



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า)

ปริญญา

วิศวกรรมไฟฟ้า

วิศวกรรมไฟฟ้า

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การประเมินความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค
ด้วยวิธีการให้คะแนนตามน้ำหนัก

Weighted Score Risk Assessment for Power Transformers in PEA Substations

นามผู้วิจัย นายกิตติธรรณ์ ธงก่อ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปานจิต คำรงกุลกำจร, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์วิชัย สุระพัฒน์, วศ.ม.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา วีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

สิงห์สีเงิน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การประเมินความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานี่ไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค
ด้วยวิธีการให้คะแนนตามน้ำหนัก

Weighted Score Risk Assessment for Power Transformers in PEA Substations

โดย

นายกิตติธันต์ ถังก่อ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า)

พ.ศ. 2555

กิตติ์ชนันต์ แดงก่อ 2555: การประเมินความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคด้วยวิธีการให้คะแนนตามน้ำหนัก ปริญญวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า) สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปานจิต ดำรงกุลคำจร, Ph.D. 108 หน้า

วิทยานิพนธ์เล่มนี้นำเสนอการประเมินความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคในพื้นที่เขตภาคกลาง วิธีการวิเคราะห์ความเสี่ยงที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์นี้ คือการให้คะแนนตามน้ำหนัก (Weighted Score) โดยใช้ข้อมูลหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขตภาคกลาง จำนวน 237 เครื่อง ในช่วงปี พ.ศ. 2551 ถึง พ.ศ. 2554 ซึ่งมีเหตุการณ์ความเสียหายที่เกิดขึ้น จำนวนรวม 153 ครั้ง มาวิเคราะห์หาระดับคะแนนความเสี่ยง (Score) ของปัจจัยเสี่ยงที่กำหนดขึ้น และใช้ประสบการณ์ของผู้ปฏิบัติงานซ่อมบำรุงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้า ประกอบด้วย 2 ส่วนซึ่งมีค่าน้ำหนักเท่ากัน คือ ประวัติการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง (History) และสภาพการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในปัจจุบัน (Condition) และนำคะแนนตามน้ำหนักที่ได้จากปัจจัยเสี่ยงทั้ง 2 ส่วน มาประเมินผลบนเมตริกซ์ประเมินความเสี่ยง ซึ่งสรุปผลการประเมินได้เป็น 3 เกณฑ์ คือ เกณฑ์มีความเสี่ยง เกณฑ์เฝ้าระวัง และเกณฑ์ดี หากผลการประเมินความเสี่ยงหม้อแปลงอยู่ในเกณฑ์มีความเสี่ยง ต้องทำการบำรุงรักษาหม้อแปลงทันที และติดตามผลการทำงานของหม้อแปลงในอีก 3 เดือน หากหม้อแปลงอยู่ในเกณฑ์เฝ้าระวัง ให้ทำการบำรุงรักษาภายใน 4 เดือน และติดตามผลทำงานของหม้อแปลงในอีก 6 เดือน หากหม้อแปลงอยู่ในเกณฑ์ดี ทำการบำรุงรักษาตามวาระได้

จากวิธีการประเมินความเสี่ยงโดยให้คะแนนตามน้ำหนักที่ได้จากงานวิจัยนี้ ทำให้ผู้ปฏิบัติงานซ่อมบำรุงหม้อแปลงสามารถนำไปประเมินความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคในเขตภาคกลาง เพื่อนำผลการประเมินที่ได้ไปปรับปรุงแผนการบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าให้สอดคล้องกับมาตรการการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) ได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

Kittanut Taengko 2012: Weighted Score Risk Assessment for Power Transformers in PEA Substations. Master of Engineering (Electrical Engineering), Major Field: Electrical Engineering, Department of Electrical Engineering. Thesis Advisor: Assistant Professor Parnjit Damrongkulkamjorn, Ph.D. 108 pages.

This thesis presents a risk assessment method for power transformers in central region substations of Provincial Electricity Authority. Risk analysis method presented in this thesis is the Weighted Score method. The maintenance data from 237 power transformers in central region during the year 2008 to the year 2011, of which there were 153 damages, are used to analyze the risk scores. The weights of the risk factors are assigned by experienced maintenance crews. The risk assessment factors and scores are categorized with equal weight into 2 parts: the history of the transformer; and the current condition of the transformer. The weighted scores from both parts are plotted on a risk assessment matrix. The results are assessed into 3 levels: risk; warning; and good. If the transformer is in risk level, the maintenance must be done immediately and checked up again in 3 months. If the transformer is in warning level, the maintenance should be done within 4 months and checked up again in 6 months. If the transformer is in good level, the regular maintenance can be carried on.

The risk assessment method proposed in this research can be used by the maintenance crews as an effective tool to create an efficient preventive maintenance plan for power transformers in central region of Provincial Electricity Authority.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.ปานจิต ดำรงกุลกำจร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่ให้คำปรึกษา สนับสนุนด้านการเรียน และวางแผนงานการศึกษาค้นคว้าวิจัย ตลอดจนการตรวจแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอน และมอบความรู้อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง และขอขอบคุณกองบำรุงรักษาสถานีไฟฟ้า ฝ่ายก่อสร้างและบำรุงรักษาสถานีไฟฟ้า ตลอดจนเจ้าหน้าที่ ผู้ประสานงานโครงการความร่วมมือทางวิชาการระหว่างกรมไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือ และให้คำแนะนำมาโดยตลอดจนสำเร็จการศึกษา

ด้วยความดีหรือประโยชน์อันใดเนื่องจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ขอมอบแด่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคที่สนับสนุนทุนการศึกษา และขอขอบพระคุณบิดา มารดา ภรรยา และบุตรที่ให้การส่งเสริมสนับสนุน และเป็นกำลังใจให้แก่ผู้วิจัย

กิตติธน์ตต์ แต่งก่อ

ตุลาคม 2555

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์ และวิธีการ	10
อุปกรณ์	10
วิธีการ	10
ผล และวิจารณ์	55
สรุป และข้อเสนอแนะ	67
เอกสาร และสิ่งอ้างอิง	69
ภาคผนวก	71
ภาคผนวก ก ตัวอย่างแบบฟอร์มประเมินความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง	72
ภาคผนวก ข ตัวอย่างแบบฟอร์มทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง	80
ภาคผนวก ค ผลการศึกษาคณะที่ 1	87
ภาคผนวก ง ผลการศึกษาคณะที่ 2	94
ภาคผนวก จ ผลการศึกษาคณะที่ 3	101
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	108

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	จำนวนหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขตภาคกลางแยกตามขนาด ณ ปี พ.ศ. 2554	12
2	จำนวนหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขตภาคกลางแยกตามผลิตภัณฑ์	12
3	ปัจจัยเสี่ยงที่ใช้ในการประเมินความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้า	15
4	เกณฑ์การจ่ายโหลดของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้า	19
5	ก๊าซที่เกิดจากสภาวะผิดปกติ (Fault Condition)	25
6	เกณฑ์ปริมาณก๊าซที่ยอมรับได้จากการทดสอบดีจีเอ (DGA Test)	25
7	ระดับคะแนนที่ใช้ในการประเมินความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้า	29
8	จำนวนความเสียหายหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขตภาคกลางแยกตามขนาด ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551 ถึง พ.ศ. 2554	30
9	ระดับคะแนนประเมินความเสี่ยงอายุการใช้งาน	33
10	การจ่ายโหลด 60% ของพิกัดหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าแยกตามขนาด	33
11	ระดับคะแนนประเมินความเสี่ยงการจ่ายโหลดหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังแยกตามขนาด	36
12	ระดับคะแนนประเมินความเสี่ยงการตรวจสอบ และการบำรุงรักษา	37
13	ระดับคะแนนประเมินความเสี่ยงความผิดปกติพร้อมภายใน	38
14	ระดับคะแนนประเมินความเสี่ยงสถานที่ติดตั้ง	40
15	ระดับคะแนนประเมินความเสี่ยงผู้ผลิต	42
16	ระดับคะแนนประเมินความเสี่ยงการทดสอบค่าฉนวนน้ำมันหม้อแปลง	43
17	ระดับคะแนนประเมินความเสี่ยงการทดสอบค่าน้ำในน้ำมันหม้อแปลง	44
18	ปริมาณก๊าซหลักในสภาวะปกติเทียบกับอายุการใช้งาน	45
19	ระดับคะแนนประเมินความเสี่ยงการละลายของก๊าซในน้ำมันหม้อแปลง	46
20	ระดับคะแนนประเมินความเสี่ยงการทดสอบค่าความต้านทานฉนวนหม้อแปลง	47
21	ระดับคะแนนประเมินความเสี่ยงการทดสอบค่าความต้านทานขดลวดหม้อแปลง	48

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
22	ระดับคะแนนประเมินความเสี่ยงการทดสอบอัตราส่วนขดลวดหม้อแปลง	49
23	ระดับคะแนนประเมินความเสี่ยงการทดสอบค่าเสื่อมสภาพฉนวนขดลวด	51
24	ระดับคะแนนประเมินความเสี่ยงการทดสอบค่าเสื่อมสภาพฉนวนน้ำมัน	52
25	ผลการประเมินความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเครื่องหนึ่งในสถานีไฟฟ้าเขต กฟภ.1	57
26	ผลการประเมินความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเครื่องหนึ่งในสถานีไฟฟ้าเขต กฟภ.2	61
27	ผลการประเมินความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเครื่องหนึ่งในสถานีไฟฟ้าเขต กฟภ.3	65

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ลักษณะความเสียหายของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขตภาคกลาง	12
2	ลักษณะความล้มเหลวของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังตามช่วงอายุการใช้งาน	17
3	กราฟแสดงจำนวนหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขตภาคกลางแบ่งตามช่วงอายุการใช้งาน	17
4	กราฟแสดงจำนวนความเสียหายของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขตภาคกลางแบ่งตามช่วงอายุการใช้งาน	18
5	กราฟแสดงจำนวนความเสียหายของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขตภาคกลางแบ่งตามสถานที่ติดตั้ง	21
6	กราฟแสดงจำนวนความเสียหายของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขตภาคกลางแบ่งตามผู้ผลิต	22
7	ขั้นตอนการวิเคราะห์ความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าด้วยวิธีการให้คะแนนตามน้ำหนัก	29
8	กราฟเปอร์เซ็นต์ความเสียหายหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขตภาคกลางแยกตามช่วงอายุการใช้งาน	32
9	กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์การจ่ายโหลดที่เกิดความเสียหายกับหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขตภาคกลางแยกตามขนาด	34
10	กราฟแสดงความเสียหายเทียบกับจำนวนใช้งานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขตภาคกลางแยกตามสถานที่ติดตั้ง	39
11	กราฟแสดงความเสียหายเทียบกับจำนวนใช้งานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขตภาคกลางแยกตามผู้ผลิต	41
12	เมตริกซ์ประเมินความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขตภาคกลาง	53
13	ผลประเมินความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเครื่องหนึ่งในสถานีไฟฟ้าเขต กฟภ.1 บนเมตริกซ์ประเมินความเสี่ยง	56
14	ผลประเมินความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเครื่องหนึ่งในสถานีไฟฟ้าเขต กฟภ.2 บนเมตริกซ์ประเมินความเสี่ยง	60

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
15	ผลประเมินความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเครื่องหนึ่งในสถานีไฟฟ้าเขต กฟภ.3 บนเมตริกซ์ประเมินความเสี่ยง	64
ภาพผนวกที่		
ก1	ตัวอย่างแบบฟอร์มประเมินความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง	73
ข1	ตัวอย่างแบบฟอร์มทดสอบค่าจนวนน้ำมันหม้อแปลง และค่าน้ำในน้ำมัน หม้อแปลง	81
ข2	ตัวอย่างแบบฟอร์มการวิเคราะห์หาปริมาณก๊าซในน้ำมันหม้อแปลง	82
ข3	ตัวอย่างแบบฟอร์มทดสอบค่าความต้านทานจนวนหม้อแปลง	83
ข4	ตัวอย่างแบบฟอร์มทดสอบค่าความต้านทานขดลวดหม้อแปลง	84
ข5	ตัวอย่างแบบฟอร์มทดสอบอัตราส่วนขดลวดหม้อแปลง	85
ข6	ตัวอย่างแบบฟอร์มทดสอบค่าเสื่อมสภาพจนวนขดลวด และจนวนน้ำมัน	86
ค1	ผลการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขต กฟภ.1	88
ง1	ผลการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขต กฟภ.2	95
จ1	ผลการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขต กฟภ.3	102

การประเมินความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ด้วยวิธีการให้คะแนนตามน้ำหนัก

Weighted Score Risk Assessment for Power Transformers in PEA Substations

คำนำ

ในกระบวนการส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค จะมีสถานีไฟฟ้ากระจายอยู่ตามพื้นที่ต่างๆ เพื่อรับพลังงานไฟฟ้าจากสายส่งของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ผ่านหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้ากระจายให้กับผู้ใช้ไฟต่อไป โดยการส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าต้องอาศัยหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเป็นตัวส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากสถานีไฟฟ้าต้นทางไปถึงผู้ใช้ไฟฟ้าปลายทางได้มีไฟฟ้าใช้อย่างทั่วถึง และมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะพบว่า หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์หลักที่มีความสำคัญในกระบวนการส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า เนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่ต้องทำงานอยู่ตลอดเวลา และมีราคาแพงที่สุดในสถานีไฟฟ้า ปัจจุบันการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเขตภาคกลางดูแลรับผิดชอบพื้นที่จำนวน 16 จังหวัด ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เศรษฐกิจของภาคกลางตอนล่าง โดยมีสถานีไฟฟ้าระดับแรงดัน 115 เควี และ 115/22 เควี จำนวน 166 สถานี และมีหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้า จำนวน 237 เครื่อง เพื่อให้บริการแก่ผู้ใช้ไฟฟ้า กลุ่มธุรกิจขนาดเล็ก และโรงงานในเขตนิคมอุตสาหกรรม การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคได้ตระหนักถึงความสำคัญของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้า จึงได้จัดทำแผนงานบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าตามวาระ เพื่อบำรุงรักษาและป้องกันหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าชำรุดเสียหาย

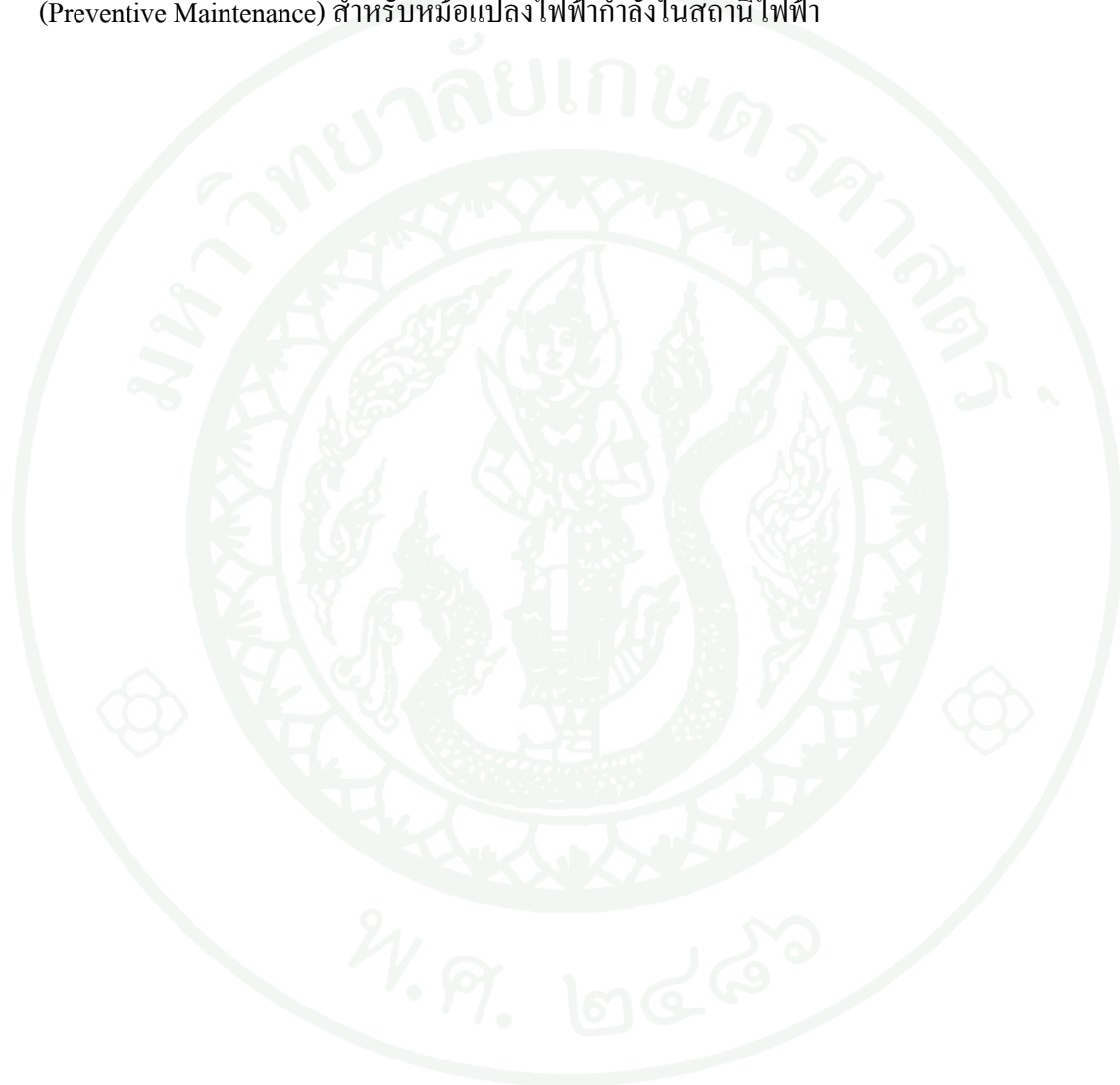
การบริหารจัดการความเสี่ยง หรือการประเมินความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขตภาคกลางด้วยวิธีการให้คะแนนตามน้ำหนัก (Weighted Score) โดยพิจารณาจากเหตุการณ์ความเสียหายที่เกิดขึ้น และปัจจัยเสี่ยงที่มีผลกระทบต่อการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขตภาคกลาง ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ประวัติการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง (History) กับสภาพการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในปัจจุบัน (Condition) เพื่อใช้ประเมินสภาพการทำงานได้ของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้า และวิเคราะห์ความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้า โดยนำผลคะแนนที่ได้จากการประเมินความเสี่ยงไปวางแผน และปรับปรุงแผนการบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังให้สอดคล้องกับมาตรการการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive

Maintenance) ให้ประสิทธิภาพยิ่งขึ้น การประเมินความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานียไฟฟ้า เขตภาคกลางด้วยวิธีการให้คะแนนตามน้ำหนัก ทำให้ทราบถึงระดับความเสี่ยงของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานียไฟฟ้า และระยะเวลาที่ควรเข้าบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานียไฟฟ้า นอกแผนงานการบำรุงรักษาตามวาระ ซึ่งสามารถช่วยลดความรุนแรงของเหตุการณ์ความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นได้ ลดปัญหาไฟฟ้าดับเป็นบริเวณกว้าง ยืดอายุการใช้งานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานียไฟฟ้า และลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานียไฟฟ้า

ดังนั้นวิทยานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาการให้คะแนนประเมินความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานียไฟฟ้าเขตภาคกลาง เพื่อให้ผู้บริหาร ตลอดจนพนักงานการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคได้รับทราบข้อมูล และตระหนักถึงความสำคัญของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานียไฟฟ้า เพื่อให้กระบวนการส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเกิดความมั่นคง สร้างความเชื่อมั่นต่อผู้ใช้ไฟ และสร้างภาพลักษณ์ที่ดีต่อองค์กร

วัตถุประสงค์

ศึกษาการประเมินความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขตภาคกลางของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยใช้วิธีการให้คะแนนตามน้ำหนัก (Weighted Score) และนำผลที่ได้ไปวางแผน และปรับปรุงแผนการบำรุงรักษาให้สอดคล้องกับมาตรการการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) สำหรับหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้า



การตรวจเอกสาร

1. ปัจจัยที่มีผลต่อความเสียหายของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง

ปัจจัยเสี่ยง หรือปัจจัยที่มีผลต่อความเสียหายของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง โดยความเสียหายของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังสามารถเกิดขึ้นได้เป็นผลมาจากสาเหตุ และเงื่อนไขที่แตกต่างกัน ซึ่งเหตุการณ์ความเสียหายของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังส่วนใหญ่เกิดจากทางไฟฟ้า ทางกล หรือความร้อน และเป็นสาเหตุให้หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังชำรุดเสียหายได้ จากการศึกษาบทความวิชาการที่กล่าวถึงเหตุการณ์ความเสียหายของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังซึ่งประกอบด้วยปัจจัยเสี่ยงดังต่อไปนี้

1.1 อายุการใช้งานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง (Age)

ปัจจัยที่มีผลต่ออายุการใช้งานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง คือ การเสื่อมสภาพ โดยการเสื่อมสภาพของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังแบ่งออกเป็นการเสื่อมสภาพตามอายุการใช้งาน ซึ่งเป็นการเสื่อมสภาพของฉนวน หรือฉนวนหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังหมดอายุการใช้งานตามระยะเวลาที่ผู้ผลิตได้ออกแบบไว้ กับการเสื่อมสภาพจากปัจจัยภายนอก โดยจะมีปัจจัยอื่นๆ มาเร่งให้ฉนวนหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเกิดการเสื่อมสภาพ หรือหมดอายุการใช้งานเร็วกว่าปกติ มีงานวิจัยในอดีตที่ให้ความสำคัญกับปัจจัยเสี่ยงทางการเสื่อมสภาพตามอายุการใช้งานของหม้อแปลง ได้แก่

