การสร้างระบบการจัดการความเสียหายของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง ด้วยวิธีการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน กรณีศึกษา บริษัท ถิรไทย จำกัด (มหาชน)

Establishment of Power Transformer Fault Management by Sustainable Industrial Management Engineering (SIME.) Case study Tirathai Public Company Limited

เฉลิมพล เฮียบสุวรรณ

CHALERMPON HIABSUWAN

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน (บัณฑิตศึกษา)
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
2557

การสร้างระบบการจัดการความเสียหายของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง ด้วยวิธีการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน กรณีศึกษา บริษัท ถิรไทย จำกัด (มหาชน)

Establishment of Power Transformer Fault Management by Sustainable Industrial Management Engineering (SIME.) Case study Tirathai Public Company Limited

เฉลิมพล เฮียบสุวรรณ

CHALERMPON HIABSUWAN

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน (บัณฑิตศึกษา)
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
2557

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อการค้นคว้าอิสระ การสร้างระบบการจัดการความเสียหายของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง
ด้วยวิธีการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน กรณีศึกษา บริษัท ถิรไทย จำกัด (มหาชน)
ชื่อ นามสกุล เฉลิมพล เฮียบสุวรรณ
ชื่อปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน
คณะ วิศวกรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา 1. ดร.สุรเชษฐ เดชฟุ้ง
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ

คณะกรรมการสอบการค้นคว้าอิสระได้ให้ความเห็นชอบการค้นคว้าอิสระฉบับนี้แล้ว

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นนทโชติ อุดมศรี)

.....กรรมการ
(ดร.ณัฐวรพล รัชสิริวัชรบุล)

.....กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา
(ดร.สุรเชษฐ เดชฟุ้ง)

.....กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร อนุมัติให้นับ
การค้นคว้าอิสระฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน (บัณฑิตศึกษา)
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิโรจน์ ฤทธิ์ทอง)
วันที่.....เดือน..... พ.ศ. .....

ชื่อการค้นคว้าอิสระ การสร้างระบบการจัดการความเสียหายหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง
ด้วยวิธีการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน กรณีศึกษา บริษัท ถิรไทย จำกัด (มหาชน)
ชื่อ สกุล เฉลิมพล เฮียบสุวรรณ
ชื่อปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา และคณะ วิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน (บัณฑิตศึกษา) คณะวิศวกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2557

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการสร้างระบบการจัดการความเสียหายของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง ด้วยวิธีวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน (SIME) กรณีศึกษา บริษัท ถิรไทย จำกัด (มหาชน) โดยใช้การทดสอบทางไฟฟ้า และทางเคมีเป็นเครื่องมือในงานวิจัย เนื่องจากหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังมีขนาดใหญ่ และเมื่อเกิดความเสียหายขึ้นกับหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง ในการจัดการความเสียหายนั้นส่วนใหญ่จะนำหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังกลับไปซ่อมที่โรงงานผู้ผลิต ซึ่งต้องใช้เวลานานและต้นทุนสูงในการซ่อม ดังนั้นผู้ทำวิจัยจึงสร้างระบบการจัดการความเสียหายหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง เพื่อใช้เป็นเครื่องมือประเมินความเสียหายและใช้ในการตัดสินใจซ่อมหม้อแปลงที่สถานีไฟฟ้า โดยลดจำนวนหม้อแปลงไฟฟ้าที่ส่งกลับไปซ่อมที่โรงงานผู้ผลิต เพื่อลดต้นทุนและเวลาในการซ่อมหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง เพื่อนำหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังกลับเข้าใช้งานได้อย่างรวดเร็ว ผลการวิจัยพบว่าระบบการจัดการเหตุเสียหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังด้วยวิธีวิศวกรรมการจัดการอุสาหกรรมอย่างยั่งยืน(SIME) สามารถใช้เป็นแนวทางการตัดสินใจ ซ่อมหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังที่สถานีไฟฟ้าได้มากขึ้น และสามารถลดเวลาในการซ่อมเหตุเสียเฉลี่ยได้ 84.44 เปอร์เซ็นต์ ลดต้นทุนในการซ่อมเฉลี่ยได้ 68.62 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับการส่งหม้อแปลงกลับไปซ่อมที่โรงงานผู้ผลิตและสามารถนำไปใช้วางแผนงานบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังก่อนความเสียหาย

คำสำคัญ : หม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง (MVA), ความเสียหายของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง, วิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมอย่างความยั่งยืน

Thesis title Establishment of Power Transformer Fault Management by Sustainable industrial Management Engineering (SIME.) Case study Tirathai Public Company Limited
Author Chalermpon Heabsuwan
Degree Master of Engineering
Major program Sustainable Industrial Management Engineering (Graduate School)
Academic 2014

ABSTRACT

This research aimed to establish the power transformer fault management system by applying Sustainable Industrial Management Engineering (SIME.) method. The research tools were electrical and chemical testing. As power transformer is usually huge, when it is damaged the possible way to manage such damage is to send such power transformer to the manufacturer's plant for repair which requires long period of time and high costs of repair. As a result, the researcher therefore establish the power transformer fault management system as a tool for assessing damage to decide whether power transformer repair should be instead done at the power station or not in order to decrease the number of power transformer returned to the manufacturing plant for repair. This would eventually help reduce costs and time for repairing power transformer and allows faster period of reuse of power transformer concomitantly. According to the result, it would found that the power transformer fault management system by applying Sustainable Industrial Management Engineering (SIME) method could be used as guidance for decision making to have power transformers repaired at the power station as much as possible. This could help reduce average time spent for repair by 84.44 percent with the cost reduction by 68.62 percent when comparing to returning power transformers to the manufacturing plant. This could also be applied in planning for power transformer maintenance prior to the occurrence of any damage to power transformers further.

Keywords: Power Transformer (MVA), Power Transformer Fault Management, Sustainable Industrial Management Engineering

กิตติกรรมประกาศ

การค้นคว้าอิสระในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ ดร.สุรเชษฐ เดชฟุ้ง ผศ.สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ และ ดร.ณัฐวรพล รัชสิริวัชรบุล ที่เสียสละเวลาในการให้คำแนะนำเพื่อให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบคุณ คุณสัมพันธ์ วงษ์ปาน กรรมการผู้จัดการบริษัท ถิรไทย จำกัด (มหาชน) คุณเฉลิม ศักดิ์ วุฒิเศลา ผู้จัดการส่วนทดสอบไฟฟ้าแรงสูง คุณสราวุธ สอนอุไร วิศวกรไฟฟ้า ระดับ 9 การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยและที่ปรึกษาส่วนทดสอบไฟฟ้าแรงสูง บริษัท ถิรไทย จำกัด (มหาชน) ที่ได้กรุณาให้ความรู้ และคำแนะนำ ตลอดจนให้แนวทางในการนำไปใช้งานกับทางบริษัท รวมถึงการให้ความรู้เพิ่มเติมเรื่องการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง และอนุญาตให้ทำวิจัยในกรณีศึกษาหม้อแปลงบริษัท ถิรไทย จำกัด (มหาชน) จนสำเร็จและสามารถนำมาใช้งานจริงได้ในปัจจุบัน

ผู้ทำวิจัยจึงกราบขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วยครับ

เฉลิมพล เฮียบสุวรรณ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(ก)
Abstract	(ข)
กิตติกรรมประกาศ	(ค)
สารบัญ	(ง)
สารบัญตาราง	(จ)
สารบัญภาพ	(ฉ)
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	5
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	5
1.4 ผลที่ได้รับ	6
1.5 ระยะเวลาดำเนินงาน	7
บทที่ 2 การศึกษาอุตสาหกรรมหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง บริษัท ถิรไทย จำกัด(มหาชน)	8
2.1 ศึกษามูลค่าของอุตสาหกรรมหม้อแปลงไฟฟ้า	8
2.1.1 หม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง	8
2.1.2 หม้อแปลงไฟฟ้าระบบจำหน่าย	9
2.1.3 หม้อแปลงไฟฟ้าชนิดพิเศษ	11
2.1.4 งานบริการ	12
2.2 ศึกษาการแข่งขันของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง	13
2.2.1 ภาวะอุสาหกรรมและการแข็งขัน	13
2.2.2 แนวโน้มอุตสาหกรรมหม้อแปลงไฟฟ้าทั่วโลก	13
2.2.3 การแข่งขัน	14
2.2.4 ศักยภาพในการแข่งขัน	14
2.2.5 การศึกษาเทคโนโลยีเพื่อการผลิต	16
2.2.6 การศึกษาสังคมและการเมือง	17
2.2.7 ความรับผิดชอบต่อผู้บริโภค	20
2.2.8 การร้องเรียน	22
2.2.9 การมีส่วนร่วมพัฒนาชุมชนและสังคม	22
2.2.10 การดูแลรักษาสิ่งแวดล้อม	24

สารบัญ

	หน้า
2.2.11 การได้รับการรับรองอุตสาหกรรมสีเขียว	25
2.2.12 นวัตกรรมและการเผยแพร่นวัตกรรมสู่สังคม	25
บทที่ 3 ออกแบบจัดขั้นตอนวิธีการทดสอบ	27
3.1 การปรับปรุงกระบวนการขั้นตอนการทดสอบ	27
3.2 Flow chart แสดงขั้นตอนการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง เพื่อหาสาเหตุ และนำไปสู่การจัดการเหตุเสียที่เกิดขึ้น	28
3.3 การทดสอบทางไฟฟ้า	29
3.4 การทดสอบทางเคมี	41
บทที่ 4 กระบวนการทดสอบ	44
4.1 วิธีดำเนินงานวิจัย	44
4.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการวิจัย	45
4.3 เก็บรวบรวมข้อมูล	45
4.4 ตารางแปรผลการทดสอบ	46
4.5 การนำตารางแปรผลไปใช้งาน	47
บทที่ 5 ผลการวิจัยและพัฒนา	57
บทที่ 6 อภิปรายผล	62
บทที่ 7 สรุปผล	63
บทที่ 8 ประเมินผลเชิงพาณิชย์	64
เอกสารอ้างอิง	65
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก เอกสารตอบรับการตีพิมพ์บทความ	66
ภาคผนวก ข บทความเสนอผลงาน ทางวิศวกรรม นวัตกรรมและการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน	66
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	78

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1.1	แสดงแผนการดำเนินงาน	7
3.1	แสดงผลที่เกิดขึ้นในแต่ละย่านความถี่	36
3.2	เกณฑ์ในการใช้ประเมินสภาพ	37
3.3	แสดงขั้วของหม้อแปลงที่ต้องทดสอบค่าความเป็นฉนวน	37
3.4	ค่าที่ยอมรับได้ที่อุณหภูมิน้อยกว่า 40 องศาเซลเซียส	38
3.5	Electrode ตามมาตรฐานต่างๆ	41
3.6	ตารางที่ใช้ในการจัดกลุ่มปัญหาที่เกิดขึ้นกับหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง	42
4.1	ตารางแปรผลใช้ในการจัดกลุ่มปัญหาที่เกิดขึ้นกับหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง	45
4.2	ตารางผลการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง	52
4.3	แสดงผลการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าในกลุ่มที่ 1	53
4.4	แสดงผลการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าในกลุ่มที่ 2	54
4.5	แสดงผลการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าในกลุ่มที่ 3	55
4.6	แสดงผลการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าในกลุ่มที่ 4	56
5.1	ตารางผลการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง	58
5.2	ตารางแสดงการสัมพันธ์ระหว่างเวลา – ราคา ค่าซ่อมหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังโดยประมาณ	59
5.3	ตารางแสดงค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นกรณีเกิดความเสียเกิดขึ้นกับหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในกลุ่ม 1 เปรียบเทียบเป็น 2 ลักษณะคือ ค่าใช้จ่ายกรณีนำหม้อแปลงไฟฟ้ากลับซ่อมที่โรงงาน และกรณีซ่อมที่สถานีไฟฟ้า	60
5.4	แสดงระยะเวลาในการแก้ไขเหตุเสียเปรียบเทียบระหว่างนำหม้อแปลงไฟฟ้ากลับซ่อมที่โรงงานกับซ่อมเหตุเสียของหม้อแปลงไฟฟ้าที่สถานีไฟฟ้า	60

สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
1.1	แนวโน้มความต้องการพลังงานไฟฟ้าทั่วโลก	2
1.2	สถิติพยากรณ์ความต้องการใช้ไฟฟ้า	4
2.1	หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังขนาด 200 MVA การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย	9
2.2	หม้อแปลงไฟฟ้าชนิดแบบมีถังน้ำมันสำรอง	10
2.3	หม้อแปลงไฟฟ้าชนิดปิดผนึก	10
2.4	หม้อแปลงไฟฟ้าชนิด Silicone fluid	11
2.5	หม้อแปลงระบบจำหน่ายแบบแห้งคาสเรซิน	11
2.6	แสดงลักษณะของหม้อแปลงไฟฟ้าชนิดพิเศษ	12
2.7	แสดงการให้การบริการตรวจสอบหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง ขนาด 50 MVA การไฟฟ้านครหลวง	13
3.1	Flow chart แสดงขั้นตอนการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้า	28
3.2	วงจรการทดสอบการวัดค่าอัตราส่วนของขดลวดและการกระจัดเฟส	30
3.3	วงจรการทดสอบการวัดกระแสกระตุ้น โดยใช้แหล่งจ่ายไฟแบบ 1 เฟส แรงดันต่ำ	31
3.4	วงจรการทดสอบการวัดค่า Leakage Impedance 1 เฟส	32
3.5	วงจรการทดสอบการวัดค่าอิมพีแดนซ์เทียบเท่าสามเฟส	32
3.6	วงจรวิเคราะห์การตอบสนองความถี่ต่อเนื่อง	34
3.7	กราฟแสดงผลการตอบสนองความถี่ในหม้อแปลงทั้ง 4 ย่าน	35
3.8	วงจรการวัดค่าความเป็นฉนวนกระแสตรง	38
3.9	วงจรการทดสอบค่าเพาว์เวอร์แฟคเตอร์ของหม้อแปลงไฟฟ้า	39
3.10	แสดงวงจรวัดกระแสแบบวัดโดยใช้ Rsh	39
4.1	Flow chart แสดงวิธีการดำเนินงานวิจัย	44
4.2	การทดสอบอัตราส่วนของขดลวดของหม้อแปลงไฟฟ้า	47
4.3	การทดสอบวัดกระแสกระตุ้น โดยใช้แหล่งจ่ายไฟแบบ 1 เฟส แรงดันต่ำ	47
4.4	การทดสอบ Leakage Impedance หนึ่งเฟส	48
4.5	การทดสอบวัดค่าอิมพีแดนซ์เทียบเท่าสามเฟส	48
4.6	การวิเคราะห์ผลตอบสนองต่อความถี่	49
4.7	การวัดค่าความเป็นฉนวนกระแสตรง	49
4.8	การวัดค่าสูญเสียของไดอิเลคทริก	50
4.9	การวัดค่าความต้านทานของขดลวด	50
4.10	การวัดค่าความเป็นฉนวนของน้ำมัน	51

สารบัญภาพ (ต่อ)

4.11	การวิเคราะห์ก๊าซที่เจือปนอยู่ในน้ำมัน	51
4.12	การวัดค่าความชื้นในฉนวนน้ำมัน	51
4.13	กราฟแสดงผลการทดสอบในกลุ่มที่ 1	53
4.14	กราฟแสดงผลการทดสอบในกลุ่มที่ 2	54
4.15	กราฟแสดงผลการทดสอบในกลุ่มที่ 3	55
4.16	กราฟแสดงผลการทดสอบในกลุ่มที่ 4	56
5.1	เปรียบเทียบต้นทุนการซ่อมหม้อแปลงไฟฟ้าระหว่างการส่งหม้อแปลงกลับมาซ่อมที่โรงงานกับการซ่อมหม้อแปลงทีสถานีไฟฟ้า	61
5.2	เปรียบเทียบระยะเวลาในการซ่อมหม้อแปลงระหว่างการส่งหม้อแปลงกลับมาซ่อมที่โรงงานกับการซ่อมหม้อแปลงที่สถานีไฟฟ้า	61

บทที่ 1

บทนำ (Introduction)

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

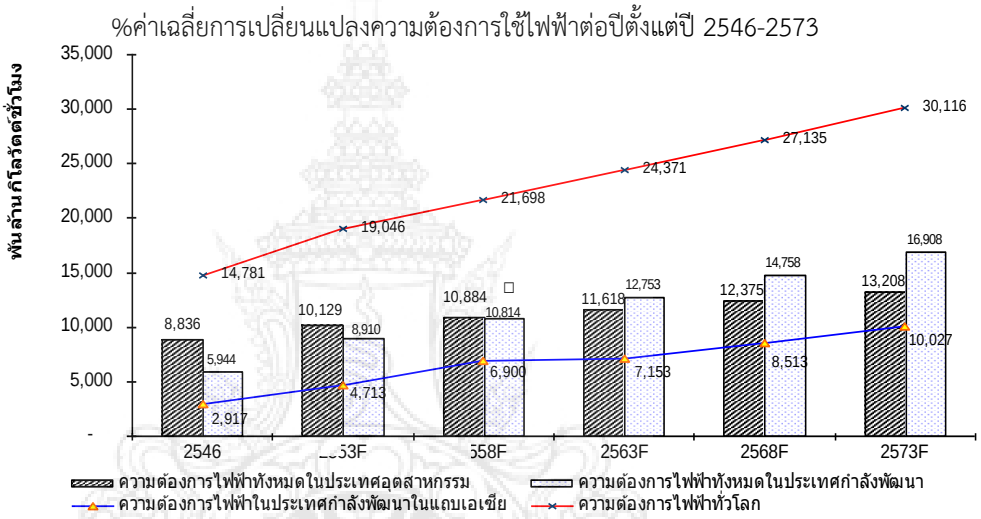
ปัจจุบันประเทศไทยมีความต้องการไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้นประมาณปีละ 1,200 เมกะวัตต์ จากการขยายตัวของอุตสาหกรรม[1]และอุตสาหกรรมการผลิตหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง เป็นอุตสาหกรรมต่อเนื่องและเกี่ยวข้องกับพลังงานไฟฟ้า ซึ่งเป็นพลังงานพื้นฐานของทุกประเทศ และมีความสำคัญอย่างมากต่อความเป็นอยู่ของประชาชนและการประกอบธุรกิจของอุตสาหกรรมต่างๆ เนื่องจากหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในระบบส่งและระบบจ่ายไฟฟ้า หม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง(Power Transformer) จัดว่าเป็นสินทรัพย์ประเภทอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูงที่มีมูลค่าสูงและมีความสำคัญต่อความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า ซึ่งโดยทั่วไปราคาหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังจะมีอัตราส่วนที่มากกว่า60 เปอร์เซ็นต์ ของราคาอุปกรณ์อื่นๆ ที่อยู่ในสถานีไฟฟ้า ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ปราศจากไฟฟ้าดับนั้นเป็นความปรารถนาสูงสุดของผู้ใช้ไฟฟ้า หรือหากไฟฟ้าดับนั้น ก็ต้องทราบล่วงหน้า และมีช่วงเวลาที่ดับไฟสั้นที่สุดเท่าทีจะเป็นไปได้ โดยธรรมชาติหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังที่ใช้งานอยู่นั้นมีโอกาสที่หม้อแปลงจะเกิดความเสียหายขึ้นทันที โดยไม่อาจตรวจสภาพความผิดปกติในตัวหม้อแปลงไฟฟ้าก่อนได้ เช่น การเกิดการลัดวงจรทางด้านแรงต่ำโดยมิได้เจตนา จนเป็นเหตุให้หม้อแปลงเกิดความเสียหาย หรือเกิดฟ้าผ่าตรงบริเวณใกล้หม้อแปลงไฟฟ้าอาจจะมีอุปกรณ์ป้องกันฟ้าผ่าติดตั้งอยู่หรือไม่ก็ตาม จนเป็นเหตุให้หม้อแปลงไฟฟ้าเกิดลัดวงจรภายในเป็นเหตุให้หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเกิดความชำรุดเสียหายได้ การชำรุดเหตุเสียที่เกิดขึ้นอาจจะรุนแรงหรือไม่รุนแรงก็ได้ขึ้นอยู่กับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นกับหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในขณะนั้น

อุตสาหกรรมการผลิตหม้อแปลงไฟฟ้า เป็นอุตสาหกรรมต่อเนื่องและเกี่ยวข้องกับพลังงานไฟฟ้า ซึ่งเป็นพลังงานพื้นฐานของทุก ๆ ประเทศ และมีความสำคัญอย่างมากต่อความเป็นอยู่ของประชาชนและการประกอบธุรกิจของอุตสาหกรรมต่าง ๆ เนื่องจากหม้อแปลงไฟฟ้าเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในระบบส่งและระบบจ่ายไฟฟ้า

การขยายตัวของอุตสาหกรรมหม้อแปลงไฟฟ้า จะขยายตัวตามความต้องการปริมาณไฟฟ้าที่เพิ่มสูงขึ้น การขยายตัวของประชากร การขยายตัวทางเศรษฐกิจ และการขยายตัวของภาคอุตสาหกรรม โดยผู้บริหารบริษัทฯได้ประเมินว่า ความต้องการไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น 1 เมกะวัตต์นั้นจะมีความต้องการใช้หม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง (Power Transformer) ประมาณ 2 เมกะโวลต์แอมแปร์ (MVA) และมีความต้องการใช้

หม้อแปลงไฟฟ้าระบบจำหน่าย (Distribution Transformer) ประมาณ 4 เมกะโวลต์แอมแปร์ (MVA) เพื่อใช้ในระบบส่งและระบบจ่ายไฟฟ้า ทั้งนี้การขยายตัวของอุตสาหกรรมหม้อแปลงไฟฟ้ายังรวมไปถึงตลาดของหม้อแปลงไฟฟ้าที่ซื้อเพื่อทดแทนหม้อแปลงไฟฟ้าเดิมอีกด้วย

จากการขยายตัวของอุตสาหกรรมหม้อแปลงไฟฟ้าที่สอดคล้องกับการขยายตัวของความต้องการพลังงานไฟฟ้า ดังนั้นแนวโน้มความต้องการพลังงานไฟฟ้าในอนาคตจะทำให้ทราบถึงแนวโน้มของอุตสาหกรรมหม้อแปลงไฟฟ้าได้ ทั้งนี้ แนวโน้มความต้องการพลังงานไฟฟ้าทั่วโลกปี 2553 – 2573 จากการประมาณการของสถาบัน Energy Information Administration (EIA) ประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นดังนี้



ภาพ 1.1 แนวโน้มความต้องการพลังงานไฟฟ้าทั่วโลก
ที่มา: สถาบัน Energy Information Administration (EIA)

จากข้อมูลความต้องการพลังงานไฟฟ้าทั่วโลก จะเห็นได้ว่าทั่วโลกมีแนวโน้มความต้องการพลังงานไฟฟ้าทั่วโลกเพิ่มขึ้นจาก 14,781 พันล้านกิโลวัตต์ชั่วโมง ในปี 2546 เป็น 30,116 พันล้านกิโลวัตต์ชั่วโมงในปี 2573 คิดเป็นการเพิ่มขึ้นเฉลี่ยประมาณร้อยละ 2.7 ต่อปี โดยแนวโน้มความต้องการไฟฟ้าในประเทศที่กำลังพัฒนามีความต้องการไฟฟ้าสูงกว่าในประเทศอุตสาหกรรมตั้งแต่ปี 2558 ซึ่งความต้องการไฟฟ้าสูงสุดส่วนใหญ่มาจากประเทศในแถบเอเชีย เช่น ประเทศจีน อินเดีย และประเทศกำลังพัฒนาอื่นในแถบเอเชีย ซึ่งมีอัตราการเพิ่มต่อปีของการใช้ไฟฟ้า อยู่ที่ระดับ 4.8%, 4.6% และ4.4% ตามลำดับ ถ้าเปรียบเทียบกับอัตราการเพิ่มต่อปี ของความต้องการใช้ไฟฟ้าในประเทศกำลังพัฒนาในแถบเอเชีย กับ ในประเทศอุตสาหกรรม อยู่ที่ระดับ 4.7% และ1.5% ตามลำดับ ดังนั้นบริษัทฯเล็งเห็นความสำคัญของตลาดหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังของประเทศที่กำลังพัฒนาในแถบเอเชีย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศ อินเดีย มาเลเซีย เวียดนาม บูรไน ฯลฯ ซึ่งเป็นประเทศที่มีอัตราเติบโตทางเศรษฐกิจที่ดี และ

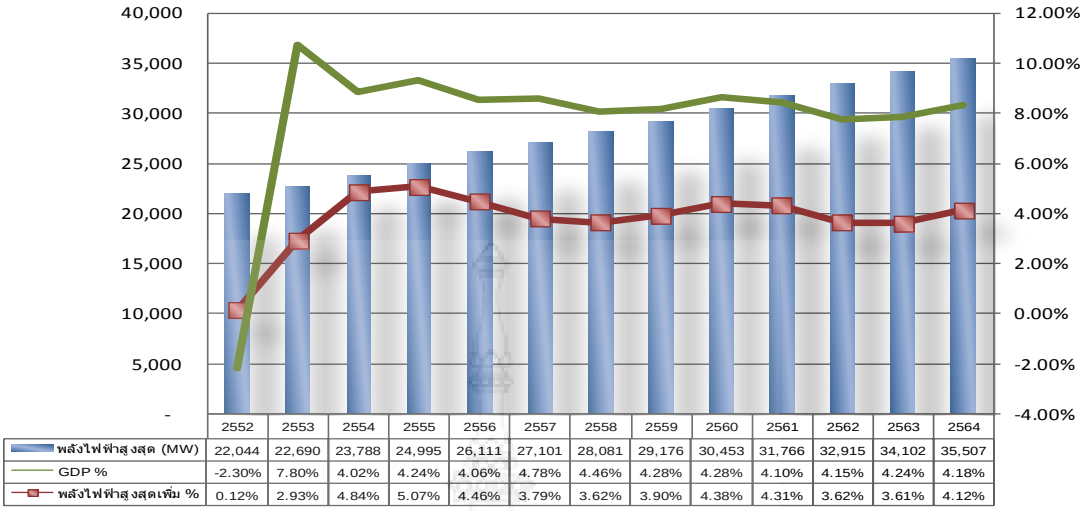
ประเทศในแถบเอเชียอื่นๆ ที่ไม่สามารถผลิตหม้อแปลงเองได้ หรือต้องการหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังที่มีคุณภาพและราคาที่เป็นธรรม โดยใช้เป็นองค์ประกอบหนึ่งในการกำหนดทิศทางการขยายฐานลูกค้าในต่างประเทศทั้งในระยะสั้นและระยะยาว

1.1.1 ความต้องการพลังงานไฟฟ้าในประเทศ

ความต้องการพลังงานไฟฟ้าในประเทศไทยตั้งแต่ปี 2546 มีการขยายตัวในอัตราที่เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับความต้องการพลังงานทั่วโลก ความต้องการพลังงานไฟฟ้าในประเทศไทยนั้นขยายตัวตามการขยายตัวของประชากร การขยายตัวทางเศรษฐกิจ และการขยายตัวของภาคอุตสาหกรรม ทั้งนี้ประเทศไทยมีโครงสร้างกิจการไฟฟ้าและความต้องการใช้ไฟฟ้าดังนี้

1.1.2 โครงสร้างกิจการไฟฟ้าในประเทศ

โครงสร้างกิจการไฟฟ้าของประเทศไทยในปัจจุบัน เริ่มจากโรงผลิตไฟฟ้า ซึ่งมีที่ตั้งอยู่ห่างไกลจากแหล่งใช้งานทำการผลิตกระแสไฟฟ้า จากนั้นจะปรับแรงดันกระแสไฟฟ้าขึ้นด้วยหม้อแปลงไฟฟ้าแล้วส่งกระแสไฟฟ้าผ่านระบบส่งไฟฟ้าแรงสูงไปตามสายส่งแรงสูง (Transmission Line) เมื่อเข้าใกล้บริเวณที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าหรือแหล่งชุมชน จะทำการปรับแรงดันกระแสไฟฟ้าลงด้วยหม้อแปลงไฟฟ้าตามความเหมาะสม แล้วส่งกระแสไฟฟ้าผ่านระบบจำหน่ายไปตามสายระบบจำหน่าย (Distribution Line) และจะทำการปรับลดแรงดันกระแสไฟฟ้าให้เหมาะสมอีกครั้งก่อนจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ต่อไป โครงสร้างกิจการไฟฟ้าในประเทศไทย แบ่งออกได้เป็น 3 ระบบ คือ ระบบผลิต ระบบส่ง ระบบจำหน่าย ระบบผลิตไฟฟ้าส่วนใหญ่และระบบส่งไฟฟ้าทั้งหมดของประเทศไทยจะดำเนินการโดย การไฟฟ้าฝ่ายผลิต (กฟผ.) ส่วนระบบจำหน่ายจะอยู่ภายใต้การดำเนินการของการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) ซึ่ง กฟน. จะจ่ายกระแสไฟฟ้าให้แก่ผู้ใช้ไฟฟ้าในเขตจังหวัดกรุงเทพ นนทบุรี และสมุทรปราการ ส่วน กฟภ. จะจ่ายกระแสไฟฟ้าให้แก่ผู้ใช้ไฟฟ้าในเขตจังหวัดอื่น ๆ ที่เหลือทั้งหมด



