เปิด NTR วิเคราะห์สาเหตุที่เกิดขึ้น
- 5.5.3 แจ้งหัวหน้าให้จัดหาอุปกรณ์ให้เพียงพอ

5.6 ข้อเสนอแนะในการปฏิบัติงาน

- 5.4.1 ควรมีการจัดการอบรมความรู้เกี่ยวกับหม้อแปลงไฟฟ้าให้มากขึ้น

บรรณานุกรม

เจริญชัยเซอร์วิส. (ม.ป.ป.). *โครงสร้างหม้อแปลง*.

เข้าถึงได้จาก http://www.charoenchai.com/file/TransformerMaintenance_Thai.pdf
 ดีเอสเพลส. (2563). *ทฤษฎีเกี่ยวกับหม้อแปลงไฟฟ้า*. เข้าถึงได้จาก <http://dspace.spu.ac.th>
 สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (ม.ป.ป.). *มาตรฐานในการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้า*.

เข้าถึงได้จาก <https://www.tisi.go.th>

Dv Power. (ม.ป.ป.). *เครื่อง Winding Resistance Test Set*.

เข้าถึงได้จาก <https://www.dv-power.com/>

Kyoritsu. (ม.ป.ป.). *เครื่องทดสอบ High Voltage Insulation Tester*.

เข้าถึงได้จาก <https://data.creden.co/company/general>

Raytech. (ม.ป.ป.). *เครื่อง Tranformer Turn Ratio Meter*.

เข้าถึงได้จาก <https://www.raytechusa.com/>

Yogogawa. (ม.ป.ป.). *เครื่อง Digital Power Meter*.