Fu et al. (2001) ศึกษาการประเมินความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังที่จ่ายโหลดเกิน พิกัดโดยวัดอุณหภูมิจุดร้อน (Hot-Spot Temperature) : HST ที่ฉนวน และผลกระทบต่อหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสภาวะจ่ายโหลดเกินพิกัด ทำให้ฉนวนหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเกิดการเสื่อมสภาพ

Wang et al. (2002) กล่าวถึงความล้มเหลวของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง และเป้าหมายของการบริหารจัดการอายุการใช้งานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง ด้วยการวินิจฉัย และติดตามผลการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง

Weekes et al. (2004) กล่าวถึงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังที่ติดตั้งอยู่ในบริเวณที่มีอุณหภูมิภายนอกแตกต่างกันมาก หรือมีอุณหภูมิแบบร้อนจัด หนาวจัด การทำงานของขดลวด และน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้าในสภาวะอุณหภูมิต่างๆ จะมีอัตราความสูญเสียอายุการใช้งานหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเกิดขึ้น

Muhr (2005) กล่าวถึงอุปกรณ์ในระบบไฟฟ้ากำลังเป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญในเรื่องของการส่งจ่ายพลังงาน และความเชื่อถือได้ ประกอบด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง สวิตช์เกียร์ สายเคเบิล สายส่งแรงสูง และอื่นๆ เนื่องจากอุปกรณ์ไฟฟ้าทุกตัวมีข้อจำกัดด้านอายุการใช้งาน และความเสื่อมสภาพ (Ageing and Degradation) และได้ศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่ออายุการใช้งาน นั่นก็คือ ความเครียด (Stresses) หรือความเครียดของอุปกรณ์ไฟฟ้า ซึ่งสามารถไปทำลายระบบฉนวนต่างๆ ของอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ และส่งผลให้อุปกรณ์ไฟฟ้ามีอายุการใช้งานลดน้อยลง โดยแบ่งความเครียดออกได้เป็นทีม-สเตรส (TEAM-Stresses) ได้แก่ ความเครียดของอายุทางความร้อน (Thermal) ทางไฟฟ้า (Electrical) ทางอุณหภูมิ (Ambient) และทางกล (Mechanical) ในการวิเคราะห์ความเสี่ยงใช้แบบจำลองของการบริหารจัดการสินทรัพย์ (Asset Management in Utilities) เพื่อใช้ประเมินและบริหารจัดการความเสี่ยงอุปกรณ์ไฟฟ้า

1.2 การจ่ายโหลดของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง (Loading)

หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังที่จ่ายโหลดสูงๆ หรือจ่ายโหลดเกินพิกัดชั่วระยะเวลาหนึ่ง จะทำให้ขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเกิดความร้อนสูง (Hot-Spot Temperature) และน้ำมันหม้อแปลงมีอุณหภูมิสูงขึ้น ส่งผลให้ฉนวนหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเกิดการเสื่อมสภาพลงเร็วกว่าปกติ ซึ่งมีผลกระทบต่ออายุการใช้งาน และมีโอกาสเกิดเหตุการณ์ความเสียหายได้

Fu et al. (2001) ศึกษาการประเมินความเสี่ยงจากการจ่ายโหลดของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังภายใต้เงื่อนไขการวัดอุณหภูมิจุดร้อน (Hot-Spot Temperature): HST ที่ฉนวน และพัฒนาวิธีการประเมินความเสี่ยงจากการจ่ายโหลดของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง เพื่อใช้วิเคราะห์หาความเสี่ยงระยะสั้น และระยะยาวรวมทั้งความเสี่ยงสะสม โดยพัฒนาแบบจำลองประเมินความเสี่ยงสำหรับหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานะจ่ายโหลดเกินพิกัดผ่านแบบจำลองอุณหภูมิจุดร้อน ความไม่แน่นอนของแบบจำลองอุณหภูมิจุดร้อน และผลกระทบต่อหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานะจ่ายโหลดเกินพิกัด

1.3 ผลทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง (Testing)

กองบำรุงรักษาสถานีไฟฟ้าเขตภาคกลางของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคได้ทำการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าตามวาระการบำรุงรักษา คือ 1 ปี และ 4 ปี โดยการบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าได้ทำการทดสอบซึ่งประกอบด้วย การทดสอบค่าฉนวนน้ำมัน

หม้อแปลง การทดสอบค่าน้ำในน้ำมันหม้อแปลง การวิเคราะห์หาปริมาณก๊าซในน้ำมันหม้อแปลง การทดสอบค่าความต้านทานฉนวนหม้อแปลง การทดสอบค่าความต้านทานขดลวดหม้อแปลง การทดสอบอัตราส่วนขดลวดหม้อแปลง การทดสอบค่าเสื่อมสภาพฉนวนขดลวด และฉนวนน้ำมัน โดยใช้อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ทันสมัยในการทดสอบประมวลผล และการวิเคราะห์ผลทดสอบจากทีมงานผู้เชี่ยวชาญในสายงาน

Wang et al. (2002) กล่าวถึงความล้มเหลวของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง และเป้าหมายของการบริหารจัดการอายุการใช้งานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง โดยการวินิจฉัย และติดตามผลการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง แบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ วิธีการแบบดั้งเดิม เป็นวิธีการทดสอบที่ใช้กันอยู่เป็นประจำ เช่น การทดสอบน้ำมัน คุณภาพฉนวนน้ำมัน ความต้านทานขดลวด และความร้อน เป็นต้น ซึ่งอาศัยการตีความผลการทดสอบจากผู้เชี่ยวชาญในการวิเคราะห์ปัญหา และวิธีการแบบไม่ดั้งเดิม เป็นวิธีการทดสอบแบบใหม่ใช้ซอฟต์แวร์ในการวิเคราะห์ผลการทดสอบ เช่น การทดสอบฉนวน (Partial Discharge) การวัดอุณหภูมิภายใน การวัดตัวประกอบกำลังขณะทำงาน และการวัดการเคลื่อนไหวของขดลวด ทำให้ผลการทดสอบมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น เพื่อใช้ในการประเมินสภาพการใช้งานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง

1.4 อุณหภูมิภายนอกหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง (Ambient Temperature)

อุณหภูมิภายนอกหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังที่ร้อนจัด หรือหนาวจัด จะมีผลต่อการทำงานของขดลวด และน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง ซึ่งทำให้หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังที่ติดตั้งอยู่ในบริเวณที่มีอุณหภูมิดังกล่าวจะมีอัตราความสูญเสียอายุการใช้งานเกิดขึ้น

Weekes et al. (2004) ศึกษาระดับความเสี่ยงจากอัตราความสูญเสียอายุการใช้งาน (Rate of Loss of Life) ของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังจากค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิตลอดทั้งปี แต่ที่แย่ที่สุดอยู่ใน ช่วง 6 เดือน คือ ตั้งแต่ช่วงฤดูใบไม้ผลิถึงฤดูร้อน โดยการประมาณจากแบบจำลองอุณหภูมิจุดร้อน (Conventional Hot-Spot Model) จาก IEEE Standard C57.92-1981 สมการการวัดอุณหภูมิจุดร้อน (HST) ประกอบด้วยอุณหภูมิปกติ อุณหภูมิของน้ำมัน และขดลวด โดยพิจารณาจาก IEEE Standard C57.91-1995 และสมการอายุหนึ่งหน่วย (Per Unit Life) ซึ่งจะปรับเปลี่ยนไปตามอุณหภูมิจุดร้อน (HST) จนได้สมการอัตราการสูญเสียอายุการใช้งาน เพื่อใช้ประเมินความเสี่ยงในปัจจุบันและอนาคต จากการคำนวณหาอัตราเฉลี่ยการสูญเสียอายุในแต่ละช่วงฤดูกาลสามารถบอกโอกาสความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นได้

เนื่องจากอุณหภูมิในประเทศไทยไม่มีความแตกต่างกันมากนักในแต่ละฤดูกาล คือ ไม่มีอุณหภูมิแบบหนาวจัด และร้อนจัด ปัจจัยเสี่ยงด้านอุณหภูมิ (Ambient Temperature) จึงไม่ถูกนำมาพิจารณาในการประเมินความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังครั้งนี้ด้วย

2. วิธีการบริหารจัดการความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง

2.1 Condition Based Maintenance (CBM)

การบำรุงรักษาตามสภาพ โดยจะต้องมีการตรวจติดตามสภาพของอุปกรณ์อยู่เสมอ เพื่อให้ทราบถึงสภาพการทำงานของอุปกรณ์ และเห็นถึงแนวโน้มของปัญหาก่อนที่จะเกิดขึ้น ประกอบด้วยรูปแบบการซ่อมบำรุง 3 ลักษณะดังนี้

- 1) Corrective Maintenance คือ การใช้งานจนอุปกรณ์เกิดความเสียหาย ทำงานไม่ได้แล้ว จึงเข้าดำเนินการแก้ไข
- 2) Preventive Maintenance คือ การแก้ไขอุปกรณ์ในโอกาสที่เหมาะสม ก่อนที่อุปกรณ์จะเกิดความเสียหายรุนแรง
- 3) Proactive Maintenance or Improvement Maintenance คือ การบำรุงรักษาเชิงรุก หรือการแก้ไขและปรับปรุงสภาพอุปกรณ์ในโอกาสที่เหมาะสม เพื่อป้องกันไม่ให้อุปกรณ์เกิดความเสียหายได้เลย

Arshad et al. (2004) ศึกษาวิธีการบำรุงรักษาตามสภาพเงื่อนไข (Condition Based Maintenance) : CBM ซึ่งเป็นวิธีการหนึ่งของกระบวนการบริหารจัดการโดยนำมาใช้กับหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง เพื่อบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง ป้องกันหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังและอุปกรณ์ก่อนเกิดความเสียหายขึ้น โดยวิธี CBM มีหลักการที่สำคัญ คือ ความน่าเชื่อถือได้ (Reliability) การลดโอกาสความเสียหายของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังให้น้อยลง การบำรุงรักษา (Maintainability) เมื่อหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเกิดความเสียหายขึ้น หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังจะต้องสามารถกลับมาใช้งานได้เป็นปกติอย่างรวดเร็วที่สุด และการทำงานได้ปกติ (Availability) การประสานงานกันระหว่างความน่าเชื่อถือได้ กับการบำรุงรักษา เพื่อให้หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังทำงานได้เป็นปกติ ภายใต้เงื่อนไขของระยะเวลา

2.2 Time Based Maintenance (TBM)

การบำรุงรักษาตามระยะเวลา หรืออายุการใช้งานของอุปกรณ์

กองหม้อแปลง การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (2550) ได้กำหนดวาระการบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้า โดยแบ่งออกเป็น 2 วาระ คือ วาระ 1 ปี และ 4 ปี เพื่อบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง และอุปกรณ์ในสถานีไฟฟ้าตามระยะเวลา

2.3 Borda Number Theory

ทฤษฎีที่ใช้ในการวิเคราะห์หาระดับความเสี่ยง และความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นจากปัจจัยต่างๆ ที่นำมาพิจารณา โดยใช้วิธีการสร้างเมตริกซ์ความเสี่ยงจากปัจจัยต่างๆ เพื่อใช้คำนวณ และวิเคราะห์ความเสี่ยง

You-yuan et al. (2008) ศึกษาการใช้ทฤษฎีจำนวน บอร์ด (Borda Number Theory) ในการประเมินความเสี่ยงของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง โดยการจัดลำดับความผิดพร่องของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังที่เกิดขึ้นตามประเภทความล้มเหลว กำหนดปัจจัยเสี่ยง และการกำหนดค่าน้ำหนักในการวิเคราะห์ เพื่อใช้คำนวณหาระดับความรุนแรง และโอกาสที่จะเกิดขึ้นจากความผิดพร่องของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังได้ และเปรียบเทียบกับตารางระดับความเสี่ยงที่มีโอกาสจะเกิดขึ้น วิธีนี้สามารถบ่งบอกถึงความน่าเชื่อถือของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังได้

2.4 Weighted Score

วิธีการคำนวณทางคณิตศาสตร์ เพื่อหาค่าเฉลี่ยตามน้ำหนัก โดยการกำหนดค่าน้ำหนักข้อมูลซึ่งเรียงตามลำดับความสำคัญของข้อมูลคูณกับผลคะแนนที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูล และนำผลรวมทั้งหมดหารด้วยค่าน้ำหนักของข้อมูลทั้งหมด เพื่อคำนวณหาคะแนนเฉลี่ยของข้อมูล และนำผลคะแนนที่ได้ไปวิเคราะห์ผลต่อไป จากวิธีดังกล่าวได้มีหลายบทความนำไปใช้ในการประเมินความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง และบริหารจัดการสินทรัพย์หม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง ดังต่อไปนี้

Power Systems Engineering Research Center (2006) กล่าวถึงการบูรณาการอัตโนมัติของตรวจสอบสภาพด้วยการเพิ่มประสิทธิภาพการจัดตารางเวลาในการบำรุงรักษาเบรกเกอร์ และ

หม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง ในส่วนของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังพิจารณาจากการประเมินโอกาสที่จะเกิด ความล้มเหลว โดยจัดทำตารางประเมินความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังด้วยวิธีการให้คะแนนตาม น้ำหนัก (Weighted Score) โดยพิจารณาตามความสำคัญของปัจจัยเสี่ยงที่มีผลกระทบต่อการทำงาน ของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง เพื่อใช้ในการบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง และป้องกันการเกิด ความล้มเหลวที่จะเกิดขึ้น

Jahromi et al. (2009) ศึกษาวิธีการจัดการสินทรัพย์หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังโดยใช้ดัชนี สุขภาพ (Health index) ซึ่งเป็นเครื่องมือบริหารความเสี่ยง โดยใช้เชื่อมโยงผลการสังเกตจากการ ปฏิบัติงาน การตรวจสอบภาคสนาม และการทดสอบจากห้องปฏิบัติการ เพื่อบริหารจัดการ สินทรัพย์ และตัดสินใจลงทุน และวางแผนบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง คะแนนดัชนีสุขภาพ หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังที่สามารถใช้ประเมินโอกาสความล้มเหลว และโอกาสการทำงาน รวมทั้ง คำนวณหาอายุการใช้งานคงเหลืออยู่ของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง เพื่อใช้ในการพิจารณาตัดสินใจ วางแผนลงทุนส่วนต่างๆ จนหมดอายุการใช้งานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในแต่ละปี

จากการตรวจสอบเอกสารพบว่า วิธีการให้คะแนนตามน้ำหนัก (Weighted Score) เป็นวิธีที่จะ นำมาใช้ศึกษาประเมินความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เนื่องจากวิธีดังกล่าวมีความเหมาะสมกับข้อมูลของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

อุปกรณ์ และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล
2. ระบบปฏิบัติการ Window XP
3. โปรแกรม Microsoft Office

วิธีการ

1. การศึกษาข้อมูลหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้า

หม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง เป็นอุปกรณ์เชื่อมโยงระหว่างระบบไฟฟ้าที่มีแรงดันไฟฟ้าแตกต่างกัน โดยทำหน้าที่เพิ่ม หรือลดแรงดันไฟฟ้าให้เหมาะสมกับการส่งจ่าย และการใช้พลังงานไฟฟ้า ซึ่งเป็นอุปกรณ์หลักที่มีความสำคัญในระบบการส่งจ่ายกระแสไฟฟ้าไปสู่ผู้ใช้ไฟฟ้า

1.1 หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขตภาคกลาง

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเขตภาคกลาง ดูแลรับผิดชอบพื้นที่ จำนวน 16 จังหวัด โดยส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เขตเศรษฐกิจของภาคกลางตอนล่าง ซึ่งมีสถานีไฟฟ้าระดับแรงดัน 115 เควี และ 115/22 เควี จำนวน 166 สถานี และมีหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้า จำนวน 237 เครื่อง แบ่งออกเป็นสำนักงานการไฟฟ้าเขต จำนวน 3 เขต ดังนี้

1) สำนักงานการไฟฟ้าเขต 1 ภาคกลาง ตั้งอยู่ที่ 46 หมู่ 6 ถนนสายเอเชีย ตำบลหันตรา อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13000 คูแลรับผิชอบพื้นที่ จำนวน 7 จังหวัด ได้แก่ พระนครศรีอยุธยา สระบุรี อ่างทอง ปทุมธานี ปราจีนบุรี นครนายก และสระแก้ว โดยมี สถานีไฟฟ้าจำนวน 65 สถานี และมีหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้า จำนวน 99 เครื่อง

2) สำนักงานการไฟฟ้าเขต 2 ภาคกลาง ตั้งอยู่ที่ 47/1 หมู่ 3 ตำบลเสม็ด อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี 20000 คูแลรับผิชอบพื้นที่ จำนวน 5 จังหวัด ได้แก่ ชลบุรี จันทบุรี ระยอง ตราด และ ฉะเชิงเทรา โดยมีสถานีไฟฟ้า จำนวน 63 สถานี และมีหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้า จำนวน 87 เครื่อง

3) สำนักงานการไฟฟ้าเขต 3 ภาคกลาง ตั้งอยู่ที่ 9/1 หมู่ 1 ตำบลไทยวา อำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม 73120 คูแลรับผิชอบพื้นที่ จำนวน 4 จังหวัด ได้แก่ นครปฐม สมุทรสาคร กาญจนบุรี และสุพรรณบุรี โดยมีสถานีไฟฟ้า จำนวน 38 สถานี และมีหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังใน สถานีไฟฟ้า จำนวน 51 เครื่อง

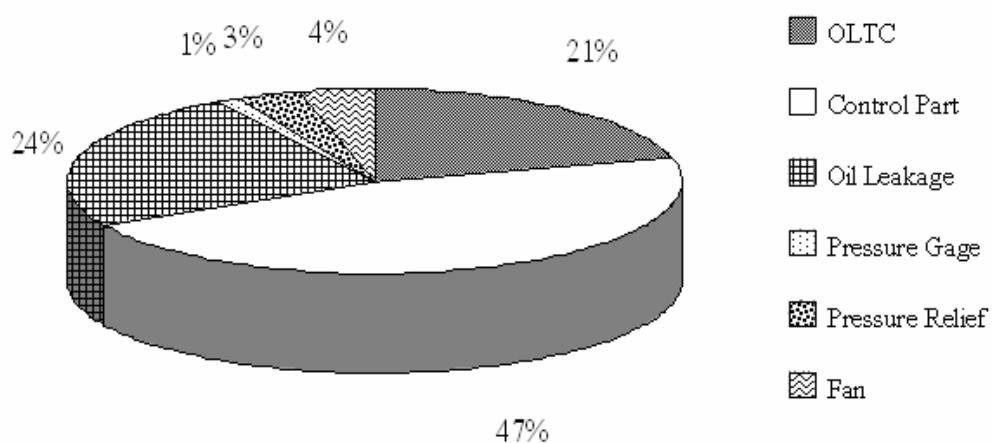
จากการเก็บข้อมูลหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขตภาคกลางเป็นระยะเวลา 4 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551 ถึง พ.ศ. 2554 พบว่า มีหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้า จำนวน 237 เครื่อง แบ่งออกเป็น 3 ขนาด ได้แก่ 25 MVA จำนวน 7 เครื่อง 40 MVA จำนวน 39 เครื่อง และ 50 MVA จำนวน 191 เครื่อง ได้แสดงดังตารางที่ 1 และพบว่าผลิตภัณฑ์ของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานี ไฟฟ้ามีทั้งผลิตภัณฑ์ภายใน ประเทศ จำนวน 84 เครื่อง และผลิตภัณฑ์ที่มาจากต่างประเทศ จำนวน 153 เครื่อง ได้แสดงดังตารางที่ 2 และจากการเก็บข้อมูลเหตุการณ์ความเสียหายของหม้อแปลง ไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขตภาคกลาง จำนวน 153 ครั้ง สามารถแบ่งแยกเหตุการณ์ความเสียหาย ออกเป็น 6 ลักษณะ ดังภาพที่ 1

ตารางที่ 1 จำนวนหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขตภาคกลางแยกตามขนาด ณ ปี พ.ศ. 2554

การไฟฟ้าภาคกลาง	25 MVA	40 MVA	50 MVA
เขต ก.1	2	22	75
เขต ก.2	1	15	71
เขต ก.3	4	2	45
รวมทั้งสิ้น	7	39	191

ตารางที่ 2 จำนวนหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขตภาคกลางแยกตามผลิตภัณฑ์

การไฟฟ้าภาคกลาง	ภายในประเทศ	ต่างประเทศ
เขต ก.1	28	71
เขต ก.2	37	50
เขต ก.3	19	32
รวมทั้งสิ้น	84	153



ภาพที่ 1 ลักษณะความเสียหายของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขตภาคกลาง

1.2 การบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขตภาคกลาง

ปัจจุบันพื้นที่เขตเศรษฐกิจภาคอุตสาหกรรมของประเทศไทยส่วนใหญ่จะอยู่ในความรับผิดชอบของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเขตภาคกลาง โดยกองบำรุงรักษาสถานีไฟฟ้า สายงานธุรกิจก่อสร้างและบำรุงรักษาได้ตระหนักถึงความสำคัญของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญ และมีราคาแพง เพื่อให้หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเกิดความมั่นคงและมีประสิทธิภาพในการจ่ายกระแสไฟฟ้า และป้องกันหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าชำรุดเสียหาย กองบำรุงรักษาสถานีไฟฟ้าจึงได้จัดทำแผนงานบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง โดยแบ่งการดูแลบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าออกเป็น 3 กิจกรรมดังนี้

1.2.1 การบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังตามวาระ คือ การตรวจสอบบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าด้วยวิธีการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) เพื่อป้องกันหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง และอุปกรณ์ในสถานีไฟฟ้าชำรุดเสียหาย โดยมีการวางแผนงานในการเข้าบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าล่วงหน้า ซึ่งมีช่วงระยะเวลาในการเข้าบำรุงรักษาที่แน่นอน โดยแบ่งเป็นวาระการบำรุงรักษาตามช่วงเวลาได้ดังนี้

การบำรุงรักษาตามวาระ 1 ปี เป็นการตรวจสอบบำรุงรักษาทั่วไป เพื่อตรวจเช็คสภาพการใช้งานของอุปกรณ์ และหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้า ซึ่งสามารถดำเนินการได้ทั้งขณะจ่ายกระแสไฟฟ้า และดับไฟ ประกอบด้วย การตรวจสอบสภาพทั่วไป (Visual Check) การทดสอบค่าฉนวนน้ำมันหม้อแปลง (Dielectric Breakdown Test) การทดสอบค่าน้ำในน้ำมันหม้อแปลง (Water Content Test) การเปลี่ยนซิลิกาเจลชุดเปลี่ยนแทปหม้อแปลงขณะมีโหลด (On-Load Tap Changer) และตัวถังหม้อแปลง (Main Tank) การวิเคราะห์หาปริมาณก๊าซในน้ำมันหม้อแปลง (Dissolved Gas Analysis) และการทดสอบค่าความต้านทานฉนวนหม้อแปลง (Insulation Resistance Test)

การบำรุงรักษาตามวาระ 4 ปี เป็นการบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่พิจารณาทั้งระยะเวลาการทำงาน และสภาพการทำงานของอุปกรณ์ ได้แก่ การทดสอบค่าฉนวนน้ำมันหม้อแปลง (Dielectric Breakdown Test) การทดสอบค่าน้ำในน้ำมันหม้อแปลง (Water Content Test) การเปลี่ยนซิลิกาเจลชุดเปลี่ยนแทปหม้อแปลงขณะมีโหลด (On-Load Tap Changer) และตัวถังหม้อแปลง (Main Tank) การทำความสะอาดชุดเปลี่ยนแทปหม้อแปลงขณะมีโหลด หรือมอเตอร์ชุดเปลี่ยนแทปหม้อแปลงไฟฟ้าทำงานถึง 30,000 ครั้ง การทดสอบค่าความต้านทานขดลวดหม้อแปลง (Winding Resistance Test) การทดสอบอัตราส่วนขดลวดหม้อแปลง (Turn Ratio Test) และการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์สภาพฉนวน (Insulation Power Factor Test)

1.2.2 การบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง แบบแก้ไขไม่เร่งด่วน คือ การซ่อมแซมแก้ไขหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าที่ชำรุด ชัดชัด ซึ่งไม่มีผลกระทบต่อระบบการส่งจ่ายกระแสไฟฟ้าสามารถวางแผน หรือกำหนดช่วงเวลาเข้าดำเนินการแก้ไขได้

1.2.3 การบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง แบบแก้ไขเร่งด่วน คือ การซ่อมแซมแก้ไขหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าที่ชำรุด ชัดชัด ซึ่งไม่มีผลกระทบต่อระบบการส่งจ่ายกระแสไฟฟ้าต้องเข้าดำเนินการตรวจสอบแก้ไขโดยเร่งด่วน

2. รวบรวมข้อมูลปัจจัยเสี่ยงที่มีผลต่อความเสียหายของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้า

จากการศึกษาข้อมูลหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขตภาคกลาง และวิเคราะห์ปัจจัยเสี่ยงที่มีผลกระทบต่อการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้า เพื่อใช้วิเคราะห์สภาพการทำงานได้ของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้า และนำผลคะแนนที่ได้จากการวิเคราะห์ไปประเมินความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าประจำปีบนเมตริกซ์ประเมินความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง เพื่อวางแผน และปรับปรุงแผนการบำรุงรักษาให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น โดยแบ่งแยกปัจจัยเสี่ยงออกเป็น 2 ส่วน คือ ประวัติการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง (History) ประกอบด้วย 6 ปัจจัยเสี่ยง โดยมีค่าน้ำหนักรวมเท่ากับ 18 และสภาพการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในปัจจุบัน (Condition) ประกอบด้วย 8 ปัจจัยเสี่ยง โดยมีค่าน้ำหนักรวมเท่ากับ 18 ดังตารางที่ 3 ซึ่งจะอธิบายในส่วนต่อไป

ตารางที่ 3 ปัจจัยเสี่ยงที่ใช้ในการประเมินความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานี่ไฟฟ้า

	CRITERION	WEIGHT	SCORE
History	Age	4	
	Loading History	3	
	Inspection and Maintenance	4	
	Internal Faults History	4	
	Location	2	
	Manufacturer	1	
	Total History Weight	18	
Condition	Dielectric Breakdown Test	3	
	Water Content Test	3	
	Dissolved gas analysis	3	
	Insulation Resistance Test	2	
	Winding Resistance Test	2	
	Turn Ratio Test	2	
	Winding Insulation Power Factor Test	1.5	
	Oil Insulation Power Factor Test	1.5	
	Total Condition Weight	18	

2.1 ประวัติการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง (History)

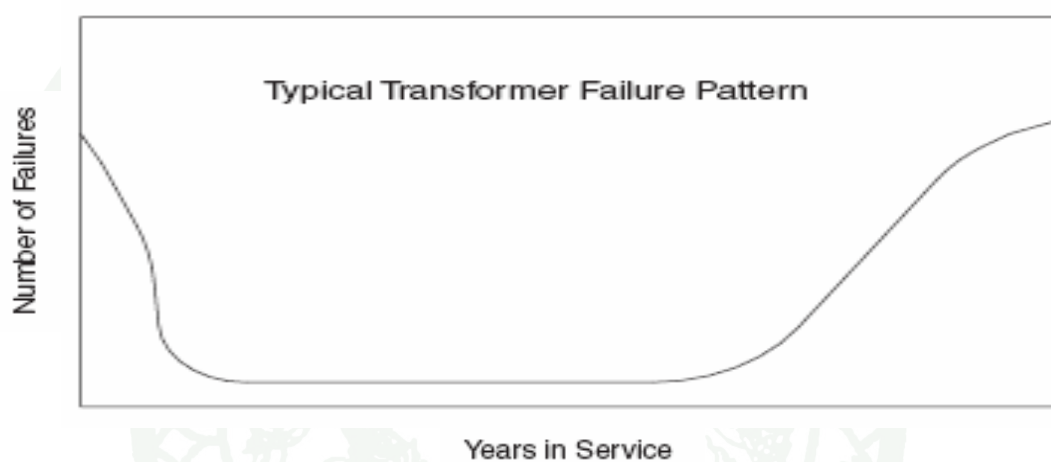
จากเหตุการณ์ความเสียหายที่เกิดขึ้น และการวิเคราะห์ปัจจัยเสี่ยงที่มีผลกระทบต่อการ
ทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานี่ไฟฟ้า ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานี่
ไฟฟ้าชำรุดเสียหาย ในส่วนของประวัติการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง (History) นี้ ประกอบ
ด้วย 6 ปัจจัยเสี่ยง โดยมีค่าน้ำหนัก (Weight) ในการพิจารณาปัจจัยเสี่ยงรวมเท่ากับ 18 ซึ่งแบ่งออก
เป็น 4 กลุ่มเรียงตามลำดับความสำคัญของปัจจัยเสี่ยงที่มีผลต่อการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง
ในสถานี่ไฟฟ้า โดยกลุ่มที่มีความสำคัญของปัจจัยเสี่ยงสูงสุดจะมีค่าน้ำหนักเท่ากับ 4 ได้แก่ อายุการ

ใช้งาน (Age) การตรวจสภาพ และการบำรุงรักษา (Inspection and Maintenance) และประวัติการเกิดความผิดปกติภายใน (Internal Faults History) กลุ่มที่มีความสำคัญของปัจจัยเสี่ยงสูงเป็นอันดับสองซึ่งมีค่าน้ำหนักเท่ากับ 3 ได้แก่ ประวัติการจ่ายโหลด (Loading History) กลุ่มที่มีความสำคัญของปัจจัยเสี่ยงสูงเป็นอันดับสามซึ่งมีค่าน้ำหนักเท่ากับ 2 ได้แก่ สถานที่ติดตั้ง (Location) และกลุ่มที่มีความสำคัญของปัจจัยเสี่ยงน้อยที่สุดซึ่งมีค่าน้ำหนักเท่ากับ 1 ได้แก่ ผู้ผลิต (Manufacturer) จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลเหตุการณ์ความเสียหายของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขตภาคกลางพบว่า ข้อมูลเหล่านี้ล้วนเป็นปัจจัยเสี่ยงที่มีนัยสำคัญต่อการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าที่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 3 โดยมีรายละเอียดในการพิจารณาปัจจัยเสี่ยงแต่ละปัจจัยดังต่อไปนี้

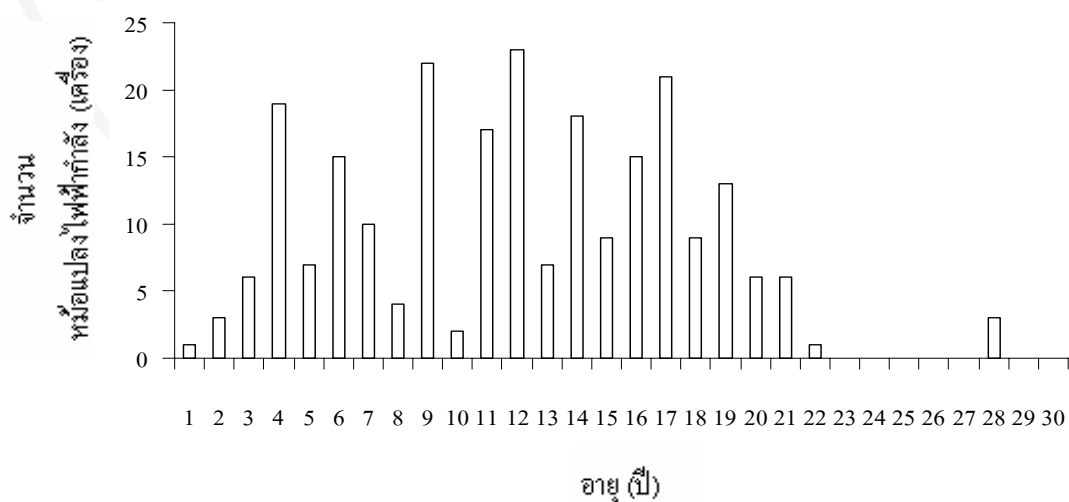
2.1.1 อายุการใช้งาน (Age) จากการศึกษาพบว่า หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังมีโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ความเสียหายแตกต่างกันตามช่วงอายุการใช้งาน ดังภาพที่ 2 โดยหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังมีความเสี่ยงสูงที่จะเกิดเหตุการณ์ความเสียหายอยู่ 2 ช่วงการใช้งาน คือ ช่วงเริ่มต้นการใช้งาน (Infant Mortality) กับช่วงปลายอายุการใช้งาน (Old Age) และหลังจากที่หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเริ่มใช้งานมาซักระยะหนึ่งความเสี่ยงที่จะเกิดเหตุการณ์ความเสียหายจะลดต่ำลงเข้าสู่ภาวะคงตัว (Constant Failure Rate) โดยปกติแล้วอายุการใช้งานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังอย่างมีความน่าเชื่อถือได้จะอยู่ในช่วง 20 - 35 ปี แต่ในทางปฏิบัติหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังสามารถใช้งานได้จนถึง 60 ปี ภายใต้เงื่อนไขการดูแลบำรุงรักษาอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งอายุการใช้งานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังจะมีค่าเท่ากับอายุของฉนวนกระดาษซึ่งขึ้นอยู่กับความแข็งแรงทางกล และความสมบูรณ์ทางไฟฟ้า การเสื่อมสภาพของฉนวนกระดาษเกิดจากปฏิกิริยาไฮโดรลิติก (Hydrolytic) ปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation) และการเสื่อมสภาพทางความร้อน

เนื่องจากอายุการใช้งานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังได้รับการกำหนดเช่นเดียวกับอายุของฉนวนกระดาษ ซึ่งถ้าฉนวนกระดาษของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเริ่มเสื่อมสภาพลง นั่นหมายความว่า หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังจะมีอายุการใช้งานสั้นลงไปด้วย หรือหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังที่อายุการใช้งานผ่านไปหลายปีแล้ว สภาพฉนวนกระดาษภายในหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังก็จะมี การเสื่อมสภาพลงไปตามอายุการใช้งานเช่นกัน นอกจากนี้ที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว ยังมีสาเหตุมาจากอุณหภูมิ ความร้อน ปฏิกิริยาทางไฟฟ้า และเคมี และอีกหลายๆ ปัจจัย ที่ทำให้ฉนวนกระดาษเสื่อมสภาพลงอย่างรวดเร็วจนส่งผลกระทบต่ออายุการใช้งานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง

ปัจจุบันการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเขตภาคกลางมีหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้า จำนวน 237 เครื่อง โดยหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังมีอายุการใช้งานสูงสุดอยู่ที่ 28 ปี และมีอายุการใช้งานต่ำสุดอยู่ที่ 1 ปี และหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังที่มีอายุการใช้งาน 12 ปี มีจำนวนมากที่สุด คือ 23 เครื่อง และหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังที่มีอายุการใช้งาน 1 และ 22 ปี มีจำนวนน้อยที่สุด คือ อย่างละ 1 เครื่อง และจากการเก็บข้อมูลหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขตภาคกลางพบว่า หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังที่มีอายุการใช้งานอยู่ระหว่าง 23 - 27 ปี ไม่มีใช้งานอยู่ในสถานีไฟฟ้า ดังภาพที่ 3 โดยที่หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขตภาคกลางมีอายุการใช้งานเฉลี่ยอยู่ที่ 12 ปี

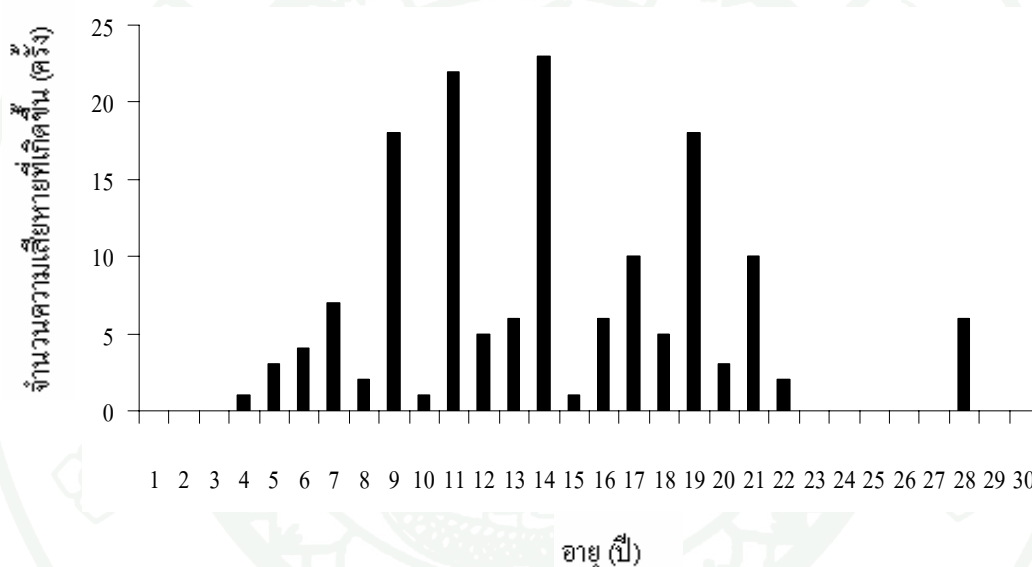


ภาพที่ 2 ลักษณะความล้มเหลวของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังตามช่วงอายุการใช้งาน



ภาพที่ 3 กราฟแสดงจำนวนหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขตภาคกลางแบ่งตามช่วงอายุการใช้งาน

จากข้อมูลเหตุการณ์ความเสียหายของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขตภาคกลางจำนวน 153 ครั้ง พบว่า หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังที่เกิดเหตุการณ์ความเสียหายมากที่สุดอยู่ในช่วงอายุการใช้งาน 14 ปี โดยมีเหตุการณ์ความเสียหายเกิดขึ้นจำนวน 23 ครั้ง และหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังที่เกิดเหตุการณ์ความเสียหายน้อยที่สุดอยู่ในช่วงอายุการใช้งาน 4, 10 และ 15 ปี โดยมีเหตุการณ์ความเสียหายเกิดขึ้นเท่ากันจำนวน 1 ครั้ง และจากการวิเคราะห์ข้อมูลอายุการใช้งานกับข้อมูลเหตุการณ์ความเสียหายของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขตภาคกลางพบว่า หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังที่มีอายุการใช้งาน 1 - 3 ปี จะไม่พบเหตุการณ์ความเสียหายเกิดขึ้นเลย ดังภาพที่ 4 โดยอายุการใช้งานเฉลี่ยที่คาดว่าหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขตภาคกลางจะเกิดเหตุการณ์ความเสียหายมีอายุการใช้งานเฉลี่ยอยู่ที่ 9.18 ปี



ภาพที่ 4 กราฟแสดงจำนวนความเสียหายของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขตภาคกลาง แบ่งตามช่วงอายุการใช้งาน

2.1.2 ประวัติการจ่ายโหลด (Loading History) คือ พฤติกรรมการจ่ายโหลดของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าซึ่งถือเป็นปัจจัยเสี่ยงที่สำคัญปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้า โดยปัจจัยเสี่ยงนี้พิจารณาจากการที่หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังจ่ายโหลดสูงสุด หรือจ่ายโหลดเกินพิกัดชั่วระยะเวลาหนึ่ง จะทำให้ขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเกิดความร้อนสูง (Hot-Spot Temperature) และฉนวนเสื่อมสภาพลงอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังมีอายุการใช้งานสั้นลง หรือมีโอกาสเกิดความเสียหายได้ โดยปกติแล้วหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจะจ่ายพลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 80% ของพิกัดหม้อ

แปลงไฟฟ้ากำลังตามเกณฑ์ (Criteria) ที่ได้กำหนดไว้ เพื่อป้องกันหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเกิดความเสียหาย ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 เกณฑ์การจ่ายโหลดของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้า

แรงดันไฟฟ้า	ขนาดหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง	การจ่ายโหลดตามเกณฑ์ (Criteria)
115kV / 22kV	25 MVA	ไม่เกิน 20 MVA
	40 MVA	ไม่เกิน 32 MVA
	50 MVA	ไม่เกิน 40 MVA

2.1.3 การตรวจสภาพ และการบำรุงรักษา (Inspection and Maintenance) เนื่องจากหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญในกระบวนการส่งจ่ายกระแสไฟฟ้า และเป็นอุปกรณ์ที่มีราคาแพง ประกอบกับการใช้งานอยู่ตลอดเวลา การบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจึงเลือกใช้วิธีการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) เพื่อป้องกันอุปกรณ์ชำรุดเสียหาย โดยกำหนดวาระการบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเป็น 1 ปี และ 4 ปี ตามรายละเอียดที่กล่าวมาข้างต้น จากการศึกษาข้อมูลพบว่า ช่วงระยะเวลาที่ควรเข้าบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้า คือ ทุก 6 เดือน การจัดทำแผนงานเข้าบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าอย่างเหมาะสม และการบำรุงรักษาอย่างมีประสิทธิภาพ จะช่วยให้หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้ามีอายุการใช้งานยาวนานมากขึ้น และลดโอกาสอุปกรณ์ชำรุดเสียหายน้อยลง การบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าจึงถือเป็นปัจจัยหลักในการลดความเสี่ยง เพื่อป้องกันหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเกิดความเสียหายได้