	2552	2553	2554	2555	2556	2557	2558	2559	2560	2561	2562	2563	2564
พลังไฟฟ้าสูงสุด (MW)	22,044	22,690	23,788	24,995	26,111	27,101	28,081	29,176	30,453	31,766	32,915	34,102	35,507
GDP %	-2.30%	7.80%	4.02%	4.24%	4.06%	4.78%	4.46%	4.28%	4.28%	4.10%	4.15%	4.24%	4.18%
พลังไฟฟ้าสูงสุดเพิ่ม %	0.12%	2.93%	4.84%	5.07%	4.46%	3.79%	3.62%	3.90%	4.38%	4.31%	3.62%	3.61%	4.12%

ภาพ 1.2 สถิติพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้า

ที่มา : สถิติและพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้า ตามแผน PDP 2010

จากปริมาณการผลิตและซื้อพลังงานไฟฟ้าสูงสุดของประเทศไทย หรืออีกนัยหนึ่งคือความต้องการไฟฟ้าสูงสุดของประเทศไทย ตามแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2553-2573 (PDP 2010) ซึ่งในปี 2573 ค่าพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าสูงสุดเท่ากับ 52,890 เมกะวัตต์ ตามแผน และ ความต้องไฟฟ้าสูงสุดในช่วง ปี 2553-2563 ที่ อัตราเพิ่มถัวเฉลี่ยในแต่ละปีจะอยู่ที่ 4.99% และในช่วงปี 2564-2573 อัตราเพิ่มถัวเฉลี่ยจะอยู่ที่ 3.83% ถ้าดูในภาพรวมของอัตราเพิ่มถัวเฉลี่ย ตั้งแต่ปี 2553-2573 จะอยู่ในอัตราที่ 4.2% เปรียบเทียบกับ อัตราถัวเฉลี่ยของ GDP Growth Rate ในช่วงเวลาเดียวกัน อยู่ที่ 4.28% ซึ่งความต้องการไฟฟ้าสูงสุดจะเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกันกับ อัตราการเติบโตของผลผลิตมวลรวมภายในประเทศ (GDP)

จากความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มมากขึ้นทุกปี มีผลทำให้ความต้องการปริมาณหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังที่ต้องใช้งานในระบบส่งจ่ายเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นผู้ทำวิจัยจึงสร้างระบบการบริหารจัดการความเสียหายของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังด้วยวิธีวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน(SIME) ซึ่งเป็นหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังที่ใช้งานอยู่และเกิดการชำรุดเสียหายขึ้นในขณะใช้งาน โดยการนำหลักการทางวิศวกรรมเข้ามาตรวจสอบการชำรุดเสียหายของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังหลังจากเกิดเหตุเสียขึ้นในขณะใช้งาน และนำหลักการทางการจัดการอุตสาหกรรมเข้ามาจัดการด้านต้นทุน ด้านเวลา มาประยุกต์ใช้อย่างเป็นระบบ เพื่อมาจัดการความเสียหายของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง ใช้ในการตัดสินใจในการซ่อมหม้อแปลง

ไฟฟ้ากำลังที่สถานีไฟฟ้า(Substation) หรือตัดสินใจส่งหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังกลับโรงงานผู้ผลิตเพื่อซ่อม โดยมีเป้าหมาย ในการแก้ไขความเสียหายที่เกิดขึ้นกับหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังให้มีต้นทุนน้อยที่สุด และใช้เวลาในการซ่อมสั้นที่สุด เพื่อรักษาความเสถียรภาพของระบบไฟฟ้าให้ยั่งยืน

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

สร้างระบบการบริหารจัดการความเสียหายของหม้อแปลงไฟฟ้า เพื่อลดต้นทุน และเวลา ในการบริหารจัดการความเสียหายที่เกิดขึ้นกับหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1.3.1 ศึกษากระบวนการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังตามหัวข้อต่อไปนี้

1.3.1.1 การวัดอัตราส่วนของขดลวดและการขจัดเฟส

1.3.1.2 การวัดกระแสกระตุ้นโดยใช้แหล่งจ่ายไฟแบบ 1 เฟส

1.3.1.3 การวัดค่าลีคเกจอิมพีแดนซ์แบบ 1 เฟส

1.3.1.4 การวัดค่าอิมพีแดนซ์เทียบเท่า 3 เฟส

1.3.1.5 การวัดผลตอบสนองความถี่ต่อเนื่อง

1.3.1.6 การวัดค่าความเป็นฉนวนกระแสตรง

1.3.1.7 การวัดค่าความสูญเสียของไดอิเลคทริก

1.3.1.8 การวัดค่าความต้านทานของขดลวด

1.3.1.9 การวัดค่าความเป็นฉนวนของน้ำมันหม้อแปลง

1.3.1.10 การวิเคราะห์ก๊าซเจือปนอยู่ในน้ำมัน

1.3.1.11 การวัดค่าความชื้นในฉนวนน้ำมัน

1.3.2 ศึกษาและวิเคราะห์ถึงปัญหาทุกขั้นตอนการทดสอบว่าการทดสอบหัวข้ออะไรที่ไม่ผ่านและหาวิธีการปรับปรุงแก้ไขเหตุเสียที่เกิดขึ้นกับหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง

1.3.3 ศึกษาและวิเคราะห์ผลการทดสอบและหาแนวทางในการแก้ไขเหตุเสียที่เกิดขึ้น

1.3.4 ศึกษาหัวข้อการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเพื่อนำไปปรับปรุงกระบวนการงานติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง

1.3.5 จัดทำตารางการจัดการเหตุเสียที่เกิดขึ้นกับหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังโดยพิจารณาจากผลการทดสอบ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการตัดสินใจ

1.3.6 นำตารางการจัดการเหตุเสียที่เกิดขึ้นกับหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังไปให้พนักงานทดสอบใช้งาน

1.3.7 วิเคราะห์ประสิทธิภาพของกระบวนการทดสอบตามตารางการจัดการเหตุเสียของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังสามารถใช้งานได้จริงหรือไม่

1.3.8 สรุปผลการวิจัย

1.4 ผลที่ได้รับ

1.4.1.ทำให้บริษัท ถิรไทย จำกัด (มหาชน) ได้แนวทางการจัดการปัญหาที่เกิดกับหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังอย่างเป็นระบบ เพื่อลดกระบวนการซับซ้อนในการหาเหตุเสีย ลดเวลา ลดค่าใช้จ่าย ตลอดจนนำเหตุเสียมาปรับปรุงแก้ไข และพัฒนากระบวนการผลิตหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังของบริษัทฯ ต่อไป

1.4.2.ทำให้ผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังได้ศึกษาถึงวิธีการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง ในกรณีศึกษา หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังบริษัท ถิรไทย จำกัด (มหาชน) และสามารถนำมาปรับใช้กับบริษัทฯ ตนเองได้

1.4.3. ผู้วิจัยและนักวิชาการสามารถนำผลที่ได้รับจากการทำวิจัยในกรณีศึกษา หม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง บริษัท ถิรไทย จำกัด (มหาชน) ไปประยุกต์ใช้หรือต่อยอดในงานวิจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

1.5 ระยะเวลาดำเนินงาน

ตาราง 1.1 แสดงแผนการดำเนินงาน

ขั้นตอนดำเนินงาน	พ.ศ.2557			พ.ศ. 2558						
	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.
1. ศึกษาขั้นตอนการทำงานและปัญหา	←	→								
2. ศึกษากระบวนการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง		←	→							
3. วิเคราะห์ปัญหาและออกแบบวิธีการทดสอบ			←	→						
4. นำวิธีการทดสอบไปใช้งานกับหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง				←	→					
5. ติดตามผลและปรับปรุงขั้นตอนการทดสอบ					←	→				
6.เปรียบเทียบผลก่อนการแก้ปัญหาการกับหลังการแก้ปัญหา						↔				
7. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ							↔			
8.จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์								←	→	

บทที่ 2

การศึกษาอุตสาหกรรมหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง

2.1 การศึกษามูลค่าและการแข่งขันของอุตสาหกรรม

บริษัท ถิรไทย จำกัด (มหาชน) และบริษัทย่อยประกอบธุรกิจผลิตและจำหน่ายหม้อแปลงไฟฟ้า ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการเพิ่มหรือลดแรงดันไฟฟ้า รวมทั้งให้บริการติดตั้ง ซ่อมบำรุง และทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้า ปัจจุบัน บริษัทฯเป็นหนึ่งในผู้นำของอุตสาหกรรมหม้อแปลงไฟฟ้าในประเทศ และเป็นบริษัทเดียวในประเทศไทยที่ผลิตได้ทั้งหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังและหม้อแปลงไฟฟ้าระบบจำหน่าย ผลิตภัณฑ์ของบริษัทฯจำหน่ายทั้งในประเทศและต่างประเทศ ผลิตภัณฑ์และบริการของบริษัทฯ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ หม้อแปลงไฟฟ้า และงานบริการ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.1.1 หม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง (Power Transformer) หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเป็นหม้อแปลงที่ใช้ในการปรับแรงดันไฟฟ้าที่ส่งมาจากแหล่งผลิตไฟฟ้าที่ผ่านไปตามสายส่งแรงสูง (Transmission Line) ให้ลดลงก่อนส่งกระแสไฟฟ้าเข้าสายระบบจำหน่าย (Distribution Line) และส่งให้ผู้ใช้ต่อไป ซึ่งการลดระดับแรงดันไฟฟ้าในระบบการจ่ายพลังงานไฟฟ้าในส่วนของสายส่งแรงสูงจะต้องลดแรงดันไฟฟ้าลง 2 ระดับ ทั้งนี้ระดับแรงดันไฟฟ้าเริ่มต้นจากแหล่งผลิตไฟฟ้า (โรงผลิตไฟฟ้า) จะมีแรงดันไฟฟ้าตามระบบไฟฟ้าเท่ากับ 115 – 500 กิโลโวลต์ (kV) ซึ่งการลดแรงดันไฟฟ้าในระดับที่ 1 ด้วยหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังจะลดแรงดันไฟฟ้าตามระบบไฟฟ้าลงเหลือ 69 - 230 กิโลโวลต์ (kV) และการลดแรงดันไฟฟ้าในระดับที่ 2 ด้วยหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังจะลดแรงดันไฟฟ้าตามระบบไฟฟ้าลงเหลือ 11 - 33 กิโลโวลต์ (kV) เมื่อลดแรงดันไฟฟ้าในระดับที่ 2 แล้วกระแสไฟฟ้าจะถูกส่งเข้าสายระบบจำหน่ายต่อไป ทั้งนี้ หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังที่บริษัทฯผลิต ได้แก่ หม้อแปลงไฟฟ้าที่มีกำลังไฟฟ้ามากกว่า 10 เมกะโวลต์แอมแปร์ (MVA) หรือแรงดันไฟฟ้ามากกว่า 36 กิโลโวลต์ (kV) โดยมีกำลังไฟฟ้าสูงสุดถึง 300 เมกะโวลต์แอมแปร์ (MVA) แรงดันไฟฟ้าสูงสุด 230 กิโลโวลต์ (kV) จากการที่หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังมีขนาดใหญ่ ดังนั้นเมื่อถึงขั้นตอนการจัดส่ง บริษัทฯจะจัดส่งหม้อแปลงไฟฟ้าให้กับลูกค้าโดยถอดส่วนประกอบหม้อแปลงไฟฟ้าออกเป็นส่วนๆ เท่าที่จำเป็นก่อนจัดส่งให้ลูกค้า เพื่อให้ง่ายต่อการขนส่ง สำหรับการประกอบและติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง บริษัทฯจะคิดราคาค่าบริการแยกต่างหากจากการคิดราคาหม้อแปลงไฟฟ้า ซึ่งบริการดังกล่าวจะต้องทำโดยผู้ที่มีความรู้ ความสามารถ และความเชี่ยวชาญเฉพาะ สำหรับผู้ใช้หม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง

ส่วนใหญ่เป็นผู้ผลิตและจ่ายพลังงานไฟฟ้า เช่น การไฟฟ้าฝ่ายผลิต (กฟผ.), การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.), การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.), นิคมอุตสาหกรรมและโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ที่ใช้กระแสไฟฟ้าจากสายส่งแรงสูง เป็นต้น ในปัจจุบัน บริษัทฯถือได้ว่าเป็นผู้ผลิต 1 ใน 2 รายในประเทศไทยที่สามารถผลิตหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังขนาด 300 MVA 230 KV

ภาพ 2.1 แปลงไฟฟ้ากำลังขนาด 200 MVA
สถานีไฟฟ้าแรงสูงท่าวุ้ง การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

2.1.2 หม้อแปลงไฟฟ้าระบบจำหน่าย (Distribution Transformer) หม้อแปลงไฟฟ้าระบบจำหน่ายเป็นหม้อแปลงที่ใช้ในการปรับลดแรงดันไฟฟ้าที่ส่งผ่านมาตามสายระบบจำหน่าย (Distribution Line) ซึ่งมีแรงดันไฟฟ้าตามระบบไฟฟ้าเท่ากับ 11 – 33 กิโลโวลต์ (kV) ให้ลงมาอยู่ในระดับที่ตรงกับความต้องการของผู้ใช้ไฟฟ้าต่อไป บริษัทฯผลิตหม้อแปลงระบบจำหน่ายได้ทุกประเภท ตามความต้องการของลูกค้า ได้แก่

2.1.2.1 หม้อแปลงระบบจำหน่าย แบบน้ำมัน (Oil Type) หม้อแปลงไฟฟ้าชนิดนี้จะใช้น้ำมันสำหรับหม้อแปลงไฟฟ้าเป็นฉนวนในการป้องกันไฟฟ้าลัดวงจรในตัวหม้อแปลง โดยดำเนินการผลิตภายใต้เทคโนโลยีของบริษัท ฟูจิ อีเลคทริค จำกัด ของประเทศญี่ปุ่น ผู้ใช้หม้อแปลงชนิดนี้ส่วนใหญ่เป็นผู้ผลิตและจ่ายไฟฟ้า เช่น การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) นิคมอุตสาหกรรมและโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้กระแสไฟฟ้าจากสายส่งระบบจำหน่าย

ภาพ 2.2 หม้อแปลงไฟฟ้าชนิด Open type Conservator

ภาพ 2.3 หม้อแปลงไฟฟ้าชนิด Fully sealed type

2.1.2.2 หม้อแปลงระบบจำหน่าย แบบของเหลวติดไฟยาก (Less-flammable Liquid Type) หม้อแปลงไฟฟ้าชนิดนี้จะใช้ของเหลว อาทิ ซิลิโคน หรือ เอฟอาร์ 3 (Silicone oil or FR3) บรรจุเป็นฉนวนแทนน้ำมันหม้อแปลง โดยของเหลวชนิดนี้ จะมีคุณสมบัติที่สามารถทนต่อการติดไฟที่อุณหภูมิประมาณ 300 องศาเซลเซียส ซึ่งน้ำมันหม้อแปลงทั่วไปจะทนการติดไฟได้ที่อุณหภูมิประมาณ 150 องศาเซลเซียสเท่านั้น หม้อแปลงชนิดนี้จึงมีความปลอดภัยสูงกว่าหม้อแปลงแบบใช้น้ำมันธรรมดา จึงเป็นที่นิยมสำหรับติดตั้งใช้งานภายในอาคารหรือตึกสูงในเขตการไฟฟ้านครหลวงเป็นหลัก และโรงงานอุตสาหกรรมที่ต้องการความปลอดภัยสูงกว่าปกติ โดยคาดว่าหม้อแปลงชนิดนี้จะเป็นที่นิยมใช้ในอนาคต

ภาพ 2.4 หม้อแปลงชนิด Less-flammable Liquid Type (Silicone fluid)

2.1.2.3 หม้อแปลงระบบจำหน่าย แบบแห้งคาสเรซิน (Dry Type Cast Rasin) หม้อแปลงไฟฟ้าชนิดนี้จะใช้เรซินเป็นฉนวนในการป้องกันไฟฟ้าลัดวงจรในตัวหม้อแปลงไฟฟ้า ซึ่งมีคุณสมบัติเด่น คือ ยากต่อการลุกไหม้ ลักษณะของหม้อแปลงไฟฟ้าชนิดนี้จะมีเรซินห่อหุ้มขดลวดไว้ ทำให้มีจุดทนไฟสูง ยากต่อการลุกไหม้ สำหรับการผลิตคอยล์ชนิดแห้งคาสเรซิน ซึ่งเป็นอุปกรณ์ส่วนหนึ่งของหม้อแปลงไฟฟ้าระบบจำหน่ายแบบแห้งคาสเรซินนี้ จะผลิตโดยบริษัท เอชทีที (ประเทศไทย) จำกัด ซึ่งเป็นบริษัทย่อยของบริษัทฯ โดยหม้อแปลงชนิดนี้จะใช้ในอาคารสูงเป็นส่วนใหญ่ โดยผู้ใช้งานจะเป็นเจ้าของอาคารสูง เช่น อาคารสำนักงาน อาคารคอนโดมิเนียม เป็นต้น

ภาพ 2.5 แสดงลักษณะของหม้อแปลงระบบจำหน่ายแบบแห้งคาสเรซิน

2.1.3 หม้อแปลงไฟฟ้าชนิดพิเศษ (Special Transformer)

บริษัทฯมีจุดเด่นในด้านการผลิตหม้อแปลงไฟฟ้าชนิดพิเศษ ซึ่งออกแบบและผลิตโดยเฉพาะตามการใช้งานและคุณสมบัติที่ลูกค้ากำหนด โดยการออกแบบและเทคโนโลยีการผลิตที่ใช้นั้นมีบางส่วนที่แตกต่างไปจากกระบวนการผลิตหม้อแปลงไฟฟ้าปกติ ซึ่งต้องอาศัยความรู้ ความสามารถของ

ผู้ผลิตเป็นอย่างมาก หม้อแปลงไฟฟ้าชนิดพิเศษ ได้แก่ หม้อแปลงไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรง (Rectifier Transformer) ซึ่งใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมเคมี หม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้ในการหลอมโลหะ (Induction Furnace Transformer) ซึ่งใช้ในอุตสาหกรรมหลอมโลหะ หรือหม้อแปลงที่ใช้ฉนวนอื่น เช่น ซิลิโคนออยล์ เป็นต้น

ภาพ 2.6 แสดงลักษณะของหม้อแปลงไฟฟ้าชนิดพิเศษ

2.1.4 งานบริการ (Services)

งานบริการของบริษัทฯ เป็นงานให้บริการที่เกี่ยวข้องกับหม้อแปลงไฟฟ้า ซึ่งมีความหลากหลายและให้บริการตลอด 24 ชั่วโมง เพื่อรองรับความต้องการและให้ความสะดวกแก่ลูกค้า บริษัทฯเน้นการให้บริการโดยใช้บุคลากรที่มีความรู้ ความสามารถ ความเชี่ยวชาญ และใช้เครื่องมือที่ทันสมัยในการให้บริการกับลูกค้า สำหรับงานบริการที่บริษัทให้บริการกับลูกค้า ได้แก่ งานบริการติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้า (Erection & Installation), งานบริการเติมน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้า (Oil Filling), งานบริการบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้า (Maintenance), งานบริการแก้ไขซ่อมแซมหม้อแปลงไฟฟ้า (Modify and Repairing), งานบริการทดสอบ (Testing) และงานบริการเช่าหม้อแปลงไฟฟ้า (Equipment)

ภาพ 2.7 แสดงการให้การบริการตรวจสอบหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังขนาด 50 MVA การไฟฟ้านครหลวง

2.2 การแข่งขันของอุตสาหกรรม

2.2.1 ภาวะอุตสาหกรรมและการแข่งขัน

อุตสาหกรรมการผลิตหม้อแปลงไฟฟ้า เป็นอุตสาหกรรมต่อเนื่องและเกี่ยวข้องกับพลังงานไฟฟ้า ซึ่งเป็นพลังงานพื้นฐานของทุก ๆ ประเทศ และมีความสำคัญอย่างมากต่อความเป็นอยู่ของประชาชนและการประกอบธุรกิจของอุตสาหกรรมต่าง ๆ เนื่องจากหม้อแปลงไฟฟ้าเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในระบบส่งและระบบจ่ายไฟฟ้าการขยายตัวของอุตสาหกรรมหม้อแปลงไฟฟ้า จะขยายตัวตามความต้องการปริมาณไฟฟ้าที่เพิ่มสูงขึ้น การขยายตัวของประชากร การขยายตัวทางเศรษฐกิจ และการขยายตัวของภาคอุตสาหกรรม โดยผู้บริหารบริษัทฯได้ประเมินว่า ความต้องการไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น 1 เมกะวัตต์นั้นจะมีความต้องการใช้หม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง (Power Transformer) ประมาณ 2 เมกะโวลต์แอมแปร์ (MVA) และมีความต้องการใช้หม้อแปลงไฟฟ้าระบบจำหน่าย (Distribution Transformer) ประมาณ 4 เมกะโวลต์แอมแปร์ (MVA) เพื่อใช้ในระบบส่งและระบบจ่ายไฟฟ้า ทั้งนี้การขยายตัวของอุตสาหกรรมหม้อแปลงไฟฟ้ายังรวมไปถึงตลาดของหม้อแปลงไฟฟ้าที่ซื้อเพื่อทดแทนหม้อแปลงไฟฟ้าเดิมอีกด้วย

2.2.2 แนวโน้มอุตสาหกรรมหม้อแปลงไฟฟ้าในประเทศไทย

สำหรับแนวโน้มอุตสาหกรรมหม้อแปลงไฟฟ้าในประเทศไทยนั้น ได้เปลี่ยนโครงสร้างจากนำเข้ามาเป็น อุตสาหกรรมเพื่อทดแทนการนำเข้าโดยผลิตเพื่อใช้ในประเทศและมีขีดความสามารถในการส่งออก ซึ่งอัตราส่วนสำหรับผลิตเพื่อใช้ในประเทศและการส่งออกเปลี่ยนแปลงจาก 80:20 ในปี 2549 มาเป็น 70:30 ในปี 2550 และมีแนวโน้มการส่งออก สูงขึ้น ทั้งนี้เพราะผู้ประกอบการสามารถเพิ่มศักยภาพในการผลิตทำให้มีผลิตภัณฑ์ที่หลากหลายและตอบสนองความต้องการของลูกค้าในต่างประเทศได้มากขึ้น รวมถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ก็เป็นที่ยอมรับในตลาดต่างประเทศเป็นอย่างดี

2.2.3 การแข่งขัน

การแข่งขันในอุตสาหกรรมหม้อแปลงไฟฟ้านั้น ทางบริษัทฯ ได้แบ่งลักษณะตลาดออกเป็น ตลาดของหม้อแปลงไฟฟ้าระบบจำหน่าย และตลาดหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง โดยตลาดหม้อแปลงไฟฟ้าระบบจำหน่ายมีผู้ผลิตจำนวน 25 ราย ซึ่งเป็นบริษัทฯ ของคนไทยทั้งสิ้น โดยมีคู่แข่งจำนวน 8 ราย ที่มีความสามารถในการผลิตและผ่านการทดสอบตามมาตรฐาน ISO 9000 มาตรฐานอุตสาหกรรม และ Short Circuit Test นอกเหนือจากนั้นเป็นผู้ผลิตขนาดกลางและขนาดเล็ก ซึ่งมีจุดเด่นทางด้านราคาจำหน่ายเป็นหลัก โดยกลุ่มลูกค้าของแต่ละขนาดของผู้ผลิตก็แตกต่างกันไป ในขณะที่ตลาดของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเป็นอุตสาหกรรมที่ต้องอาศัยความรู้ ความสามารถ ความชำนาญ ประสบการณ์ ของผู้ผลิตและเทคโนโลยีที่ทันสมัยในการผลิต รวมถึงการวิจัยและพัฒนาเป็นอย่างมาก เพื่อให้หม้อแปลงไฟฟ้าที่ผลิตมีคุณภาพสูง และมีมาตรฐานตามเกณฑ์ที่กำหนด รวมทั้งต้องการในเรื่องความมีเสถียรให้กับระบบไฟฟ้าของลูกค้าได้ จึงทำให้การเข้ามาของคู่แข่งรายใหม่เป็นไปได้ยาก ในปัจจุบัน บริษัทฯ จัดเป็นผู้ผลิตและจำหน่ายหม้อแปลงไฟฟ้ารายเดียวที่ผลิตได้ทั้งหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังและหม้อแปลงไฟฟ้าระบบจำหน่าย โดยบริษัทฯเป็นผู้ผลิตหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง 1 ใน 3 รายในประเทศ สำหรับขนาดไม่เกิน 100 MVA 230 kV และเป็นผู้ผลิต 1 ใน 2 ที่ผลิตหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังขนาดตั้งแต่ 100-300 MVA 230 kV.