เข้าถึงได้จาก <https://www.yokogawa.com/th/>



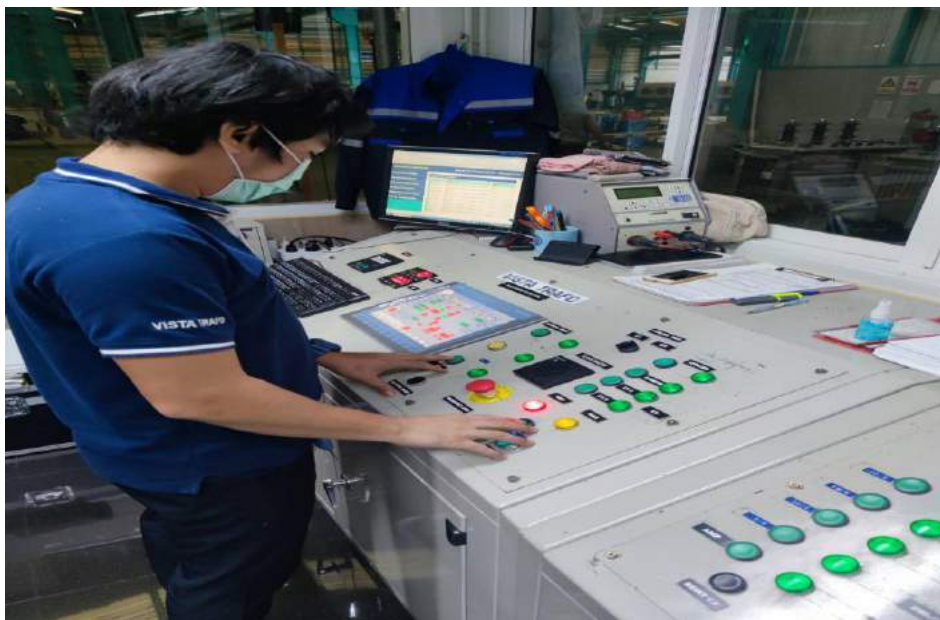
ภาคผนวก



ภาคผนวก ก

ภาพประกอบการทำงาน





รูปที่ 1 การทดสอบหัวข้อการทดสอบความคงทนแรงดันจากแหล่งจ่ายอื่น



รูปที่ 2 การวัดค่าอัตราส่วนแรงดันและตรวจสอบสัญลักษณ์เฟสหรือเวกเตอร์รูป



รูปที่ 3 การทดสอบหัวข้อ การวัดค่าความสูญเสียขณะไม่มีโหลด



รูปที่ 4 การทดสอบหัวข้อ การวัดค่าความต้านทานของขดลวด

ภาคผนวก ข

การนิเทศงานสหกิจศึกษา



สถานที่ประกอบกิจการ

บริษัท วิสตาโทราโฟ จำกัด

ตั้งอยู่ที่ บ้านเลขที่ 12 ถนนสุขสวัสดิ์ 26 แยก 9-3 แขวงบางปะกอก เขตราชบุรีบูรณะ

กรุงเทพมหานคร 10140