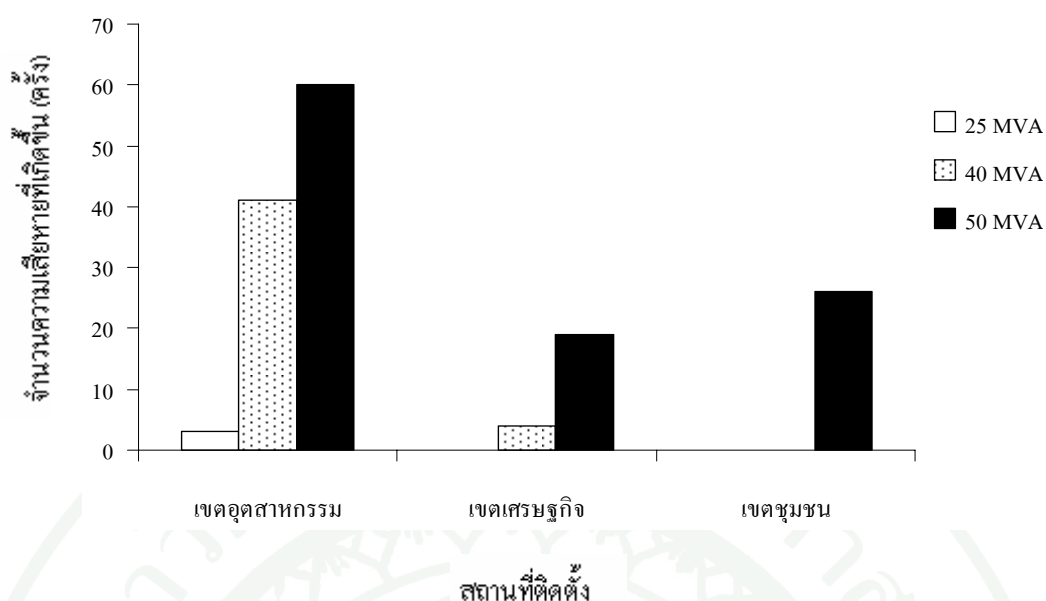
2.1.4 ประวัติการเกิดความผิดปกติภายใน (Internal Faults History) คือ เหตุการณ์ความเสียหายที่เกิดขึ้นกับหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าคิดแบบสะสมเป็นจำนวนครั้งภายในระยะเวลา 1 ปี โดยความผิดปกติส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นกับหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้า เช่น อุปกรณ์ควบคุมเสียหาย น้ำมันรั่วซึมจากถังหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังและอุปกรณ์ ชุดเปลี่ยนแทปหม้อแปลงไม่ทำงาน ตลอดจนผลทดสอบจากการบำรุงรักษาที่ไม่ผ่านมาตรฐาน ซึ่งถือว่าเป็นเหตุการณ์ความผิดปกติของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง โดยเหตุการณ์ความเสียหายที่เกิดขึ้นเหล่านี้ส่งผลให้หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังมีประสิทธิภาพในการทำงานแยลงจนเกิดความเสียหายได้ เนื่องจาก

การเกิดความผิดปกติในร่างกายในหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังแต่ละครั้ง จะทำให้หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเสียหาย สมดุลจากสภาวะการทำงานตามปกติ การบำรุงรักษาที่ล่าช้าจะส่งผลให้ความผิดปกติที่เกิดขึ้นภายในหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น และการเข้าบำรุงรักษาอย่างรวดเร็วสามารถช่วยลดโอกาสเกิดเหตุการณ์ความเสียหายกับหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังได้

จากการวิเคราะห์เหตุการณ์ความเสียหายหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขตภาคกลาง พบว่า หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังที่มีอายุใช้งานตั้งแต่ 4 ปีขึ้นไป จะเริ่มมีเหตุการณ์ความผิดปกติเกิดขึ้น และเพิ่มสูงขึ้นเมื่อหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้ามีอายุการใช้งานมากขึ้น การเกิดความผิดปกติภายในหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้า จึงเป็นปัจจัยเสี่ยงที่ถูกลำมาพิจารณาประกอบการประเมินความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าด้วย

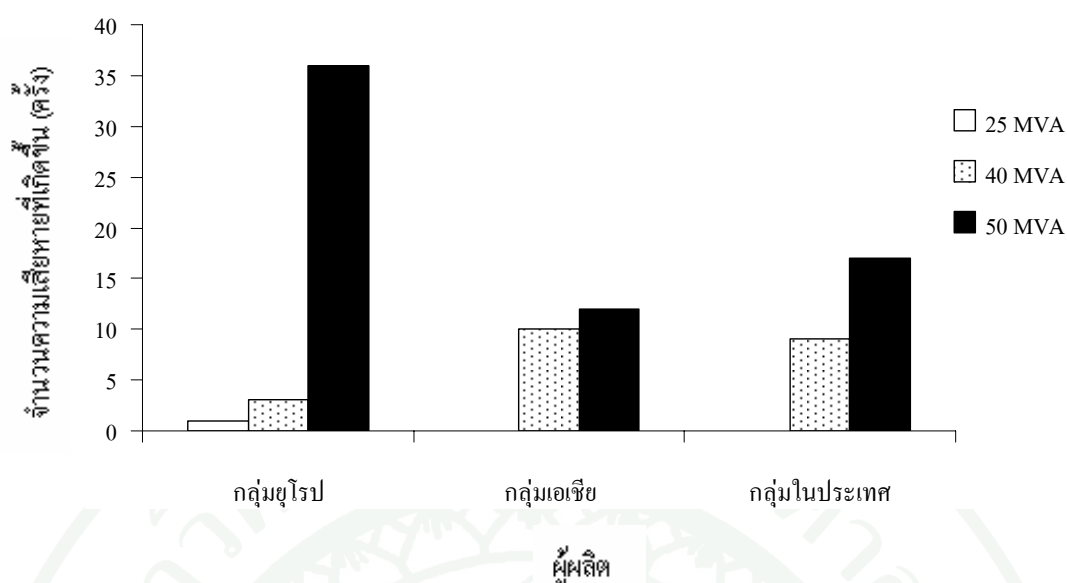
2.1.5 สถานที่ติดตั้ง (Location) เนื่องจากพื้นที่รับผิดชอบของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเขตภาคกลางครอบคลุมพื้นที่ จำนวน 16 จังหวัด โดยแบ่งออกเป็น 3 การไฟฟ้าเขต ได้แก่ กฟภ.1 กฟภ.2 และ กฟภ.3 ซึ่งมีลักษณะการจ่ายไฟในพื้นที่ที่แตกต่างกัน ในการศึกษาครั้งนี้จึงได้กำหนดสถานที่ติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าแบ่งออกเป็น 3 พื้นที่ ได้แก่ กฟภ.1 เป็นตัวแทนของพื้นที่เขตอุตสาหกรรม เนื่องจากพื้นที่ส่วนใหญ่ของ กฟภ.1 มีนิคมอุตสาหกรรมตั้งอยู่จำนวนมาก โดยหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้ามีเหตุการณ์ความเสียหายเกิดขึ้น จำนวน 104 ครั้ง กฟภ.2 เป็นตัวแทนของพื้นที่เขตเศรษฐกิจ เนื่องจากพื้นที่ของ กฟภ.2 เป็นเมืองแหล่งท่องเที่ยว และมีโรงงานอุตสาหกรรมตั้งอยู่บ้าง โดยหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้ามีเหตุการณ์ความเสียหายเกิดขึ้น จำนวน 23 ครั้ง และ กฟภ.3 เป็นตัวแทนของพื้นที่เขตชุมชน เนื่องจากพื้นที่ของ กฟภ.3 มีจำนวนประชาชนอาศัยอยู่หนาแน่น โดยหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้ามีเหตุการณ์ความเสียหายเกิดขึ้น จำนวน 26 ครั้ง

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเหตุการณ์ความเสียหายที่เกิดขึ้นกับหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขตภาคกลาง จำนวน 153 ครั้ง พบว่า สถานที่ติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าที่มีเหตุการณ์ความเสียหายเกิดขึ้นสูงสุด คือ พื้นที่เขตอุตสาหกรรม รองลงมา คือ พื้นที่เขตชุมชน และพื้นที่เขตเศรษฐกิจ ตามลำดับ โดยสามารถแบ่งแยกจำนวนครั้งเหตุการณ์ความเสียหายที่เกิดขึ้นตามขนาดหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้า ดังภาพที่ 5 ซึ่งเหตุการณ์ความเสียหายที่เกิดขึ้นอาจมีสาเหตุมาจากลักษณะการใช้พลังงานไฟฟ้า และมลภาวะในแต่ละพื้นที่ที่แตกต่างกัน



ภาพที่ 5 กราฟแสดงจำนวนความเสียหายของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขตภาคกลาง แบ่งตามสถานที่ติดตั้ง

2.1.6 ผู้ผลิต (Manufacturer) จากการวิเคราะห์ข้อมูลเหตุการณ์ความเสียหายของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขตภาคกลางสามารถแบ่งแยกผลิตภัณฑ์หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังที่เกิดเหตุการณ์ความเสียหายตามกลุ่มผู้ผลิตออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มผลิตภัณฑ์จากทวีปยุโรป กลุ่มผลิตภัณฑ์จากทวีปเอเชีย และกลุ่มผลิตภัณฑ์ในประเทศ ซึ่งมีอายุติดตั้งใช้งานเฉลี่ยแตกต่างกันไม่มากนัก โดยมีเหตุการณ์ความเสียหายเกิดขึ้นกับกลุ่มผลิตภัณฑ์หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังจากทวีปยุโรป จำนวน 74 ครั้ง กลุ่มผลิตภัณฑ์หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังจากทวีปเอเชีย จำนวน 42 ครั้ง และกลุ่มผลิตภัณฑ์หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในประเทศ จำนวน 37 ครั้ง และจากข้อมูลเหตุการณ์ความเสียหายที่เกิดขึ้นกับหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขตภาคกลางจำนวน 153 ครั้ง พบว่า กลุ่มผลิตภัณฑ์หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าที่มีอัตราความเสียหายเกิดขึ้นสูงสุด คือ กลุ่มผลิตภัณฑ์หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังจากทวีปเอเชีย รองลงมา คือ กลุ่มผลิตภัณฑ์หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังจากทวีปยุโรป และกลุ่มผลิตภัณฑ์หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในประเทศ ตามลำดับ ดังภาพที่ 6 โดยแยกตามขนาดหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าที่เกิดเหตุการณ์ความเสียหาย กลุ่มผู้ผลิตหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าน่าเป็นปัจจัยเสี่ยงปัจจัยหนึ่งแต่ไม่มากนัก เนื่องจากการใช้มาตรฐานในกระบวนการผลิตที่แตกต่างกัน และการใช้งานในลักษณะภูมิประเทศไม่เหมาะสมกับกลุ่มผลิตภัณฑ์หม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง



ภาพที่ 6 กราฟแสดงจำนวนความเสียหายของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานี่ไฟฟ้าเขตภาคกลาง แบ่งตามผู้ผลิต

2.2 สภาพการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในปัจจุบัน (Condition)

สภาพการทำงานได้เป็นปกติของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานี่ไฟฟ้า พิจารณาจากความผิดปกติที่เกิดขึ้นกับหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานี่ไฟฟ้าจากผลการตรวจสอบที่เข้าทำการบำรุงรักษาตามวาระ ในส่วนของสภาพการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในปัจจุบัน (Condition) นี้ ประกอบด้วย 7 ปัจจัยเสี่ยง โดยมีค่าน้ำหนัก (Weight) ในการพิจารณาปัจจัยเสี่ยงรวมเท่ากับ 18 แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มเรียงตามลำดับความสำคัญของปัจจัยเสี่ยงที่มีผลต่อการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานี่ไฟฟ้า โดยกลุ่มที่มีความสำคัญของปัจจัยเสี่ยงสูงสุดจะมีค่าน้ำหนักเท่ากับ 3 ได้แก่ การทดสอบค่าฉนวนน้ำมันหม้อแปลง (Dielectric Breakdown Test) การทดสอบค่าน้ำในน้ำมันหม้อแปลง (Water Content Test) และการวิเคราะห์หาปริมาณก๊าซในน้ำมันหม้อแปลง (Dissolved Gas Analysis) กลุ่มที่มีความสำคัญของปัจจัยเสี่ยงรองลงมาซึ่งมีค่าน้ำหนักเท่ากับ 2 ได้แก่ การทดสอบค่าความต้านทานฉนวนหม้อแปลง (Insulation Resistance Test) การทดสอบค่าความต้านทานขดลวดหม้อแปลง (Winding Resistance Test) และการทดสอบอัตราส่วนขดลวดหม้อแปลง (Turn Ratio Test) และกลุ่มที่มีความสำคัญของปัจจัยเสี่ยงน้อยที่สุดซึ่งมีค่าน้ำหนักเท่ากับ 1.5 ได้แก่ การทดสอบค่าเสื่อมสภาพฉนวนขดลวด (Winding Insulation Power Factor Test)

และการทดสอบค่าเสื่อมสภาพฉนวนน้ำมัน (Oil Insulation Power Factor Test) ในการประเมินความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าจากการวิเคราะห์ผลทดสอบจากการบำรุงรักษาตามวาระโดยละเอียดจะทำให้เห็นถึงปัญหา และความผิดปกติที่เกิดขึ้นภายในหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้า ดังตารางที่ 3 ซึ่งมีรายละเอียดในการพิจารณาดังต่อไปนี้

2.2.1 การทดสอบค่าฉนวนน้ำมันหม้อแปลง (Dielectric Breakdown Test) เป็นการทดสอบค่าความเป็นฉนวนของน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้า เพื่อเป็นการป้องกันเหตุการณ์ความเสียหายที่เกิดจากการเบรกดาวน์ (Breakdown) ภายในหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังซึ่งมีสาเหตุมาจากการใช้งานเป็นเวลานาน และมีฝุ่นผงในน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังจำนวนมาก การทดสอบค่าฉนวนน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าจะต้องเก็บตัวอย่างน้ำมันจากทั้งสองส่วน คือ ถังหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง (Main Tank) และถังน้ำมันชุดเปลี่ยนแทปขณะมีโหลด (OLTC) ใส่ในเครื่องมือทดสอบที่มีขั้วไฟฟ้า (Electrode) อยู่ทั้งสองข้าง และทำการจ่ายแรงดันไฟฟ้าผ่านขั้วไฟฟ้าซึ่งเป็นทรงกระบอกมีระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้าทั้งสองเท่ากับ $2.5 \text{ mm.} \pm 0.05 \text{ mm.}$ และทำการทดสอบจำนวน 6 ครั้ง แต่แต่ละครั้งควรทิ้งเวลาห่างกันอย่างน้อย 5 นาที แล้วหาค่าเฉลี่ยแรงดันไฟฟ้าที่ทำให้ฉนวนหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเกิดการเบรกดาวน์มีหน่วยเป็นกิโลโวลต์ (kV) ซึ่งแรงดันไฟฟ้าที่ทำให้ฉนวนหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเกิดการเบรกดาวน์จะต้องมีค่ามากกว่า 40 กิโลโวลต์ จึงจะผ่านการทดสอบตามระเบียบปฏิบัติการบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค แต่ถ้าค่าเฉลี่ยแรงดันไฟฟ้าที่ทำให้ฉนวนหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเกิดการเบรกดาวน์มีค่าน้อยกว่า 40 กิโลโวลต์ จะต้องดำเนินการแก้ไขปรับปรุง ซึ่งมาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบค่าฉนวนน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้ามีอยู่ด้วยกันหลายมาตรฐาน ได้แก่ ASTM D877, ASTM D1816, IEC156 และ VDE 0370 เป็นต้น การเลือกใช้มาตรฐานในการทดสอบค่าฉนวนน้ำมันหม้อแปลงขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์หม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง และวิธีการทดสอบ

2.2.2 การทดสอบค่าน้ำในน้ำมันหม้อแปลง (Water Content Test) เป็นการทดสอบหาปริมาณน้ำที่อยู่ในน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้า เนื่องจากน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังมีการสัมผัสกับอากาศจะทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation) ทำให้มีน้ำผสมอยู่ในน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง หรือมีการคายน้ำออกมาจากฉนวนกระดาษซึ่งทำมาจากเซลลูโลส (Cellulose) เมื่อฉนวนกระดาษโดนความร้อนสูงจะทำให้เซลลูโลส (Cellulose) คายน้ำออกมาซึ่งถ้ามีปริมาณมาก จะทำให้ค่าฉนวนน้ำมันลดลงจนอาจเกิดการเบรกดาวน์ได้ วิธีแก้ไข คือ จะต้องทำการกรองน้ำมันเพื่อกรองเอาน้ำที่ปนอยู่ในน้ำมันออกมา หรือการอบขจัดความชื้นหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง

ซึ่งเป็นวิธีที่ได้ผลอย่างยิ่ง เพื่อให้ได้น้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังมีค่าความเป็นฉนวนเพิ่มมากขึ้น ส่วนใหญ่จะทำการตรวจสอบหลังจากหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังผ่านการใช้งานแล้วประมาณ 5 ปี และหลังจากนั้นให้สุ่มตัวอย่างทุกๆ ปี โดยการทดสอบหาน้ำมันในน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังจะต้องเก็บตัวอย่างน้ำมันจากทั้งสองส่วน คือ ถังหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง (Main Tank) และถังน้ำมันชุดเปลี่ยนแทปขณะมีโหลด (OLTC) โดยใช้เครื่องมือวัดความชื้น และหัวทดสอบ (Probe) วัดปริมาณน้ำในน้ำมันมีหน่วยเป็นพีพีเอ็ม (ppm.) ซึ่งปริมาณน้ำในน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังที่วัดไว้จะต้องมีค่าน้อยกว่า 25 พีพีเอ็ม จึงจะผ่านการทดสอบตามระเบียบปฏิบัติการบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

2.2.3 การวิเคราะห์หาปริมาณก๊าซในน้ำมันหม้อแปลง (Dissolved Gas Analysis)

หรือเรียกว่า การทดสอบดีจีเอ (DGA Test) เปรียบเสมือนเป็นการตรวจสอบสุขภาพประจำปีของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานไฟฟ้า โดยการสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง และทำการวิเคราะห์หาปริมาณก๊าซหลัก (Key Gas) ที่เกิดขึ้นในน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง เพื่อวิเคราะห์หาความผิดปกติที่เกิดขึ้นภายในหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง ซึ่งเกิดจากการแตกตัวของวัสดุต่างๆ ที่ใช้งานภายในตัวหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง หรือเกิดสิ่งผิดปกติภายในหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง เพื่อป้องกันไม่ให้ความผิดปกติลุกลามไปสู่ปัญหาการชำรุดของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในเวลาต่อมา โดยการทดสอบดีจีเอ จะสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำมันจากบริเวณก้นถังหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง (Main Tank) และวิเคราะห์หาปริมาณก๊าซหลักที่เกิดขึ้น ประกอบด้วยก๊าซหลัก จำนวน 9 ชนิด ได้แก่ H_2 (Hydrogen), CO_2 (Carbon Monoxide), CO (Carbon Dioxide), CH_4 (Methane), C_2H_2 (Acetylene), C_2H_4 (Ethylene), C_2H_6 (Ethane), C_3H_6 (Propylene) และ C_3H_8 (Propane) ซึ่งก๊าซหลักที่เกิดขึ้นแต่ละชนิดสามารถบอกถึงความผิดปกติที่เกิดขึ้นภายในหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังได้ ดังแสดงในตารางที่ 5 และนำผลจากการวิเคราะห์หาปริมาณการละลายของก๊าซในน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังซึ่งมีหน่วยเป็นพีพีเอ็มมาวิเคราะห์หาสาเหตุความผิดปกติที่เกิดขึ้นตามระเบียบปฏิบัติการบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

โดยทั่วไปเกณฑ์ที่ยอมรับได้จากการทดสอบดีจีเอ ดังแสดงในตารางที่ 6 ซึ่งปกติแล้วหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังที่มีอายุการใช้งานประมาณ 5 ปี จะถูกเก็บตัวอย่างน้ำมันมาทดสอบดีจีเอ เพื่อดูว่ามีสิ่งผิดปกติเกิดขึ้นภายในตัวหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังหรือไม่ หลังจากนั้นจะต้องทำการสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำมันเพื่อมาทดสอบประมาณ 1-2 ปีต่อครั้ง

ตารางที่ 5 ก๊าซที่เกิดจากสภาวะผิดปกติ (Fault Condition)

Fault Condition	Gas
Overheat	H ₂ , CH ₄ , C ₂ H ₄ , C ₃ H ₆ , C ₃ H ₈
Arcing	H ₂ , CH ₄ , C ₂ H ₂ , C ₂ H ₄ , C ₃ H ₆
Partial Discharge	H ₂ , CH ₄ , C ₂ H ₆ , C ₃ H ₈

ที่มา: International Council on Large Electric Systems (1986)

ตารางที่ 6 เกณฑ์ปริมาณก๊าซที่ยอมรับได้จากการทดสอบดีจีเอ (DGA Test)

Transformer Rating	Total Quality of Combustible Gases	Quality of Each Gas (ppm.) (max.)					
		H ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₂ H ₄	CO	C ₂ H ₂
Up to 275 kV.							
Up to 10 MVA	1,000	400	200	300	300	300	non
Over 10 MVA	700	400	150	200	300	300	non
500 kV.	400	300	100	50	100	200	non

ที่มา: International Council on Large Electric Systems (1986)

2.2.4 การทดสอบค่าความต้านทานฉนวนหม้อแปลง (Insulation Resistance Test) เป็นการทดสอบเพื่อให้มั่นใจว่าค่าความต้านทานของฉนวนของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานียังมีคุณสมบัติ (Specification) ตรงตามที่ผู้ผลิตกำหนดไว้หรือไม่ เพื่อป้องกันอันตรายจากการรั่วไหลของกระแสไฟฟ้า และป้องกันอุปกรณ์ชำรุดเสียหาย โดยการทดสอบหาค่าความต้านทานหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานียังไฟฟ้าจะทำการวัดค่าความต้านทานระหว่างขดลวดของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง โดยใช้เครื่องมือวัดความต้านทาน (Megger) ในการวัดความต้านทานขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานียังไฟฟ้า จะทำการวัดอยู่ 3 แบบ คือ ขดลวดแรงสูงกับขดลวดแรงต่ำ (H/L) ขดลวดแรงสูงกับดิน (H/G) และขดลวดแรงต่ำกับดิน (L/G) โดยอ่านค่าความต้านทานที่วัดได้เมื่อเวลาผ่านไป 1 นาที