สำหรับตลาดต่างประเทศ เนื่องจากบริษัทฯ มีความสามารถในการผลิตหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง ระบบ 230 KV โดยเริ่มผลิตจำหน่ายให้ลูกค้าในประเทศแล้ว จึงทำให้สามารถขยายตลาดหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังขนาดเดียวกันนี้เข้าสู่ตลาดประเทศเวียดนาม อินเดีย ศรีลังกา และ ปากีสถาน ซึ่งมีมูลค่าตลาดหลายร้อยล้านเหรียญสหรัฐอเมริกา ในขณะที่ตลาดเดิมที่เป็นเป้าหมายของบริษัทฯ ทั้งหม้อแปลงไฟฟ้าระบบจำหน่าย และหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังขนาดใหญ่ไม่เกิน 132 KV ของบริษัทฯ ยังคงสามารถรักษาตลาดที่ครอบคลุมประเทศ เวียดนาม มาเลเซีย สิงคโปร์ บูรไน ฟิลิปปินส์ อินเดีย เนปาล ศรีลังกา และออสเตรเลีย ตลอดจนได้รับการยอมรับจากบริษัทข้ามชาติในการนำหม้อแปลงไฟฟ้าของบริษัทฯ เข้าร่วมโครงการขนาดใหญ่ เช่น โครงการปิโตรเคมีในประเทศต่างๆ ทั้งของ Fuji Electric System Co., Ltd และ Samsung Co., Ltd., ซึ่งแสดงถึงศักยภาพในการแข่งขันของบริษัทฯ ในระดับนานาชาติ ซึ่งเป็นไปตามนโยบายของบริษัทฯ ที่ตั้งเป้าหมายในการส่งออก ให้มีสัดส่วนร้อยละ 30-35% ของยอดขายรวม

2.2.4 ศักยภาพในการแข่งขัน

จากประสบการณ์ ความรู้ ความสามารถ และความชำนาญของบริษัทฯในอุตสาหกรรมหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีมาอย่างยาวนานและต่อเนื่อง ทำให้บริษัทฯถือได้ว่าเป็นหนึ่งในผู้นำของอุตสาหกรรมหม้อแปลงไฟฟ้าในประเทศ จากการมุ่งเน้นความเป็นเลิศทางด้านผลิตภัณฑ์และบริการ ทำให้สินค้าของบริษัทฯมีคุณภาพสูง เป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวางและได้รับความไว้วางใจจากลูกค้า รวมทั้งปัจจัยตลาดที่

เติบโตอย่างต่อเนื่อง ทำให้บริษัทฯมีศักยภาพสูงในการแข่งขัน ซึ่งปัจจัยที่ส่งผลต่อศักยภาพในการแข่งขันของบริษัทฯมีดังนี้

2.2.4.1 บริษัทฯได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตจาก Siemens Transformers Austria GmbH & Co KG (VA TECH EBG Transformatoren GmbH & Co) ประเทศออสเตรีย และบริษัท Fuji Electric Systems Co., Ltd จำกัด ประเทศญี่ปุ่น ซึ่งเป็นผู้ผลิตหม้อแปลงไฟฟ้าชั้นนำของโลก พร้อมกับการพัฒนาด้านเทคโนโลยีการผลิตและการออกแบบอย่างต่อเนื่อง จนบุคลากรของบริษัทฯ มีความรู้ ความสามารถ และเชี่ยวชาญในการผลิตได้ด้วยตนเอง ซึ่งช่วยในการประหยัดค่าใช้จ่ายในการผลิต การลดปริมาณการสูญเสียในกระบวนการผลิต และการพัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์

2.2.4.2 บริษัทฯได้รับการรับรองความสามารถของห้องปฏิบัติการสอบเทียบและห้องปฏิบัติการทดสอบ ตาม มอก. 17025-2543 (2000) จากสำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม โดยบริษัทฯเป็นผู้ผลิตหม้อแปลงไฟฟ้าในประเทศไทยรายแรกที่ได้รับมาตรฐานดังกล่าว

2.2.4.3 บริษัทฯได้รับความไว้วางใจจาก การไฟฟ้าฝ่ายผลิต (กฟผ.) การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) และการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) ในคุณภาพของหม้อแปลงไฟฟ้าที่ได้มาตรฐานของบริษัทฯมาเป็นระยะเวลากว่า 20 ปี

2.2.4.4 บริษัทฯมีการให้บริการการบำรุงรักษาและซ่อมแซมหม้อแปลงไฟฟ้าตลอด 24 ชั่วโมง เพื่อรองรับความต้องการและให้ความสะดวกแก่ลูกค้า

2.2.4.5 บริษัทฯได้รับการรับรองมาตรฐาน ISO 9001 Version 2000 จาก MASCI สำหรับการออกแบบ และการพัฒนา การผลิตหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังและหม้อแปลงไฟฟ้าระบบจำหน่าย

ได้รับการรับรองมาตรฐาน ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย มอก.384-2543 จากสำนักงานมาตรฐานแห่งประเทศไทย ซึ่งปัจจุบันบริษัทฯเป็นบริษัทเดียวในประเทศไทยที่ผลิตได้ทั้งหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังและหม้อแปลงระบบจำหน่าย

รางวัลผู้ส่งออกสินค้าและบริการดีเด่น (Prime Minister Export Award) ปี 2551 ในฐานะผู้ส่งออกแบรนด์ของตัวเองดีเด่น (Thai-Owned Brand) จากท่านนายกรัฐมนตรี นอกเหนือจากรางวัลผู้ส่งออกสินค้าไทยดีเด่น (Prime Minister's Export Award) ปี 2542 และสัญลักษณ์ตราสินค้าไทย (Thailand's Brand) ปี 2542 จากกรมส่งเสริมการส่งออก กระทรวงพาณิชย์ TIS/OHSA 18001 ในด้านระบบจัดการ อาชีวะอนามัย และความปลอดภัยในการทำงาน จาก สถาบันรับรองมาตรฐาน ISO เมื่อวันที่ 11 กันยายน 2552

บริษัทฯ ได้รับใบอนุญาตแสดงเครื่องหมายมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 384-2543 ครอบคลุมผลิตภัณฑ์หม้อแปลงไฟฟ้าทุกขนาดของบริษัทฯ โดยเฉพาะอย่างยิ่งหม้อแปลง

ไฟฟ้าขนาด 300 MVA 230 kV ที่บริษัทฯ มีความภาคภูมิใจที่เป็น 1 ใน 2 บริษัทที่สามารถผลิตได้ในประเทศ

2.2.5 การศึกษาเทคโนโลยีเพื่อการผลิต

บริษัท ถิรไทย จำกัด (มหาชน) และบริษัทย่อยประกอบธุรกิจผลิตและจำหน่ายหม้อแปลงไฟฟ้า ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการเพิ่มหรือลดแรงดันไฟฟ้า รวมทั้งให้บริการติดตั้ง ซ่อมบำรุง และทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้า ปัจจุบัน บริษัทฯเป็นหนึ่งในผู้นำของอุตสาหกรรมหม้อแปลงไฟฟ้าในประเทศ และเป็นบริษัทเดียวในประเทศไทยที่ผลิตได้ทั้งหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังและหม้อแปลงไฟฟ้าระบบจำหน่าย ผลิตภัณฑ์ของบริษัทฯจำหน่ายทั้งในประเทศและต่างประเทศ หม้อแปลงไฟฟ้าที่บริษัทฯผลิตนอกจากเทคโนโลยีของบริษัทฯแล้ว ยังได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตจาก Siemens Transformers Austria GmbH & Co KG (VA TECH EBG Transformatoren GmbH & Co) ประเทศออสเตรีย และบริษัท Fuji Electric Systems Co., Ltd ประเทศญี่ปุ่น ซึ่งผู้ผลิตทั้ง 2 รายนั้นเป็นผู้ผลิตหม้อแปลงไฟฟ้าชั้นนำของโลกที่มีศักยภาพสูง และเป็นที่ยอมรับในอุตสาหกรรมการผลิตหม้อแปลงไฟฟ้ามาอย่างยาวนาน เพื่อให้เป็นผู้ผลิตที่มีเทคโนโลยีสูง และเป็นที่ยอมรับในระยะยาว บริษัทฯยังเน้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ด้วยตนเองและร่วมกับผู้ถ่ายทอดเทคโนโลยี เพื่อปรับปรุงคุณภาพและขีดความสามารถอย่างต่อเนื่องจนได้รับการรับรองมาตรฐานต่าง ๆทั้งในด้านผลิตภัณฑ์และระบบงานจากหลายหน่วยงานทั้งในประเทศและต่างประเทศ ได้แก่

การรับรองมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.384-2543) สำหรับหม้อแปลงกำลังและหม้อแปลงระบบจำหน่าย จากสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) กระทรวงอุตสาหกรรม

หม้อแปลงไฟฟ้าของบริษัทฯผ่านการทดสอบการทนต่อการลัดวงจร (Short Circuit Test) ที่สถาบัน KEMA ประเทศเนเธอร์แลนด์

การรับรองมาตรฐาน ISO 9001 Version 2000 สำหรับการออกแบบ การพัฒนา การผลิตหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังและหม้อแปลงไฟฟ้าระบบจำหน่าย จาก Management System Certificate Institution (Thailand) (MASCI)

การรับรองความสามารถของห้องปฏิบัติการทดสอบและปฏิบัติการสอบเทียบ มอก. 17025-2543 (2000) จากสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) กระทรวงอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นบริษัทผลิตหม้อแปลงไฟฟ้ารายแรกในประเทศไทยที่ได้รับการรับรอง

นอกจากนี้ ผลิตภัณฑ์ของบริษัทฯยังมีคุณสมบัติของหม้อแปลงไฟฟ้าตามเกณฑ์ที่ประเทศต่างๆกำหนด ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ของบริษัทฯเป็นที่ยอมรับในระดับสากล

2.2.6 การศึกษาสังคมและการเมือง

อุตสาหกรรมการผลิตหม้อแปลงไฟฟ้า เป็นอุตสาหกรรมต่อเนื่องและเกี่ยวข้องกับพลังงานไฟฟ้า เนื่องจากหม้อแปลงไฟฟ้าเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในระบบส่งและระบบจ่ายไฟฟ้า ซึ่งเป็นพลังงานพื้นฐานของทุกๆ ประเทศ และมีความสำคัญอย่างมากต่อความเป็นอยู่ของประชาชน และการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศ ถิรไทย ได้ตระหนักถึงความสำคัญ และมุ่งมั่นที่จะเป็นส่วนหนึ่งในการส่งต่อพลังงานไฟฟ้าที่ยั่งยืน ควบคู่ไปกับการเป็นสมาชิกที่ดีของสังคม และดำเนินธุรกิจโดยตระหนักถึงความรับผิดชอบต่อส่วนรวม ใส่ใจชุมชน สังคมและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งเสริมสร้างการมีส่วนร่วมกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียและสาธารณชน เพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน ทั้งนี้ บริษัทฯ มีผลการดำเนินงานด้านความรับผิดชอบต่อสังคม ดังนี้

การกำกับดูแลกิจการที่ดี ดำเนินธุรกิจอย่างถูกต้องตามกฎหมายและกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง มีความโปร่งใส เปิดเผยข้อมูลที่สำคัญ ตรวจสอบได้ ปฏิบัติตามนโยบายการกำกับกิจการที่ดี โดยคำนึงถึงประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นกับผู้ถือหุ้น พนักงาน ชุมชนและสังคม คู่ค้า ลูกค้า คู่แข่งทางการค้า เจ้าหนี้ และผู้มีส่วนได้เสียทุกฝ่าย ในปี 2557 บริษัทฯได้รับการประเมิน CG Score อยู่ที่ระดับดี และได้รับการประเมินการประชุมผู้ถือหุ้นประจำปี 2557 อยู่ที่ในระดับ 100 %

การเคารพสิทธิมนุษยชนและการปฏิบัติต่อแรงงานอย่างเป็นธรรม บริษัทฯ มุ่งส่งเสริมและให้ความสำคัญในการเคารพสิทธิมนุษยชน เคารพต่อศักดิ์ศรีในความเป็นมนุษย์ของพนักงานทุกคน ซึ่งถือเป็นรากฐานสำคัญของการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ อันมีส่วนสัมพันธ์กับธุรกิจในลักษณะการเพิ่มคุณค่าทรัพยากรมนุษย์นับเป็นปัจจัยสำคัญของธุรกิจในสร้างมูลค่าเพิ่มและเพิ่มผลผลิต ดังนั้นการปรับปรุงสภาพแวดล้อมในการทำงาน การให้พนักงานมีคุณภาพชีวิตที่ดี และได้มีโอกาสแสดงศักยภาพ ตลอดจนได้รับโอกาสในการฝึกฝนและเพิ่มพูนทักษะในการทำงานอย่างเท่าเทียม ถือเป็นค่านิยมองค์กร ที่ปฏิบัติมาอย่างยาวนานและต่อเนื่อง

แนวทางในการปฏิบัติ

บริษัทฯ ได้ตระหนักและคำนึงถึงสิทธิมนุษยชน โดยเฉพาะการไม่ละเมิดสิทธิขั้นพื้นฐานด้านเชื้อชาติ ศาสนา เพศ อายุ ความพิการ ฐานะชาติตระกูล สถานะทางการศึกษา หรือสถาบันการศึกษา เช่น การจ้างงานโดยไม่จำกัดเชื้อชาติ ศาสนา เพศ อายุ ความพิการ หรือสถาบันการศึกษา เป็นต้น

บริษัทฯ ปฏิบัติต่อพนักงานอย่างเป็นธรรมทั้งในเรื่องการจ้างงาน การให้ผลตอบแทน การแต่งตั้งโยกย้าย และการพัฒนาศักยภาพ ควบคู่กับการพัฒนาคุณธรรม เพื่อให้พนักงานเป็นผู้มีความสามารถและเป็นคนดีของสังคม เช่น การจ้างงานที่เป็นธรรม จ่ายค่าตอบแทนที่เหมาะสมตาม

ศักยภาพ ไม่สนับสนุนการบังคับใช้แรงงาน ต่อต้านการใช้แรงงานเด็ก ดูแลและปฏิบัติต่อพนักงานหญิงที่ตั้งครรภ์โดยคำนึงถึงสุขภาพและความปลอดภัยเป็นสำคัญ

บริษัทฯ ใส่ใจในความปลอดภัยและสุขอนามัยของพนักงานและผู้เกี่ยวข้อง โดยมุ่งส่งเสริมและปลูกฝังจิตสำนึกด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงาน ตามนโยบายความปลอดภัยและอาชีวอนามัย ทั้งนี้มีเป้าหมายเพื่อป้องกันการสูญเสียจากอุบัติเหตุ และเจ็บป่วยจากการทำงาน โดยการจัดทำแผนงานการป้องกันอุบัติเหตุจากการทำงาน การส่งเสริมการมีส่วนร่วม การขจัดจุดเสี่ยงภัย และการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง เพื่อสร้างให้พนักงานทุกระดับและผู้เกี่ยวข้องมีวัฒนธรรมความปลอดภัยในการทำงาน

บริษัทฯ กำหนดให้มีหน่วยงานเฉพาะเพื่อควบคุมและผลักดันการดำเนินงานด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงาน รวมถึงมีคณะกรรมการจัดการอาชีวอนามัยและความปลอดภัย (คปอ.) โดยมีการประชุมอย่างน้อยเดือนละหนึ่งครั้ง เพื่อเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง การตรวจวิเคราะห์ความเสี่ยงและการประเมินความเสี่ยง รวมทั้งติดตามความก้าวหน้าของการดำเนินงานและแผนงาน

บริษัทฯ ได้มีการดำเนินการด้านอาชีวอนามัยในการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ (Health Risk Assessment : HRA) เพื่อให้ทราบถึงระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงาน ทั้งนี้เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานมั่นใจว่าจะได้รับการดูแลและการจัดการด้านความเสี่ยงต่อสุขภาพโดยได้รับการตรวจสุขภาพตามปัจจัยเสี่ยง เช่น การตรวจหาสารตะกั่วในเลือด ตรวจหาสารระเหยในปัสสาวะ สภาพการทำงานของปอด การตรวจหาแมงกานีส การตรวจสมรรถภาพการได้ยิน ผลการตรวจสุขภาพตามปัจจัยเสี่ยง ประจำปี 2557 ไม่พบพนักงานที่ผิดปกติ ยกเว้น การตรวจสมรรถภาพการได้ยิน พบพนักงานที่ผิดปกติ จำนวน 6 คน ทั้งนี้บริษัทฯ ได้มีการกำหนดมาตรการแก้ไขโดยการตรวจซ้ำ เพื่อยืนยันผล และผลจากการตรวจซ้ำพบว่า สมรรถภาพการได้ยินของพนักงานที่ผิดปกติ ไม่มีผลกระทบต่อการปฏิบัติและการใช้ชีวิตประจำวัน บริษัทฯ การกำหนดมาตรการการป้องกันโดยการจัดหาอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลที่เหมาะสมให้กับพนักงาน และควบคุมดูแลให้พนักงานสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันเสียงดังตลอดระยะเวลาการทำงาน รวมถึงการตรวจวัดสภาวะแวดล้อมให้เป็นไปตามที่มาตรฐานกำหนด และให้มีการตรวจซ้ำทุก ๆ ปี นอกจากนั้นบริษัทฯ ยังได้จัดทำ “โครงการอนุรักษ์การได้ยิน” ให้กับพนักงานที่ได้รับผลกระทบ

บริษัทฯ ได้มีโครงการรณรงค์ด้านความปลอดภัย ”Safety campaign program” เพื่อติดตามและตรวจสอบการดำเนินการด้านความปลอดภัย และสิ่งแวดล้อมให้เป็นไปตามมาตรฐานการ

ทำงาน และกฎระเบียบหรือข้อกำหนดที่เกี่ยวข้อง โดยปี 2557 ผลการดำเนินงานเป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนด

บริษัทฯ ได้มีการจัดงาน” Safety Quality and Green Week” ขึ้นเป็นประจำทุกปี โดยในปี 2557 ได้มีการเปลี่ยนชื่องานเป็น “ Sustainability Week “ หรือสัปดาห์แห่งความยั่งยืน ครั้งที่ 6 ประจำปี 2557 ซึ่งได้จัดขึ้นเมื่อวันที่ 27 มกราคม 2558 โดยมีเป้าหมาย เพื่อเสริมสร้างและพัฒนาองค์กรสู่ความยั่งยืน ซึ่งภายในงานมีการบรรยายหัวข้อ “การทำงานอย่างเป็นสุข” โดยอาจารย์สุรวงค์ วัฒนกุล และมีการมอบรางวัลชนะเลิศโครงการ Safety Campaign และ Kaizen Award รวมทั้งมีการจัดนิทรรศการในหัวข้อ การเพิ่มผลผลิต สิ่งแวดล้อมและความปลอดภัย การรณรงค์ต่อต้านยาเสพติด ความรับผิดชอบต่อสังคม การประกวดภาพถ่ายด้านความปลอดภัย เป็นต้น

บริษัทฯ มุ่งเน้นการส่งเสริมและพัฒนาบุคลากรทุกระดับให้มีความรู้ความเชี่ยวชาญ พร้อมสร้างจิตสำนึกในการทำงานเป็นทีม เปี่ยมด้วยคุณภาพ รักษาคุณธรรม และคำนึงถึงลูกค้าอันจะนำไปสู่การเติบโตและมีเสถียรภาพทางเศรษฐกิจอย่างยั่งยืน บริษัทฯ จึงจัดให้มีโครงการฝึกอบรมหลากหลายรูปแบบ ที่เหมาะสมกับตำแหน่งงาน อายุงาน และความรับผิดชอบ เช่น กลุ่มผู้บริหารและผู้จัดการส่วน กลุ่มวิศวกรและหัวหน้างาน กลุ่มพนักงานระดับปฏิบัติการ เป็นต้น

โดยในปี 2557 มีพนักงานทั้งสิ้น 522 คน ได้รับการอบรม 460 คน คิดเป็นร้อยละ 88.12 แยกเป็นระดับผู้บริหาร ผู้จัดการส่วน วิศวกรและหัวหน้าแผนก 98 คน คิดเป็นร้อยละ 18.77 ระดับพนักงานปฏิบัติการ 362 คน คิดเป็นร้อยละ 69.35

บริษัทฯ ได้จัดให้มีสวัสดิการต่างๆ เช่น การประกันชีวิตกลุ่ม การประกันอุบัติเหตุและสูญเสียอวัยวะจากอุบัติเหตุ การประกันสุขภาพ กองทุนสำรองเลี้ยงชีพ รถรับส่งพนักงาน อาหารกลางวันและอาหารเย็นในการทำงานล่วงเวลาฟรี และมีการตรวจสุขภาพตามปัจจัยเสี่ยง เป็นต้น โดยในปี 2557 มีการช่วยเหลือฌาปนกิจกิจศพบิดามารดาของพนักงาน จำนวน 13 ราย เป็นเงินทั้งสิ้น 75,600 บาท นอกจากนั้นยังมี “โครงการครอบครัวถิรไทยใส่ใจดูแลกัน” โดยมอบสิ่งของให้กับพนักงานที่คลอดบุตรและเจ็บป่วยทั้งหมดรวม 32 ราย เป็นเงิน 48,989 บาท

บริษัทฯ ส่งเสริมและสนับสนุนการศึกษาของพนักงานทุกระดับ โดยได้มีการกำหนดระเบียบการขออนุญาตลาศึกษาต่อ ตามระเบียบเกี่ยวกับงานบริหารทรัพยากรมนุษย์ พ.ศ. 2551 เพื่อให้พนักงานมีการเรียนรู้และเพิ่มพูนศักยภาพ รวมทั้งมีคุณภาพชีวิตที่ดี โดยอนุญาตให้พนักงานลาศึกษาต่อหรืออบรมทั้งระยะสั้นและระยะยาว

บริษัทฯ จัดให้มีสหกรณ์ออมทรัพย์ถิรไทย เพื่อส่งเสริมให้พนักงานรู้จักการออมเงินและวางแผนการใช้เงิน ตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว โดยสหกรณ์

ออมทรัพย์ถิรไทย ได้ก่อตั้งขึ้นเมื่อวันที่ 29 มีนาคม 2549 ซึ่งปัจจุบันมีสมาชิกทั้งหมด 322 คน มีทุนเรือนหุ้นทั้งหมด 26,576,750 บาท

บริษัทฯ จัดให้มีกระบวนการร้องทุกข์สำหรับพนักงานที่ได้รับการปฏิบัติอย่างไม่เป็นธรรม ตามข้อบังคับการทำงาน พ.ศ. 2551เพื่อเป็นการเสริมสร้างแรงงานสัมพันธ์อันนำไปสู่ความเข้าใจอันดีระหว่างบริษัทกับพนักงาน และในหมู่พนักงานด้วยกันเอง โดยมีการกำหนดวิธีการร้องทุกข์ การสอบสวนและพิจารณาคำร้องทุกข์ การยุติข้อร้องทุกข์ และการได้รับความคุ้มครองผู้ร้องทุกข์และผู้เกี่ยวข้อง เป็นต้น

บริษัทฯ เปิดโอกาสให้พนักงานแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระโดยปราศจากการแทรกแซง เข้าร่วมเป็นคณะกรรมการสวัสดิการเพื่อให้ข้อมูลเกี่ยวกับการดำเนินงานและสถานภาพของบริษัทฯ ให้พนักงานทราบอย่างสม่ำเสมอ รวมถึงสนับสนุนการหารือและความร่วมมือกับคณะกรรมการสวัสดิการ เพื่อให้เกิดการพัฒนาคุณภาพชีวิตการทำงานของพนักงาน

2.2.7.ความรับผิดชอบต่อผู้บริโภค

บริษัทฯ มีนโยบายที่จะตอบสนองความพึงพอใจของลูกค้า ซึ่งเป็นผู้ซื้อผลิตภัณฑ์และรับบริการโดยตรงจากบริษัทฯ ให้ได้รับสินค้าและบริการที่มีคุณภาพตามมาตรฐานสากลและราคายุติธรรม บริษัทฯ ได้ให้ความสำคัญกับการรับฟังความคิดเห็นของลูกค้า โดยมุ่งตอบสนองต่อความต้องการและความคาดหวังของลูกค้าอย่างเหมาะสมและทันกาล ตลอดจนนำข้อมูลที่จำเป็นมาใช้ในการพัฒนาด้านคุณภาพและการบริการ เพื่อสร้างความเชื่อมั่นในสินค้าและบริการ

แนวทางในการปฏิบัติ

สร้างความมั่นใจในคุณภาพ และความปลอดภัยของหม้อแปลงไฟฟ้า หม้อแปลงทุกใบจะผ่านการทดสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้าก่อนถูกนำไปใช้งาน เนื่องจากหม้อแปลงไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ที่ต่อพ่วงอยู่ในระบบส่งพลังงานไฟฟ้าที่มีแรงดันสูง หากมีข้อบกพร่องที่เกิดจากตัวหม้อแปลงจะทำให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สิน โอกาสทางธุรกิจ รวมถึงอันตรายต่อผู้ใช้งานและผู้เกี่ยวข้อง บริษัทฯ ได้ตระหนักถึงผลกระทบดังกล่าวจึงให้ความสำคัญกับทุกกระบวนการ อาทิเช่น กระบวนการออกแบบ กระบวนการผลิต รวมถึงกระบวนการทดสอบ ซึ่งถิรไทยสามารถทำการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าได้ครบทุกกระบวนการทดสอบ ทั้งการทดสอบแบบประจำ (Routine Test) การทดสอบเฉพาะ (Type Test) หรือการทดสอบพิเศษ (Special Test) ตามมาตรฐาน IEC60076 IEEE C57.12.90 และ มอก.384-2543 มีเพียง Short-circuit with-stand test เท่านั้น ซึ่งจะทำการส่งไปทดสอบที่ห้องปฏิบัติการทดสอบ KEMA ประเทศเนเธอร์แลนด์เป็นหลัก รวมถึงการได้รับการรับรองระบบมาตรฐาน ISO 9001, OHSAS/TIS 18001, ISO 14001 และ ISO/IEC 17025 ห้องปฏิบัติการทดสอบไฟฟ้าและห้องปฏิบัติการสอบเทียบ

เพื่อเป็นการยืนยันคุณภาพการออกแบบ การผลิตและความสามารถในการตรวจสอบหม้อแปลงไฟฟ้าตามมาตรฐานสากลก่อนส่งถึงมือลูกค้า

รักษาความลับและสิทธิ์ของลูกค้าบริษัทฯ มีมาตรการในการป้องกันข้อมูลอันเป็นความลับของลูกค้า ได้แก่ ข้อมูลเชิงเทคนิค ผลการทดสอบหรือข้อมูลอื่นใดอันเป็นความลับของลูกค้า จะมีขั้นตอนในการจัดเก็บรวมถึงการส่งต่อข้อมูลต่างๆ โดยคำนึงถึงการรักษาความลับของลูกค้าเป็นสำคัญ การรักษาสิทธิต่างๆ ของลูกค้า เช่น ให้ลูกค้าสามารถเฝ้าดูการทดสอบ (Witness Test) หม้อแปลงไฟฟ้าของลูกค้า เพื่อให้ลูกค้าเกิดความเชื่อมั่นในผลของการทดสอบ โดยในปี 2557 มีลูกค้าเฝ้าดูการทดสอบ (Witness Test) หม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง (Power Transformer) จำนวน 104 ครั้ง และหม้อแปลงไฟฟ้าระบบจำหน่าย (Distribution Transformer) จำนวน 80 ครั้ง

ให้ข้อมูลที่ถูกต้องและเพียงพอกับลูกค้าหม้อแปลงไฟฟ้าของถิรไทยที่ผ่านการทดสอบจะมีการติดป้าย Name plate (ฉลากสินค้า) ทุกเครื่อง โดยจะติดไว้ที่ตัวถังของหม้อแปลงเพื่อแสดงรายละเอียดประจำตัวหม้อแปลง การแสดงรายละเอียดจะยึดตามมาตรฐานสากล IEC60076-1 และมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.384-2543 โดยมีรายละเอียดหลักๆ ดังนี้ ชนิดของหม้อแปลง เลขที่มาตรฐาน ชื่อบริษัทผู้ผลิต หมายเลขประจำเครื่องจากผู้ผลิต ปีที่ผลิต จำนวนเฟส ขนาดกำลัง ความถี่ที่กำหนด ระดับแรงดัน ค่าสูงสุดของกระแส ค่าระดับฉนวน น้ำหนักเป็นต้น เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถทราบรายละเอียดของหม้อแปลง นอกจากนี้ยังมีคู่มือการใช้งาน รวมถึงมีการอบรมวิธีการใช้งาน ข้อควรระวังและการบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้าแก่ลูกค้าก่อนใช้งาน

การฝึกอบรมให้ความรู้แก่ลูกค้าในปี 2557 บริษัทฯ ได้จัดส่งทีมวิศวกรที่มีความเชี่ยวชาญทางเทคนิค ไปอบรมเรื่องวิธีการใช้งาน ข้อควรระวังและการบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้า เพื่อให้ความรู้กับลูกค้าทั้งในประเทศและต่างประเทศ จำนวน 19 หน่วยงานโดยมี จำนวนผู้เข้าอบรมทั้งสิ้น 285 คน อาทิ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค สถานีไฟฟ้าบ้านเขาหลัก จังหวัดพังงา JUWI Renewable Engineering Thai Co., Ltd. จังหวัดอุบลราชธานี บริษัท เอฟ เอ็ม ซี (ประเทศไทย) จำกัด จังหวัดระยอง การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค สถานีไฟฟ้าศรีบุญเรือง จังหวัดหนองบัวลำภู โครงการสูบน้ำและระบบท่อส่งน้ำ กรมชลประทาน จังหวัด จันทบุรี การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค สถานีไฟฟ้าชนแดน จังหวัดเพชรบูรณ์ Sarawak Energy Berhad (SEB) ประเทศมาเลเซีย เป็นต้น

การเผยแพร่ความรู้ด้านวิศวกรรมหม้อแปลงบริษัทฯ ได้จัดทำวารสารด้านวิชาการภายใต้ชื่อ “Tirathai Journal” โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการเผยแพร่ความรู้ด้านวิศวกรรมให้กับผู้ที่สนใจ การจัดทำไม่มีวัตถุประสงค์ทางการค้า และไม่สงวนลิขสิทธิ์ในการจะนำเนื้อหาไปเผยแพร่ต่อบรรณาธิการและทีมงานเป็นพนักงานของบริษัทฯ ทั้งหมด ปัจจุบันมีการจัดพิมพ์ เป็นปีที่ 4 ฉบับที่ 11 โดยมีเนื้อหา