อาจารย์นิเทศสหกิจศึกษา : ผศ. ดร. ยงยุทธ นาราชบุรี

: ผศ. วิภาวัลย์ นาคทรัพย์

: ผส. พกิจ สุวัฒน์

นักศึกษาสหกิจศึกษา

: นาย สุรัชย์ กลิ่นฉนวน รหัสนักศึกษา 6123200008

: นายชานน อุ่นเรืองเกียรติ รหัสนักศึกษา 6124200003

นิเทศงานสหกิจศึกษาผ่าน PROGRAM ZOOM เนื่องในสถานการณ์ COVID 19



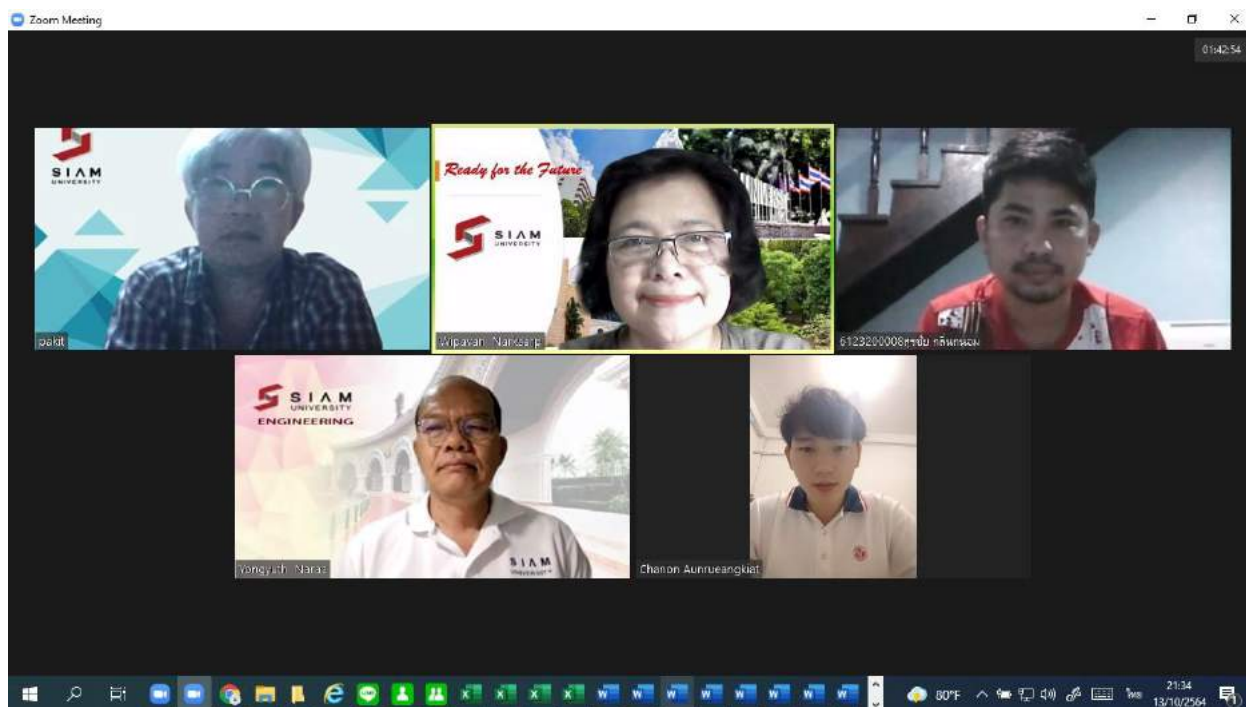


รูปที่ 1 การนิเทศงานผ่านโปรแกรม ZOOM

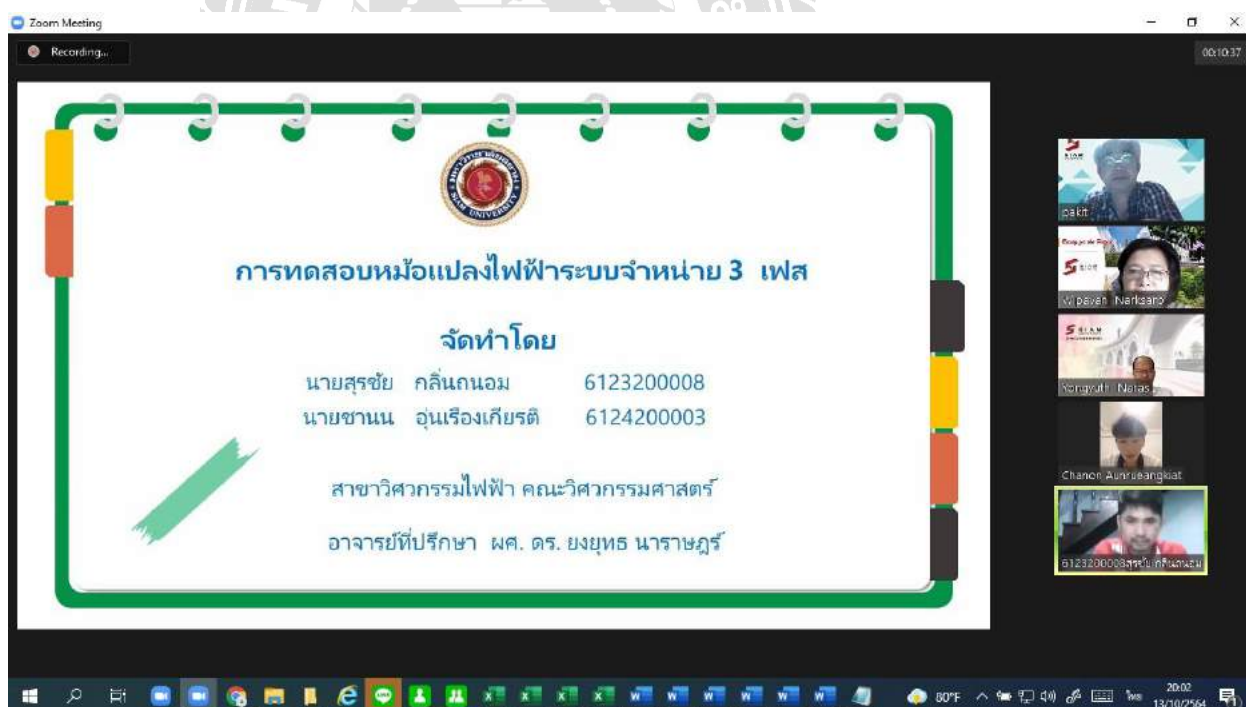
ภาคผนวก ค

การสอบโครงการสหกิจศึกษาผ่านโปรแกรม ZOOM





รูปที่ 2 การสอบปริเซนต์ Power point ผ่านโปรแกรม ZOOM



รูปที่ 3 รายงานการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าระบบจำหน่าย 3 เฟส