และ 10 นาฬิกา จากนั้นนำค่าที่วัดได้จากการทดสอบมาคำนวณด้วยวิธี Polarization Index หรือ พีไอ (PI) จากสมการ (1) ซึ่งได้กำหนดค่าพีไอไว้ จะต้องมีย่านค่ามากกว่า 1.25 จึงจะผ่านการทดสอบตามระเบียบปฏิบัติการบำรุงรักษาม้อแปลงไฟฟ้ากำลังของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

$$\text{Polarization Index (PI)} = \frac{\text{ค่าความต้านทานที่วัดได้ ณ นาฬิกาที่ 10}}{\text{ค่าความต้านทานที่วัดได้ ณ นาฬิกาที่ 1}} \quad (1)$$

2.2.5 การทดสอบค่าความต้านทานขดลวดหม้อแปลง (Winding Resistance Test) เป็นการวัดค่าความต้านทานของขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานี่ไฟฟ้าแบบเปิดวงจร (Open Circuit) ทั้ง 2 ส่วน คือ ขดลวดแรงสูง และขดลวดแรงต่ำ เพื่อตรวจสอบหน้าสัมผัสตัวนำ หรือการหลวมของขดลวดบริเวณจุดต่อต่างๆ โดยป้อนกระแสไม่เกิน 10% ของฟลักัดกระแส เพราะจะทำให้อุณหภูมิภายในขดลวดเปลี่ยนแปลงไปมาก ส่งผลให้ค่าที่วัดได้ผิดเพี้ยนจากความเป็นจริงได้ ซึ่งการวัดค่าความต้านทานของขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานี่ไฟฟ้าด้านปฐมภูมิ (Primary) จะทำการวัดค่าความต้านทานขดลวดด้านแรงสูงทั้งสามขดลวดเทียบกับตำแหน่งแทปหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังทั้ง 17 แทป ซึ่งมีหน่วยวัดเป็นมิลลิโอห์ม (mΩ) และทำการบันทึกค่าความต้านทานของขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังที่อ่านได้จากเครื่องมือวัด ส่วนด้านทุติยภูมิ (Secondary) จะวัดค่าความต้านทานขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังด้านแรงต่ำทั้ง 3 ขดลวดเพียงอย่างเดียว ซึ่งหน่วยวัดเป็นมิลลิโอห์ม และบันทึกค่าความต้านทานขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังที่อ่านได้จากเครื่องมือวัด

การสรุปผลการทดสอบแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ขดลวดแรงสูง กับขดลวดแรงต่ำ โดยการสรุปผลด้านขดลวดแรงสูงจะใช้วิธีการวาดกราฟจากค่าที่วัดได้จากการทดสอบ ซึ่งกราฟที่ได้จากการวัดค่าความต้านทานขดลวดแรงสูงทั้ง 3 ขดลวด จะต้องอยู่ในลักษณะเดียวกัน หรือมีค่าแตกต่างกันไม่มากนัก ถึงจะผ่านการทดสอบ แต่ถ้ากราฟที่ได้มีลักษณะแตกต่างกัน หรือไม่เหมือนกันเลย แสดงว่าหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเครื่องนี้มีปัญหาด้านขดลวดแรงสูง ส่วนการสรุปผลด้านขดลวดแรงต่ำค่าความต้านทานของขดลวดที่วัดได้ทั้ง 3 ขดลวดจะมีค่าใกล้เคียงกัน หรือมีค่าแตกต่างกันไม่มากนัก จึงจะผ่านการทดสอบ ทั้งนี้การสรุปผลการทดสอบค่าความต้านทานขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง จะต้องอาศัยประสบการณ์จากผู้ปฏิบัติงานโดยตรง เพื่อให้วิเคราะห์ผลเป็นไปอย่างถูกต้อง

2.2.6 การทดสอบอัตราส่วนขดลวดหม้อแปลง (Turn Ratio Test) เป็นการทดสอบหาอัตราส่วนจำนวนรอบขดลวดระหว่างด้านแรงสูงกับด้านแรงต่ำ (Primary side with Secondary side) โดยใช้หม้อแปลงไฟฟ้าแบบออโต (Auto Transformer) ป้อนแรงดันไฟฟ้าเข้าด้านขดลวดแรงสูงพร้อมกับปรับแทปหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังที่ละแทป และอ่านค่าอัตราส่วนจำนวนรอบขดลวดที่วัดได้ทั้ง 3 เฟส คือ เฟสเอ เฟสบี และเฟสซี เพื่อนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (% Error) ในแต่ละเฟส โดยค่าความคลาดเคลื่อนในแต่ละเฟสจะต้องมีค่าไม่เกิน $\pm 0.5\%$ ของค่าที่ได้จากคำนวณ จึงจะผ่านการทดสอบตามระเบียบปฏิบัติการบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

2.2.7 การทดสอบค่าสัมประสิทธิ์สภาพฉนวนขดลวด (Winding Insulation Power Factor Test) เป็นการทดสอบหาการเสื่อมสภาพฉนวนขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้า เพื่อวัดค่าการสูญเสียในฉนวนหรือ (Dielectric Loss) โดยผลที่วัดได้จะเป็นค่าอัตราส่วนระหว่างกำลังงานที่สูญเสียไปในฉนวนกับผลคูณของแรงดันและกระแสที่จ่ายให้กับอุปกรณ์ หรือหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง เพื่อหาการเสื่อมสภาพของฉนวนขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้า โดยทำการทดสอบทั้งหมด 4 แบบ แบ่งเป็นด้านขดลวดแรงสูง จำนวน 3 โหมด ประกอบด้วย UST-A, GSTg-A และ GST และด้านขดลวดแรงต่ำ 1 โหมด คือ GSTg-A เพื่อใช้คำนวณหาค่าร้อยละตัวประกอบกำลัง (% Power Factor) ตามมาตรฐาน Standard IEEE 62-1995 ซึ่งค่าร้อยละตัวประกอบกำลังที่ได้จากการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์สภาพฉนวนขดลวด จะต้องมีย่านน้อยกว่า 1% จึงจะผ่านการทดสอบตามระเบียบปฏิบัติการบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

2.2.8 การทดสอบค่าสัมประสิทธิ์สภาพฉนวนน้ำมัน (Oil Insulation Power Factor Test) มีหลักการคล้ายกับการทดสอบหาการเสื่อมสภาพฉนวนขดลวด โดยการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์สภาพฉนวนน้ำมันเป็นการทดสอบเพื่อหาการเสื่อมสภาพฉนวนน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้า โดยใช้การวิเคราะห์น้ำมันจากสองส่วน คือ ถังหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง (Main Tank) และถังน้ำมันชุดเปลี่ยนแทปขณะมีโหลด (OLTC) เพื่อใช้คำนวณหาค่าร้อยละตัวประกอบกำลัง (% Power Factor) ตามมาตรฐาน Standard IEEE 62-1995 ซึ่งค่าร้อยละตัวประกอบกำลังที่ได้จากการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์สภาพฉนวนน้ำมัน จะต้องมีย่านน้อยกว่า 1% จึงจะผ่านการทดสอบตามระเบียบปฏิบัติการบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

3. ศึกษาวิธีการให้คะแนนตามน้ำหนัก (Weighted Score)

จากการศึกษาวิธีการให้คะแนนตามน้ำหนัก (Weighted Score) พบว่า วิธีนี้ใช้เป็นเครื่องมือ (Tool) เชื่อมโยงผลการตรวจสอบการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าจากหน่วยงาน และผลการทดสอบจากห้องปฏิบัติการ เพื่อใช้วิเคราะห์ความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในปัจจุบัน ได้ โดยที่หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าแต่ละเครื่องจะมีระดับความเต็ม (Strength) คงเหลือ อยู่ทั้งทางไฟฟ้า และทางกล ซึ่งจะลดลงตามเงื่อนไขความเสื่อมสภาพตามอายุ และการใช้งาน

วิธีการให้คะแนนตามน้ำหนัก (Weighted Score) แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ค่าน้ำหนัก (Weight) และระดับคะแนน (Score) เพื่อใช้วิเคราะห์หาความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานี ไฟฟ้า ดังภาพที่ 7 ซึ่งจะอธิบายในส่วนต่อไป

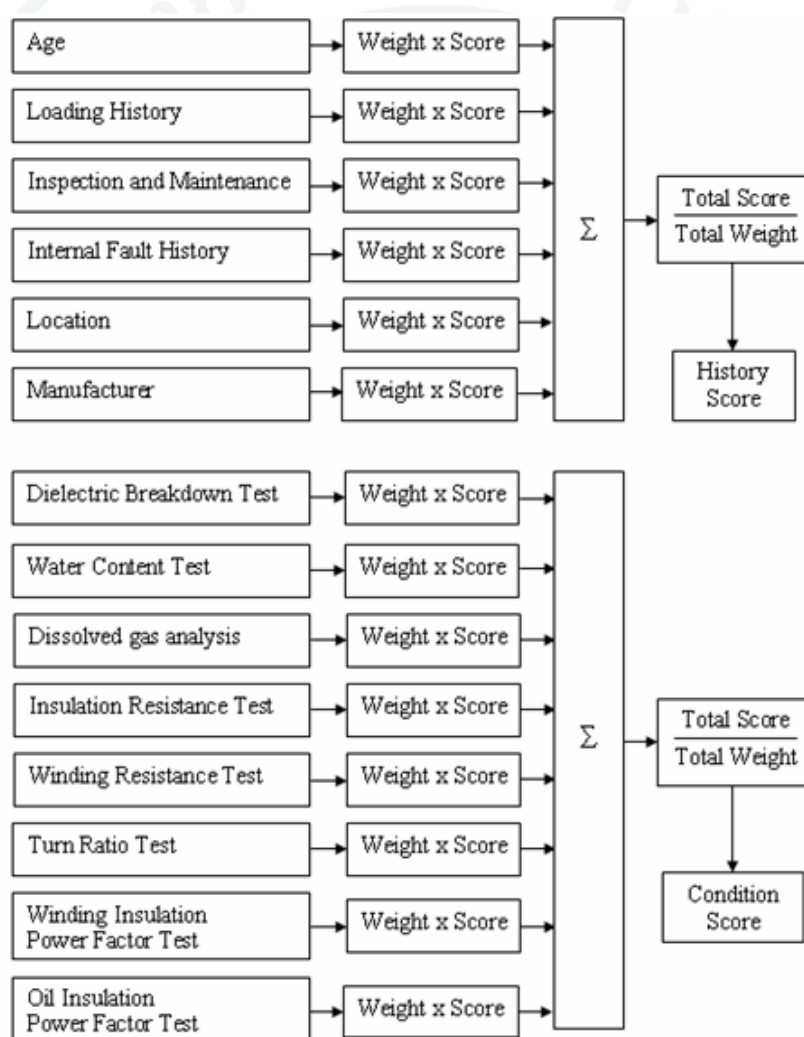
ค่าน้ำหนัก (Weight) คือ ค่าน้ำหนักของข้อมูลในการวิเคราะห์ปัจจัยเสี่ยงที่มีผลต่อการ ทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้า โดยพิจารณาจากข้อมูลที่มีความสำคัญของปัจจัย เสี่ยง และมีผลต่อการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง ข้อมูลนั้นจะมีค่าน้ำหนักของข้อมูลที่สูงใน การวิเคราะห์ความเสี่ยง โดยปัจจัยเสี่ยงที่ถูกนำมาพิจารณาจะมีค่าน้ำหนักมาก หรือน้อยขึ้นอยู่กับ ระดับความสำคัญที่ส่งต่อความเสียหายไปสู่หม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง จนทำให้หม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง ขาดเสียหายได้

การกำหนดค่าน้ำหนักของข้อมูลปัจจัยเสี่ยงที่ใช้ในการวิเคราะห์ความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้า กำลังในสถานีไฟฟ้า ทั้งในส่วนของประวัติการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง (History) กับ สภาพการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในปัจจุบัน (Condition) พิจารณาจากผลการวิเคราะห์ ข้อมูลความเสียหายที่เคยเกิดขึ้นของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขตภาคกลาง และ คำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญด้านหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง ตลอดจนผู้ปฏิบัติงานของการไฟฟ้าส่วน ภูมิภาค ซึ่งได้แสดงไว้ในตารางที่ 3

ระดับคะแนน (Score) คือ ระดับคะแนนที่ใช้ในการวิเคราะห์ความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้า กำลังในแต่ละปัจจัยเสี่ยงที่นำมาพิจารณา ระดับคะแนนประกอบด้วย เอ (A) บี (B) ซี (C) และดี (D) ได้แสดงดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ระดับคะแนนที่ใช้ในการประเมินความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้า

ระดับคะแนน	คะแนน	ความหมาย
A	4	อยู่ในเกณฑ์ปกติ
B	3	อยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างปกติ มีความเสี่ยงเพียงเล็กน้อย
C	2	อยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างผิดปกติ มีความเสี่ยงค่อนข้างสูง
D	1	อยู่ในเกณฑ์ผิดปกติ มีความเสี่ยงสูง



ภาพที่ 7 ขั้นตอนการวิเคราะห์ความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าด้วยวิธีการให้คะแนนตามน้ำหนัก

4. กำหนดระดับคะแนนวิเคราะห์ความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขตภาคกลาง

การกำหนดระดับคะแนนในการวิเคราะห์สภาพการทำงานได้ของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขตภาคกลาง เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ และคำนวณหาคะแนนประเมินความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้า จากการเก็บข้อมูลหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขตภาคกลางตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551 จนถึง พ.ศ. 2554 พบว่า หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขตภาคกลางจำนวน 237 เครื่อง เกิดเหตุการณ์ความเสียหายขึ้น จำนวน 153 ครั้ง โดยหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเสียหาย จำนวน 88 เครื่อง รายละเอียดดังตารางที่ 8

การกำหนดเกณฑ์คะแนน เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ และคำนวณหาคะแนนประเมินความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้า จะต้องทำการวิเคราะห์ข้อมูลหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าทั้ง 2 ส่วน คือ ประวัติการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง (History) กับสภาพการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสภาพปัจจุบัน (Condition) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 8 จำนวนความเสียหายหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขตภาคกลางแยกตามขนาด ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551 ถึง พ.ศ. 2554

การไฟฟ้าภาคกลาง	จำนวน	ขนาดหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง			
		25 MVA	40 MVA	50 MVA	รวมทั้งสิ้น
เขต ก.1	ใช้งาน (เครื่อง)	2	22	75	99
	เสียหาย (เครื่อง)	1	19	33	53
	เสียหาย (ครั้ง)	3	41	60	104
เขต ก.2	ใช้งาน (เครื่อง)	1	15	71	87
	เสียหาย (เครื่อง)	-	3	13	16
	เสียหาย (ครั้ง)	-	4	19	23
เขต ก.3	ใช้งาน (เครื่อง)	4	2	45	51
	เสียหาย (เครื่อง)	-	-	19	19
	เสียหาย (ครั้ง)	-	-	26	26

4.1 ประวัติการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง (History) ประกอบด้วย 6 ปัจจัยเสี่ยง ซึ่งจะอธิบายหลักเกณฑ์การพิจารณาการให้คะแนนวิเคราะห์ความเสี่ยงดังต่อไปนี้

4.1.1 อายุการใช้งาน (Age) จากการวิเคราะห์ข้อมูลเหตุการณ์ความเสียหายของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขตภาคกลางพบว่า ช่วงอายุการใช้งานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าจะมีสัดส่วนความเสียหายที่แตกต่างกัน เมื่อเทียบกับจำนวนหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าที่ใช้งานอยู่จำนวนครั้งเหตุการณ์ความเสียหายที่เกิดขึ้น การกำหนดระดับคะแนนประเมินความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าในหัวข้ออายุการใช้งานนี้ จะพิจารณาจากข้อมูลเหตุการณ์ความเสียหายของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้า โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ เหตุการณ์ความเสียหายที่เกิดขึ้นกับหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าตามช่วงอายุการใช้งาน แบ่งเปอร์เซ็นต์ความเสียหายออกเป็น 4 ระดับคะแนน คือ 0%, 50%, 100% และมากกว่า 150% ตามระดับความรุนแรงของความเสียหายที่เกิดขึ้น เมื่อหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังไม่สามารถจ่ายโหลดได้ ดังภาพที่ 8 ซึ่งจะได้อธิบายรายละเอียดดังต่อไปนี้

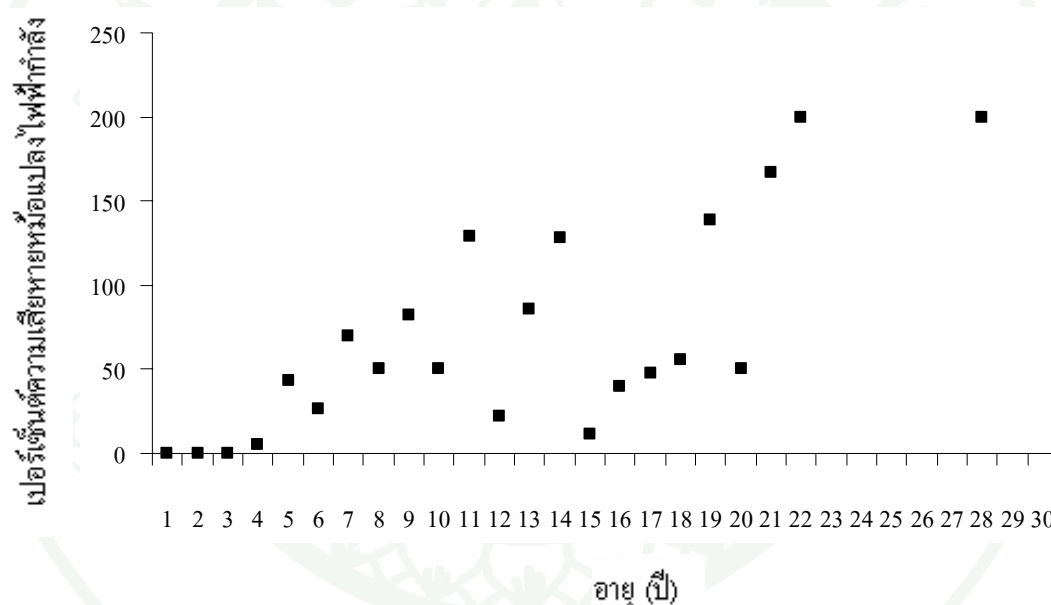
ระดับคะแนน A คือ หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขตภาคกลางที่มีเปอร์เซ็นต์ความเสียหายเกิดขึ้น 0% หรือไม่มีเหตุการณ์ความเสียหายเกิดขึ้นเลยโดยเทียบกับจำนวนหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังที่ใช้งานอยู่ในสถานีไฟฟ้า ซึ่งหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าที่มีอายุการใช้งานนับตั้งแต่ปีที่เริ่มจ่ายไฟจนถึงอายุการใช้งานครบ 3 ปี ยังไม่พบข้อมูลเหตุการณ์ความเสียหายเกิดขึ้น หรือหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าที่มีอายุการใช้งานอยู่ในช่วงดังกล่าวไม่มีความเสี่ยงเกิดเหตุการณ์ความเสียหาย โดยรวมแล้วอยู่ในเกณฑ์ปกติ

ระดับคะแนน B คือ หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขตภาคกลางที่มีเปอร์เซ็นต์ความเสียหายเกิดขึ้นอยู่ในกลุ่ม 50% โดยเทียบกับจำนวนหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังที่ใช้งานอยู่ในสถานีไฟฟ้า ส่วนใหญ่หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าที่มีอายุการใช้งานอยู่ในช่วง 4 ปี ถึง 10 ปี ซึ่งผ่านการใช้งานมาระยะหนึ่งแล้ว จะเริ่มมีอัตราการเกิดเหตุการณ์ความเสียหายเกิดขึ้น 50% หรือหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าที่มีอายุการใช้งานอยู่ในช่วงดังกล่าวจะเริ่มมีความเสี่ยงเกิดขึ้นเล็กน้อย โดยรวมแล้วยังอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างปกติ

ระดับคะแนน C คือ หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขตภาคกลางที่มีเปอร์เซ็นต์ความเสียหายเกิดขึ้นอยู่ในกลุ่ม 100% โดยเทียบกับจำนวนหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังที่ใช้งานอยู่ในสถานีไฟฟ้า หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าที่มีอายุการใช้งานอยู่ในช่วง 11 ปี ถึง 20

ปี ซึ่งตรงกับอายุการใช้งานเฉลี่ยของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขตภาคกลางในปัจจุบัน คือ 12 ปี จะเริ่มมีอัตราการเกิดเหตุการณ์ความเสียหายสูงขึ้นอีกระดับหนึ่ง หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังใน สถานีไฟฟ้าที่มีอายุการใช้งานอยู่ในช่วงดังกล่าวจะมีความเสี่ยงค่อนข้างสูง

ระดับคะแนน D คือ หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขตภาคกลางที่มี เปอร์เซนต์ความเสียหายเกิดขึ้นอยู่ในกลุ่มมากกว่า 150% โดยเทียบกับจำนวนหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง ที่ใช้งานอยู่ในสถานีไฟฟ้า ซึ่งอยู่ในกลุ่มหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าที่มีอายุการใช้งาน มากกว่า 20 ปีขึ้นไป โดยมีอัตราการเกิดเหตุการณ์ความเสียหายเกิดขึ้นตั้งแต่ 150% ไปจนถึง 200% ซึ่งเป็นอัตราความเสียหายที่สูงมาก หรือหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าที่มีอายุการใช้งานอยู่ ในช่วงดังกล่าวจะมีความเสี่ยงสูง