เกี่ยวกับองค์ความรู้ด้านวิศวกรรมไฟฟ้า วิทยานิพนธ์ที่มีคุณค่าทางด้านวิศวกรรมของนักศึกษาจากมหาวิทยาลัยต่างๆ รวมทั้งเทคนิคการใช้งานและการบำรุงรักษาหม้อแปลง ตลอดจนการถ่ายทอดแนวคิดปรัชญาการบริหารนอกตำราซึ่งเป็นอีกมุมหนึ่งที่มหาวิทยาลัยไม่เคยสอน เป็นต้น นอกจากนี้บริษัทฯ ยังมุ่งหวังให้หนังสือเล่มนี้เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและใส่ใจสุขภาพผู้อ่าน ปกและเนื้อหาในหนังสือจึงจัดพิมพ์บนกระดาษที่ผลิตจากวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรด้วยกระบวนการปลอดสารพิษ และใช้หมึกพิมพ์ที่ผลิตจากน้ำมันถั่วเหลือง โดยในปี 2557 ได้แจกจ่ายไปยังพนักงาน ลูกค้า ห้องสมุดของมหาวิทยาลัยต่างๆ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย การไฟฟ้านครหลวง การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ตลอดจนบุคคลทั่วไป เป็นจำนวน 12,000 เล่มต่อปี รวมทั้งยังมีการเผยแพร่ในเว็บไซต์ www.tirathai.co.th

การรับฟังความคิดเห็น การเยี่ยมชมโรงงานเพื่อให้ลูกค้าเกิดความมั่นใจในกระบวนการออกแบบ การผลิต และกระบวนการทดสอบ อีกทั้งเป็นการรับฟังความคิดเห็นและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างบริษัทฯ กับลูกค้า และสถาบันการศึกษา ตลอดจนนำข้อเสนอแนะต่างๆ เข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงอันนำไปสู่การสร้างความพึงพอใจของลูกค้าต่อไป โดยในปี 2557 มีลูกค้าทั้งในประเทศและต่างประเทศเข้าเยี่ยมชมโรงงาน โดยมีจำนวนผู้เข้าผู้เยี่ยมชมทั้งสิ้น 91 คน อาทิ การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย การไฟฟ้าลาว การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค นำคณะการไฟฟ้าภูฏานและการไฟฟ้ากัมพูชาเยี่ยมชมศักยภาพการผลิตหม้อแปลงไฟฟ้า เป็นต้น

การสำรวจความพึงพอใจ บริษัทฯ ดำเนินการสำรวจความพึงพอใจของลูกค้าที่เข้ามาเฝ้าดูการทดสอบ (Witness Test) ในประเด็น ความพึงพอใจต่อการให้บริการของพนักงานขาย ความพึงพอใจต่อพนักงานทดสอบ ความพึงพอใจต่อกระบวนการผลิตและทดสอบ ความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์ ตลอดจนความพึงพอใจต่อสภาพแวดล้อม โดยในปี 2557 ผลการสำรวจความพึงพอใจเป็นไปตามเป้าหมายคิดเป็นร้อยละ 80

2.2.8 การร้องเรียน

บริษัทฯ มีกระบวนการรับเรื่องร้องเรียนเกี่ยวกับคุณภาพสินค้าและการบริการ โดยผ่านช่องทางที่หลากหลาย อาทิเช่น โทรศัพท์ 30 คู่สายอัตโนมัติ Email และโทรสาร โดยบริษัทฯ มีทีมงานบริการที่สามารถให้บริการลูกค้าตลอด 24 ชั่วโมง ในการตอบสนองการแก้ไขข้อร้องเรียนต่างๆของลูกค้าอย่างรวดเร็ว

2.2.9 การมีส่วนร่วมพัฒนาชุมชนและสังคม

บริษัทฯ มุ่งมั่นที่จะเป็นสมาชิกที่ดีต่อสังคมและดำเนินธุรกิจโดยตระหนักถึงความรับผิดชอบต่อส่วนรวมแบ่งปันผลกำไรส่วนหนึ่งเพื่อตอบแทนและสร้างสรรค์ชุมชนและสังคม เพื่อให้ธุรกิจชุมชนและสังคมเติบโตคู่กันอย่างยั่งยืนโดยผ่านกิจกรรมและโครงการต่างๆ ดังนี้

แนวทางในการปฏิบัติ

ส่งเสริมกีฬาตระกร้อ

บริษัทฯ ได้ให้ความสำคัญกับกีฬาตะกร้อ ซึ่งถือเป็นกีฬาที่อยู่คู่กับสังคมไทยมาอย่างยาวนาน โดยได้ก่อตั้งสโมสรตะกร้อ ขึ้นตั้งแต่ ปี 2542 ภายใต้ชื่อ “สโมสรตะกร้อถิรไทย” ซึ่งทุกๆ ปีทางสโมสรตระกร้อถิรไทยจะส่งนักกีฬาเข้าร่วมการแข่งขัน โดยในปี 2557 มีการส่งนักกีฬาตระกร้อ ประเภททีมเดี่ยวชายเข้าร่วมการแข่งขันตะกร้อชิงชนะเลิศแห่งประเทศไทย ชิงถ้วยพระราชทานสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี “Princess Cup” ครั้งที่ 26 ประจำปี 2557

การบริจาคหม้อแปลงไฟฟ้า

บริษัทฯ ได้การบริจาคหม้อแปลงไฟฟ้า อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี เพื่อใช้ในกิจการงานพระพุทธศาสนาของทางวัด เมื่อวันที่ 2 ธันวาคม 2557 นอกจากนี้คณะผู้บริหารและพนักงานได้ร่วมกันถวายผ้าป่าเพื่อใช้ในกิจกรรมด้านพระพุทธศาสนาเป็นจำนวนเงิน 24,450 บาท

แหล่งเรียนรู้นอกห้องเรียน

บริษัทฯ มีนโยบายที่จะให้องค์กรเป็นแหล่งเรียนรู้ด้านวิศวกรรมการผลิตหม้อแปลงไฟฟ้าของประเทศ เพื่อให้นิสิต นักศึกษาได้สัมผัสกับกระบวนการการผลิตหม้อแปลงไฟฟ้า ทั้งหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดเล็ก (Distribution Transformer) และหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดใหญ่ (Power Transformer) โดยในปี 2557 มีนิสิต นักศึกษาจากสถาบันต่างๆ มาเยี่ยมชมกระบวนการผลิตหม้อแปลงไฟฟ้า รวมถึงระบบการจัดการด้านคุณภาพ สิ่งแวดล้อมและความปลอดภัย จำนวน 86 คน จากสถาบันต่างๆ อาทิ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมธิราช มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ เป็นต้น

นอกจากนั้น บริษัทฯ ได้ยกร่างข้อตกลงในความร่วมมือในการสนับสนุนความรู้และอุปกรณ์ในการจัดตั้งห้องปฏิบัติการไฟฟ้าแรงสูง ให้กับคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ จังหวัดนราธิวาส เมื่อวันที่ 28 พฤศจิกายน 2557 นำโดยผู้ช่วยศาสตราจารย์ฤทธิวุธ ภูวพัฒน์ รองคณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ เพื่อเป็นการส่งเสริมการศึกษาทางด้านวิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูง นอกจากนั้นบริษัทฯ ยังได้มีโครงการรับนักศึกษาฝึกงานและสหกิจศึกษาในการฝึกประสบการณ์ภาคสนาม ณ.บริษัท ถิรไทย จำกัด (มหาชน)

กิจกรรมสาธารณประโยชน์

บริษัทฯ ได้มอบน้ำดื่ม เครื่องดื่มและถุงมือป้องกันความร้อนให้กับศูนย์บรรเทาสาธารณภัย พล.ร.11 (ส่วนหน้า) จังหวัดฉะเชิงเทรา เพื่อสนับสนุนในการเข้าระงับเหตุไฟไหม้บ่อขยะ ต.แพรกษา อ.เมือง จังหวัดสมุทรปราการ เมื่อวันที่ 21 มีนาคม 2557 เป็นจำนวนเงิน 19,000 บาท บริษัท

ฯ ได้ร่วมกับสำนักงานนิคมอุตสาหกรรมบางปู จัดกิจกรรมปลูกป่าชายเลน ณ ศูนย์ศึกษาธรรมชาติกองทัพบก เฉลิมพระเกียรติ 72 พรรษา มหาราชินี ต.บางปูใหม่ อ.เมือง จ.สมุทรปราการ เมื่อวันที่ 25 กรกฎาคม 2557

บริษัทฯ ได้ร่วมกับสมาคมบริษัทจดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์เอ็ม เอ ไอ (maiA) สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.) ได้จัดทำกิจกรรม 5 ส. ณ วัดบรมสถล (วัดดอน) ยานนาวา กรุงเทพฯ เมื่อวันที่ 12 ธันวาคม 2557 ภายใต้โครงการวัดสร้างสุข คนสร้างชาติ พุทธศาสตร์สร้างใจ

บริษัทฯ ได้ร่วมกับสมาคมบริษัทจดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์เอ็ม เอ ไอ (บริจาคดินสอและอุปกรณ์เครื่องเขียน เพื่อมอบให้กับโรงเรียนบ้านทุ่งหลวงวัฒนาคาร อ.ปางมะผ้า จ.แม่ฮ่องสอน เมื่อวันที่ 10 พฤศจิกายน 2557 ซึ่งโรงเรียนดังกล่าวยังขาดแคลนดินสอและอุปกรณ์การเรียนการสอน

2.2.10.การดูแลรักษาสิ่งแวดล้อม

การจัดการด้านสิ่งแวดล้อมเป็นสิ่งที่ต้องดำเนินควบคู่ไปกับการดำเนินธุรกิจ บริษัทฯ จึงมีนโยบายในการบริหารจัดการด้านสิ่งแวดล้อม เพื่อลดผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตหรือกิจกรรมต่างๆ โดยยึดถือเป็นแนวทางในการปฏิบัติที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ด้วยการปฏิบัติตามกฎหมาย และข้อกำหนดอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องอย่างเคร่งครัด อันจะนำไปสู่การสร้างความยั่งยืนอย่างแท้จริงต่อองค์กร ชุมชนและสังคม

แนวทางในการปฏิบัติ

บริษัทฯ ได้รับการรับรองตามมาตรฐาน ISO14001 ซึ่งครอบคลุมทุกพื้นที่ของบริษัทฯ โดยได้รับการตรวจสอบจากผู้ตรวจประเมินภายนอก ซึ่งมีความเป็นอิสระและผลการตรวจประเมินครั้งล่าสุดในปี 2557 ไม่พบข้อบกพร่องหลัก (Major Non-compliance) และข้อบกพร่องย่อย (Minor Non-compliance)

บริษัทฯ ได้มีการดำเนินการที่สอดคล้องกับกฎหมายสิ่งแวดล้อม รวมถึงดำเนินการติดตามตรวจสอบผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมที่ดำเนินการ พบว่าค่าการเกิดมลพิษต่างๆ มีค่าเป็นไปตามมาตรฐานสิ่งแวดล้อมที่กำหนดไว้สามารถสรุปได้ดังนี้

มลพิษทางอากาศ

บริษัทฯ ได้มีติดตั้งระบบบำบัดมลพิษทางอากาศ (Bag House Filter) ในการดูดฝุ่นที่เกิดจากกระบวนการผลิตกระดาษฉนวน โดยทำการตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ระบายออกมาจากกระบวนการผลิตกระดาษฉนวนและครอบคลุมพื้นที่อื่นๆ ของกระบวนการ ทั้งนี้เพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและชุมชนใกล้เคียงซึ่งผลการตรวจสอบเป็นไปตามกฎหมายกำหนด

มลพิษทางน้ำ

บริษัทฯ มีระบบควบคุมและบำบัดน้ำเสีย โดยน้ำที่ใช้จากการอุปโภค และบริโภคจะถูกปล่อยเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย และน้ำทิ้งที่ออกจากระบบบำบัดน้ำเสียจะถูกตรวจวัดค่าน้ำเดือนละ 1 ครั้ง เช่นค่า pH, BOD, COD, Oil & Grease, SS, TDS, TKN เป็นต้น ซึ่งผลการตรวจวัดเป็นไปตามกฎหมายกำหนด

มลพิษทางเสียง

บริษัทฯ มีการตรวจวัดระดับความดังของเสียง โดยแหล่งกำเนิดของเสียงจะมาจากการทำงานของเครื่องจักร ดังนั้นเพื่อเฝ้าระวังผลกระทบที่อาจส่งผลไปยังพนักงานผู้ปฏิบัติงานและชุมชนใกล้เคียง จึงได้ดำเนินการตรวจวัดระดับความดังของเสียงอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง โดยวัดค่าเฉลี่ย 8 ชั่วโมงการทำงาน โดยผลการตรวจวัดเป็นไปตามกฎหมายกำหนด

ขยะอุตสาหกรรม

บริษัทฯ มีกระบวนการในการจัดการขยะที่เกิดจากกระบวนการผลิต โดยมีการคัดแยกขยะ ออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้ ขยะทั่วไป ขยะรีไซเคิล ขยะอันตราย สำหรับขยะอันตรายทางบริษัทฯ ได้ว่าจ้างหน่วยงานที่ได้รับใบอนุญาตจากกรมโรงงานอุตสาหกรรมในการดำเนินการรวบรวม ขนส่ง บำบัดและกำจัดสิ่งปฏิกูล หรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วตามประเภทของของเสีย นอกจากนี้เพื่อให้เกิดความมั่นใจในกระบวนการจัดการขยะที่ผู้รับเหมานำออกนอกโรงงาน บริษัทฯ ได้ส่งพนักงานไปตรวจสอบกระบวนการกลั่นโซเว้นท์และกระบวนการคัดแยกน้ำมันเสีย ณ บริษัท Environmental Recovery จำกัด เมื่อวันที่ 12 พฤษภาคม 2557 และเมื่อวันที่ 26 พฤษภาคม 2557 ได้ส่งพนักงานไปตรวจสอบกระบวนการฝังกลบและคัดแยกเศษวัสดุปนเปื้อน ณ บริษัท Pro waste จำกัด (มหาชน)

2.2.11 บริษัทฯ ได้รับการรับรองอุตสาหกรรมสีเขียว (Green Industry) ในระดับ 3 ระบบสีเขียว(Green System) จากสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) และในปี 2557 บริษัทฯ มีเป้าหมายที่จะมุ่งสู่อุตสาหกรรมสีเขียวในระดับ 4 วัฒนธรรมสีเขียว (Green Culture) โดยสร้างวัฒนธรรมสีเขียวภายใต้ชื่อโครงการ“ ขยะยิ้ม” เพื่อให้พนักงานทุกคนมีจิตสำนึกในการดูแลรักษาสิ่งแวดล้อม อันจะนำไปสู่การปฏิบัติอย่างจริงจังและต่อเนื่อง โดยคาดว่าจะได้รับการรับรองในภายในปี 2558 ในปี 2557 บริษัทฯ ไม่มีข้อร้องเรียนด้านสิ่งแวดล้อม หรือการดำเนินการที่ไม่สอดคล้องตามกฎหมายทั้งจากภายในและภายนอก

2.2.12 นวัตกรรมและการเผยแพร่นวัตกรรมจากการดำเนินความรับผิดชอบต่อสังคม

บริษัทฯ ได้นำความรู้ ความคิดสร้างสรรค์ และประสบการณ์จากการดำเนินธุรกิจผสมผสานกับหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงที่มีประโยชน์ต่อเศรษฐกิจและสังคม มาพัฒนาปรับใช้และ

คิดค้นให้เกิดนวัตกรรมทางธุรกิจที่สามารถสร้างประโยชน์ เพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน สร้างมูลค่าเพิ่มต่อธุรกิจและสังคมไปพร้อมกัน

แนวทางในการปฏิบัติ

บริษัทฯ ได้ร่วมมือกับคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในการสนับสนุนการออกแบบหม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส ชนิดแห้ง (Conventional Dry Type) พิกัดขนาด 15 kVA พิกัดแรงดันไฟฟ้า 220/440 โวลต์ พร้อมทั้งสนับสนุนหม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส จำนวน 1 เครื่อง มูลค่า 36,320 บาท เพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยเรื่อง การทดลองการลัดวงจรภายในขดลวดของหม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส (Practice Experiment of Winding Fault Within 1 Phase Transformer) และจากการวิจัยพบว่าปัจจัยที่ก่อให้เกิดความเสียหายกับหม้อแปลงไฟฟ้า คือการเสื่อมสภาพของฉนวนภายในหม้อแปลงไฟฟ้า เนื่องจากภายในหม้อแปลงไฟฟ้ามีขดลวดทองแดง โดยมีฉนวนห่อหุ้มไม่ให้ขดลวดแต่ละขดแตะถึงกัน เมื่อฉนวนเกิดการเสื่อมสภาพจึงนำไปสู่การเกิด เบรกดาวน์ (break down) ทำให้เกิดการลัดวงจรระหว่างขดลวด หรือขดลวดทองแดงภายในหม้อแปลงไฟฟ้าแตะกับตัวถังของหม้อแปลงไฟฟ้าก็ทำให้เกิดการลัดวงจรลงดินได้เช่นเดียวกัน การศึกษาวิจัยครั้งนี้ถือเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงภาคการศึกษา และภาคอุตสาหกรรมให้มีส่วนร่วมในการวิจัยพัฒนาความรู้ด้านวิศวกรรมหม้อแปลงไฟฟ้าของประเทศอย่างต่อเนื่องและยั่งยืน

บทที่ 3

การจัดลำดับขั้นตอนวิธีการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง

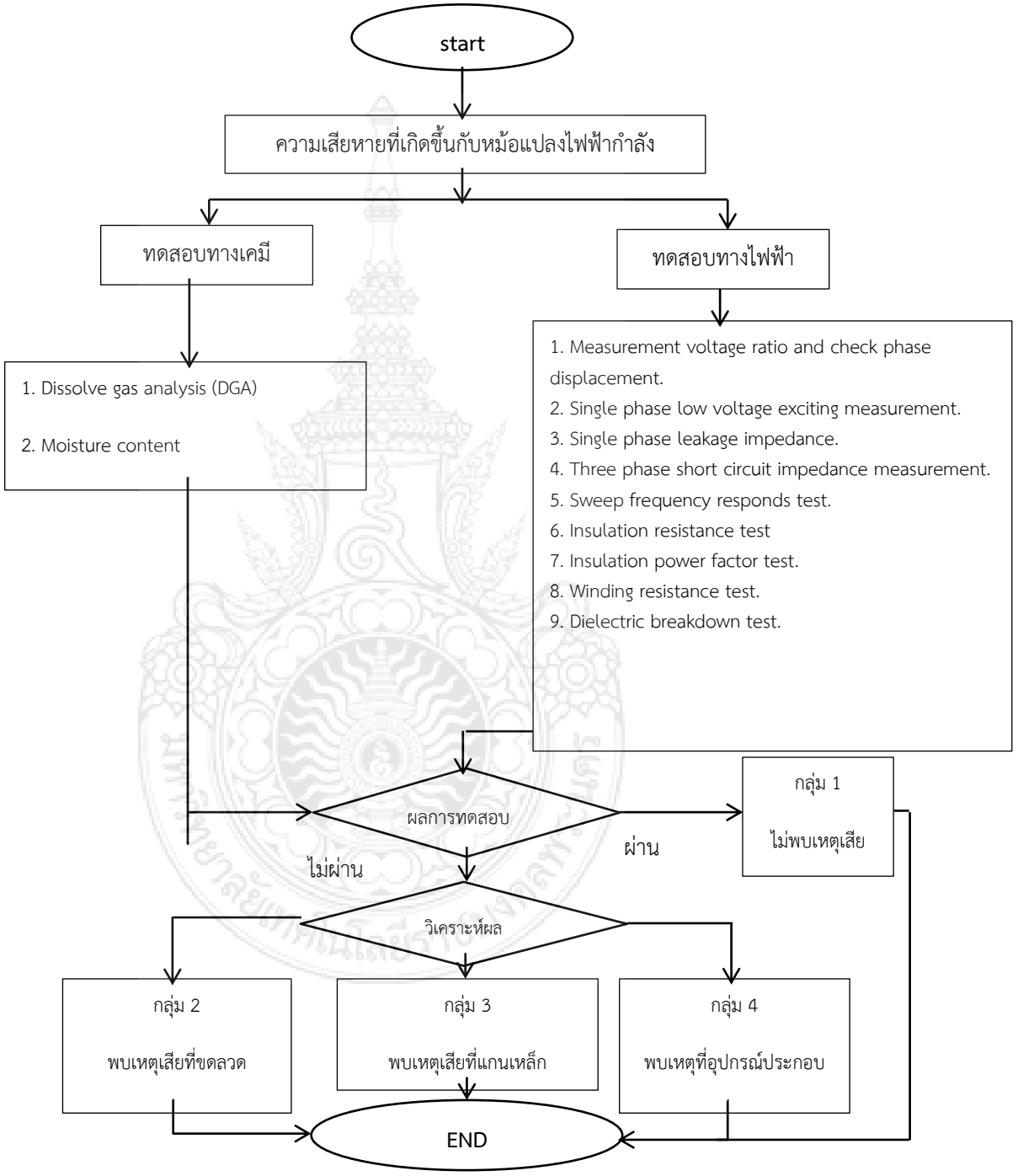
การปรับปรุงกระบวนการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังตามมาตรฐาน IEC เพื่อนำไปสู่ตัดสินใจในการแก้ไขเหตุเสียของหม้อแปลงไฟฟ้า กรณีศึกษา บริษัท ถิรไทยจำกัด (มหาชน) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 การปรับปรุงกระบวนการขั้นตอนการทดสอบ (Process development for site test)

ในงานวิจัยนี้เป็นการปรับปรุง จัดลำดับขั้นตอนการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง (Process development for site test) โดยได้จัดลำดับหัวข้อการทดสอบให้มีประสิทธิภาพและประหยัดเวลาในการหาสาเหตุเพื่อนำไปตัดสินใจในการแก้ไขเหตุเสียของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังโดยมีกระบวนขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นตอนการประเมินความเสียหายของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังตามแนวทางการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง หลังจากหม้อแปลงเกิดความเสียหาย เพื่อทดสอบตามหัวข้อการทดสอบเฉพาะทางที่จะสามารถบ่งบอกเหตุเสียที่เกิดขึ้นกับหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง เพื่อนำไปสู่แนวทางการตัดสินใจในการจัดการเหตุเสียของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังที่คุ้มค่าที่สุด โดยกำหนดขอบข่ายของวิธีวิจัยไว้ที่ขนาดของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง ที่มีขนาดพิกัด 10 เมกะโวลต์แอมป์ ถึง 300 เมกะโวลต์แอมป์ระดับแรงดัน 22 กิโลโวลต์ ถึง 230 กิโลโวลต์ น้ำหนัก 20 ตัน ขึ้นไป และกำหนดเป็นกระบวนการทดสอบ

3.2 แสดงขั้นตอนการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเพื่อหาเหตุเสีย และนำไปสู่การจัดการเหตุเสียที่เกิดขึ้น



ภาพ 3.1 Flow chart แสดงขั้นตอนการทดสอบหม้อแปลง

จากภาพ 3.1 เมื่อมี Fault เกิดขึ้นระบบสายส่งไฟฟ้ากำลังจะทำความเสียหายให้กับหม้อแปลงไฟฟ้า ให้ทำการปลดหม้อแปลงไฟฟ้าออกจากระบบ และให้ทำการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าเพื่อประเมินความเสียหายที่เกิดขึ้นกับหม้อแปลงไฟฟ้าตามกระบวนการ คือ ทำการตรวจทางไฟฟ้า 9 รายการและทดสอบทางเคมี 2 รายการ และนำผลที่ได้จากการทดสอบมาวิเคราะห์และประเมินผล โดยจะได้ผลลัพธ์เป็น 3 กลุ่ม คือ

กลุ่มที่ 1 ไม่พบความเสียหายที่เกิดขึ้นกับหม้อแปลงจากการเกิด Fault สามารถนำหม้อแปลงไฟฟ้ากลับเข้าระบบได้

กลุ่มที่ 2 หม้อแปลงไฟฟ้าเกิดความเสียหายขึ้นที่ขดลวด ต้องนำหม้อแปลงกลับไปซ่อมที่โรงงานผู้ผลิต เพื่อซ่อมหรือเปลี่ยนขดลวดหม้อแปลง

กลุ่มที่ 3 หม้อแปลงไฟฟ้าเกิดความเสียหายขึ้นที่แกนเหล็ก ต้องนำหม้อแปลงกลับไปซ่อมที่โรงงานผู้ผลิต เพื่อซ่อมหรือเปลี่ยนแกนเหล็กหม้อแปลง

กลุ่มที่ 4 หม้อแปลงไฟฟ้าเกิดความเสียหายกับอุปกรณ์ประกอบหม้อแปลง เช่น Bushing , จุดต่อหลวม อุปกรณ์ Protection เสีย สามารถซ่อมหม้อแปลงไฟฟ้าที่ Site งานได้

3.3 หัวข้อทดสอบ

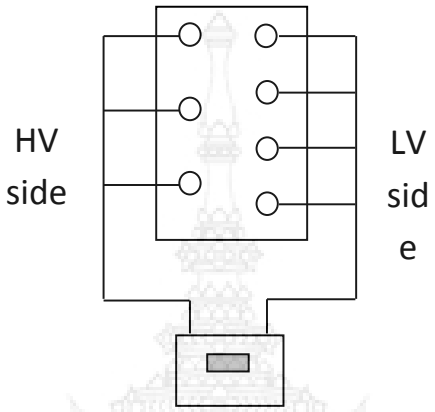
ทดสอบทางไฟฟ้า

3.3.1 การวัดค่าอัตราส่วนของขดลวดและการกระจัดเฟส (Measurement Voltage Ratio and Check phase displacement) ทำการวัดตามมาตรฐาน IEEE Std. 62-1995 ซึ่งมีเกณฑ์การยอมรับ +/- 0.5% ของผลการวัดจาก Name plate โรงงานผู้ผลิต

วิธีการทดสอบ

1. พิจารณาระดับแรงดันขดลวดที่วัด และ การต่อ Vector Group หรือ Polarity
2. เลือกคู่ Terminal ของขดลวด HV และ LV ที่จะวัด Vector หรือ Polarity ของขดลวด
3. ตั้งค่า Ratio และ Multiplier ตามพิกัดแรงดัน HV/LV หม้อแปลง
5. ปรับค่า Test Voltage ให้เหมาะสมกับ Rated voltage ของขดลวดที่จะทดสอบ
6. ดูที่ปุ่มเลือก Mode Detector จะต้องอยู่ในตำแหน่ง Ratio เปิดเครื่องแล้วปรับปุ่ม Sensitivity ให้สอดคล้องกับการตั้ง Multiplier ปรับปุ่ม % Deviation ให้ Galvanometer ชี้ "0" สลับ Mode detector ไปที่ Phase แล้วปรับ % Phase ให้ Galvanometer ชี้ที่ “0” สลับ Mode detector ไปมาเพื่อให้แน่ใจว่า Galvanometer ชี้ที่ “0” เสมอ

7. ถ้าหม้อแปลงมี Tap เปลี่ยนแรงดันจะต้องทำการวัดทุก Tap ช่วงอัตราส่วนแรงดันของทุกแทบแรงดัน หรือพิกัดอัตราส่วนแรงดัน ให้อยู่ในระหว่าง + 0.5 % ของที่กำหนดไว้

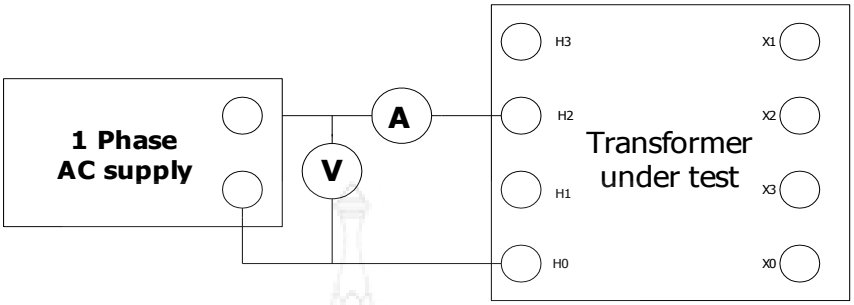


ภาพ 3.2 วงจรการทดสอบการวัดค่าอัตราส่วนของขดลวดและการกระจัดเฟส

3.3.2 การวัดกระแสกระตุ้น โดยใช้แหล่งจ่ายไฟแบบ 1 เฟส แรงดันต่ำ (Single phase low voltage Exciting Measurement) ทำการวัดตามมาตรฐาน IEEE Std. 62-1995 ซึ่งมีเกณฑ์การยอมรับ คือ แนวโน้นค่าความแตกระหว่างเฟสไปในทิศทางเดียวกับค่าจากการวัดเริ่มต้นจากโรงงานผลิตผลิต