ภาคผนวก ง

การตรวจสอบการลอกเลียนวรรณกรรมทางวิชาการโดยใช้โปรแกรมอักขรวิสุทธิ



Plagiarism Checking Report

Created on Nov 11, 2021 at 08:39 AM

Submission Information

ID	SUBMISSION DATE	SUBMITTED BY	ORGANIZATION	FILENAME	STATUS	SIMILARITY INDEX
2290509	Nov 11, 2021 at 08:39 AM	chanon.aun@siam.edu	มหาวิทยาลัยสยาม	รวมเนื้อหาสหกิจ.pdf	Completed	1.71 %

Match Overview

NO.	TITLE	AUTHOR(S)	SOURCE	SIMILARITY INDEX
1	หม้อแปลงไฟฟ้า	วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี	Wikipedia	0.93 %
2	การคำนวณอุณหภูมิของหม้อแปลงจำหน่ายในสภาวะจ่ายโหลดไม่สมดุลที่มีผลต่ออายุการใช้งานของฉนวนหม้อแปลงด้วยวิธีไฟฟในพีอีดีเอ็มเบบ 3 มิติ, Calculation for temperature of distribution transformer with load unbalance conditions effect to insulation transformer of lif	พิรวัฒน์ มีสุข	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี	0.77 %

CS สแกนด้วย CamScanner



TEXT FROM SOURCE DOCUMENT(S)

งานของระบบไฟฟ้ากำลังได้ 2 แบบคือหม้อแปลง ก ไฟฟ้าชนิด 1 เฟสและหม้อแปลงไฟฟ้าชนิด 3 เฟสแต่ละชนิดมีโครงสร้างสำคัญประกอบด้วย ก1) ขดลวดนำปฐมภูมิ (primary winding) ทาหน้าทีจ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้า ก2) ขดลวดทุติยภูมิ (secondary winding) ทาหน้าที่จ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้า ก3) แกนแกนเหล็ก (core) ทาหน้าที่เป็นทางเดินสนามแม่เหล็กและให้ ก4) ขดลวดพันรอบแกนเหล็ก ก5) ขั้วต่อสายไฟ (terminal) ทาหน้าที่เป็นจุดต่อสายไฟกับขดลวด ก6) แผ่นป้าย name plate ทาหน้าที่บอกรายละเอียดของตัวหม้อแปลง ก6) อุปกรณ์ระบายความร้อน (coolant) ทาหน้าที่ระบายความร้อนให้กับขดลวด ก7) แกนอากาศ, พัดลม, น้ำหรือไขว้ทั้งที่ผสมและน้ำมันช่วยระบายความร้อน ก8) เบ้าเก็บ ก9) โครงสร้าง หรือตัวถังของหม้อแปลง (tank) ทาหน้าที่บรรจุขดลวดแกน ก10) เครื่องมือสำหรับการติดตั้งระบบระบายความร้อนให้กับหม้อแปลงขนาดใหญ่ ก11) สวิตช์และอุปกรณ์ควบคุม (switch controller) ทาหน้าที่ควบคุมการเปลี่ยน ขาดของแรงเคลื่อนไฟฟ้าและมีอุปกรณ์ป้องกันไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ รวมอยู่ด้วย ก12) ก13 ก14 ก15 ก16 ก17 ก18 ก19 ก20 ก21 ก22 รัดที่เข้าหาขดลวดหม้อแปลงโดยทั่วไปมาจากสายทองแดงเคลือบด้วยบางชนิด ก ข นาดและลักษณะขดลวด