ภาพที่ 8 กราฟเปอร์เซนต์ความเสียหายหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขตภาคกลางแยกตาม ช่วงอายุการใช้งาน

จากการแบ่งระดับเปอร์เซนต์ความเสียหายหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังข้างต้นตามอายุ การใช้งานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้า จึงได้ระดับคะแนนประเมินความเสี่ยงหม้อ แปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้า แบ่งออกเป็น 4 ระดับคะแนนเรียงตามลำดับความเสี่ยง ดังแสดง ตามตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ระดับคะแนนประเมินความเสี่ยงอายุการใช้งาน

อายุการใช้งาน	น้ำหนัก	ระดับคะแนน
0 – 3 ปี	4	A
4 – 10 ปี	4	B
11 – 20 ปี	4	C
มากกว่า 20 ปี	4	D

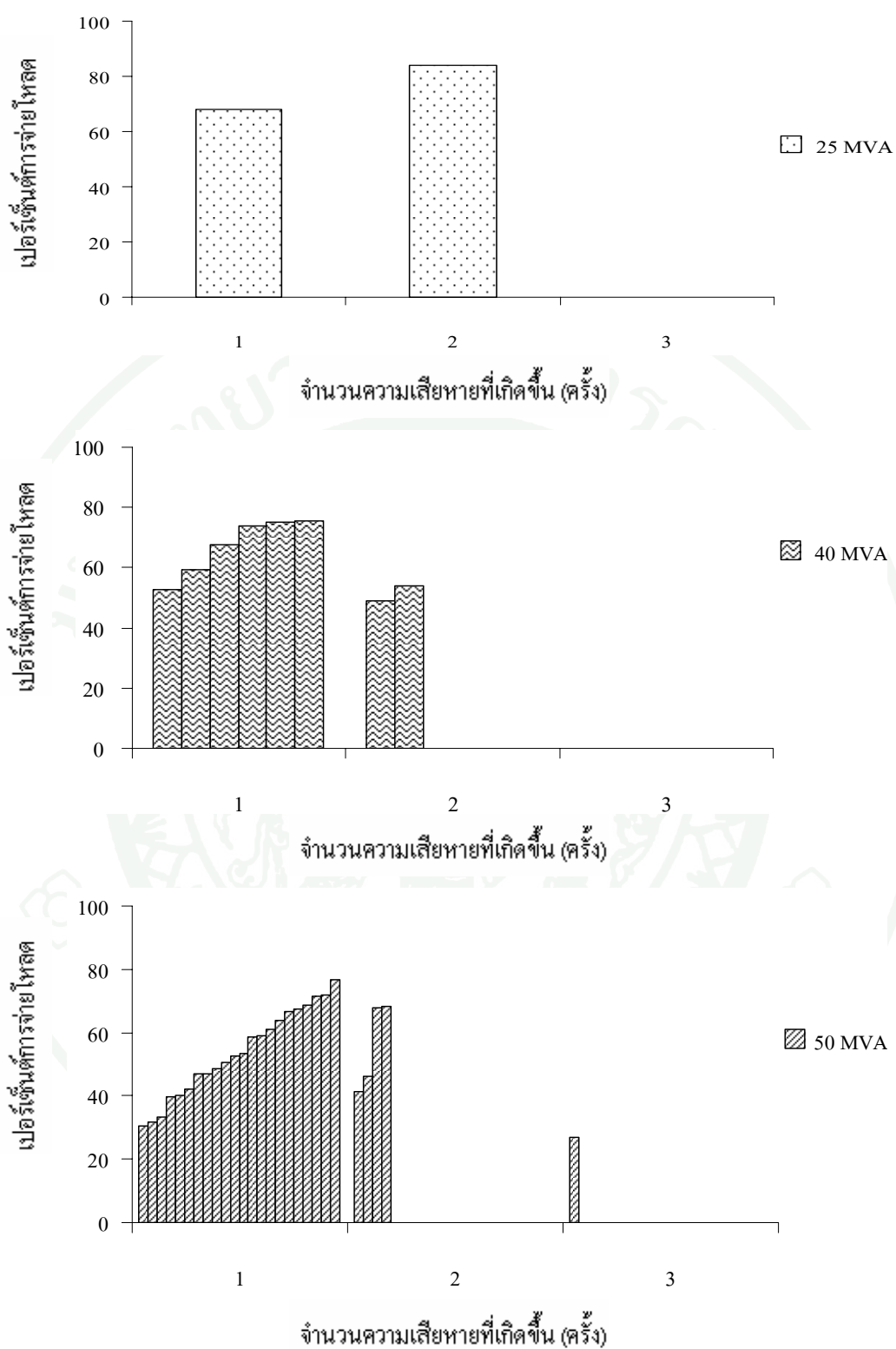
หมายเหตุ อายุการใช้งานเริ่มนับตั้งแต่ปีที่หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเริ่มจ่ายไฟ

4.1.2 ประวัติการจ่ายโหลด (Loading History) เนื่องจากหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเกิดเหตุการณ์ความเสียหายจำนวน 153 ครั้ง โดยมีหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเกิดเหตุการณ์ความเสียหาย แบ่งออกเป็น 3 ขนาด ได้แก่ หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าขนาด 25 MVA จำนวน 1 เครื่อง เกิดเหตุการณ์ความเสียหาย 3 ครั้ง หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าขนาด 40 MVA จำนวน 22 เครื่อง เกิดเหตุการณ์ความเสียหายจำนวน 45 ครั้ง และหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าขนาด 50 MVA จำนวน 65 เครื่อง เกิดเหตุการณ์ความเสียหายจำนวน 105 ครั้ง การกำหนดระดับคะแนนประเมินความเสี่ยงในหัวข้อการจ่ายโหลดของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าจะพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์การจ่ายโหลดสูงสุดของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในปีที่ทำให้หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเกิดเหตุการณ์ความเสียหายขึ้น

ตารางที่ 10 การจ่ายโหลด 60% ของพิกัดหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าแยกตามขนาด

แรงดันไฟฟ้า	ขนาดหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง	จ่ายโหลด 60%
115kV / 22kV	25 MVA	15 MVA
	40 MVA	24 MVA
	50 MVA	30 MVA

จากข้อมูลการจ่ายโหลดของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขตภาคกลางที่เกิดเหตุการณ์ความเสียหายทั้ง 3 ขนาด คือ 25 40 และ 50 MVA ดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์การจ่ายโหลดที่เกิดความเสียหายกับหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังใน
สถานีไฟฟ้าเขตภาคกลางแยกตามขนาด

จากการวิเคราะห์ข้อมูลการจ่ายโหลดสูงสุดของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังใน สถานีไฟฟ้าแยกตามขนาดพบว่า หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าที่จ่ายโหลดประมาณ 60% ของพิกัดหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง รายละเอียดดังตารางที่ 10 หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าจะ เริ่มมีความเสี่ยงที่จะเกิดเหตุการณ์ความเสียหายขึ้นได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ ด้วย เช่น หม้อแปลง ไฟฟ้ากำลังมีอายุการใช้งานมานาน สภาพแวดล้อมต่างๆ เริ่มเสื่อมสภาพลง การจ่ายโหลดประมาณ 60% จึงถือเป็นปัจจัยเสริมทำให้หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าชำรุดเสียหายได้ การกำหนด ระดับคะแนนประเมินความเสี่ยงในหัวข้อนี้พิจารณาจากเปอร์เซ็นต์การจ่ายโหลดสูงสุดของหม้อ แปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าที่เกิดเหตุการณ์ความเสียหาย โดยแบ่งระดับคะแนนประเมินความ เสี่ยงการจ่ายโหลดเป็น 4 ระดับคะแนนเรียงตามลำดับความเสี่ยง ดังแสดงตามตารางที่ 11

ระดับคะแนน A คือ การที่หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าทั้ง 3 ขนาด คือ 25, 40 และ 50 MVA จ่ายโหลดอยู่ในระดับคะแนนนี้ตามตารางที่ 11 นั้นหมายความว่า หม้อ แปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเครื่องนี้ยังไม่มีความเสี่ยงที่จะเกิดเหตุการณ์ความเสียหายขึ้น

ระดับคะแนน B คือ การที่หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าทั้ง 3 ขนาด คือ 25, 40 และ 50 MVA จ่ายโหลดอยู่ในระดับคะแนนนี้ตามตารางที่ 11 นั้นหมายความว่า หม้อ แปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเครื่องนี้เริ่มมีความเสี่ยงเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย หรือหม้อแปลงไฟฟ้า กำลังที่จ่ายโหลดอยู่ในระดับคะแนนนี้จะมีโอกาสเพียงเล็กน้อยที่จะเกิดเหตุการณ์ความเสียหายขึ้น

ระดับคะแนน C คือ การที่หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าทั้ง 3 ขนาด คือ 25, 40 และ 50 MVA จ่ายโหลดอยู่ในระดับนี้ตามตารางที่ 11 นั้นหมายความว่า หม้อแปลงไฟฟ้า กำลังในสถานีไฟฟ้าเครื่องนี้มีความเสี่ยงเกิดขึ้นค่อนข้างสูง หรือหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังที่จ่ายโหลด อยู่ในระดับคะแนนนี้มีโอกาสค่อนข้างสูงที่จะเกิดเหตุการณ์ความเสียหายขึ้น

ระดับคะแนน D คือ การที่หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าทั้ง 3 ขนาด คือ 25, 40 และ 50 MVA จ่ายโหลดอยู่ในระดับคะแนนนี้ตามตารางที่ 11 นั้นหมายความว่า หม้อ แปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเครื่องนี้มีความเสี่ยงสูง หรือหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังที่จ่ายโหลดอยู่ ในระดับคะแนนนี้โอกาสสูงที่จะเกิดเหตุการณ์ความเสียหายขึ้น

ตารางที่ 11 ระดับคะแนนประเมินความเสี่ยงการจ่ายโหลดหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังแยกตามขนาด

ขนาดหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง	%การจ่ายโหลด	น้ำหนัก	ระดับคะแนน
25 MVA	น้อยกว่า 60%	3	A
	61% - 65%	3	B
	66% - 70%	3	C
	มากกว่า 70%	3	D
40 MVA	น้อยกว่า 50%	3	A
	50% - 60%	3	B
	61% - 70%	3	C
	มากกว่า 70%	3	D
50 MVA	น้อยกว่า 30%	3	A
	30% - 50%	3	B
	51% - 70%	3	C
	มากกว่า 70%	3	D

4.1.3 การตรวจสอบ และการบำรุงรักษา (Inspection and Maintenance) จากการศึกษาข้อมูลการบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานียไฟฟ้าเขตภาคกลางของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคพบว่า มีการอนุมัติงานโครงการก่อสร้างสถานียไฟฟ้า และติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานียไฟฟ้าเพิ่มจำนวนมากขึ้นในทุกๆ ปีตามอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มสูงขึ้น ด้วยกองบำรุงรักษาสถานียไฟฟ้าเขตภาคกลางซึ่งหน้าที่หลักในการดูแล และบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานียไฟฟ้าให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานอยู่ตลอดเวลา จึงได้จัดทำแผนงานการบำรุงรักษาแบ่งตามช่วงเวลา คือ วาระ 1 ปี และ 4 ปี เพื่อใช้เป็นแผนงานป้องกันหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานียไฟฟ้าเกิดเหตุการณ์ความเสียหาย และหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานียไฟฟ้าทุกเครื่องจะต้องได้รับการบำรุงรักษาครบตามวาระ โดยช่วงระยะเวลาที่ควรเข้าทำการบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานียไฟฟ้า คือ ทุก 6 เดือน เพื่อลดโอกาสการเกิดเหตุการณ์ความเสียหายกับหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานียไฟฟ้า และยืดอายุการใช้งานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานียไฟฟ้า การกำหนดระดับคะแนนประเมินความเสี่ยงในหัวข้อนี้พิจารณาจากช่วงระยะเวลาที่เข้าบำรุงรักษาหม้อแปลง

ไฟฟ้ากำลังในสถานี่ไฟฟ้า และให้การบำรุงรักษามีประสิทธิภาพสูงสุด จึงกำหนดระดับคะแนน ประเมินความเสี่ยงการบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานี่ไฟฟ้าเป็น 2 ระดับคะแนนเรียง ตามลำดับความเสี่ยง ดังแสดงตามตารางที่ 12

ระดับคะแนน A คือ การเข้าบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานี่ไฟฟ้า ภายใน 12 เดือน จะทำให้หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานี่ไฟฟ้าที่ได้รับการบำรุงรักษาในช่วงเวลา ดังกล่าวลดความเสี่ยง หรือป้องกันเหตุการณ์ความเสียหายที่จะเกิดขึ้นได้

ระดับคะแนน B คือ การเข้าบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานี่ไฟฟ้า เกิน 12 เดือนขึ้นไป จะทำให้หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานี่ไฟฟ้าที่ได้รับการบำรุงรักษาในช่วง เวลาดังกล่าวมีความเสี่ยงค่อนข้างสูง หรือมีโอกาสเกิดเหตุการณ์ความเสียหายได้

ตารางที่ 12 ระดับคะแนนประเมินความเสี่ยงการตรวจสอบ และการบำรุงรักษา

ช่วงระยะเวลาที่เข้าบำรุงรักษา	น้ำหนัก	ระดับคะแนน
ภายใน 12 เดือน	4	A
เกิน 12 เดือนขึ้นไป	4	C

4.1.4 ประวัติการเกิดความผิดปกติภายใน (Internal Faults History) จากการ วิเคราะห์ข้อมูลการบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานี่ไฟฟ้าเขตภาคกลางพบว่า หม้อแปลง ไฟฟ้ากำลังในสถานี่ไฟฟ้าที่มีอายุการใช้งานนับตั้งแต่ปีที่เริ่มจ่ายจนมีอายุการใช้งานครบ 3 ปี จะไม่ พบเหตุการณ์ความผิดปกติพร่องเกิดขึ้นเลย หรือมีความเสี่ยงที่จะเกิดเหตุการณ์ความเสียหายน้อยมาก ในขณะที่หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานี่ไฟฟ้าที่มีอายุการใช้งานตั้งแต่ 4 ปีขึ้นไป จะเริ่มมีเหตุการณ์ ความผิดปกติพร่องเกิดขึ้น และเกิดความผิดปกติพร่องมากขึ้นเมื่อหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานี่ไฟฟ้ามีอายุ การใช้งานเพิ่มมากขึ้นโดยมีค่าเฉลี่ยการเกิดความผิดปกติพร่องอยู่ที่ 2 ครั้งต่อปีต่อเครื่อง การกำหนด ระดับคะแนนประเมินความเสี่ยงในหัวข้อนี้พิจารณาจากจำนวนครั้งความผิดปกติพร่องที่เกิดขึ้นภายใน รอบการบำรุงรักษาตามวาระ หรือทุก 1 ปี ซึ่งมีผลต่อการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานี่ ไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ จึงกำหนดระดับคะแนนประเมินความเสี่ยงความผิดปกติพร่องภายในเป็น 4 ระดับคะแนนเรียงตามลำดับความเสี่ยง ดังแสดงตามตารางที่ 13

ระดับคะแนน A คือ หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าที่ยังไม่เคยมีเหตุการณ์ความผิดปกติเกิดขึ้นเลยในรอบ 1 ปี แสดงว่า หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเครื่องนี้ยังอยู่ในเกณฑ์ปกติ

ระดับคะแนน B คือ หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าที่มีเหตุการณ์ความผิดปกติเกิดขึ้น 1 ครั้งในรอบ 1 ปี หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเครื่องนี้เริ่มมีความเสี่ยงเกิดขึ้นเล็กน้อย ซึ่งมีผลต่อการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้า และอาจเป็นสาเหตุทำให้หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเกิดความผิดปกติในครั้งต่อไป

ระดับคะแนน C คือ หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าที่มีเหตุการณ์ความผิดปกติเกิดขึ้น 2 ครั้งในรอบ 1 ปี หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเครื่องนี้มีความเสี่ยงค่อนข้างสูง ทำให้หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเริ่มเสถียรจากสภาวะการทำงานปกติ ซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้า

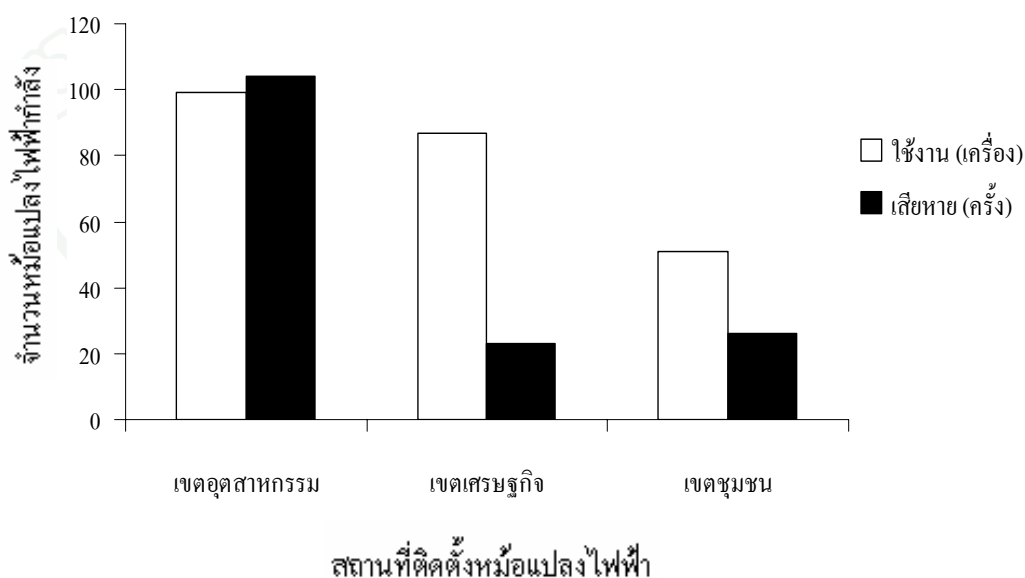
ระดับคะแนน D คือ หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าที่มีเหตุการณ์ความผิดปกติเกิดขึ้นมากกว่า 2 ครั้งในรอบ 1 ปี แสดงว่า หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเครื่องนี้มีความเสี่ยงสูงที่จะเกิดเหตุการณ์ความเสียหายได้ ซึ่งมีผลการต่อการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ

ตารางที่ 13 ระดับคะแนนประเมินความเสี่ยงความผิดปกติภายใน

ความผิดปกติ	น้ำหนัก	ระดับคะแนน
0 ครั้ง	4	A
1 ครั้ง	4	B
2 ครั้ง	4	C
มากกว่า 2 ครั้ง	4	D

หมายเหตุ ภายหลังจากการเข้าบำรุงรักษาแล้ว ให้เริ่มต้นนับจำนวนครั้งความผิดปกติใหม่

4.1.5 สถานที่ติดตั้ง (Location) จากการวิเคราะห์ข้อมูลเหตุการณ์ความเสียหายจากสถานที่ติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขตภาคกลางทั้ง 3 การไฟฟ้าเขต ได้แก่ กฟภ. 1 กฟภ.2 และกฟภ.3 ซึ่งมีลักษณะการจ่ายไฟในพื้นที่แตกต่างกัน พบว่า หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าที่ติดตั้งอยู่ในพื้นที่เขต กฟภ.1 ซึ่งเป็นตัวแทนของเขตอุตสาหกรรมมีอัตราการเกิดเหตุการณ์ความเสียหายสูงสุด คือ 105% เทียบกับจำนวนหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าที่ใช้งานอยู่ในพื้นที่ โดยมีหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าในพื้นที่เกิดเหตุการณ์ความเสียหายจำนวน 104 ครั้ง รองลงมา คือ หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าที่ติดตั้งในพื้นที่เขต กฟภ. 3 ซึ่งเป็นตัวแทนของเขตชุมชนมีอัตราการเกิดเหตุการณ์ความเสียหายเท่ากับ 51% เทียบกับจำนวนหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าที่ใช้งานอยู่ในพื้นที่ โดยมีหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าในพื้นที่เกิดเหตุการณ์ความเสียหาย จำนวน 26 ครั้ง และหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าที่ติดตั้งในพื้นที่เขต กฟภ. 2 ซึ่งเป็นตัวแทนของเขตเศรษฐกิจมีอัตราการเกิดเหตุการณ์ความเสียหายน้อยสุดเท่ากับ 26% เทียบกับจำนวนหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าที่ใช้งานอยู่ในพื้นที่ โดยมีหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าในพื้นที่เกิดเหตุการณ์ความเสียหาย จำนวน 23 ครั้ง ดังภาพที่ 10 การกำหนดระดับคะแนนประเมินความเสี่ยงในหัวข้อนี้พิจารณาจากอัตราการเกิดเหตุการณ์ความเสียหายจากพื้นที่ติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้า จึงกำหนดระดับคะแนนประเมินความเสี่ยงเป็น 3 ระดับคะแนนเรียงตามลำดับความเสี่ยง ดังแสดงตามตารางที่ 14



ภาพที่ 10 กราฟแสดงความเสียหายเทียบกับจำนวนใช้งานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขตภาคกลางแยกตามสถานที่ติดตั้ง

ระดับคะแนน B คือ หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าที่ติดตั้งอยู่ในพื้นที่เขตเศรษฐกิจ หรืออยู่ในเขต กฟก.2 จะมีความเสี่ยงเล็กน้อยที่จะเกิดเหตุการณ์ความเสียหายกับหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้า