วิธีทดสอบ

1. ต่อวงจรตามรูปที่ 1 ทำการวัดเฟสเรียงตาม Phase Sequence
2. ทำการวัดทุกแท๊ป (ในกรณีที่หม้อแปลงต่อแบบ Star และมีสายนิวตรอนอยู่ภายนอกให้วัดค่าแบบ Line to neutral)
3. ป้อนแรงดันในการทดสอบ 200 V. ถ้าขดลวดหม้อแปลงที่ถูกทดสอบมีแรงดันพิกัดตั้งแต่ 1 KV. ขึ้นไป (พยายามป้อนแรงดันให้มีค่าใกล้เคียงกันตลอดในการทดสอบ)
4. ป้อนแรงดันในการทดสอบ 50 V. ถ้าขดลวดหม้อแปลงที่ถูกทดสอบมีแรงดันพิกัดตั้งแต่ 1 KV. ลงมา (พยายามป้อนแรงดันให้มีค่าใกล้กันตลอดในการทดสอบ)
5. บันทึกแรงดัน และกระแสที่วัดได้จาก Voltmeter และ Amp meter อุณหภูมิขณะทดสอบ



ภาพ 3.3 วงจรการทดสอบการวัดกระแสกระตุ้น โดยใช้แหล่งจ่ายไฟแบบ 1 เฟส แรงดันต่ำ

3.3.3 การวัดค่า Leakage Impedance 1 เฟส (Single phase leakage impedance) ทำการวัดตามมาตรฐานของโรงงานผลิตหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง ซึ่งมีเกณฑ์การยอมรับ คือการวัดเปรียบเทียบทั้ง 3 เฟส ต้องไม่เกิน 3%

วิธีทดสอบ

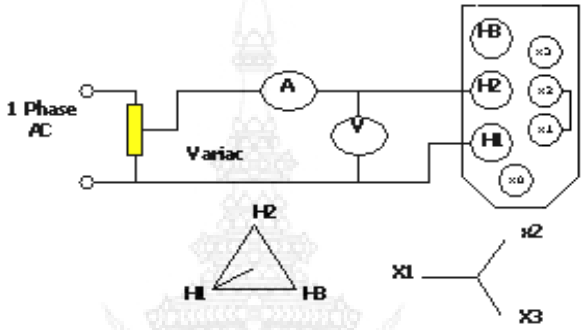
1. ทำการวัดเฟสเรียงตาม Phase Sequence
2. ต่อวงจรตามรูปที่ 1 และลัดวงจรอีกด้านหนึ่งของหม้อแปลงให้ถูกต้องตาม Vector Group สายที่ใช้มีพื้นที่หน้าตัดไม่น้อยกว่า 70 mm2
3. ทำการวัดอย่างน้อย 3 Tap คือ Tap แรงดันสูงสุด, Tap แรงดันต่ำสุด, Tap Rated ในกรณีที่ต้องการผลอย่างละเอียดให้ทำการวัดทุก Tap
4. ป้อนกระแสให้เหมาะสม (ขึ้นอยู่กับหม้อแปลง แหล่งจ่ายไฟและระบบวัด) และพยายามป้อนกระแสให้มีค่าใกล้เคียงกันตลอดการทดสอบ
5. บันทึก แรงดัน และกระแสที่วัดได้จาก Voltmeter และ Amp meter อุณหภูมิขณะทดสอบ รายละเอียด ของหม้อแปลง ที่ทดสอบ
6. คำนวณผลตามสูตรที่ 1 และ 2

$$Z = V / I$$

$$\%Deviation = \left(\frac{Z\max - Z\min}{Z\min} \right) \times 100\%$$

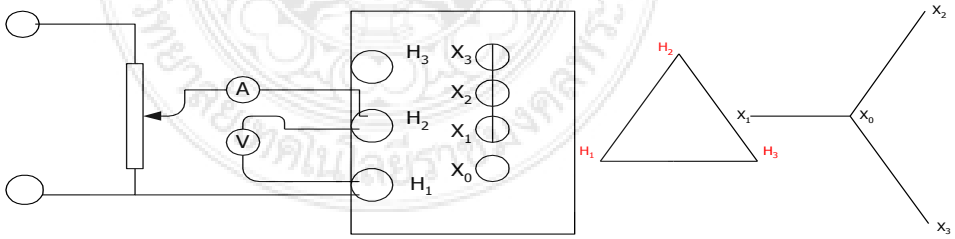
การวิเคราะห์ผลและเกณฑ์การยอมรับ

ค่าความต่างของ Single Phase Leakage impedance ระหว่างเฟสไม่เกิน 1.5% และมีผลต่างจากข้อมูลเดิม (ถ้ามีข้อมูล) ไม่เกิน± 3% ถือว่าปกติ



ภาพ 3.4 วงจรการทดสอบการวัดค่า Leakage Impedance 1 เฟส

3.3.4 การวัดค่าอิมพีแดนซ์เทียบเท่าสามเฟส (Three phase short circuit impedance Measurement) ทำการวัดตามมาตรฐาน IEEE Std. 62-1995 ซึ่งมีเกณฑ์การยอมรับ +/- 3% ของผลการวัดจาก Name plate โรงงานผู้ผลิต



ภาพ 3.5 วงจรการทดสอบการวัดค่าอิมพีแดนซ์เทียบเท่าสามเฟส

วิธีทดสอบ

1. ทำการวัดเฟสเรียงตาม Phase Sequence

2. ต่อวงจรตามรูปที่ 1 และลัดวงจรอีกด้านหนึ่งของหม้อแปลงให้ถูกต้องตาม Vector Group สายที่ใช้มีพื้นที่หน้าตัดไม่น้อยกว่า 70 mm2
3. ทำการวัดอย่างน้อย 3 Tap คือ Tap แรงดันสูงสุด, Tap แรงดันต่ำสุด, Tap Rated ในกรณีที่ต้องการผลอย่างละเอียดให้ทำการวัดทุก Tap
4. ป้อนกระแสให้เหมาะสม (ขึ้นอยู่กับหม้อแปลง แหล่งจ่ายไฟและระบบวัด) และพยายามป้อนกระแสให้มีค่าใกล้เคียงกันตลอดการทดสอบ
5. บันทึก แรงดัน และกระแสที่วัดได้จาก Voltmeter และ Amp meter อุณหภูมิขณะทดสอบ รายละเอียด ของหม้อแปลง ที่ทดสอบ
6. คำนวณผลตามสูตรที่ 1 และบันทึกลงในแบบฟอร์ม TF-T0-018

$$Z = \Sigma zm \times S3\phi\left(60 \times V_{ll}{}^{2}\right)$$

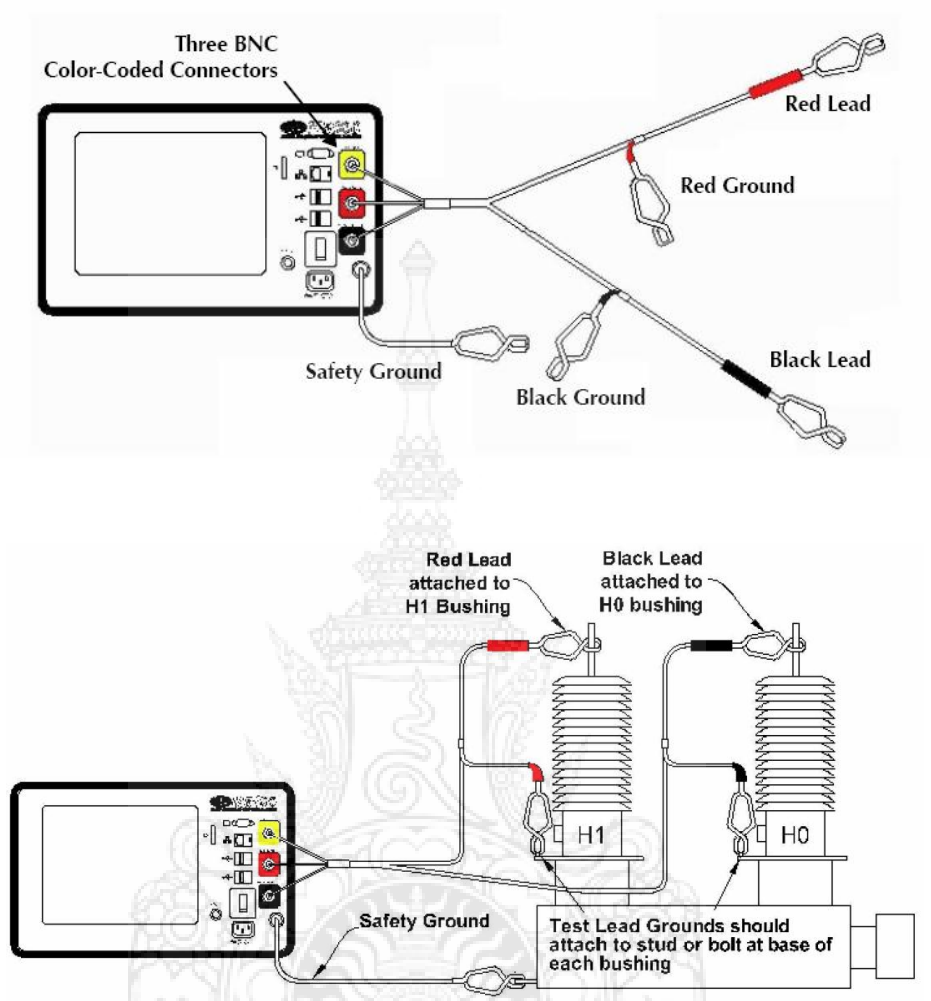
Σ zm = ผลบวกของ Leakage impedance ของการวัดในแต่ละคู่มีหน่วยเป็นโอห์ม

S 3 $\varnothing$ = kVA พิกัดของลวดที่ป้อน และถือเป็น Base ของ Impedance ที่จะหา

Vll = แรงดันพิกัด (kV) ของขดลวดชุดที่วัด ณ. ตำแหน่ง Tap ที่ทดสอบ

การวิเคราะห์ผลและเกณฑ์การยอมรับ% Impedance ที่ทดสอบได้ เทียบกับข้อมูล จาก Routine Test หรือจาก Name Plate มีค่าต่างกันไม่เกิน 3% Reference standard: IEEE Guide 62

3.3.5 การวิเคราะห์การตอบสนองความถี่ต่อเนื่อง (Sweep frequency responds analysis) ทำการวัดตามมาตรฐาน IEEE Std. 62-1995 ซึ่งมีเกณฑ์การยอมรับ โดยการเทียบกราฟจากการวัดเริ่มจากโรงงานผู้ผลิต



ภาพ 3.6 วงจรวิเคราะห์การตอบสนองความถี่ต่อเนื่อง

ขอบข่าย

ทดสอบสภาพขดลวดของหม้อแปลงไฟฟ้า เพื่อเก็บไว้เป็นข้อมูลในลักษณะ “Finger Print” ตามที่มาตรฐาน IEEE PC57.149TM/D1 กำหนด หรือตามข้อตกลงระหว่างห้องทดสอบกับลูกค้า

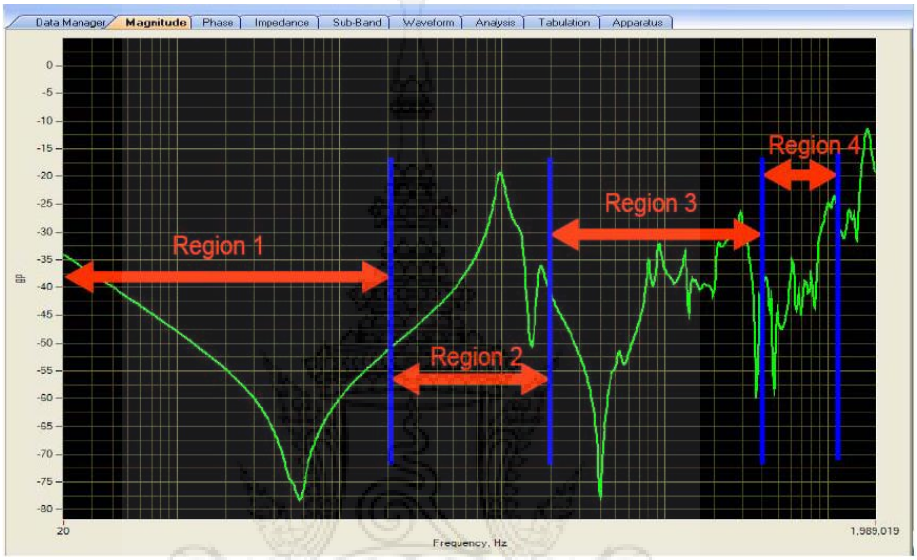
เกณฑ์ตัดสิน

รูปคลื่นที่ทดสอบไม่ผิดเพี้ยนไปจากมาตรฐานกำหนด และใช้ข้อมูลดังกล่าวมาแปรผลการวิเคราะห์ด้วย Cross Correlation Coefficient (CCF) โดยแบ่งระดับการตัดสินเป็น Good Match, Close Match, Poor Match and Very Poor Match ซึ่งมีลำดับการทดสอบดังนี้

1. ทดสอบก่อนทำการทดสอบ Dielectric Withstand

2. ทดสอบหลังทำการทดสอบ Dielectric Withstand

จากผลการทดสอบเราสามารถแบ่งย่านในการตอบสนองความถี่ในหม้อแปลงได้ 4 ย่าน ซึ่งแต่ละย่านได้อธิบายถึง components และลักษณะการผิดพร่องในย่านนั้นๆ



ภาพ 3.7 กราฟแสดงผลการตอบสนองความถี่ในหม้อแปลงทั้ง 4 ย่าน

ตาราง 3.1 แสดงผลการตอบสนองของข่ายความที่ป้อนให้กับหม้อแปลงไฟฟ้า

Region	Frequency Sub-Band	Component	Failure Sensitivity
Region 1	< 2kHz	Main Core Bulk Winding Inductance	Core Deformation, Open circuit, Shorted turns and Residual Magnetism
Region 2	2 kHz to 20 kHz	Bulk Component shunt Impedances	Bulk Winding Movement between windings and clamping structure
Region 3	20 kHz – 400 kHz	Main Windings	Deformation within the Main or windings
Region 4	400 kHz – 1 MHz	Main Winding, Tap windings and test leads	Movement of the main and tap windings, Ground impedances variations

เนื่องจากการวิเคราะห์ส่วนใหญ่จะใช้ลักษณะ “Finger print” คือการเทียบลักษณะ curve ที่มีการทดสอบจากบริษัทฯผู้ผลิตหม้อแปลงหรือเทียบกับ“sister unit” หมายถึงเทียบกับ Design เดียวกัน, ขนาดMVAเท่ากัน ถ้า curve มีลักษณะที่ผิดไปจากการทดสอบครั้งก่อนให้ถือว่าหม้อแปลงมีปัญหา วิธีวิเคราะห์ที่กล่าวมาข้างต้นบางครั้งค่อนข้างยากและจำเป็นต้องมีประสบการณ์ต่อการตัดสินว่าหม้อแปลงปกติหรือผิดปกติ จึงได้มี Software ช่วยวิเคราะห์โดยวิธีเปรียบเทียบ curve และแสดงค่าออกมาเป็นตัวเลขพร้อมทั้งเกณฑ์ในการตัดสินใจตามตาราง 3.2 อ้างอิงตามมาตรฐาน : IEEE PC57.149

ตาราง 3.2 เกณฑ์ในการใช้ประมาณสภาพ

Condition	CCF
Good	0.95 – 1.00
Marginal	0.90 – 0.94
Investigation	< 0.90

3.3.6 การวัดค่าความเป็นฉนวนกระแสตรง (Insulation resistance test) ทำการวัดตามมาตรฐาน IEEE Std. 62-1995 ซึ่งมีเกณฑ์การยอมรับ ค่าความเป็นฉนวนต้องค่าในใกล้เคียงกับผลการวัดจากโรงงาน

วิธีทดสอบ

- ก่อนการทดสอบจะต้องต่อสายลัดวงจรขดลวด แต่ละชุด
- ใช้แรงดันทดสอบที่1000 VDC
- ภายหลังที่ป้อนแรงดันแล้ว 1 นาที จึงจะอ่านค่าที่วัดได้ และบันทึกผลการวัด
- สำหรับการทดสอบ Polarization Index (PI.) ต้องวัดต่อเนื่องจากนาที ที่1 (R1) จนถึงนาทีที่10 (R10) และบันทึกผล การวัด คำนวณหาค่า PI. จากสูตร PI. = R10 / R1
- การทดสอบ Insulation resistance จะต้องทำการวัดตามตารางข้างล่าง

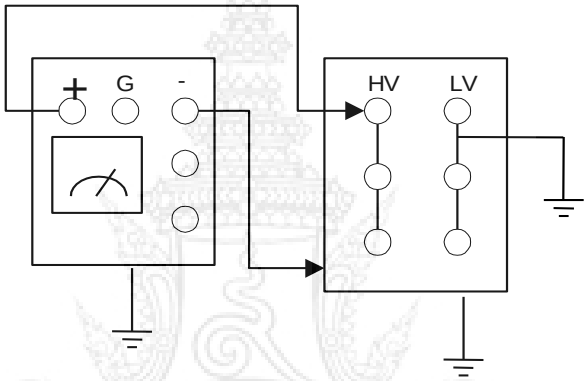
ตาราง 3.3 แสดงขั้วของหม้อแปลงไฟฟ้าที่ต้องทำการวัด Insulation Resistance

หม้อแปลงขดลวด 2 ชุด และ PT	**หม้อแปลงขดลวด 3 ชุด**		**BCT**
HV - LV	HV - LV1	HV–G+LV1,2	CT - Winding
HV – G + LV	HV - LV2	LV1 – G+HV	CT – G
LV – G + HV	LV1 - LV2	LV2 – G+HV	

หมายเหตุ HV = ขดลวดแรงสูง
LV = ขดลวดแรงต่ำ
G = ตัวถังหม้อแปลง หรือ กราวด์
LV1 = ขดลวดแรงต่ำชุดที่ 1
LV2 = ขดลวดแรงต่ำชุดที่ 2
BCT =CT ที่ประกอบอยู่ในหม้อแปลง
PT =Potential transformer

ตาราง 3.4 ค่าที่ยอมรับได้ที่อุณหภูมิ < 40 องศาเซลเซียส อ้างอิงตามมาตรฐาน : IEEE C57.12.90

System voltage	Transformer และ PT		BCT
	M Ω	PI.	M Ω
< 0.6 kV	> 10	> 2.0	> 1000
< 7.2 kV	> 100		
< 36 kV	> 500		
> 36 kV	> 1000		

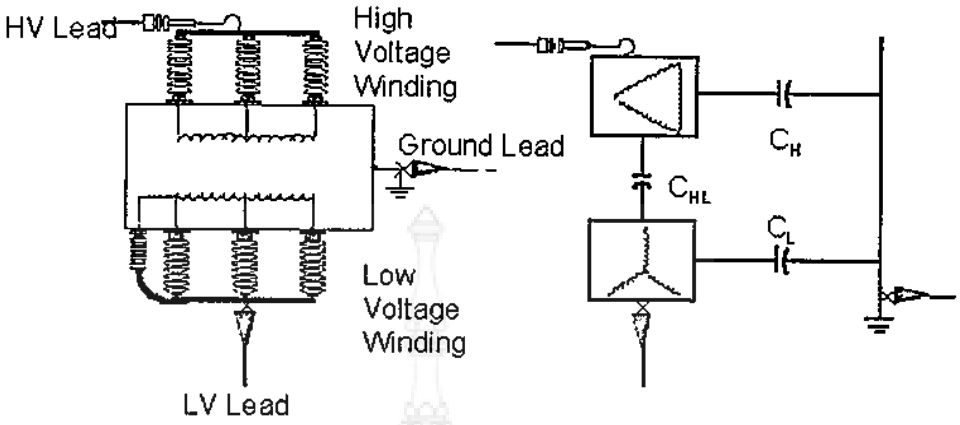


ภาพ 3.8 วงจรการวัดค่าความเป็นฉนวนกระแสตรง

3.3.7 การวัดค่าความสูญเสียของไดอิเล็กทริก (Insulation power factor test) ทำการวัดตามมาตราฐาน IEEE Std. 62-1995 ซึ่งมีเกณฑ์การยอมรับ ต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.5% P.F การวัดค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ของฉนวน (Insulation power factor test) เพื่อตรวจสอบคุณภาพของฉนวนหม้อแปลงว่ายังมีความมีประสิทธิภาพความเป็นฉนวนอยู่หรือไม่

วิธีการทดสอบ

- ใช้เครื่องทดสอบ Doble M4000
- แรงดันที่ใช้ในการทดสอบต้องไม่เกิน 10 Kv
- Terminal ด้านแรงสูงและแรงต่ำต้อง Short circuit
- วงจรที่ใช้ในการทดสอบตามภาพด้านล่าง

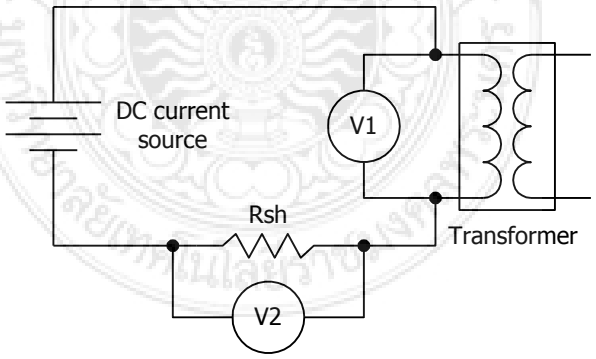


ภาพ 3.9 วงจรการทดสอบค่าเพาว์เวอร์แฟคเตอร์ของหม้อแปลงไฟฟ้า

เกณฑ์การยอมรับ : Insulation power factor at 20°C < 0.5 %

อ้างอิงตามมาตราฐาน : IEEE C 57.12.90

3.3.8 การวัดค่าความด้านทานของขดลวด (Winding resistance measurement test) ทำการวัดตามมาตรฐาน IEEE Std. 62-1995 ซึ่งมีเกณฑ์การยอมรับ +/- 5% เปรียบเทียบผลการวัดที่ออกจากโรงงาน



ภาพ 3.10 แสดงวงจรวัดกระแสแบบวัดโดยใช้ Rsh

วิธี Volt-Ampere

1) โดยป้อนกระแสตรงเข้าไปในขดลวดแล้วอ่านค่ากระแส (หรือแรงดันตกคร่อม Rsh) และ แรงดันตกคร่อมขดลวด ค่าความต้านทานจะคำนวณ โดยใช้กฎของโอห์ม

$$R = \frac{V1}{V2} \times Rsh$$

เมื่อ V1, V2 = แรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จาก Voltmeter

Rsh = Shunt resistor

2) กระแสตรงที่ป้อนประมาณไม่เกิน 15% ของ rated current ของขดลวดที่วัด เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความร้อนภายในขดลวด IEEEC57.12.90 (min-maxสุดเท่าไร เพราะถ้าขดลวดร้อนแล้วจะทำให้วัดค่าความต้านทานผิด)

3) สายวัดแรงดัน และ สายวัดผลของกระแส จะต่อใกล้ขั้วของขดลวดให้มากที่สุดเท่าที่ทำได้

4) ภายหลังการป้อนกระแสตรงให้กลับขดลวดแล้วจะต้องให้ระดับแรงดันตกคร่อมขดลวด (V1) คงที่ก่อน ถึงจะบันทึกผลของแรงดัน และ กระแส (หรือ แรงดัน V2 ที่ตกคร่อม Rsh) เนื่องจากผลของ time constant ที่เกิดขึ้นของความเหนี่ยวนำในขดลวด อ้างอิงมาตรฐาน : IEC 60076-1

3.3.9 วัดค่าความเป็นฉนวนของน้ำมันหม้อแปลง (Dielectric breakdown test)

เป็นวิธีการที่กำหนดขึ้นเพื่อหาแรงดัน Breakdown ของฉนวนน้ำมันเพื่อเป็นเกณฑ์ในการตรวจรับน้ำมันใหม่หรือน้ำมันที่ใช้กับอุปกรณ์ทางไฟฟ้าหรือน้ำมันเก่าที่ใช้งานแล้วเพื่อการบำรุงรักษาสภาพน้ำมันให้อยู่ในสภาพที่เป็นฉนวนที่ค่าความเป็นฉนวนที่ยอมรับได้ โดยใช้เป็นเกณฑ์ที่ใช้อ้างอิงร่วมกันระหว่างผู้ผลิตและผู้ตรวจรับ โดยมาตรฐานต่างๆจะเป็นดัชนีหรือตัวชี้ผลที่มีนัยสำคัญแตกต่างกันขึ้นอยู่กับอิเล็คโตรดที่ใช้ รูปทรงของอิเล็คโตรดส่งผลให้มีผลต่อความเข้มสนามไฟฟ้าในแต่ละอิเล็คโตรดแตกต่างกัน ความไวในการตรวจวัดของสารเจือปนก็จะแตกต่างกันด้วย

ตาราง 3.5 แสดง Electrode ตามมาตรฐานต่างๆ อ้างอิงตามมาตรฐาน : ASTM D 1816

Standard	Electrode	Gap (mm.)	N / smpl.	ค่าเฉลี่ย / เฉลี่ยเบี่ยงเบน ที่ยอมรับได้
ASTM D877-02	Cylinder	2.5	5	Value >30 kV, breakdown range <92% (151%)
IEC 60156	Mushroom	2.5	6	Specified value ,Test data dispersion on graphic
	Spherical	2.5	6	Specified value ,Test data dispersion on graphic
ASTM D1816	Mushroom	2.0	5 หรือ 10	Value>28*,>56*,Ratio $S / \overline{X}$ มีค่าไม่เกิน 0.1

เกณฑ์การยอมรับ_: ค่าเฉลี่ยของแรงดันที่ได้ $\geq$ 50 kV

3.4 การทดสอบทางเคมี

3.4.1 การวิเคราะห์ก๊าซที่เจือปนอยู่ในน้ำมัน (Dissolve Gas Analysis) (DGA) ทำการวัดตามมาตรฐาน ASTM D3612 ซึ่งมีเกณฑ์การยอมรับตามมาตรฐาน เพื่อตรวจสอบปริมาณก๊าซแต่ละชนิดที่ละลายอยู่ในน้ำมันหม้อแปลง โดยพิจารณาก๊าซที่พบในน้ำมันหม้อแปลงเทียบกับมาตรฐานที่กำหนดบ่งชี้ถึงความเสียหายหม้อแปลงหรือไม่

3.4.2 การวัดค่าความชื้นในฉนวนน้ำมัน (Moisture Content) ทำการวัดตามมาตรฐาน ASTM D1533-12 ซึ่งมีเกณฑ์การยอมรับ ต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับ 10 ppm. เป็นการหาปริมาณน้ำในฉนวน เช่น น้ำมันหม้อแปลง น้ำมันซิลิโคน เป็นต้น โดยวิธีทางเคมีเรียกว่า Karl Fischer ซึ่งจะทำให้ทราบปริมาณน้ำที่ฝังตัวอยู่กับฉนวนน้ำมันที่มีปริมาตรของน้ำในหน่วย ppm ในการบวนการทำงานทางเคมี

Karl Fischer เป็นวิธีการไตรเตรทโดยการเติมสารละลายซึ่งประกอบไปด้วย Iodine ion, Sulfur dioxide และ Alcohol เข้าไปใน Cell สำหรับการไตรเตรทและทำการวัดค่าความชื้นโดยการวัดปริมาณ Iodine ที่ใช้ในการไตรเตรท ปฏิกิริยาทางเคมีในการบวนการ Karl Fischer 1 mole ของน้ำจะทำปฏิกิริยาพอดีกับ 1 mole ของ Iodine ในสารละลายที่ประกอบด้วย Iodine ions, Sulfur dioxide, base and alcohol จากการทดสอบตามข้อหัวการทดสอบทั้ง 9 รายการทางไฟฟ้า และ 2 รายการทางเคมีแล้วนั้น จะได้ผลลัพธ์ออกเป็น 4 กลุ่ม ตามตาราง 3.6

ตาราง 3.6 ตารางใช้ในการจัดกลุ่มปัญหาที่เกิดขึ้นกับหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง

No.	Test Items.	กลุ่ม 1	กลุ่ม 2	กลุ่ม 3	กลุ่ม 4
1	การวัดค่าอัตราส่วนของขดลวดและการกระจัดเฟส	/	X	/	/
2	การวัดกระแสกระตุ้น โดยใช้แหล่งจ่ายไฟแบบ 1 เฟส แรงดันต่ำ	/	/	X	/
3	การวัดค่า Leakage Impedance 1 เฟส	/	X	/	/
4	การวัดค่าอิมพีแดนซ์เทียบเท่าสามเฟส	/	X	/	/
5	การวิเคราะห์การตอบสนองความถี่ต่อเนื่อง	/	X	X	/
6	การวัดค่าความเป็นฉนวนกระแสตรง	/	/	/	/
7	การวัดค่าความสูญเสียของไดอิเล็กทริก	/	/	/	/
8	การวัดค่าความต้านทานของขดลวด	/	X	/	/
9	วัดค่าความเป็นฉนวนของน้ำมันหม้อแปลง	/	/	/	/
10	การวิเคราะห์ก๊าซที่เจือปนอยู่ในน้ำมัน	/	/	/	x
11	การวัดค่าความชื้นในฉนวนน้ำมัน	/	x	x	x
	Result.	Normal	Winding	Core	Acc.