รายละเอียดของจำคำหมิ่นประมาทเริ่มจากข้อริษยาผู้ผลิตบัตรคนและขนาดของหมิ่นประมาทต่างสิ่งนี้ที่ผ่านและเคลื่อนที่ไฟฟ้าผ่านใบไฟฟ้าและจ่ายไฟฟ้าที่ความถี่ไปของบางขดลวดลักษณะการต่อต้านไปของขดลวดบริเวณหนึ่งมีการฐานการทดสอบและอื่นๆของฟาราเดย์ (Faraday's Law) กล่าวไว้ว่าเมื่อขดลวดไว้บนกระแสเคลื่อนที่ไฟฟ้ากระแสสลับทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเส้นแรงแม่เหล็กตามขนาดของขดลวดไฟฟ้าที่กระแสสลับและไฟฟ้าที่หนึ่งขดลวดไฟฟ้าเหนี่ยวนำเกิดขึ้นที่ขดลวดนี้คืออธิบายว่าเมื่อขดลวดปฐมภูมิไว้บนกระแสเคลื่อนที่ไฟฟ้ากระแสสลับจะทำให้หนึ่งขดลวดไฟฟ้าเหนี่ยวนำเกิดขึ้นตามกฎของฟาราเดย์ขนาดของแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เหนี่ยวนำขึ้นขึ้นอยู่กับจำนวนรอบของขดลวดพื้นที่แกนเหล็กและความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กที่มีการเปลี่ยนแปลงจากไฟฟ้ากระแสสลับเมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดจะก่อให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กที่ขดลวดเส้นแรกแม่เหล็กที่เปลี่ยนแปลงตามขนาดของขดลวดไฟฟ้าที่ไว้บนเส้นแรงแม่เหล็กเกือบทั้งหมดจะอยู่รอบแกนเหล็กเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของเส้นแรงแม่เหล็กผ่านขดลวดจะก่อให้เกิดหนึ่งขดลวดเคลื่อนที่ไฟฟ้าเหนี่ยวนำเกิดขึ้นที่ขดลวดที่ขดลวดนี้ที่เปลี่ยนแปลงตามไปให้ค่าลวารี





ประวัติส่วนตัว

นาย สุรชัย กลิ่นถนนอม

Mr. SURACHAI KLINTANOM

ชื่อเล่น: กอล์ฟ

Nickname: Golf



53/111 ซ.หมู่บ้านปฐมสุขนิเวศน์

ต.บางครุ อ.พระประแดง

สมุทรปราการ 10130



0830868308



golfplagolfpla@gmail.com



งานอดิเรก

- ❖ เล่นกีฬา
- ❖ ปลุกต้นไม้
- ❖ ดูหนัง
- ❖ เล่นเกม



การศึกษา

- ❖ ปัจจุบันกำลังศึกษาที่ มหาวิทยาลัยสยาม

คณะ วิศวกรรมไฟฟ้า สาขา วิศวกรรมไฟฟ้า

รหัสนักศึกษา 6123200009



ประวัติการทำงาน

- ❖ พ.ศ.2553 บริษัท วิสต้า ทราฟ จำกัด ถึงปัจจุบัน



ทักษะ

- ❖ Computer Program:

- MS office
- Excle
- Word
- Power point



ความสนใจ

- ❖ ขาวสารบันเทิง
- ❖ ท่องเที่ยว
- ❖ ศึกษาการปลูกต้นไม้



ประวัติส่วนตัว

นาย ชานน อุ่นเรืองเกียรติ

Mr. CHANON AUNRUEANGKIAT

ชื่อเล่น: บอล

Nickname: Ball



10 ซอยจันทน์ 37 แขวงทุ่งวัดดอน เขตสาทร

กรุงเทพมหานคร 10120



097-131-5580



chanon0701@gmail.com



งานอดิเรก

- ❖ เล่นกีฬา
- ❖ ปลุกต้นไม้
- ❖ ดูหนัง
- ❖ เล่นเกม



การศึกษา

- ❖ ปัจจุบันกำลังศึกษาที่ มหาวิทยาลัยสยาม

คณะ วิศวกรรมไฟฟ้า สาขา วิศวกรรมไฟฟ้า

รหัสนักศึกษา 6123200009



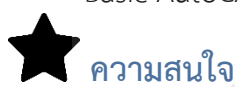
ประวัติการทำงาน

- ❖ พ.ศ.2560 บริษัท วิสต้า ทราฟ จำกัด ถึงปัจจุบัน



❖ Computer Program:

- MS office
- Excle
- Word
- Power point
- Basic AutoCAD



- ❖ ข่าวสารบันเทิง
- ❖ ท่องเที่ยว