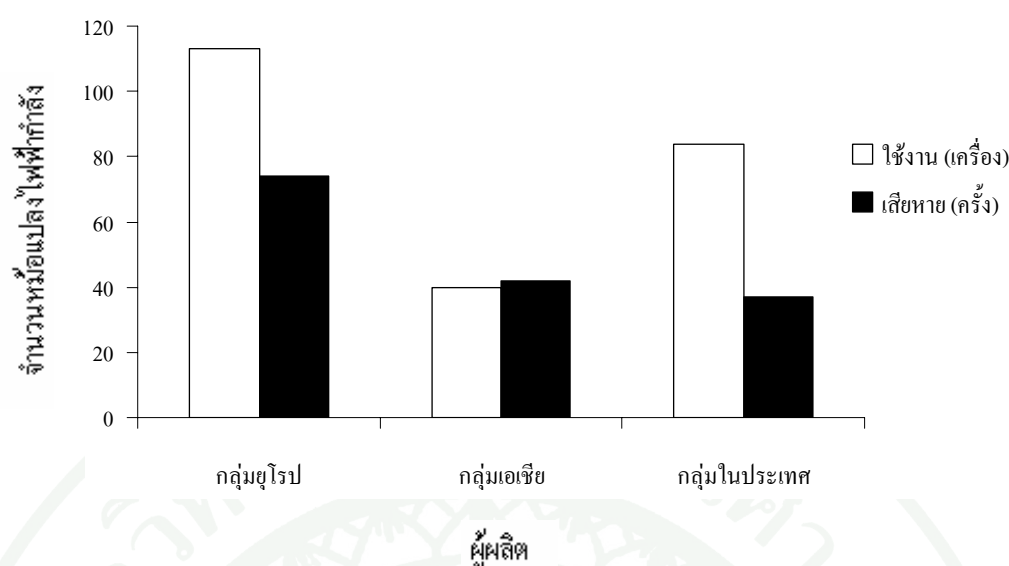
ระดับคะแนน C คือ หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าที่ติดตั้งอยู่ในพื้นที่เขตชุมชน หรืออยู่ในเขต กฟก.3 จะมีความเสี่ยงค่อนข้างสูงที่จะเกิดเหตุการณ์ความเสียหายกับหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้า

ระดับคะแนน D คือ หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าที่ติดตั้งอยู่ในพื้นที่เขตอุตสาหกรรม หรืออยู่ในเขต กฟก.1 จะมีความเสี่ยงสูงที่จะเกิดเหตุการณ์ความเสียหายกับหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้า

ตารางที่ 14 ระดับคะแนนประเมินความเสี่ยงสถานที่ติดตั้ง

สถานที่ติดตั้ง	น้ำหนัก	ระดับคะแนน
เขตเศรษฐกิจ	2	B
เขตชุมชน	2	C
เขตอุตสาหกรรม	2	D

4.1.6 ผู้ผลิต (Manufacturer) จากการวิเคราะห์ข้อมูลเหตุการณ์ความเสียหายของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขตภาคกลางซึ่งแบ่งผลิตภัณฑ์หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังตามกลุ่มผู้ผลิตออกเป็น 3 กลุ่มโดยมีอายุใช้งานเฉลี่ยแตกต่างกันไม่มากนัก พบว่า กลุ่มผลิตภัณฑ์หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังจากทวีปเอเชียมีอัตราการเกิดเหตุการณ์ความเสียหายสูงสุด คือ 105% เทียบกับจำนวนกลุ่มผลิตภัณฑ์หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าชนิดเดียวกัน โดยกลุ่มผลิตภัณฑ์หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังจากทวีปเอเชียมีเหตุการณ์ความเสียหายเกิดขึ้น จำนวน 42 ครั้ง รองลงมา คือ กลุ่มผลิตภัณฑ์หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังจากทวีปยุโรปมีอัตราการเกิดเหตุการณ์ความเสียหายเท่ากับ 65% เทียบกับจำนวนกลุ่มผลิตภัณฑ์หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าชนิดเดียวกัน โดยกลุ่มผลิตภัณฑ์หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังจากทวีปยุโรปมีเหตุการณ์ความเสียหายเกิดขึ้น จำนวน 74 ครั้ง และกลุ่มผลิตภัณฑ์หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในประเทศมีอัตราการเกิดเหตุการณ์ความเสียหายน้อยสุดเท่ากับ 44% เทียบกับจำนวนหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าชนิดเดียวกัน โดยกลุ่มผลิตภัณฑ์หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในประเทศมีเหตุการณ์ความเสียหายเกิดขึ้น จำนวน 37 ครั้ง ดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 กราฟแสดงความเสียหายเทียบกับจำนวนใช้งานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขตภาคกลางแยกตามผู้ผลิต

การกำหนดระดับคะแนนประเมินความเสี่ยงในหัวข้อนี้พิจารณาจากอัตราความเสียหายที่เกิดขึ้นจากกลุ่มผู้ผลิตหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้า จึงแบ่งระดับคะแนนประเมินความเสี่ยงผู้ผลิตเป็น 3 ระดับคะแนนเรียงตามลำดับความเสี่ยง ดังแสดงตามตารางที่ 15

ระดับคะแนน A คือ หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าที่ใช้กลุ่มผลิตภัณฑ์หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในประเทศจะไม่มีความเสี่ยง หรือมีโอกาสเกิดเหตุการณ์ความเสียหายกับหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าที่ใช้กลุ่มผลิตภัณฑ์หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในประเทศน้อยมาก

ระดับคะแนน B คือ หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าที่ใช้กลุ่มผลิตภัณฑ์หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังจากทวีปยุโรปจะมีความเสี่ยงเล็กน้อย หรือมีโอกาสเกิดเหตุการณ์ความเสียหายเพียงเล็กน้อยกับหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าที่ใช้กลุ่มผลิตภัณฑ์หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังจากทวีปยุโรป

ระดับคะแนน C คือ หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าที่ใช้กลุ่มผลิตภัณฑ์หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังจากทวีปเอเชียจะมีความเสี่ยงค่อนข้างสูง หรือมีโอกาสเกิด

เหตุการณ์ความเสียหายค่อนข้างสูงกับหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานียไฟฟ้าที่ใช้กลุ่มผลิตภัณฑ์หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังจากทวีปเอเชีย

ตารางที่ 15 ระดับคะแนนประเมินความเสี่ยงผู้ผลิต

ผลิตภัณฑ์หม้อแปลงไฟฟ้า	น้ำหนัก	ระดับคะแนน
กลุ่มในประเทศ	1	A
กลุ่มยุโรป	1	B
กลุ่มเอเชีย	1	C

ทั้งนี้การใช้งานในกลุ่มผลิตภัณฑ์หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในประเทศไม่ได้หมายความว่า หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานียไฟฟ้าที่ใช้กลุ่มผลิตภัณฑ์หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในประเทศ จะไม่มีเหตุการณ์ความเสียหายเกิดขึ้นเลย เพียงแต่เหตุการณ์ความเสียหายเกิดขึ้นยังไม่สูงมากนัก หากเทียบอายุติดตั้งใช้งานในแต่ละกลุ่มผลิตภัณฑ์หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานียไฟฟ้าจะพบว่า กลุ่มผลิตภัณฑ์หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังจากทวีปเอเชียมีการใช้งานจำนวนมากในช่วงแรก รองลงมาคือ กลุ่มผลิตภัณฑ์หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังจากทวีปยุโรป และกลุ่มผลิตภัณฑ์หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในประเทศเริ่มมีการใช้งานมากขึ้นในปัจจุบัน ซึ่งกลุ่มผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีอายุติดตั้งใช้งานเฉลี่ยแตกต่างกันไม่มากนัก ในการพิจารณาปัจจัยเสี่ยงในหัวข้อนี้จึงได้กำหนดค่าน้ำหนักในการพิจารณาเท่ากับ 1 เท่านั้น

4.2 สภาพการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในปัจจุบัน (Condition) ประกอบด้วย 7 ปัจจัยเสี่ยง ซึ่งจะอธิบายหลักเกณฑ์การพิจารณาการให้คะแนนประเมินความเสี่ยงดังต่อไปนี้

4.2.1 การทดสอบค่าฉนวนน้ำมันหม้อแปลง (Dielectric Breakdown Test) เป็นการทดสอบค่าฉนวนน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานียไฟฟ้าเขตภาคกลาง การกำหนดระดับคะแนนประเมินความเสี่ยงจากการทดสอบค่าฉนวนน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง จะพิจารณาจากผลการทดสอบแรงดันไฟฟ้าที่ทำให้ฉนวนหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเกิดการเบรกดาวน์ (Breakdown) ซึ่งได้กำหนดแรงดันไฟฟ้าที่ทำให้ฉนวนหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเกิดการเบรกดาวน์ จะต้องมีความมากกว่า 40 เควี (kV.) จึงจะผ่านการทดสอบตามระเบียบบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยการทดสอบค่าฉนวนน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานียไฟฟ้าทั้งสองส่วน คือ ตัวถังหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง (Main Tank) และตัวถังน้ำมันชุดเปลี่ยนแทปขณะมีโหลด (OLTC) โดยแบ่ง

ระดับคะแนนประเมินความเสี่ยงออกเป็น 3 ระดับคะแนนเรียงตามลำดับความเสี่ยง ดังแสดงตามตารางที่ 16

ระดับคะแนน A คือ หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าที่ผ่านการทดสอบค่าจนวนน้ำมันหม้อแปลงครบทั้งสองส่วน คือ ตัวถังหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง และตัวถังน้ำมันชุดเปลี่ยนแทปขณะมีโหลด ทำให้หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเครื่องนี้ไม่มีความเสี่ยงที่จะเกิดเหตุการณ์ความผิดปกติในส่วนนี้

ระดับคะแนน C คือ หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าที่ผ่านการทดสอบค่าจนวนน้ำมันหม้อแปลงเพียงส่วนใดส่วนหนึ่งระหว่างตัวถังหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง และตัวถังน้ำมันชุดเปลี่ยนแทปขณะมีโหลด ทำให้หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเครื่องนี้มีความเสี่ยงค่อนข้างสูงที่จะเกิดเหตุการณ์ความผิดปกติในส่วนนี้

ระดับคะแนน D คือ หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าที่ไม่ผ่านการทดสอบค่าจนวนน้ำมันหม้อแปลงจากทั้งสองส่วนเลย คือ ตัวถังหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง และตัวถังน้ำมันชุดเปลี่ยนแทปขณะมีโหลด จะทำให้หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเครื่องนี้มีความเสี่ยงสูงที่จะเกิดเหตุการณ์ความผิดปกติในส่วนนี้

ตารางที่ 16 ระดับคะแนนประเมินความเสี่ยงการทดสอบค่าจนวนน้ำมันหม้อแปลง

ผลการทดสอบ	น้ำหนัก	ระดับคะแนน
ผ่านทั้งสองส่วน	3	A
ผ่านส่วนใดส่วนหนึ่ง	3	C
ไม่ผ่านเลย	3	D

4.2.2 การทดสอบค่าน้ำในน้ำมันหม้อแปลง (Water Content Test) เป็นการทดสอบค่าน้ำในน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขตภาคกลาง การกำหนดระดับคะแนนประเมินความเสี่ยงการทดสอบค่าน้ำในน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้า จะพิจารณาจากค่าน้ำในน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังที่ได้จากการทดสอบ ซึ่งได้กำหนดปริมาณน้ำในน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง จะต้องมีย่านน้อยกว่า 25 พีพีเอ็ม (ppm.) จึงจะผ่านการทดสอบตามระเบียบบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยการทดสอบค่าน้ำในน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้า

กำลังในสถานีไฟฟ้ามีอยู่ 2 ส่วน คือ ตัวถังหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง (Main Tank) และตัวถังน้ำมันชุดเปลี่ยนแทปขณะมีโหลด (OLTC) โดยแบ่งระดับคะแนนประเมินความเสี่ยงออกเป็น 3 ระดับ คะแนนเรียงตามลำดับความเสี่ยง ดังแสดงตามตารางที่ 17

ระดับคะแนน A คือ หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าที่ผ่านการทดสอบค่าน้ำมันน้ำมันหม้อแปลงครบทั้งสองส่วน คือ ตัวถังหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง และตัวถังน้ำมันชุดเปลี่ยนแทปขณะมีโหลด ทำให้หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเครื่องนี้ไม่มีความเสี่ยงที่จะเกิดเหตุการณ์ความผิดปกติในส่วนนี้

ระดับคะแนน C คือ หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าที่ผ่านการทดสอบค่าน้ำมันน้ำมันหม้อแปลงเพียงส่วนใดส่วนหนึ่งระหว่างตัวถังหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง และตัวถังน้ำมันชุดเปลี่ยนแทปขณะมีโหลด ทำให้หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเครื่องนี้มีความเสี่ยงค่อนข้างสูงที่จะเกิดเหตุการณ์ความผิดปกติในส่วนนี้

ระดับคะแนน D คือ หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าที่ไม่ผ่านการทดสอบค่าน้ำมันน้ำมันหม้อแปลงจากทั้งสองส่วนเลย คือ ตัวถังหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง และตัวถังน้ำมันชุดเปลี่ยนแทปขณะมีโหลด ทำให้หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเครื่องนี้มีความเสี่ยงสูงที่จะเกิดเหตุการณ์ความผิดปกติในส่วนนี้

ตารางที่ 17 ระดับคะแนนประเมินความเสี่ยงการทดสอบค่าน้ำมันน้ำมันหม้อแปลง

ผลการทดสอบ	น้ำหนัก	ระดับคะแนน
ผ่านทั้งสองส่วน	3	A
ผ่านส่วนใดส่วนหนึ่ง	3	C
ไม่ผ่านเลย	3	D

4.2.3 การวิเคราะห์หาปริมาณก๊าซในน้ำมันหม้อแปลง (Dissolved Gas Analysis) หรือการทดสอบดีจีเอ (DGA Test) เป็นการวิเคราะห์หาปริมาณการละลายของก๊าซในน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าแรงดันกลาง การวิเคราะห์หาปริมาณการละลายของก๊าซในน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังด้วยวิธีการวิเคราะห์ปริมาณก๊าซสำคัญ (Key Gas) ซึ่งวิธีนี้สามารถบอกถึงสาเหตุและความผิดปกติของการเกิดก๊าซแต่ละชนิดในน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังได้ โดยการเปรียบเทียบปริมาณก๊าซหลักที่เกิดขึ้นกับปริมาณก๊าซหลักในสภาวะปกติตามอายุการใช้งาน ดังแสดงตามตารางที่ 18 ประกอบด้วยก๊าซหลัก จำนวน 9 ชนิด ได้แก่ H_2 (Hydrogen), CO_2 (Carbon Monoxide), CO (Carbon Dioxide), CH_4 (Methane), C_2H_2 (Acetylene), C_2H_4 (Ethylene), C_2H_6 (Ethane), C_3H_6 (Propylene) และ C_3H_8 (Propane) ซึ่งปริมาณก๊าซหลักที่เกิดขึ้นในน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง จะต้องมียุทธศาสตร์น้อยกว่าปริมาณก๊าซหลักในสภาวะปกติเทียบตามอายุการใช้งาน จึงจะถือว่าอยู่ในเกณฑ์ปกติ การกำหนดระดับคะแนนประเมินความเสี่ยงจากการวิเคราะห์หาปริมาณก๊าซในน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้า พิจารณาจากจำนวนก๊าซหลักที่เกิดขึ้นในน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง ซึ่งกำหนดให้ก๊าซแต่ละชนิดมีค่าน้ำหนักเท่ากันตามเหตุการณ์ความผิดปกติที่เกิดขึ้น โดยแบ่งระดับคะแนนประเมินความเสี่ยงออกเป็น 4 ระดับคะแนนเรียงตามลำดับความเสี่ยงดังแสดงตามตารางที่ 19

ตารางที่ 18 ปริมาณก๊าซหลักในสภาวะปกติเทียบตามอายุการใช้งาน

ก๊าซหลัก	ปริมาณก๊าซ (PPM.)
H_2 (Hydrogen)	$< 20n + 50$
CO_2 (Carbon Monoxide)	$< 100n + 1500$
CO (Carbon Dioxide)	$< 25n + 500$
CH_4 (Methane)	$< 20n + 50$
C_2H_2 (Acetylene)	$< 5n + 10$
C_2H_4 (Ethylene)	$< 20n + 50$
C_2H_6 (Ethane)	$< 20n + 50$
C_3H_6 (Propylene)	$< 20n + 50$
C_3H_8 (Propane)	$< 20n + 50$

หมายเหตุ n คือ อายุการใช้งานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้า (ปี)

ระดับคะแนน A คือ การวิเคราะห์หาปริมาณก๊าซในน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานไฟฟ้าไม่พบก๊าซหลักเกินค่าปกติเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณก๊าซในสภาวะปกติเทียบตามอายุการใช้งานตามตารางที่ 18 ทำให้หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานไฟฟ้าเครื่องนี้ไม่มีความเสี่ยงที่จะเกิดเหตุการณ์ความผิดปกติในส่วนนี้

ระดับคะแนน B คือ การวิเคราะห์หาปริมาณก๊าซในน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานไฟฟ้าพบก๊าซหลักเกินค่าปกติจำนวน 1 ชนิด เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณก๊าซในสภาวะปกติเทียบตามอายุการใช้งานตามตารางที่ 18 ทำให้หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานไฟฟ้าเครื่องนี้มีความเสี่ยงเล็กน้อยที่จะเกิดเหตุการณ์ความผิดปกติในส่วนนี้

ระดับคะแนน C คือ การวิเคราะห์หาปริมาณก๊าซในน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานไฟฟ้าพบก๊าซหลักเกินค่าปกติจำนวน 2 ชนิด เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณก๊าซในสภาวะปกติเทียบตามอายุการใช้งานตามตารางที่ 18 ทำให้หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานไฟฟ้าเครื่องนี้มีความเสี่ยงค่อนข้างสูงที่จะเกิดเหตุการณ์ความผิดปกติในส่วนนี้

ระดับคะแนน D คือ การวิเคราะห์หาปริมาณก๊าซในน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานไฟฟ้าพบก๊าซหลักเกินค่าปกติจำนวน 2 ชนิดขึ้นไป เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณก๊าซในสภาวะปกติเทียบตามอายุการใช้งานตามตารางที่ 18 ทำให้หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเครื่องในสถานไฟฟ้านี้มีความเสี่ยงสูงที่จะเกิดเหตุการณ์ความผิดปกติในส่วนนี้

ตารางที่ 19 ระดับคะแนนประเมินความเสี่ยงการวิเคราะห์หาปริมาณก๊าซในน้ำมันหม้อแปลง

ผลการทดสอบ	น้ำหนัก	ระดับคะแนน
ไม่พบก๊าซหลักเกินค่าปกติ	3	A
พบก๊าซหลักเกินค่าปกติ 1 ชนิด	3	B
พบก๊าซหลักเกินค่าปกติ 2 ชนิด	3	C
พบก๊าซหลักเกินค่าปกติ 2 ชนิดขึ้นไป	3	D

4.2.4 การทดสอบค่าความต้านทานฉนวนหม้อแปลง (Insulation Resistance Test) ในการกำหนดระดับคะแนนประเมินความเสี่ยงการทดสอบหาค่าฉนวนหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขตภาคกลาง พิจารณาจากวิธีการทดสอบทั้ง 3 แบบ คือ ด้านขดลวดแรงสูงกับขดลวดแรงต่ำ (H/L) ด้านขดลวดแรงสูงกับดิน (H/G) และด้านขดลวดแรงต่ำกับดิน (L/G) โดยนำค่าที่วัดได้มา ณ นาทีที่ 1 และนาทีที่ 10 มาคำนวณหาค่าพีไอ (PI) หรือ Polarization Index ซึ่งได้กำหนดค่าพีไอ (PI) ไว้ จะต้องมีความมากกว่า 1.25 จึงจะผ่านการทดสอบตามระเบียบบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยแบ่งระดับคะแนนประเมินความเสี่ยงออกเป็น 3 ระดับคะแนนเรียงตามลำดับความเสี่ยง ดังแสดงตามตารางที่ 20

ระดับคะแนน A คือ หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าที่ผ่านการทดสอบค่าความต้านทานฉนวนหม้อแปลงครบทั้งสามแบบ คือ ด้านขดลวดแรงสูงกับขดลวดแรงต่ำ ด้านขดลวดแรงสูงกับดิน และด้านขดลวดแรงต่ำกับดิน ทำให้หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเครื่องนี้ไม่มีความเสี่ยงที่จะเกิดเหตุการณ์ความผิดปกติในส่วนนี้

ระดับคะแนน C คือ หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าที่ผ่านการทดสอบค่าความต้านทานฉนวนหม้อแปลงเพียงสองแบบเท่านั้นระหว่างด้านขดลวดแรงสูงกับขดลวดแรงต่ำ ด้านขดลวดแรงสูงกับดิน และด้านขดลวดแรงต่ำกับดิน ทำให้หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเครื่องนี้มีความเสี่ยงค่อนข้างสูงที่จะเกิดเหตุการณ์ความผิดปกติในส่วนนี้

ระดับคะแนน D คือ หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าที่ผ่านการทดสอบค่าความต้านทานฉนวนหม้อแปลงเพียงแบบเดียว หรือไม่ผ่านการทดสอบเลย คือ ด้านขดลวดแรงสูงกับขดลวดแรงต่ำ ด้านขดลวดแรงสูงกับดิน และด้านขดลวดแรงต่ำกับดิน ทำให้หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเครื่องนี้มีความเสี่ยงสูงที่จะเกิดเหตุการณ์ความผิดปกติในส่วนนี้