หมายเหตุ / ผ่านตามข้อกำหนดการทดสอบ (Criteria)
X ไม่ตามข้อกำหนดการทดสอบ (Criteria)

จากตาราง 3.6 สามารถจัดกลุ่มปัญหาที่เกิดขึ้นกับหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังดังต่อไปนี้

กลุ่ม 1 ผลการทดสอบทางไฟฟ้าและทางเคมี ผ่านตามมาตรฐานการทดสอบทั้ง 11 รายการ

กลุ่ม 2 ผลการทดสอบไม่ผ่านในหัวข้อ 1,3,4,5,8,11 ตามตารางจัดกลุ่มปัญหาที่เกิดขึ้นกับหม้อแปลงไฟฟ้าตาราง 1 แสดงว่าหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเกิดความเสียหายขึ้นกับขดลวด ซึ่งการจัดการความเสียหายที่เกิดขึ้นนั้นจะต้องส่งหม้อแปลงกลับโรงงานผู้ผลิต ไม่สามารถเปิดหม้อแปลงไฟฟ้าซ่อมที่สถานีไฟฟ้าได้

กลุ่ม 3 ผลการทดสอบไม่ผ่านในหัวข้อ 2,5,11 ตามตารางจัดกลุ่มปัญหาที่เกิดขึ้นกับหม้อแปลงไฟฟ้าตามตาราง 1 แสดงว่าหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเกิดความเสียหายขึ้นกับแกนเหล็ก ซึ่งการจัดการความเสียหายที่เกิดขึ้นนั้นจะต้องส่งหม้อแปลงกลับโรงงานผู้ผลิต ไม่สามารถเปิดหม้อแปลงไฟฟ้าซ่อมที่สถานีไฟฟ้าได้

กลุ่ม 4 ผลการทดสอบทางไฟฟ้าผ่านตามข้อกำหนด (Criteria) แต่ผลการทดสอบทางเคมีของฉนวนน้ำมันไม่ผ่านตามข้อกำหนด (Criteria) แสดงว่าน้ำมันหม้อแปลงผิดปกติ มีสารอื่นเจือปนผสมอยู่ในน้ำมันหม้อแปลง หรือมีปริมาณความชื้นผสมเกินว่าข้อกำหนด

หมายเหตุ

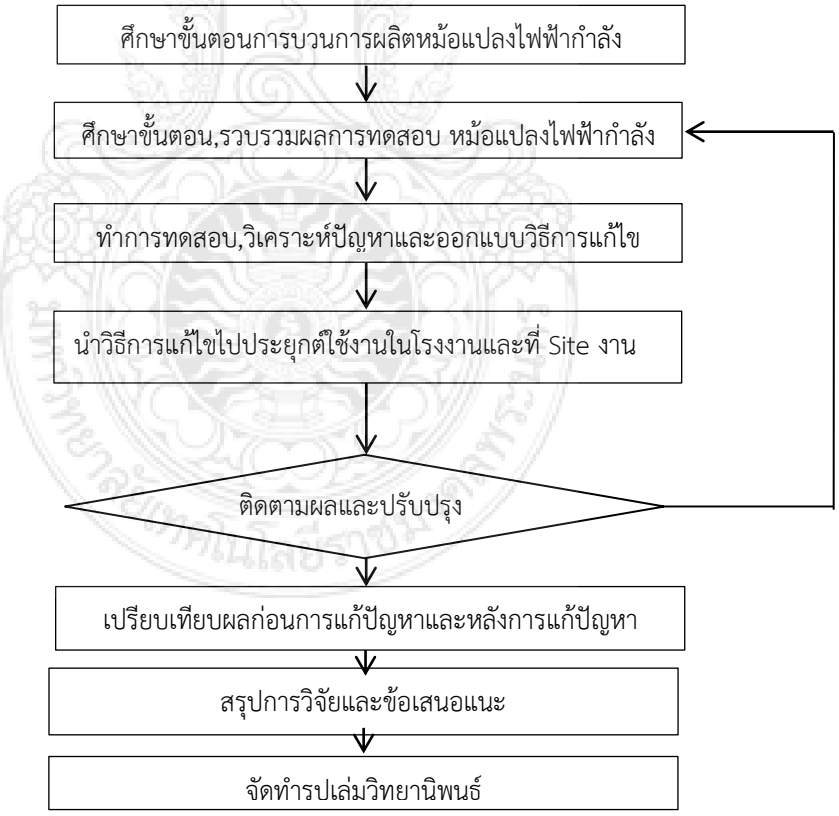
รายการทดสอบที่ไม่ผ่านตามข้อกำหนด (Criteria) ของแต่ละ CASE เป็นรายการขั้นต่ำ ซึ่งอาจจะไม่ผ่านได้มากกว่ารายการในตารางดังกล่าวแต่ต้องน้อยกว่า CASE ที่รุนแรงกว่า

บทที่ 4

กระบวนการทดสอบ

ในการศึกษาเพื่อปรับปรุงกระบวนการทดสอบ การหาเหตุเสียที่เกิดกับหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังโดยวิธีการทดสอบตามหลักการทางวิศวกรรมไฟฟ้า และทางเคมีเพื่อนำผลลัพธ์ที่ได้มาวิเคราะห์และเปรียบเทียบกับตารางแปรผลใช้ในการจัดกลุ่มปัญหาที่เกิดขึ้นกับหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง เพื่อนำไปสู่การตัดสินใจแก้ไขเหตุเสียที่เกิดขึ้นกับหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง

4.1 วิธีดำเนินการวิจัย



ภาพ 4.1 แสดง Flow chart วิธีดำเนินการวิจัย

4.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการวิจัย

1) เครื่องมือวัดอัตราส่วนของขดลวด

2) มัลติมิเตอร์

3) เครื่องมือวัดค่าความเป็นฉนวน

4) เครื่อวัดค่าเพาว์เวอร์แฟคเตอร์

5) เครื่องวัดค่าความต้านทานของขดลวด

6) เครื่องวัดค่าความเป็นฉนวนของน้ำมันหม้อแปลง

4.3 เก็บรวบรวมข้อมูล

ในการเก็บรวบรวมข้อมูลนั้นได้มาจากบันทึกประวัติการเข้าตรวจสอบความเสียของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังโดย โดยหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังที่เข้าตรวจสอบเป็นหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังของ บริษัท ถิรไทย จำกัด (มหาชน) ตั้งแต่ปี พ.ศ 2550 จนถึงปัจจุบัน นำผลการทดสอบมาวิเคราะห์เพื่อแยกสาเหตุออกเป็นกลุ่มต่างๆ ได้ 4 กลุ่ม จากการรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการทดสอบเสร็จสิ้นเรียบร้อยแล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อแปรผลและสรุปผลการทดสอบ

4.4 ตารางแปรผลการทดสอบ

ตารางที่ 4.1 ตารางแปรผลใช้ในการจัดกลุ่มปัญหาที่เกิดขึ้นกับหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง

No.	Test Items.	กลุ่ม 1	กลุ่ม 2	กลุ่ม 3	กลุ่ม 4
1	Measurement Voltage Ratio and Check phase displacement	/	X	/	/
2	Single phase low voltage Exciting Measurement	/	/	X	/
3	Single phase leakage impedance	/	X	/	/
4	Three phase short circuit impedance Measurement	/	X	/	/
5	Sweep frequency respond analysis	/	X	X	/
6	Insulation resistance test	/	/	/	/
7	Insulation power factor test	/	/	/	/
8	Winding resistance measurement test	/	X	/	/
9	Dielectric breakdown test	/	/	/	/
10	Moisture content	/	/	/	x
11	Dissolve Gas Analysis	/	x	x	x
	Result.	Normal	Winding	Core	Acc.

หมายเหตุ / ผ่านตามข้อกำหนดการทดสอบ

X ไม่ตามข้อกำหนดการทดสอบ

จากตาราง 4.1 สามารถจัดกลุ่มตัวอย่างปัญหาที่เกิดขึ้นกับหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังดังต่อไปนี้

กลุ่ม 1 ผลการทดสอบทางไฟฟ้าและทางเคมีผ่านตามมาตรฐานการทดสอบทั้ง 11 รายการ ตามตาราง4.1

กลุ่ม 2 ผลการทดสอบไม่ผ่านในหัวข้อ 1,3,4,5,8,11 ตามตารางกลุ่มปัญหาที่เกิดขึ้นกับหม้อแปลงไฟฟ้าแสดงว่าหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเกิดความเสียหายขึ้นกับขดลวด ซึ่งการจัดการความเสียหายที่เกิดขึ้นนั้นจะต้องส่งหม้อแปลงกลับโรงงานผู้ผลิต ไม่สามารถเปิดหม้อแปลงไฟฟ้าซ่อมที่สถานีไฟฟ้าได้

กลุ่ม 3 ผลการทดสอบไม่ผ่านในหัวข้อ 2,5,11 ตามตารางจัดกลุ่มปัญหาที่เกิดขึ้นกับหม้อแปลงไฟฟ้าแสดงว่าหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเกิดความเสียหายขึ้นกับแกนเหล็ก ซึ่งการจัดการความเสียหายที่เกิดขึ้นนั้นจะต้องส่งหม้อแปลงกลับโรงงานผู้ผลิต ไม่สามารถเปิดหม้อแปลงไฟฟ้าซ่อมที่สถานีไฟฟ้าได้

กลุ่ม 4 ผลการทดสอบไฟฟ้าผ่านตามข้อกำหนดแต่ผลการทดสอบทางเคมีของฉนวนน้ำมันไม่ผ่านตามข้อกำหนด แสดงว่าน้ำมันหม้อแปลงผิดปกติ มีสารอื่นเจือปนผสมอยู่ในน้ำมันหม้อแปลง หรือมีปริมาณความชื้นผสมเกินว่าข้อกำหนด

หมายเหตุ: รายการทดสอบที่ไม่ผ่านตามข้อกำหนดของแต่ละกลุ่มเป็นรายการขั้นต่ำ ซึ่งอาจจะไม่ผ่านได้มากกว่ารายการในตารางดังกล่าวแต่ต้องน้อยกว่ากลุ่มที่รุนแรงกว่า

4.5 การนำไปใช้งาน

ทำการทดสอบหม้อแปลงฟ้ากำลังที่เกิดเหตุเสียจำนวน 20 เครื่อง เพื่อนำผลการทดสอบมาแปรผลตามตารางที่ 1 และกำหนดทิศทางการแก้ไขต่อไป

หัวข้อการทดสอบ

1) การวัดค่าอัตราส่วนของขดลวดและการกระจัดเฟส (Measurement Voltage Ratio and Check phase displacement) ตามวงจรการทดสอบภาพ 3.2 ทำการวัดตามมาตรฐาน IEEE Std. 62-1995 ซึ่งมีเกณฑ์การยอมรับ +/- 0.5% ของผลการวัดจาก Name plate โรงงานผู้ผลิต

ภาพ 4.2 ทดสอบอัตราส่วนของขดลวดของหม้อแปลงไฟฟ้า

2) การวัดกระแสกระตุ้น โดยใช้แหล่งจ่ายไฟแบบ 1 เฟส แรงดันต่ำ (Single phase low voltage Exciting Measurement.) ตามวงจรภาพ 3.3 ทำการวัดตามมาตราฐาน IEEE Std. 62-1995 ซึ่งมีเกณฑ์การยอมรับ คือ แนวโน้นค่าความแตกระหว่างเฟสไปในทิศทางเดียวกับค่าจากการวัดเริ่มต้นจากโรงงานผลิต

ภาพ 4.3 การทดสอบวัดกระแสกระตุ้น โดยใช้แหล่งจ่ายไฟแบบ 1 เฟส แรงดันต่ำ

3) การวัดค่า Leakage Impedance 1 เฟส (Single phase leakage impedance) ตามวงจรการทดสอบภาพ 3.3 ทำการวัดตามมาตรฐานของโรงงานผลิตหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง ซึ่งมีเกณฑ์การยอมรับ คือการวัดเปรียบเทียบทั้ง 3 เฟส ต้องไม่เกิน 3%

ภาพ 4.4 ทดสอบค่า Leakage Impedance 1 เฟส

4) การวัดค่าอิมพีแดนซ์เทียบเท่าสามเฟส (Three phase short circuit impedance Measurement) ตามวงจรการทดสอบภาพ 3.5 ทำการวัดตามมาตรฐาน IEEE Std. 62-1995 ซึ่งมีเกณฑ์การยอมรับ +/- 3% ของผลการวัดจาก Name plate โรงงานผู้ผลิต

ภาพ 4.5 การทดสอบวัดค่าอิมพีแดนซ์เทียบเท่าสามเฟส

5) การวิเคราะห์การตอบสนองความถี่ต่อเนื่อง (Sweep frequency responds analysis) ตามวิธีการทดสอบภาพ 3.6 ทำการวัดตามมาตรฐาน IEEE Std. 62-1995 ซึ่งมีเกณฑ์การยอมรับ โดยการเทียบกราฟจากการวัดเริ่มจากโรงงานผู้ผลิต

ภาพ 4.6 วิเคราะห์การตอบสนองความถี่ต่อเนื่อง

6) การวัดค่าความเป็นฉนวนกระแสตรง (Insulation resistance test) ตามวงจรการทดสอบภาพ 3.7 ทำการวัดตามมาตรฐาน IEEE Std. 62-1995 ซึ่งมีเกณฑ์การยอมรับ ค่าความเป็นฉนวนต้องค่าในใกล้เคียงกับผลการวัดจากโรงงานผู้ผลิต

ภาพ 4.7 การวัดค่าความเป็นฉนวนกระแสตรง

7) การวัดค่าความสูญเสียของไดอิเล็กทริก (Insulation power factor test) ตามวงจรการทดสอบภาพ 4.8 ทำการวัดตามมาตรฐาน IEEE Std. 62-1995 ซึ่งมีเกณฑ์การยอมรับ ต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.5% P.F การวัดค่าเพาเวอร์แฟกเตอของฉนวน (Insulation power factor test) เพื่อตรวจสอบคุณภาพของฉนวนหม้อแปลงว่ายังมีความมีประสิทธิภาพความเป็นฉนวนอยู่หรือไม่

ภาพ 4.8 การวัดค่าความสูญเสียของไดอิเล็กทริก

8) การวัดค่าความด้านทานของขดลวด (Winding resistance measurement test) ตามวงจรการทดสอบภาพ 4.9 ทำการวัดตามมาตรฐาน IEEE Std. 62-1995 ซึ่งมีเกณฑ์การยอมรับ +/- 5% เปรียบเทียบผลการวัดที่ออกจากโรงงานผู้ผลิต

ภาพ 4.9 การวัดค่าความต้านทานของขดลวด

9) วัดค่าความเป็นฉนวนของน้ำมันหม้อแปลง (Dielectric breakdown test) เป็นวิธีการที่กำหนดขึ้นเพื่อหาแรงดันสูงสุดที่คงทนอยู่ได้ของฉนวนน้ำมันเพื่อเป็นเกณฑ์ในการตรวจรับน้ำมันใหม่หรือน้ำมันที่ใช้กับอุปกรณ์ทางไฟฟ้าหรือน้ำมันเก่าที่ใช้งานแล้วเพื่อการบำรุงรักษาสภาพน้ำมันให้อยู่ในสภาพที่เป็นฉนวนที่ค่าความเป็นฉนวนที่ยอมรับได้ โดยใช้เป็นเกณฑ์ที่ใช้อ้างอิงร่วมกันระหว่างผู้ผลิตและผู้ตรวจรับ โดยมาตรฐานต่างๆจะเป็นดัชนีหรือตัวชี้ผลที่มีนัยสำคัญแตกต่างกันขึ้นอยู่กับอิเล็คโตรดที่ใช้ รูปทรงของอิเล็คโตรดส่งผลให้มีผลต่อความเข้มสนามไฟฟ้าในแต่ละอิเล็คโตรตแตกต่างกัน ความไวในการตรวจวัดของสารเจือปนก็จะแตกต่างกันด้วย

ภาพ 4.10 วัดค่าความเป็นฉนวนของน้ำมันหม้อแปลง

10) การวิเคราะห์ก๊าซที่เจือปนอยู่ในน้ำมัน (Dissolve Gas Analysis) (DGA) ทำการวัดตามมาตรฐาน ASTM D3612 ซึ่งมีเกณฑ์การยอมรับตามมาตรฐาน เพื่อตรวจสอบปริมาณก๊าซแต่ละชนิดที่ละลายอยู่ในน้ำมันหม้อแปลง โดยพิจารณาก๊าซที่พบในน้ำมันหม้อแปลงเทียบกับมาตรฐานที่กำหนด ซึ่งสามารถบ่งชี้ถึงความเสียหายหม้อแปลง

ภาพ 4.11 วิเคราะห์ก๊าซที่เจือปนอยู่ในน้ำมัน

11) การวัดค่าความชื้นในฉนวนน้ำมัน (Moisture Content) ทำการวัดตามมาตรฐาน ASTM D1533-12 ซึ่งมีเกณฑ์การยอมรับ ต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับ 10 ppm. เป็นการหาปริมาณน้ำในฉนวน เช่น น้ำมันหม้อแปลง น้ำมันซิลิโคน เป็นต้น โดยวิธีทางเคมีเรียกว่า Karl Fischer ซึ่งจะทำให้ทราบปริมาณน้ำที่ฝังตัวอยู่กับฉนวนน้ำมันที่มีปริมาตรของน้ำในหน่วย ppm ในการบวนการทำงานทางเคมี

ภาพ 4.12 วัดค่าความชื้นในฉนวนน้ำมัน

ตาราง 4.2 ตารางผลการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง

ลำดับ	ขนาด (MVA)	ระดับแรงดัน (kV)	หัวข้อการทดสอบ											กลุ่ม
			ทางไฟฟ้า									ทางเคมี		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	10/15 MVA	115 kV – 22 kV	/	/	/	/	-	/	/	/	/	x	x	4
2	12 MVA	115 kV – 22 kV	x	/	x	x	-	/	/	/	/	x	/	2
3	25 MVA	115 kV – 6.9 kV	/	/	/	/	-	x	/	/	/	/	/	4
4	30/40/50 MVA	115 kV – 23.1-11 kV	/	/	/	/	-	/	/	/	/	/	/	1
5	15 MVA	115 kV – 22 kV	x	/	x	x	-	/	/	x	/	/	x	2
6	15/20/25 MVA	33.1 kV – 11.3 kV	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1
7	38.5/55 MVA	117 kV – 11 kV	/	x	x	/	x	/	/	/	x	/	/	3
8	24/30 MVA	115 kV – 22 kV	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1
9	15/20/25 MVA	115 kV – 33 kV	/	/	x	/	/	/	/	/	x	/	/	3
10	20/25 MVA	115 kV – 11 kV	/	x	x	x	x	/	/	/	/	x	x	3
11	20/25 MVA	115 kV – 23.1 kV	/	/	/	x	/	/	/	/	x	/	/	4
12	16/20 MVA	115 kV – 22 kV	/	/	x	/	/	/	/	/	/	/	x	4
13	36/48/60 MVA	112 kV – 24 kV	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	x	4
14	30/40/50 MVA	115 kV – 34.65 kV	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	x	4
15	27 MVA	22 kV – 6.6 kV	x	/	x	x	x	/	/	x	/	/	/	2
16	12.5 MVA	115 kV – 22 kV	/	/	/	/	/	/	/	/	/	x	/	4
17	50/60 MVA	115 kV – 11 kV	/	/	/	/	/	/	/	/	/	x	x	4
18	30/40/50 MVA	115 kV – 23.1 kV	x	/	x	x	x	/	/	x	/	/	x	2
19	15/18 MVA	115 kV – 3.15 kV	/	x	/	/	x	x	x	x	x	x	x	3
20	8 MVA	115 kV – 22 kV	/	/	/	/	/	/	/	x	/	/	/	1

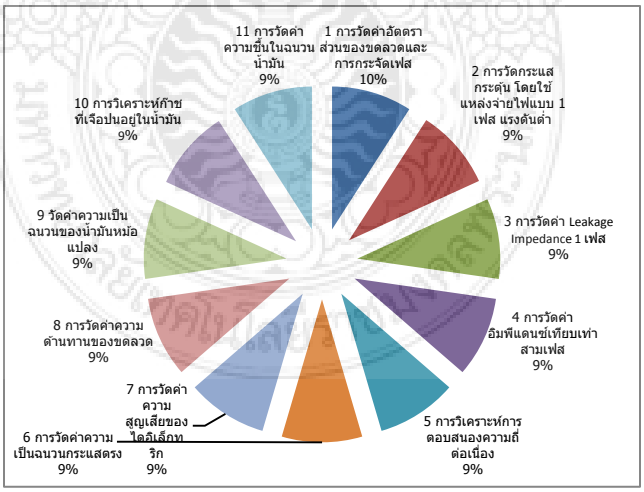
หมายเหตุ / ผ่านตามมาตรฐานการทดสอบ x ไม่ผ่านตามมาตรฐานการทดสอบ - ไม่ได้ทำการทดสอบ

นำผลการประเมินทั้ง 4 กลุ่มมาเขียนกราฟ

กลุ่ม 1 ผลการทดสอบทางไฟฟ้า และทางเคมี ผ่านตามมาตรฐานการทดสอบทั้ง 11 รายการ

ตาราง 4.3 แสดงผลการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในกลุ่มที่ 1

ลำดับ	หัวข้อการทดสอบ	ผลการทดสอบ	คะแนนเต็ม
1	การวัดค่าอัตราส่วนของขดลวดและการกระจัดเฟส	100	100
2	การวัดกระแสกระตุ้น โดยใช้แหล่งจ่ายไฟแบบ 1 เฟส แรงดันต่ำ	100	100
3	การวัดค่า Leakage Impedance 1 เฟส	100	100
4	การวัดค่าอิมพีแดนซ์เทียบเท่าสามเฟส	100	100
5	การวิเคราะห์การตอบสนองความถี่ต่อเนื่อง	100	100
6	การวัดค่าความเป็นฉนวนกระแสตรง	100	100
7	การวัดค่าความสูญเสียของไดอิเล็กทริก	100	100
8	การวัดค่าความต้านทานของขดลวด	100	100
9	วัดค่าความเป็นฉนวนของน้ำมันหม้อแปลง	100	100
10	การวิเคราะห์ก๊าซที่เจือปนอยู่ในน้ำมัน	100	100
11	การวัดค่าความชื้นในฉนวนน้ำมัน	100	100

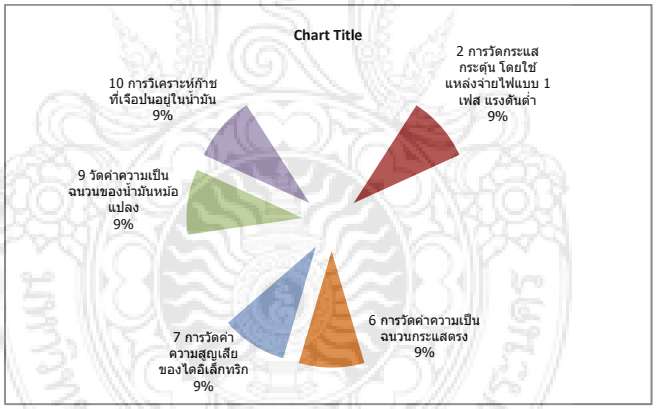


ภาพ 4.13 กราฟแสดงผลการทดสอบในกลุ่มที่ 1

กลุ่ม 2 ผลการทดสอบไม่ผ่านในหัวข้อ 1,3,4,5,8,11 ตามตารางจัดกลุ่มปัญหาที่เกิดขึ้นกับหม้อแปลงไฟฟ้าตาราง1 แสดงว่าหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเกิดความเสียหายขึ้นกับขดลวด ซึ่งการจัดการความเสียหายที่เกิดขึ้นนั้นจะต้องส่งหม้อแปลงกลับโรงงานผู้ผลิต ไม่สามารถเปิดหม้อแปลงไฟฟ้าซ่อมที่สถานีไฟฟ้าได้

ตาราง 4.4 แสดงผลการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในกลุ่มที่ 2

ลำดับ	หัวข้อการทดสอบ	ผลการทดสอบ	คะแนนเต็ม
1	การวัดค่าอัตราส่วนของขดลวดและการกระจัดเฟส	0	100
2	การวัดกระแสกระตุ้น โดยใช้แหล่งจ่ายไฟแบบ 1 เฟส แรงดันต่ำ	100	100
3	การวัดค่า Leakage Impedance 1 เฟส	0	100
4	การวัดค่าอิมพีแดนซ์เทียบเท่าสามเฟส	0	100
5	การวิเคราะห์การตอบสนองความถี่ต่อเนื่อง	0	100
6	การวัดค่าความเป็นฉนวนกระแสตรง	100	100
7	การวัดค่าความสูญเสียของไดอิเล็กทริก	100	100
8	การวัดค่าความต้านทานของขดลวด	0	100
9	วัดค่าความเป็นฉนวนของน้ำมันหม้อแปลง	100	100
10	การวิเคราะห์ก๊าซที่เจือปนอยู่ในน้ำมัน	100	100
11	การวัดค่าความชื้นในฉนวนน้ำมัน	0	100

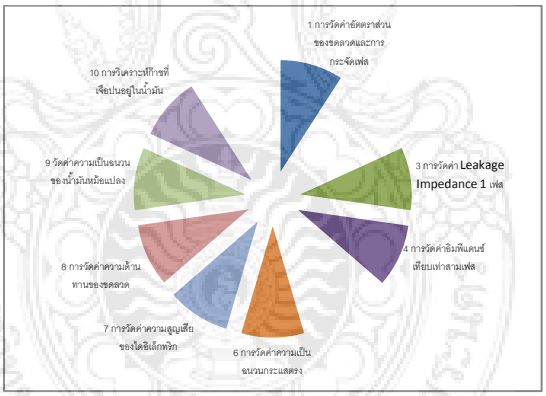


ภาพ 4.14 กราฟแสดงผลการทดสอบในกลุ่มที่ 2

กลุ่ม 3 ผลการทดสอบไม่ผ่านในหัวข้อ 2,5,11 ตามตารางจัดกลุ่มปัญหาที่เกิดขึ้นกับหม้อแปลงไฟฟ้าตามตารางที่ 1 แสดงว่าหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเกิดความเสียหายขึ้นกับแกนเหล็ก ซึ่งการจัดการความเสียหายที่เกิดขึ้นนั้นจะต้องส่งหม้อแปลงกลับโรงงานผู้ผลิต ไม่สามารถเปิดหม้อแปลงไฟฟ้าซ่อมที่สถานีไฟฟ้าได้

ตาราง 4.5 แสดงผลการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในกลุ่มที่ 3

ลำดับ	หัวข้อการทดสอบ	ผลการทดสอบ	คะแนนเต็ม
1	การวัดค่าอัตราส่วนของขดลวดและการกระจัดเฟส	100	100
2	การวัดกระแสกระตุ้น โดยใช้แหล่งจ่ายไฟแบบ 1 เฟส แรงดันต่ำ	0	100
3	การวัดค่า Leakage Impedance 1 เฟส	100	100
4	การวัดค่าอิมพีแดนซ์เทียบเท่าสามเฟส	100	100
5	การวิเคราะห์การตอบสนองความถี่ต่อเนื่อง	0	100
6	การวัดค่าความเป็นฉนวนกระแสตรง	100	100
7	การวัดค่าความสูญเสียของไดอิเล็กทริก	100	100
8	การวัดค่าความต้านทานของขดลวด	100	100
9	วัดค่าความเป็นฉนวนของน้ำมันหม้อแปลง	100	100
10	การวิเคราะห์ก๊าซที่เจือปนอยู่ในน้ำมัน	100	100
11	การวัดค่าความชื้นในฉนวนน้ำมัน	0	100

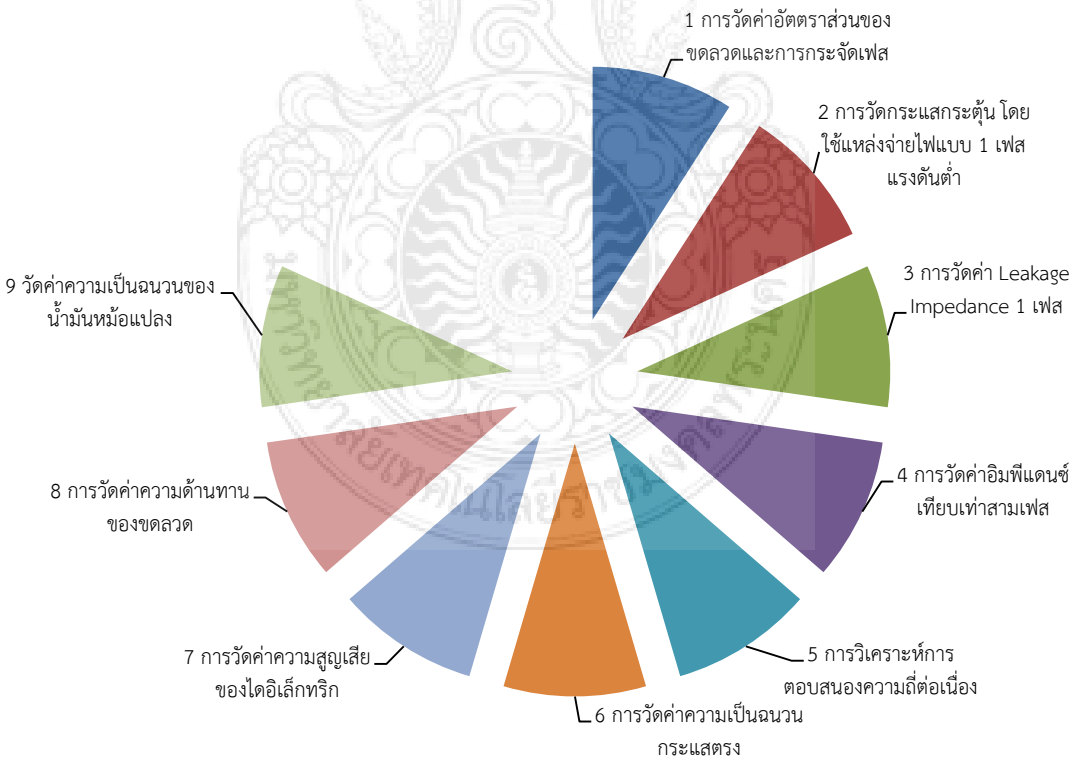


ภาพ 4.15 กราฟแสดงผลการทดสอบในกลุ่มที่ 3

กลุ่ม 4 ผลการทดสอบไม่ผ่านในหัวข้อ 2,5,11 ตามตารางจัดกลุ่มปัญหาที่เกิดขึ้นกับหม้อแปลงไฟฟ้าตามตารางที่ 1 แสดงว่าหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเกิดความเสียหายขึ้นกับแกนเหล็ก ซึ่งการจัดการความเสียหายที่เกิดขึ้นนั้นจะต้องส่งหม้อแปลงกลับโรงงานผู้ผลิต ไม่สามารถเปิดหม้อแปลงไฟฟ้าซ่อมที่สถานีไฟฟ้าได้

ตาราง 4.6 แสดงผลการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในกลุ่มที่ 4

ลำดับ	หัวข้อการทดสอบ	ผลการทดสอบ	คะแนนเต็ม
1	การวัดค่าอัตราส่วนของขดลวดและการกระจัดเฟส	100	100
2	การวัดกระแสกระตุ้น โดยใช้แหล่งจ่ายไฟแบบ 1 เฟส แรงดันต่ำ	100	100
3	การวัดค่า Leakage Impedance 1 เฟส	100	100
4	การวัดค่าอิมพีแดนซ์เทียบเท่าสามเฟส	100	100
5	การวิเคราะห์การตอบสนองความถี่ต่อเนื่อง	100	100
6	การวัดค่าความเป็นฉนวนกระแสตรง	100	100
7	การวัดค่าความสูญเสียของไดอิเล็กทริก	100	100
8	การวัดค่าความต้านทานของขดลวด	100	100
9	วัดค่าความเป็นฉนวนของน้ำมันหม้อแปลง	100	100
10	การวิเคราะห์ก๊าซที่เจือปนอยู่ในน้ำมัน	0	100
11	การวัดค่าความชื้นในฉนวนน้ำมัน	0	100



ภาพ 4.16 กราฟแสดงผลการทดสอบในกลุ่มที่ 4

บทที่ 5

ผลการวิจัยและพัฒนา

5.1 ผลการวิจัย (Results)

ที่มาของผลวิจัยนี้ได้มาจากบันทึกประวัติการเข้าตรวจสอบความเสียหายของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังโดย บริษัท ถิรไทย จำกัด (มหาชน)จำนวน 15 เครื่อง ตั้งแต่ปี พ.ศ 2550 - 2555 และได้จากการไปทดสอบจริงที่สถานีไฟฟ้าโดยผู้ทำวิจัย จำนวน 5 เครื่อง ช่วงเดือน มีนาคม 2555 – ปัจจุบัน รวมเป็น 20 เครื่อง ดังผลการทดสอบตาม ตาราง 5.1

ตาราง 5.1 ตารางผลการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง

ลำดับ	ขนาด (MVA)	ระดับแรงดัน (kV)	หัวข้อการทดสอบ											กลุ่ม	การแก้ไขเหตุเสียที่เกิดขึ้นจริง
			ทางไฟฟ้า									ทางเคมี			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
1	10/15 MVA	115 kV – 22 kV	/	/	/	/	-	/	/	/	/	x	x	4	Factory
2	12 MVA	115 kV – 22 kV	x	/	x	x	-	/	/	/	/	x	/	2	Factory
3	25 MVA	115 kV – 6.9 kV	/	/	/	/	-	x	/	/	/	/	/	4	Factory
4	30/40/50 MVA	115 kV – 23.1-11 kV	/	/	/	/	-	/	/	/	/	/	/	1	Factory
5	15 MVA	115 kV – 22 kV	x	/	x	x	-	/	/	x	/	/	x	2	Factory
6	15/20/25 MVA	33.1 kV – 11.3 kV	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1	Factory
7	38.5/55 MVA	117 kV – 11 kV	/	x	x	/	x	/	/	/	x	/	/	3	Factory
8	24/30 MVA	115 kV – 22 kV	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1	Factory
9	15/20/25 MVA	115 kV – 33 kV	/	/	x	/	/	/	/	/	x	/	/	3	Factory
10	20/25 MVA	115 kV – 11 kV	/	x	x	x	x	/	/	/	/	x	x	3	Factory
11	20/25 MVA	115 kV – 23.1 kV	/	/	/	x	/	/	/	/	x	/	/	4	Factory
12	16/20 MVA	115 kV – 22 kV	/	/	x	/	/	/	/	/	/	/	x	4	Factory
13	36/48/60 MVA	112 kV – 24 kV	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	x	4	Factory
14	30/40/50 MVA	115 kV – 34.65 kV	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	x	4	Factory
15	27 MVA	22 kV – 6.6 kV	x	/	x	x	x	/	/	x	/	/	/	2	Factory
16	12.5 MVA	115 kV – 22 kV	/	/	/	/	/	/	/	/	/	x	/	4	Site.
17	50/60 MVA	115 kV – 11 kV	/	/	/	/	/	/	/	/	/	x	x	4	Site.
18	30/40/50 MVA	115 kV – 23.1 kV	x	/	x	x	x	/	/	x	/	/	x	2	Factory
19	15/18 MVA	115 kV – 3.15 kV	/	x	/	/	x	x	x	x	x	x	x	3	Factory
20	8 MVA	115 kV – 22 kV	/	/	/	/	/	/	/	x	/	/	/	1	Site.

หมายเหตุ / ผ่านตามมาตรฐานการทดสอบ x ไม่ผ่านตามมาตรฐานการทดสอบ - ไม่ได้ทำการทดสอบ

อธิบายผลการวิจัย

จากการวินิจฉัยผลตามตารางที่ 2 จะสามารถแยกออกได้เป็น 4 Case ตามที่กล่าวมาตามวิธีวิจัย ดังนั้นเราสามารถนำผลแต่ละ Case มาตัดสินใจเพื่อมาปฏิบัติให้สอดคล้องกับลักษณะของปัญหา คือ

กลุ่ม 1 ผลปกติ (Normal) ให้ตรวจสอบความเรียบร้อยอื่นๆ จากนั้นสามารถนำหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังกลับเข้าระบบส่งจ่ายไฟฟ้าต่อไป และใช้เวลาในการตรวจสอบและแก้ไขไม่นาน

กลุ่ม 2 ผลความเสียหายเกิดกับขดลวดภายในหม้อแปลงไฟฟ้า ในกรณีนี้จำเป็นต้องนำหม้อแปลงไฟฟ้ากลับโรงงานผู้ผลิต เพื่อดำเนินการซ่อมขดลวด หรือเปลี่ยนขดลวดใหม่ ซึ่งต้องใช้เครื่องจักรขนาด

ใหญ่ในการปฏิบัติงาน เช่น Winding machine, Drying process, Overhead crane ซึ่งต้องใช้เวลาในการแก้ไขเหตุเสียมาก

กลุ่ม 3 ผลความเสียหายเกิดกับแกนเหล็กภายในหม้อแปลงไฟฟ้า ในกรณีนี้ก็เช่นเดียวกันต้องนำหม้อแปลงกลับโรงงานผู้ผลิต เพื่อทำการซ่อมแกนเหล็ก, เปลี่ยนแกนเหล็ก หรือเรียงแกนเหล็กใหม่ ซึ่งต้องใช้เครื่องจักรขนาดใหญ่และเฉพาะทางในการปฏิบัติงาน ซึ่งต้องใช้เวลาในการแก้ไขเหตุเสียมาก

กลุ่ม 4 ผลความเสียหายเกิดกับอุปกรณ์ประกอบส่วนต่างๆ ภายในหม้อแปลงไฟฟ้า ซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับแกนเหล็กและขดลวด เช่น แกน Bushing ด้านแรงสูงและด้านแรงต่ำ, จุดต่อต่างๆหลวม, Current transformer, Moisture in oil เป็นต้น ซึ่งเหตุเสียเหล่านี้สามารถแก้ไขได้ที่สถานีไฟฟ้า ไม่ต้องนำหม้อแปลงไฟฟ้ากลับไปยังโรงงานผู้ผลิต ยกตัวอย่างเช่น เหตุเสียที่เกิดกับแกน Bushing ด้านแรงสูงและแรงต่ำ และใช้เวลาในการแก้ไขมานาน ทำการแก้ไขโดยการลดระดับน้ำหม้อแปลงไฟฟ้าที่อยู่ภายให้ต่ำกว่าฝาหม้อแปลงไฟฟ้าประมาณ 20-30 เซนติเมตร จากนั้นทำการตัดต่อหรือเปลี่ยนแกน Bushing ใหม่ และทำการแว็คคัมและเติมน้ำหม้อแปลงกลับเข้าหม้อแปลงไฟฟ้าเหมือนเดิมเหตุเสียที่เกิดกับน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้า มีปริมาณความชื้นสูงเกินมาตรฐานในน้ำมัน ทำการแก้ไขโดยการกรองน้ำมันหม้อแปลง(Hot oil Circulate) เมื่อจบกระบวนการกรองให้นำน้ำมันหม้อแปลงไปทดสอบอีกครั้งเพื่อดูค่าความเปลี่ยนแปลงหลังจากทำการปรับปรุงน้ำมันหม้อแปลงอีกครั้ง

ตาราง 5.2 ตารางแสดงการสัมพันธ์ระหว่างเวลา – ราคา ค่าซ่อมหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังโดยประมาณ

กลุ่ม	ซ่อมที่โรงงาน	ซ่อมที่ Site	ระยะเวลาซ่อม	ต้นทุน
กลุ่ม 1		/	1-3 วัน	120,000 บาท
กลุ่ม 2	/		60-120 วัน	1,820,000 บาท
กลุ่ม 3	/		60-120 วัน	1,550,000 บาท
กลุ่ม 4		/	5-7 วัน	270,000 บาท

จากตาราง 5.2 จะเห็นได้ว่าตัวแปรที่ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายในการแก้ไขเหตุเสียจำนวนมากคือ เวลาที่ใช้ในการแก้ไขเหตุเสีย

ตาราง 5.3 ตารางแสดงค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นกรณีเกิดความเสียเกิดขึ้นกับหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังใน CASE 1 เปรียบเทียบเป็น 2 ลักษณะคือ ค่าใช้จ่ายกรณีนำหม้อแปลงไฟฟ้ากลับซ่อมที่โรงงาน และกรณีซ่อมที่สถานีไฟฟ้า

ลำดับ	รายการ	ราคาค่าดำเนินการ	
		นำกลับมาซ่อมโรงงาน	ซ่อมที่หน้างาน (Site)
1	ค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบเบื้องต้น	20,000	20,000
2	ค่ารื้อถอนหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง	50,000	0
3	ค่าขนส่งหม้อแปลงกลับโรงงาน	50,000	0
4	ค่าซ่อมอุปกรณ์, กระบวนการผลิตหรือแก้ไข	500,000	250,000
5	ค่าขนส่งกลับไป Site งาน	50,000	0
6	ค่าติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง	300,000	0
7	ค่าทดสอบ (Field test & Function test)	50,000	50,000
รวมเป็นเงินทั้งสิ้น		1,020,000	320,000

จากตารางที่ 4 จะเห็นได้ว่าหากทำการซ่อมหม้อแปลงไฟฟ้าที่ Site จะสามารถลดค่าใช้จ่ายได้ดังนี้

สามารถลดค่าใช้จ่ายได้ = [(1,020,00 – 320,000)/1,020,000] x100

= 68.62 %

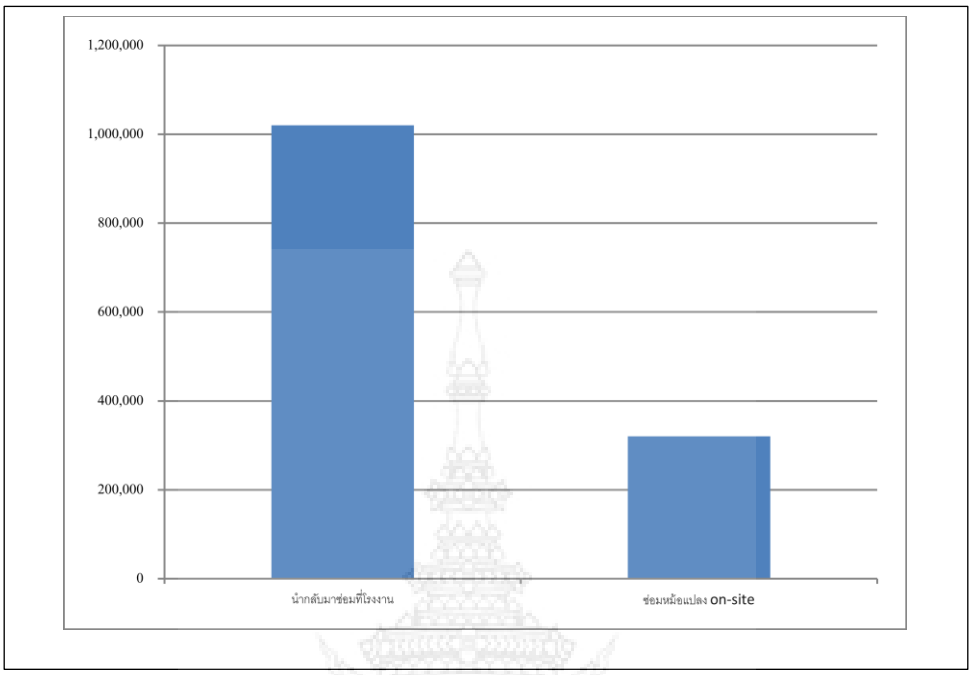
ตาราง 5.4 แสดงระยะเวลาในการแก้ไขเหตุเสียเปรียบเทียบระหว่างนำหม้อแปลงไฟฟ้ากลับซ่อมที่โรงงานกับซ่อมเหตุเสียของหม้อแปลงไฟฟ้าที่สถานีไฟฟ้า (CASE 1)

นำหม้อแปลงกลับมาซ่อมที่โรงงานผู้ผลิต	ตรวจสอบและซ่อมที่ Site
45 วัน	7 วัน

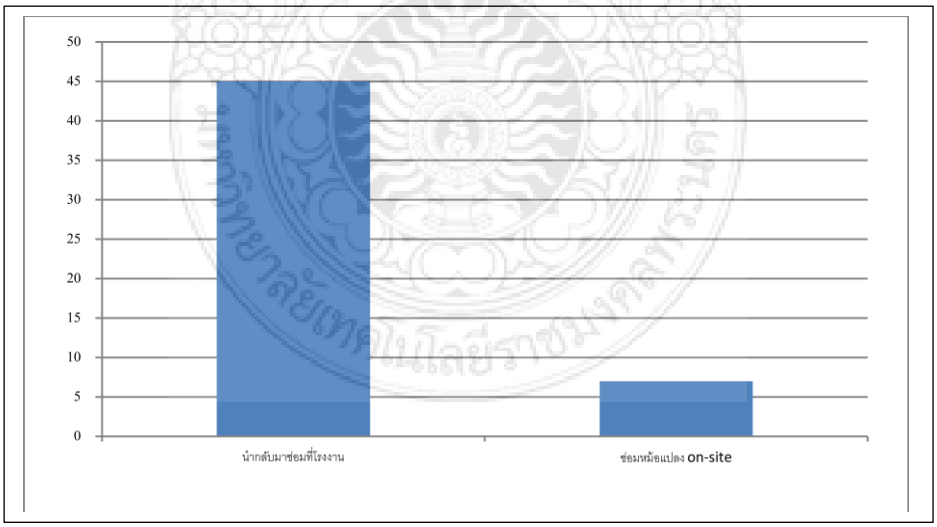
จากตารางที่ 5.3 เราสามารถลดเวลาในการแก้ไขเหตุเสียของหม้อแปลงลงได้

สามารถลดเวลาได้ = [(45-7)/45] x100

= 84.44 %



ภาพ 5.1 เปรียบเทียบต้นทุนการซ่อมหม้อแปลงไฟฟ้าระหว่างการส่งหม้อแปลงกลับมาซ่อมที่โรงงานกับการซ่อมหม้อแปลงที่สถานีไฟฟ้า



ภาพ 5.2 เปรียบเทียบระยะเวลาในการซ่อมหม้อแปลงระหว่างการส่งหม้อแปลงกลับมาซ่อมที่โรงงานกับการซ่อมหม้อแปลงที่สถานีไฟฟ้า

บทที่ 6

อภิปรายผล

จะเห็นได้ว่าจากการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังที่ผ่านมาของบริษัท ถิรไทย จำกัด(มหาชน) ตามตาราง 4.2 (ลำดับที่ 1 ถึง 15) จะมีรายการตัดสินใจนำหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังกลับเข้ามาซ่อมที่โรงงานจำนวน 11 เครื่อง ซึ่งมากเกินความจำเป็น (โดยเฉพาะหม้อแปลงที่อยู่ในระยะประกัน) ซึ่งถ้านำระบบการบริหารจัดการเหตุเสียของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังด้วยวิธีการ SIME เข้ามาดำเนินการตัดสินใจจะทำให้นำหม้อแปลงเข้าซ่อมที่โรงงานเหลือเพียง 7 เครื่อง ซึ่ง CASE 1, 4 ไม่ต้องนำเข้ามาซ่อมที่โรงงาน สามารถซ่อมที่สถานีไฟฟ้าได้ ซึ่งจะสามารถทำให้ค่าใช้จ่ายและเวลาในการซ่อมน้อยลง ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการซ่อมหม้อแปลงไฟฟ้าโดยไม่มีหลักการที่ชัดเจน ทำให้เกิดการตัดสินใจซ่อมหม้อแปลงโดยใช้เวลา และต้นทุนสูงเกินความจำเป็น แต่หากเราทำระบบการบริหารความเสียหายของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังด้วยวิธีการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน(SIME) ในกรณีศึกษา หม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง บริษัท ถิรไทย จำกัด (มหาชน) จะทำให้ว่าการตัดสินใจในการจัดการความเสียหายจะมีบรรทัดฐานชัดเจนที่แน่นอน ทำให้เกิดความผิดพลาดในการจัดการน้อยลง และจะทำให้ระบบไฟฟ้ามีเสถียรภาพในการจ่ายไฟฟ้ามากขึ้น

บทที่ 7

สรุปผล

จากงานวิจัยของบทความนี้ได้จัดทำระบบการบริหารจัดการความเสียหายหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังด้วยวิธีวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน(SIME) สามารถลดความผิดพลาดในตัดสินใจในการจัดการเหตุเสียที่เกิดขึ้นกับหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังได้ และสามารถลดเวลาการแก้ไขเหตุเสียที่เกิดขึ้นกับหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังได้สูงสุด 84.44 เปอร์เซ็นต์ ตลอดจนการลดต้นทุนในการบริหารจัดการความเสียของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังได้ 68.62 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งตรงตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ สำหรับผู้ที่สนใจจะนำไปใช้ประโยชน์ในเชิงธุรกิจ สามารถนำแนวทางที่ได้จากการวิจัยไปประยุกต์ใช้ตัดสินใจในการแก้ไปเหตุเสียของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังที่ใช้งานอยู่ในระบบปัจจุบันได้ต่อไป ส่วนผู้ที่สนใจบทความนี้สามารถนำข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยในบทความนี้ไปศึกษากระบวนการแก้ไขเหตุเสียของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในขนาดพิกัดหม้อแปลงไฟฟ้าที่ใหญ่กว่า เพื่อนำความรู้ที่ได้มาใช้ประโยชน์ในการรักษาเสถียรภาพของระบบไฟฟ้าให้มีความยั่งยืนสืบต่อไป

บทที่ 8

การนำไปใช้ประโยชน์ และการประเมินผลในเชิงพาณิชย์

จากการนำวิธีการบริหารจัดการหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังด้วยวิธีการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน (SIME) ในกรณีศึกษา บริษัท ถิรไทย จำกัด(มหาชน) คาดว่าจะทำให้บริษัท ถิรไทย จำกัด(มหาชน) สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการซ่อมหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง 50-70% ขึ้นอยู่กับสถานที่ตั้งหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง และขนาดของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง และคาดว่าสามารถลดเวลาในการแก้ไขเหตุเสียได้อย่างน้อย 50% ของการนำหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังกลับมาซ่อมที่โรงงานบริษัท ถิรไทย จำกัด(มหาชน) ดังนั้นถ้าเวลาที่ใช้ในการซ่อมหม้อแปลงไฟฟ้าลดลงจะสามารถทำให้นำหม้อแปลงกลับเข้าระบบได้เร็วขึ้น ซึ่งคาดว่าจะมีผลทำให้โรงไฟฟ้าจ่ายกระแสไฟฟ้าได้เร็วขึ้นทำให้ลดโอกาสในการสูญเสียจากการขายไฟฟ้า ซึ่งมีมูลค่าที่ประเมินค่าไม่ได้จากการสูญเสียที่เกิดขึ้นจากไฟฟ้าดับ เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง (Reference)

ศราวุธ สอนอุไร **โรงไฟฟ้าถ่านหิน** ความจำเป็นที่ไม่อาจหลีกเลี่ยงได้ TIRATHAI JOURNAL ปีที่ 3 ฉบับที่ 9 เมษายน 2557: หน้า 5-8. บริษัท ถิรไทย จากัด (มหาชน)

บริษัท ถิรไทย จากัด (มหาชน) **รายงานประจำปี 2557** หน้า 72

ร.ต.ดร.โตศักดิ์ ทัศนานุตริ**ยะ การประเมินสภาพการใช้งานหม้อแปลงไฟฟ้ากาลัง** TIRATHAI JOURNAL ปีที่ 1 ฉบับที่ 3 : เมษายน 2555

ดร.วีระพันธ์ รังสีวิจิตรประภา **หม้อแปลงไฟฟ้าในยุคแห่งการเปลี่ยนแปลง** TIRATHAI JOURNAL ปีที่ 5 ฉบับที่ 2 : เมษายน 2555

เฉลิมศักดิ์ วุฒิเศลา บริษัท ถิรไทย จากัด (มหาชน**) ระเบียบปฏิบัติงาน การทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้ากาลัง**

IEEE Standard 62-1995**, IEEE Guide for Diagnostic Field Testing of Electrical Power Apparatus**, Part 1: Oil Filled Power Transformers, Regulators, and Reactor

General Physics Corporation. 1990. **Power Transformer Maintenance and Testing**,

J.J Kelly, S.D. Myers, R.H. Parrish S.D. Meyers Co.1981. **Transformer Maintenance Guide**

John C.Drotos, John W. Porter, Randy Stebbins, published by the S.D. Meyers Co. 1996. **Dissolved Gas Analysis of Transformer oil**.

IEEE PC57.149/D1., Draft Trial – **Use Guide for the Application and Interpretation of Frequency Response Analysis for Oil Immersed Transformers.**

ASTM D1533-12, Kilometric Karl Fischer titration. **Standard Test Method for Water in Oil Insulating Liquids**.

ASTM D3612, Standard Test Method for Analysis of G**ases Dissolved in Electrical Insulating Oil** Gas Chromatography.

ASTM D1816 – 97, Standard Test Method for **Dielectric Breakdown Voltage of Insulating Oil of Petroleum Origin VDE Electrodes.**

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก เอกสารตอบรับการตีพิมพ์บทความในรายงานการประชุมทางวิชาการ

ภาคผนวก ข บทความเรื่อง การสร้างระบบบริหารจัดการความเสียหายหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง ด้วยวิธีการวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน

ที่ วจอ ๑๕๒/๒๖/๒๕๕๗

หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม
เพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

๙ ตุลาคม ๒๕๕๗

เรื่อง ตอบรับการตีพิมพ์บทความ ในรายงานการประชุมทางวิชาการ (Proceeding) การประชุมวิชาการและเสนอผลงานทางวิศวกรรม นวัตกรรมและการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน ครั้งที่ ๓

เรียน ผู้เขียนบทความวิจัย

เอกสารที่แนบมาด้วย กำหนดการประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานทางวิศวกรรม

ตามที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ร่วมกับสภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย จัดการประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานทางวิศวกรรม **นวัตกรรมและการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน "Sustainable Industrial Innovation and Management"** ภายใต้งานสัมมนา "Eco Innovation and Solution ๒๐๑๔ ระหว่างวันที่ ๑๔-๑๕ ตุลาคม ๒๕๕๗ ณ ศูนย์นิทรรศการและการประชุมไบเทค บางนา นั้น

ในการนี้ สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ขอแจ้งให้ทราบว่า บทความเรื่อง การสร้างระบบการบริหารจัดการความเสียหายหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังด้วยวิธีการวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน (SIME) (Establishment of Power Transformer Fault Management by Sustainable Industrial Management Engineering (SIME) ดังกล่าว ได้ผ่านการประเมินจากกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิเรียบร้อยแล้ว ขอให้ท่านเข้าร่วมนำเสนอผลงานทางวิชาการแบบบรรยาย (Oral presentation) ในวันที่ ๑๕ ตุลาคม ๒๕๕๗ ณ ห้องย่อยที่ ๙ ศูนย์นิทรรศการและการประชุมไบเทค บางนา (รายละเอียดดังเอกสารที่แนบมานี้)

จึงเรียนมาเพื่อทราบ

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ)
ประธานคณะกรรมการดำเนินงานจัดประชุมวิชาการ
สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน

สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน
โทร. ๐๒-๘๗๖-๓๐๐๐ ต่อ ๔๑๗๔ (ปฐมพงษ์ จำนงค์พันธ์ ผู้ประสานงาน)

การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานทางวิศวกรรม
นวัตกรรมและการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน ครั้งที่ 3 ประจำปี 2557

การสร้างระบบการบริหารจัดการความเสียหายหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังด้วยวิธีการวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน (SIME)

Establishment of Power Transformer Fault Management by Sustainable Industrial Management Engineering (SIME)

เฉลิมพล เฮียบสุวรรณ[1], สุรเชษฐ เดชฟุ้ง[2], ณัฐวรพล รัชสิริวัชรบุล[3]
สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ[4] ,เฉลิมศักดิ์ วุฒิเศลา[5], ศราวุธ สอนอุไร[6]

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการสร้างระบบการจัดการความเสียหายของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง ด้วยวิธีการบริหารจัดการความเสียหายหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังด้วยวิธีการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน(SIME) โดยใช้การทดสอบทางไฟฟ้า และทางเคมีเป็นเครื่องมือช่วยในงานวิจัย สามารถลดปัญหาความซับซ้อนในการแก้ไข ลดข้อผิดพลาดในการแก้ไข ลดต้นทุนและเวลา รวมทั้งใช้ในการวางแผนงานซ่อมบำรุงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง กลุ่มเป้าหมายหลักจะเป็นหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังของหน่วยงานรัฐวิสาหกิจ หน่วยงานราชการและหน่วยงานเอกชนผลการวิจัยพบว่าระบบการบริหารจัดการเหตุเสียของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังด้วยวิธีการ SIME มีขั้นตอนในการปฏิบัติงานที่ชัดเจนและสามารถลดเวลาในการแก้ไขเหตุเสียได้ 88.33 เปอร์เซ็นต์ ลดต้นทุนในการซ่อมบำรุง 68.68 เปอร์เซ็นต์ และนำไปใช้วางแผนงานซ่อมบำรุงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังก่อนความเสียหายจะเกิดขึ้นกับระบบไฟฟ้า

คำสำคัญ (Key word) : "หม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง(kVA)" ; ความเสียหายของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง ; วิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน

Abstract

This research aimed to establish power transformer fault management system by applying SIME method. This research was based on electrical and chemical test as research tools. This could help reduce complication and faults in solving problems, diminish cost and time, as well as can be further used in planning power transformer maintenance. The main target of state owned organizations, public agencies, and private companies' power transformer. The research found that power transformer fault management system, by SIME method had clear operational processes and could help reduce faults' causes for 30-50 percent, help reduce maintenance cost for 30-60 percent. This could also be used in planning power transformer maintenance prior to the occurrence of damages to power system.

เฉลิมพล เฮียบสุวรรณ

1.บทนำ (Introduction)

ในปัจจุบันระบบไฟฟ้ามีความสำคัญต่อภาคอุตสาหกรรม และภาคครัวเรือนภายในประเทศเป็นอย่างมาก หากเกิดไฟฟ้าดับหรือเกิดการชำรุดเสียหายของอุปกรณ์ไฟฟ้าในระบบส่ง จนเป็นเหตุให้ไฟฟ้าดับจะส่งผลกระทบไปยังภาคอุตสาหกรรม และภาคครัวเรือนโดยตรง ดังนั้นการที่จะทำให้ระบบไฟฟ้ามีเสถียรภาพก็ต้องมีการจัดการดูแลอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆที่มีอยู่ในระบบไฟฟ้าให้ทำงานให้ได้อย่างปกติ โดยเฉพาะหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง ซึ่งเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่สำคัญ และมีราคาสูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆ ถึงแม้จะมีการดูแลเป็นอย่างดีแล้วก็ตาม ยังมีโอกาสที่จะเกิดความเสียหายต่อหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง และระบบไฟฟ้า ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้จากหลายสาเหตุ เช่น ความผิดพร่องของตัวอุปกรณ์ ความผิดพร่องของระบบไฟฟ้า ความผิดพร่องเหล่านี้จะส่งผลกระทบกับโอการทางธุรกิจของผู้จำหน่ายไฟฟ้า และผู้ใช้ไฟฟ้า ซึ่งคิดเป็นมูลค่าต่อหน่วยเวลาค่อนข้างสูงมาก ฉะนั้นผู้ทำวิจัยจึงสร้างระบบการบริหารจัดการความเสียหายของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง โดยการนำหลักการทางการจัดการอุตสาหกรรม คือ การสนใจทางด้านเศษฐกิจ ด้านสังคม และสิ่งแวดล้อม รวมกับหลักการทางด้านวิศวกรรม คือ การทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังให้ผ่านตามเกณฑ์ที่มาตราฐานกำหนด มารวบรวมประยุกต์ใช้งานด้วยกันสร้างอย่างเป็นระบบดังแสดงไว้ใน FLOW CHART ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะสร้างระบบการจัดการความเสียหายของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง ทั้งที่เกิดจากระบบไฟฟ้าและเหตุเสียทางกลด้วยวิธีการบริหารจัดการความเสียหายหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังด้วยวิธีการ วิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน เพื่อลดปัญหาความซับซ้อนในการแก้ไข, ลดความผิดพลาดในการแก้ไข,ลดต้นทุนและเวลา ในการแก้ไขอาการที่เกิดขึ้นกับหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง กลุ่มเป้าหมายหลักจะเป็นหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังของหน่วยงานรัฐวิสาหกิจ และหน่วยงานเอกชน เช่น โรงไฟฟ้า โรงงานอุตสาหกรรม โรงเรียน โรงพยาบาล เป็นต้น ผลการวิจัยคาดว่าจะทำให้กระบวนแก้ไขอาการชำรุดเสียหายของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังมีลำดับขั้นตอนและกระบวนการในการจัดการความเสียหายอย่างเป็นระบบ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจที่จะนำไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะนำไปสู่การแก้ไขอาการชำรุดเสียหายได้อย่างรวดเร็ว ถูกต้อง และประหยัดค่าใช้จ่าย สามารถนำหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังกลับเข้าสู่ระบบการจ่ายไฟฟ้าได้อย่างรวดเร็ว ทำให้ระบบไฟฟ้าภายในประเทศมีเสถียรภาพมากขึ้น ตลอดจนลดการเสียโอกาสในการขายไฟฟ้าของกลุ่มโรงไฟฟ้าเอกชน เพื่อความยั่งยืนทางธุรกิจอีกด้วย

2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

ขั้นตอนการวิจัยตามวิธีการบริหารจัดการความเสียหายของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง (SIME) แบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน ได้แก่

2.1 กำหนดขอบเขตของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังของงานวิจัย งานวิจัยนี้วิจัยเหตุเสียหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังขนาด 30/40/50 MVA ระดับแรงดัน 115-23.1 kV บริษัท ถิรไทย จำกัด (มหาชน)

2.2 การทดสอบทางไฟฟ้า ประกอบด้วยรายการทดสอบดังนี้

2.2.1 Measurement Voltage Ratio and Check phase displacement,
2.2.2 Single phase low voltage Exciting Measurement.
2.2.3 Single phase low voltage Exciting Measurement.
2.2.4 Single phase leakage impedance.
2.2.5 Three phase short circuit impedance Measurement.
2.2.6 Sweep frequency responds analysis
2.2.7 Insulation resistance test.
2.2.8 Insulation power factor test.
2.2.9 Winding resistance measurement test.

2.2.10 Dielectric breakdown test

2.3 การทดสอบทางเคมี ประกอบด้วยรายการทดสอบ

2.3.1 DGA.

2.3.2 Moisture content.

2.3 นำผลการทดสอบทางไฟฟ้า เคมี มาเทียบกับค่าเกณฑ์การยอมรับตามมาตราฐานการทดสอบ

ตารางที่ 1 ค่าเกณฑ์การยอมรับของมาตราฐานการทดสอบทางไฟฟ้า

หัวข้อการทดสอบ	มาตราฐานอ้างอิง	เกณฑ์การยอมรับ
1.Measurement Voltage Ratio and Check phase displacement	IEEE Std62-1995	Within 0.5% of the nameplate
2.Single phase low voltage Exciting Measurement	IEEE Std62-1995	Compare with data base
3.Single phase leakage impedance	Manufacturer	Deviation within 3% (3 phase)
4.Three phase short circuit impedance Measurement	IEEE Std62 1995	Not more than +- 3% From Nameplate
5.Sweep frequency respond analysis	IEEE PC57.149/D1	Compare base line and previous data
6.Insulation resistance test	IEEE Std62-1995	Compare with data base
7.Insulation power factor test	IEEE Std62-1995	≤ 0.5%
8.Winding resistance measurement test	IEEE Std62-1995	Within 5% compare with data base
9.Dielectric breakdown test	ASTM D1816	26 kV / 1mm.

ตารางที่ 2 ค่าเกณฑ์การยอมรับของการทดสอบทางเคมี

หัวข้อการทดสอบ	มาตราฐาน	เกณฑ์การยอมรับ
1.Moisture content	ASTM D1533-12	≤ 10 ppm.
2.DGA TEST	ASTM D3612	
- CO*(CARBON MONOXIDE)		≤ 350 ppm.
- H2*(HYDROGEN)		≤ 100 ppm.
- CH4*(METHANE)		≤ 120 ppm.
- C2H6(Ethane)		≤ 65 ppm.
- CO2(CARBON DIOXID)		≤ 2500 ppm.
- C2H4*(ETHYLENE)		≤ 50 ppm.
- C2H2 (ACETYLENE)		≤ 35 ppm.
- TCG (TOTAL COMBUSIBLE GAS)		≤ 750 ppm.

2.5วินิจฉัยผลการทดสอบทางไฟฟ้า เคมี ตามหลักการการบริหารจัดการเหตุเสียหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังด้วยวิธีวิศวกรรมการจัดการอย่างยั่งยืน ซึ่งผลการวิจัยจะได้ผลลัพธ์ 4 กรณี คือ

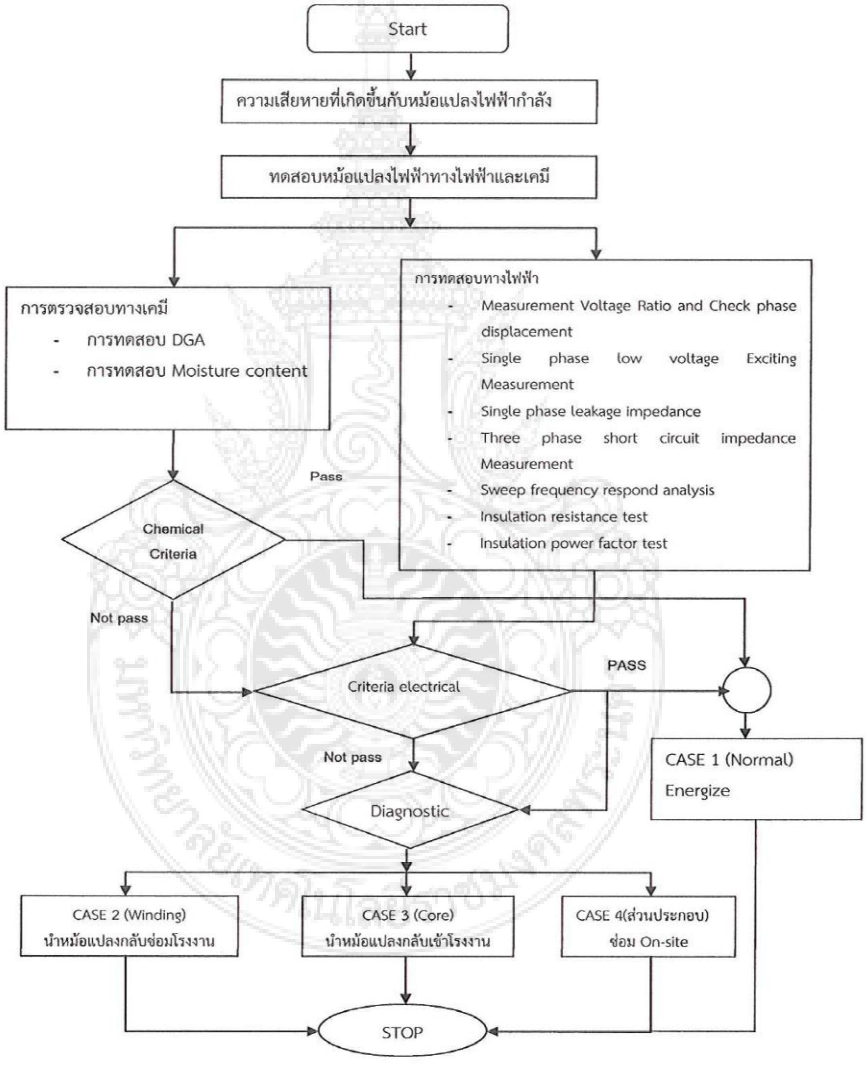
1.หม้อแปลงสามารถจ่ายไฟได้ตามปกติ

2.พบปัญหาที่ขดลวด

3.พบปัญหาที่แกนเหล็ก

4.พบปัญหาที่ส่วนประกอบอื่นๆ

ขั้นตอนแสดงวิธีวิจัยตามระบบการบริหารจัดการเหตุเสียของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังด้วยวิธีการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน



[5]

3. ผลการวิจัย (Results)

ผลการวิจัยระบบการบริหารจัดการเหตุเสียหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังด้วยวิธีการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน (SIME) ขนาดหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง 30/40/50 MVA แรงดัน 115-23.1 kV จำนวน 4 เครื่อง

ตารางที่ 3 แสดงผลก่อนจัดทำระบบ – หลังการจัดทำระบบบริหารจัดการเหตุเสียหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังด้วยวิธีการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน (SIME)

No.	Rated (MVA)	Level Voltage (kV)	หัวข้อการทดสอบ											Summary Result		During time for Repair	Condition
			ทางไฟฟ้า									ทางเคมี					
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	Fac.	Site.		
1	30/40/50	115/23.1	o	o	o	-	-	O	-	O	-	o	x	/	-	60 วัน	ก่อนทำระบบ
2	30/40/50	115/23.1	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	x	-	/	12 วัน	หลังทำระบบ
3	30/40/50	115/23.1	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	x	-	/	9 วัน	หลังทำระบบ
4	30/40/50	115 /23.1	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	x	-	/	7 วัน	หลังทำระบบ

หมายเหตุ o ผ่านตามมาตราฐานการทดสอบ x ไม่ผ่านตามมาตราฐานการทดสอบ - ไม่ได้ทำการทดสอบ

อธิบายผล

ก่อนจัดทำระบบ จากตารางที่ 3 พบว่า มีการทดสอบทางไฟฟ้าเพียง 5 รายการเท่านั้น และทดสอบทางเคมี 2 รายการ ปรากฏว่าพบสิ่งผิดปกติในผลการทดสอบทางเคมี คือ การทดสอบ DGA มีค่า C2H2 (ACETYLENE) สูงกว่ามาตราฐาน โรงงานผู้ผลิตจึงตัดสินใจนำหม้อแปลงกลับเข้าโรงงานเพื่อทำการซ่อมจะมีผลทำให้สูญเสียเวลาไปกับการดำเนินการรื้อถอนหม้อแปลง การขนส่งกลับโรงงาน แก้ไขเหตุเสีย ทดสอบ ขนส่งกลับมาติดตั้งใหม่

หลังจัดทำระบบการบริหารจัดการเหตุเสียหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังด้วยวิธีการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน จากผลการทดสอบตามตารางที่ 3 พบว่า มีการทดสอบทางไฟฟ้า 9 รายการ ซึ่งครอบคลุมอุปกรณ์ภายในหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังทั้งหมด ประกอบด้วย ขดลวด แกนเหล็ก และส่วนประกอบอื่นๆภายในหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง จึงทำให้เชื่อถือได้ว่าไม่เกิดความผิดปกติขึ้นกับส่วนประกอบทางไฟฟ้า ถึงแม้ผลการทดสอบทางเคมี 2 รายการ จะปรากฏว่าพบสิ่งผิดปกติในผลการทดสอบ 1 รายการ คือ การทดสอบ DGA มีค่า C2H2 (ACETYLENE) สูงกว่ามาตราฐานจึงทำให้โรงงานผู้ผลิตจึงตัดสินใจซ่อมเหตุเสียที่เกิดขึ้นกับหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังที่หน้า Site งาน จะทำให้ใช้เวลาน้อยกว่าการนำกลับไปแก้ไขที่โรงงานผู้ผลิต

จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นได้ว่า หากใช้วิธีการบริหารจัดการเหตุเสียหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังด้วยวิธีการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน จะทำให้ได้ข้อมูลหรือผลลัพธ์อย่างเพียงพอ และเชื่อถือได้เพื่อมาตัดสินใจแก้ไขเหตุเสียได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมกับต้นทุนและเวลา

ตารางที่ 4 แสดงผลการเปรียบเทียบต้นทุนของระบบการบริหารจัดการหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังด้วยวิธีวิศวกรรมการจัดการอย่างยั่งยืน

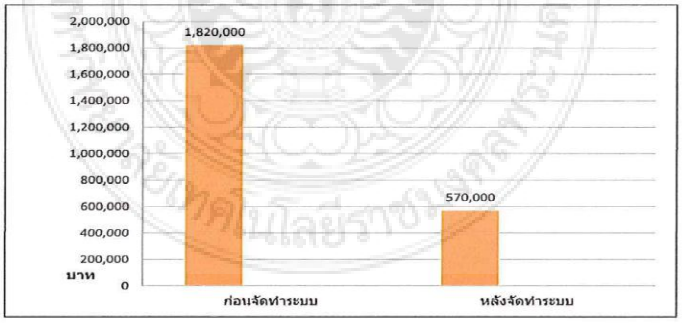
ลำดับ	รายการ	ราคาค่าดำเนินการ (บาท)	
		กรณีไม่มีระบบการจัดการยกกลับโรงงาน	หลังจากใช้ระบบการจัดการ SIME (ซ่อม on-site)
1	ค่าใช้ในการตรวจสอบเบื้องต้น	20,000	20,000
2	ค่ารื้อถอนอุปกรณ์	80,000	0
3	ค่าขนส่งหม้อแปลงกลับโรงงาน	50,000	0
4	ค่าซ่อมหม้อแปลง+กระบวนการแก้ไข (กรณีไม่รุนแรง)	1,500,000	500,000
5	ค่าขนส่งกลับไปที่ Site งาน + ค่าชักลาก	120,000	0
6	ค่าติดตั้งหม้อแปลง	250,000	0
7	ค่าทดสอบ	50,000	50,000
	รวมค่าใช่จ่ายทั้งสิ้น	1,820,000	570,000

หมายเหตุ ในตารางที่ 4 ยังไม่รวมค่าสูญเสียโอกาสในการขายไฟฟ้า ซึ่งไม่สามารถประเมินค่าได้
จากตารางที่ 4 สามารถลดต้นทุนในการแก้ไขเหตุเสียได้ถึง

$$\text{สามารถลดต้นทุนได้} = \frac{\text{ต้นทุนก่อนก่อนจัดทำระบบ} - \text{ต้นทุนหลังจัดทำระบบ}}{\text{ต้นทุนก่อนจัดทำระบบ}} \times 100\%$$

$$= \frac{1{,}820{,}000 - 570{,}000}{1{,}820{,}000} \times 100\% = 68.68\ \%$$

กราฟแสดงผลการวิธีเปรียบเทียบด้านต้นทุนการจัดการ ก่อน-หลัง การจัดทำระบบการจัดการการเหตุเสียของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังด้วยวิธีการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน



ตารางที่ 5 แสดงระยะเวลาในการแก้ไขเหตุเสีย ก่อน-หลัง จัดทำระบบการบริหารจัดการหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังด้วยวิธีวิศวกรรมการจัดการอย่างยั่งยืน

No.	Rated (MVA)	Level Voltage (kV)	During time for Repair	Condition
1	30/40/50	115/23.1	60 วัน	ก่อนทำระบบ
2	30/40/50	115/23.1	12 วัน	หลังทำระบบ
3	30/40/50	115/23.1	9 วัน	หลังทำระบบ
4	30/40/50	115 /23.1	7 วัน	หลังทำระบบ

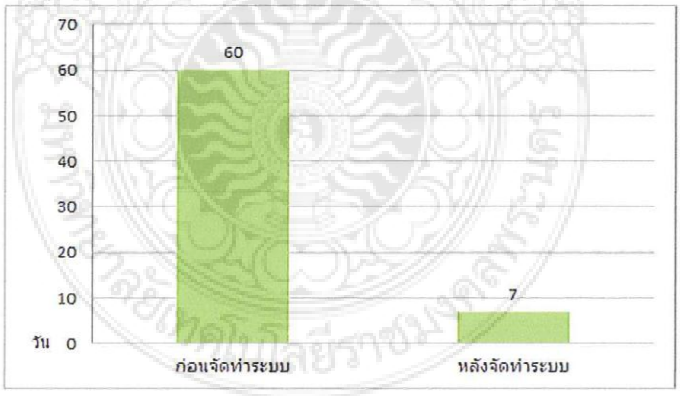
จากตารางที่ 5 สามารถลดเวลาในการแก้ไขเหตุเสียได้ถึง

สามารถลดเวลาได้ = $\frac{\text{จำนวนวันก่อนการปรับปรุง – จำนวนวันหลังจัดทำระบบ}}{\text{จำนวนวันหลังการปรับปรุง}}$ X 100%

$= \frac{60 - 7}{60} \times 100\% = 88.33\ \%$

$= 88.33\ \%$

กราฟแสดงผลเปรียบเทียบระยะเวลาการจัดการ ก่อน-หลัง การจัดทำระบบการจัดการการเหตุเสียของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังด้วยวิธีการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน



4. อภิปรายผล (Discussion)

4.1 ด้านการจัดการวิศวกรรม

จากการที่ได้นำระบบการบริหารจัดการความเสียหายของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังด้วยวิธีการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืนเข้าจัดระบบการแก้ไขเหตุเสียของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง โดยนำวิธีการทดสอบทางไฟฟ้าและทางเคมี ที่มองตัวแปรของเหตุเสียอย่างรอบด้าน ที่มีเกณฑ์การยอมรับที่ชัดเจน ถูกต้องตามหลักการทางวิศวกรรมมาปรับปรุงกระบวนการอย่างเป็นขั้นตอน และเทียบผลการทดสอบกับมาตราฐานการทดสอบตามหลักสากล(IEEE) จึงทำให้ผลลัพธ์สามารถเชื่อถือได้

4.2 การจัดการด้านเวลา

จากการที่ได้นำระบบการบริหารจัดการความเสียหายของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังด้วยวิธีการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืนเข้าจัดระบบการแก้ไขเหตุเสียของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง พบว่าใช้เวลามากสุดเพียง 12 วัน สามารถนำหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังกลับเข้าใช้งานในระบบได้อย่างปกติ และลดโอกาสการสูญเสียรายได้จากการขายไฟฟ้าอีกด้วย

4.3 การจัดการด้านต้นทุน

จากการที่ได้นำระบบการบริหารจัดการความเสียหายของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังด้วยวิธีการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืนเข้าจัดระบบการแก้ไขเหตุเสียของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง พบว่า ต้นทุนในการแก้ไขต่ำมาก

ระบบการบริหารจัดการเหตุเสียหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังด้วยวิธีการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน จะทำให้มีความมั่นใจในการตัดสินใจในการแก้ไขเหตุเสียของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังได้อย่างถูกต้อง และลดข้อผิดพลาดจากการตัดสินใจแบบเดิม(ไม่มีระบบ) สามารถช่วยลดเวลาในการแก้ไขเหตุสีย ลดต้นทุนในการจัดการแก้ไขเหตุเสีย ตรงตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย

5. สรุปผล (Conclusion)

จากงานวิจัยของบทความนี้ได้จัดทำระบบการบริหารจัดการความเสียหายหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังด้วยวิธีวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน สามารถลดความผิดพลาดในการวิเคราะห์เหตุเสียที่เกิดขึ้นกับหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังได้ และสามารถลดเวลาการแก้ไขเหตุเสียที่เกิดขึ้นกับหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังได้สูงสุด 88.33 เปอร์เซ็นต์ ตลอดจนการลดต้นทุนในการบริหารจัดการความเสียของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังได้ 68.68 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งตรงตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ สำหรับผู้ที่สนใจจะนำไปใช้ประโยชน์ในเชิงธุรกิจ สามารถนำแนวทางที่ได้จากการวิจัยไปประยุกต์ใช้ตัดสินใจในการแก้ไปเหตุเสียของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังที่ใช้งานอยู่ในระบบปัจจุบันได้ต่อไป ส่วนผู้ที่สนใจบทความนี้สามารถนำข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยในบทความนี้ไปศึกษากระบวนการแก้ไขเหตุเสียของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในขนาดพิกัดไฟฟ้าที่ใหญ่กว่า เพื่อนำความรู้ที่ได้มาใช้ประโยชน์ในการรักษาเสถียรภาพของระบบไฟฟ้าให้มีความยั่งยืนสืบต่อไป.

6. กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้สำเร็จได้โดยความกรุณาให้ปรึกษาและแนะนำของ ดร.สุรเชษฐ เดชฟุ้ง ดร.ณัฐวรพล รัชสิริวัชรบุล ผศ.สหรัตน์ วงษ์ศรีษระ ผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณคณะอาจารย์ ตลอดจนคุณเฉลิมศักดิ์ วุฒิเศลา ผู้จัดการส่วนทดสอบไฟฟ้าแรงสูง บริษัทถิรไทย จำกัด(มหาชน) คุณศราวุธ สอนอุไร วิศวกรระดับ9 การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ที่กรุณาเสียสละเวลาในการให้คำปรึกษาแนะนำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง (Reference)

[1] IEEE Standard 62-1995, IEEE Guide for Diagnostic Field Testing of Electrical Power Apparatus, Part 1: Oil Filled Power Transformers, Regulators, and Reactor

[2] Power Transformer Maintenance and Testing, General Physics Corporation. 1990.

[3] Transformer Maintenance Guide, by J.J Kelly, S.D. Myers, R.H. Parrish S.D. Meyers Co.1981.

[4] Dissolved Gas Analysis of Transformer oil, by John C. Drotos, John W. Porter, Randy Stebbins, published by the S.D. Meyers Co. 1996.

[5] Manufacturer Tirathai Standard, Single-phase leakage impedance measurement, TRT-TPT0-023, Rev.0, June 13, 2006.

[6] IEEE PC57.149/D1., Draft Trial – Use Guide for the Application and Interpretation of Frequency Response Analysis for Oil Immersed Transformers.

[7] ASTM D1533-12, Standard Test Method for Water in Oil Insulating Liquids by Coulometric Karl Fischer titration.

[8] ASTM D3612, Standard Test Method for Analysis of Gases Dissolved in Electrical Insulating Oil by Gas Chromatography.

[9] ASTM D1816 – 97, Standard Test Method for Dielectric Breakdown Voltage of Insulating Oil of Petroleum Origin VDE Electrodes.

[10] Asst. Prof. Dr. Thanapong Suwanasri. Asset Management of Power Transformer – Optimization of Operation and Maintenance Costs, Ballroom, Conrad Bali, Indonesia.

[11] Thomas A Prevost, OMICRAL USA. Oil Analysis – An Important Tool for Power Transformer Diagnosis, Ballroom, Conrad Bali, Indonesia.

[12] Dr.Maik Koch, OMICRON, AUSTRIA. Moisture in Power Transformer – Sources, Rick and Measurement, Ballroom, Conrad Bali, Indonesia.

[13] Thomas A Prevost, OMICRAL USA. Diagnosis of winding Fault with Sweep Frequency Response Analysis in Power Transformer Case Studies, Ballroom, Conrad Bali, Indonesia.

[14] Dr. Ralf Bergmann, HIGHTVOLT Germany. High Voltage Testing on Power Transformer, Ballroom, Conrad Bali, Indonesia.

ประวัติการศึกษา

ชื่อ นามสกุล นายเฉลิมพล เฮียบสุวรรณ

วัน เดือน ปีเกิด 5 ธันวาคม 2516

ภูมิลำเนา 189/428 หมู่บ้าน เคซี ปาร์ควิวค์ ตำบลแพรกษาใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ 10280

วุฒิการศึกษา	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นต้น	วิทยาลัยเทคนิคนราธิวาส	พ.ศ. 2534
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคนราธิวาส	พ.ศ. 2536
ปริญญาตรี (วิศวกรรมไฟฟ้า)	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขต พระนครเหนือ	พ.ศ. 2546

ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน

ตำแหน่ง ผู้ช่วยผู้จัดการโรงงาน บริษัท ถิรไทย จำกัด (มหาชน) เลขที่ 516/1 หมู่ 4 นิคมอุตสาหกรรมบางปู ตำบลแพรกษา อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ 10280.