ตารางที่ 20 ระดับคะแนนประเมินความเสี่ยงการทดสอบค่าความต้านทานฉนวนหม้อแปลง

ผลการทดสอบ	น้ำหนัก	ระดับคะแนน
ผ่านทั้งสามแบบ	2	A
ผ่านสองแบบ	2	C
ผ่านแบบเดียว หรือไม่ผ่านเลย	2	D

4.2.5 การทดสอบค่าความต้านทานขดลวดหม้อแปลง (Winding Resistance Test) เป็นการทดสอบค่าความต้านทานขดลวดของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขตภาคกลาง การกำหนดระดับคะแนนประเมินความเสี่ยงการทดสอบค่าความต้านทานขดลวดของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้ามีอยู่ 2 ส่วน คือ ด้านขดลวดแรงสูง และขดลวดแรงต่ำของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้า ซึ่งพิจารณาจากการวาดกราฟ (Plot Graph) และต้องอาศัยประสบการณ์จากผู้ปฏิบัติงานในการวิเคราะห์ผล โดยแบ่งระดับคะแนนประเมินความเสี่ยงออกเป็น 3 ระดับคะแนนเรียงตามลำดับความเสี่ยง ดังแสดงตามตารางที่ 21

ระดับคะแนน A คือ หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าที่ผ่านการทดสอบค่าความต้านทานขดลวดหม้อแปลงทั้งสองส่วน คือ ด้านขดลวดแรงสูง และขดลวดแรงต่ำของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้า ทำให้หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเครื่องนี้ไม่มีความเสี่ยงที่จะเกิดเหตุการณ์ความผิดปกติในส่วนนี้

ระดับคะแนน C คือ หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าที่ผ่านการทดสอบค่าความต้านทานขดลวดหม้อแปลงเพียงส่วนใดส่วนหนึ่งระหว่างด้านขดลวดแรงสูง กับขดลวดแรงต่ำของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้า ทำให้หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเครื่องนี้มีความเสี่ยงค่อนข้างสูงที่จะเกิดเหตุการณ์ความผิดปกติในส่วนนี้

ระดับคะแนน D คือ หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าที่ไม่ผ่านการทดสอบค่าความต้านทานขดลวดหม้อแปลงทั้งสองส่วนเลย คือ ด้านขดลวดแรงสูง และขดลวดแรงต่ำของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้า ทำให้หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเครื่องนี้มีความเสี่ยงสูงที่จะเกิดเหตุการณ์ความผิดปกติในส่วนนี้

ตารางที่ 21 ระดับคะแนนประเมินความเสี่ยงการทดสอบค่าความต้านทานขดลวดหม้อแปลง

ผลการทดสอบ	น้ำหนัก	คะแนน
ผ่านทั้งสองส่วน	2	A
ผ่านส่วนใดส่วนหนึ่ง	2	C
ไม่ผ่านทั้งสองส่วน	2	D

4.2.6 การทดสอบอัตราส่วนขดลวดหม้อแปลง (Turn Ratio Test) เป็นการทดสอบหาอัตราส่วนจำนวนรอบขดลวดระหว่างด้านแรงสูงกับด้านแรงต่ำ (Primary side with Secondary side) ของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขตภาคกลาง การกำหนดระดับคะแนนประเมินความเสี่ยงการทดสอบอัตราส่วนขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้า โดยใช้เงื่อนไขการวัดอัตราส่วนจำนวนรอบขดลวดทุกตำแหน่งเทปหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าทั้ง 3 เฟส คือ เฟสเอ เฟสบี และเฟสซี เพื่อคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (% Error) ในแต่ละเฟส โดยค่าความคลาดเคลื่อนในแต่ละเฟสจะต้องมีค่าไม่เกิน ± 0.5 % ของค่าที่ได้จากคำนวณ จึงจะผ่านการทดสอบตามระเบียบบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยแบ่งระดับคะแนนประเมินความเสี่ยงออกเป็น 3 ระดับคะแนนเรียงตามลำดับความเสี่ยง ดังแสดงตามตารางที่ 22

ระดับคะแนน A คือ หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าที่ผ่านการทดสอบอัตราส่วนขดลวดหม้อแปลงครบทั้งสามเฟส คือ เฟสเอ เฟสบี และเฟสซี ทำให้หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเครื่องนี้ไม่มีความเสี่ยงที่จะเกิดเหตุการณ์ความผิดปกติในส่วนนี้

ระดับคะแนน C คือ หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าที่ผ่านการทดสอบอัตราส่วนขดลวดหม้อแปลงเพียงสองเฟสเท่านั้นระหว่าง เฟสเอ เฟสบี และเฟสซี ทำให้หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเครื่องนี้มีความเสี่ยงค่อนข้างสูงที่จะเกิดเหตุการณ์ความผิดปกติในส่วนนี้

ระดับคะแนน D คือ หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าที่ผ่านการทดสอบอัตราส่วนขดลวดหม้อแปลงเพียงเฟสเดียว หรือไม่ผ่านการทดสอบอัตราส่วนขดลวดหม้อแปลงเลย คือ เฟสเอ เฟสบี และเฟสซี ทำให้หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเครื่องนี้มีความเสี่ยงสูงที่จะเกิดเหตุการณ์ความผิดปกติในส่วนนี้

ตารางที่ 22 ระดับคะแนนประเมินความเสี่ยงการทดสอบอัตราส่วนขดลวดหม้อแปลง

ผลการทดสอบ	น้ำหนัก	ระดับคะแนน
ผ่านทั้งสามเฟส	2	A
ผ่านสองเฟส	2	C
ผ่านเฟสเดียว หรือไม่ผ่านเลย	2	D

4.2.7 การทดสอบค่าเสื่อมสภาพนวนขดลวด (Winding Insulation Power Factor Test) เป็นการทดสอบหาค่าเสื่อมสภาพนวนขดลวดของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานี่ไฟฟ้าเขตภาคกลาง โดยการวัดค่าสูญเสียในนวน หรือ (Dielectric Loss) การกำหนดระดับคะแนนประเมินความเสี่ยงการทดสอบค่าเสื่อมสภาพนวนขดลวดจะพิจารณาจากเงื่อนไขผลการทดสอบทั้งหมด 4 แบบ คือ ด้านขดลวดแรงสูง 3 โหมด ประกอบด้วย UST-A, GSTg-A และ GST ด้านขดลวดแรงต่ำ 1 โหมด คือ GSTg-A ซึ่งได้กำหนดค่าร้อยละตัวประกอบกำลัง (% Power Factor) ไว้ จะต้องมึค่า น้อยกว่า 1% จึงจะผ่านการทดสอบตามระเบียบบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยแบ่งระดับคะแนนประเมินความเสี่ยงออกเป็น 4 ระดับคะแนนเรียงตามลำดับความเสี่ยง ดังแสดงตามตารางที่ 23

ระดับคะแนน A คือ หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานี่ไฟฟ้าที่ผ่านการทดสอบค่าเสื่อมสภาพนวนขดลวดครบทั้งสี่แบบ คือ ด้านขดลวดแรงสูง 3 โหมด (UST-A, GSTg-A และ GST) ด้านขดลวดแรงต่ำ 1 โหมด (GSTg-A) ทำให้หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานี่ไฟฟ้าเครื่องนี้ไม่มีความเสี่ยงที่จะเกิดเหตุการณ์ความผิดปกติในส่วนนี้

ระดับคะแนน B คือ หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานี่ไฟฟ้าที่ผ่านการทดสอบค่าเสื่อมสภาพนวนขดลวดเพียงสามแบบระหว่างด้านขดลวดแรงสูง 3 โหมด (UST-A, GSTg-A และ GST) และด้านขดลวดแรงต่ำ 1 โหมด (GSTg-A) ทำให้หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานี่ไฟฟ้าเครื่องนี้มีความเสี่ยงเล็กน้อยที่จะเกิดเหตุการณ์ความผิดปกติในส่วนนี้

ระดับคะแนน C คือ หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานี่ไฟฟ้าที่ผ่านการทดสอบค่าเสื่อมสภาพนวนขดลวดเพียงสองแบบระหว่างด้านขดลวดแรงสูง 3 โหมด (UST-A, GSTg-A และ GST) และด้านขดลวดแรงต่ำ 1 โหมด (GSTg-A) ทำให้หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานี่ไฟฟ้าเครื่องนี้มีความเสี่ยงค่อนข้างสูงที่จะเกิดเหตุการณ์ความผิดปกติในส่วนนี้

ระดับคะแนน D คือ หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานี่ไฟฟ้าที่ผ่านการทดสอบค่าเสื่อมสภาพนวนขดลวดเพียงแบบเดียวเท่านั้น หรือไม่ผ่านการทดสอบค่าเสื่อมสภาพนวนขดลวดเลย คือ ด้านขดลวดแรงสูง 3 โหมด (UST-A, GSTg-A และ GST) และด้านขดลวดแรงต่ำ 1 โหมด (GSTg-A) ทำให้หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานี่ไฟฟ้าเครื่องนี้มีความเสี่ยงสูงที่จะเกิดเหตุการณ์ความผิดปกติในส่วนนี้

ตารางที่ 23 ระดับคะแนนประเมินความเสี่ยงการทดสอบค่าเสื่อมสภาพฉนวนขดลวด

ผลการทดสอบ	น้ำหนัก	ระดับคะแนน
ผ่านทั้งสี่แบบ	1.5	A
ผ่านสามแบบ	1.5	B
ผ่านสองแบบ	1.5	C
ผ่านแบบเดียว หรือไม่ผ่านเลย	1.5	D

4.2.8 การทดสอบหาค่าเสื่อมสภาพฉนวนน้ำมัน (Oil Insulation Power Factor Test) เป็นการทดสอบหาค่าเสื่อมสภาพฉนวนน้ำมันของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขตภาคกลาง โดยมีหลักการคล้ายกับการทดสอบค่าเสื่อมสภาพฉนวนขดลวด การกำหนดระดับคะแนนประเมินความเสี่ยงการทดสอบหาค่าเสื่อมสภาพฉนวนน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าพิจารณาจากเงื่อนไขผลการทดสอบน้ำมันอยู่ 2 ส่วน คือ ตัวถังหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง (Main Tank) และถึงน้ำมันชุดเปลี่ยนแทปขณะมีโหลด (OLTC) ซึ่งได้กำหนดค่าร้อยละตัวประกอบกำลัง (% Power Factor) ไว้ จะต้องมีย่านน้อยกว่า 1% จึงจะผ่านการทดสอบตามระเบียบบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยแบ่งระดับคะแนนประเมินความเสี่ยงออกเป็น 3 ระดับคะแนนเรียงตามลำดับความเสี่ยง ดังแสดงตามตารางที่ 24

ระดับคะแนน A คือ หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าที่ผ่านการทดสอบค่าเสื่อมสภาพฉนวนน้ำมันครบทั้งสองส่วน คือ ตัวถังหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง และตัวถังน้ำมันชุดเปลี่ยนแทปขณะมีโหลด ทำให้หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเครื่องนี้ไม่มีความเสี่ยงที่จะเกิดเหตุการณ์ความผิดปกติในส่วนนี้

ระดับคะแนน C คือ หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าที่ผ่านการทดสอบค่าเสื่อมสภาพฉนวนน้ำมันเพียงส่วนใดส่วนหนึ่งระหว่างตัวถังหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง และตัวถังน้ำมันชุดเปลี่ยนแทปขณะมีโหลด ทำให้หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเครื่องนี้มีความเสี่ยงค่อนข้างสูงที่จะเกิดเหตุการณ์ความผิดปกติในส่วนนี้

ระดับคะแนน D คือ หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าที่ไม่ผ่านการทดสอบค่าเสื่อมสภาพฉนวนน้ำมันทั้งสองส่วน คือ ตัวถังหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง และตัวถังน้ำมันชุดเปลี่ยน

แทบจะมีโหลด ทำให้หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเครื่องนี้มีความเสี่ยงสูงที่จะเกิดเหตุการณ์ความผิดปกติในส่วนนี้

ตารางที่ 24 ระดับคะแนนประเมินความเสี่ยงการทดสอบค่าเสื่อมสภาพนวนน้ำมัน

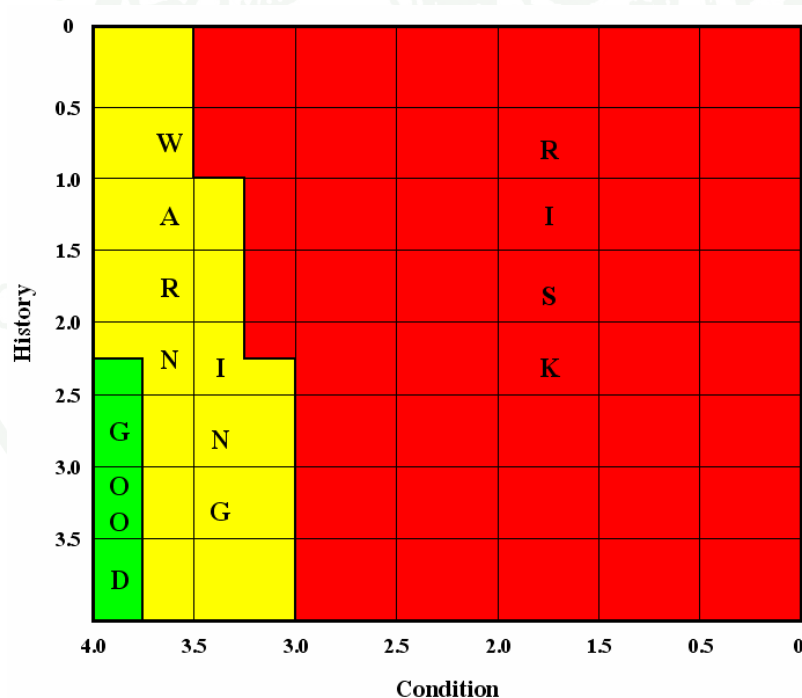
ผลการทดสอบ	น้ำหนัก	ระดับคะแนน
ผ่านทั้งสองส่วน	1.5	A
ผ่านส่วนใดส่วนหนึ่ง	1.5	C
ไม่ผ่านทั้งสองส่วน	1.5	D

จากการวิเคราะห์ปัจจัยเสี่ยงในหัวข้อ 4.1 และ 4.2 คือ ประวัติการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง กับสภาพการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในปัจจุบัน ด้วยวิธีการให้คะแนนตามน้ำหนัก ดังแสดงตามตารางที่ 3 ซึ่งค่าน้ำหนักในการวิเคราะห์ความเสี่ยงทั้งสองส่วนนี้มีค่าเท่ากันคือ 18 เพื่อใช้ประเมินสภาพการทำงานได้ของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้า จากการนำข้อมูลทั้งสองส่วนนี้มาทดสอบกับวิธีการดังกล่าว ทำให้ได้เมตริกซ์ประเมินความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังขนาดสี่เหลี่ยมจัตุรัส ซึ่งมีคะแนนต่ำสุดเท่ากับ 0.00 และคะแนนสูงสุดเท่ากับ 4.00 โดยแกนตั้งเป็นคะแนนในส่วนของประวัติการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง และแกนนอนเป็นคะแนนในส่วนของสภาพการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในปัจจุบัน ดังภาพที่ 12 เพื่อใช้ประเมินความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขตภาคกลางของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยได้กำหนดเกณฑ์ประเมินความเสี่ยงเป็น 3 เกณฑ์ ดังต่อไปนี้

1) เกณฑ์ความเสี่ยง (Risk) คือ หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าที่ได้คะแนนประเมินความเสี่ยงอยู่ในพื้นที่สีแดงบนเมตริกซ์ประเมินความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง ประกอบด้วยคะแนนประเมินความเสี่ยงในส่วนของประวัติการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังที่ได้คะแนนต่ำกว่า 2.25 และ 1.00 คะแนนลงมาตามลำดับ และคะแนนประเมินความเสี่ยงในส่วนของสภาพการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในปัจจุบันที่ได้คะแนนต่ำกว่า 3.00 เป็นต้นไป นั่นหมายความว่าหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าที่ได้คะแนนประเมินความเสี่ยงอยู่ในเกณฑ์นี้ จะมีความเสี่ยงสูงที่จะเกิดเหตุการณ์ความเสียหายขึ้นในเวลาอีกไม่นาน เพื่อเป็นการป้องกันหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเกิดเหตุการณ์ความเสียหาย จึงควรจัดทีมงานบำรุงรักษาเข้าไปดำเนินการแก้ไขปรับปรุงอย่างเร่งด่วนในส่วนที่มีความผิดปกติเกิดขึ้น ซึ่งสามารถดูได้จากผลการประเมินความเสี่ยง

ในแต่ละส่วน และให้ติดตามผลการทำงานและประเมินความเสี่ยงของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเครื่องนี้อีกครั้งในระยะเวลา 3 เดือน หลังจากการแก้ไขปรับปรุง

2) เกณฑ์เฝ้าระวัง (Warning) คือ หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าที่ได้คะแนนประเมินความเสี่ยงอยู่ในพื้นที่สีเหลืองบนเมตริกซ์ประเมินความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง ประกอบด้วย คะแนนประเมินความเสี่ยงในส่วนของการจัดการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังที่ได้คะแนนต่ำกว่า 2.25 ลงมา และคะแนนประเมินความเสี่ยงในส่วนของการสภาพการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในปัจจุบันที่มีคะแนนอยู่ระหว่าง 3.75 ถึง 3.00 คะแนน หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าที่ได้คะแนนประเมินความเสี่ยงอยู่ในเกณฑ์นี้ ควรจะได้รับการปรับปรุงแก้ไขในส่วนที่มีความผิดปกติเกิดขึ้นภายในระยะเวลา 4 เดือน หากพ้นระยะ เวลาที่กำหนดแล้วอาจจะมีเหตุการณ์ความเสียหายเกิดขึ้นในส่วนอื่นๆ ของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังตามมา และให้ติดตามผลการทำงานและประเมินความเสี่ยงของหม้อแปลงอีกครั้งในระยะเวลา 6 เดือน หลังจากการปรับปรุงแก้ไข



ภาพที่ 12 เมตริกซ์ประเมินความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขตภาคกลาง

3) เกณฑ์ปกติ (Good) คือ หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าที่ได้คะแนนประเมินอยู่ในพื้นที่สีเขียวบนเมตริกซ์ประเมินความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง ประกอบด้วยคะแนนประเมินความเสี่ยงในส่วนของประวัติการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังที่ได้คะแนนมากกว่า 2.25 ขึ้นไป และคะแนนประเมินความเสี่ยงในส่วนของสภาพการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในปัจจุบันมากกว่า 3.75 ขึ้นไป นั่นหมายความว่า หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้ายังสามารถส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้ตามปกติ และให้ดำเนินการบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าตามวาระการบำรุงรักษาต่อไป



ผล และวิจารณ์

จากการศึกษาการประเมินความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขตภาคกลางของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคด้วยวิธีการให้คะแนนตามน้ำหนัก และได้ทำการทดสอบประเมินความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขตภาคกลางที่มีประวัติ และสภาพการใช้งานที่ต่างกัน แบ่งออกเป็น 3 กรณีศึกษาดังนี้

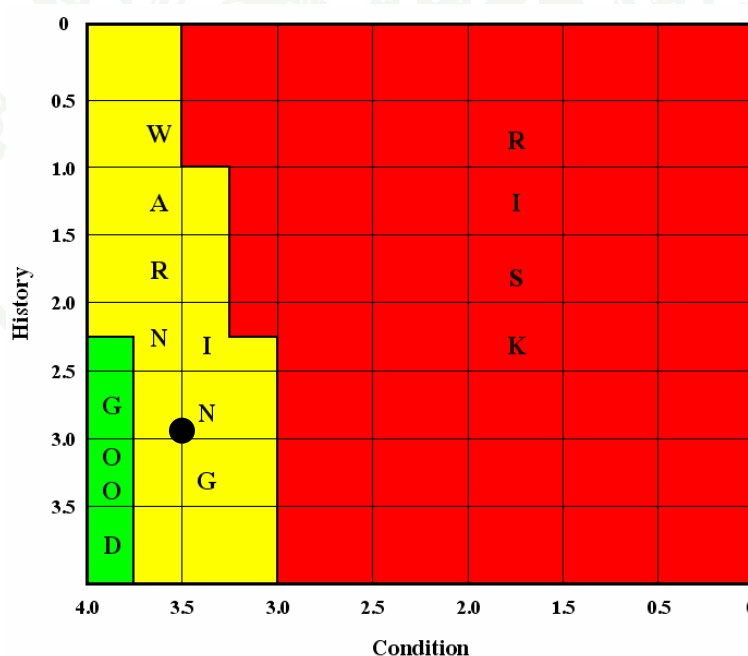
กรณีศึกษาที่ 1

ใช้ข้อมูลหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเครื่องหนึ่งในสถานีไฟฟ้าเขต กฟก.1 โดยมีประวัติการทำงานในปี พ.ศ. 2553 คือ เป็นหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังขนาด 40 MVA ระดับแรงดัน 115/23.1 kV หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเครื่องนี้จ่ายไฟเมื่อปี พ.ศ. 2536 ช่วงก่อนบำรุงรักษาตามวาระหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังจ่ายโหลดสูงสุด 29.1 MW ไม่พบเหตุการณ์ความผิดปกติภายในเกิดขึ้นในรอบ 1 ปี หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเครื่องนี้ตั้งอยู่ในพื้นที่เขตอุตสาหกรรม และผลิตภัณฑ์หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเป็นกลุ่มผลิตภัณฑ์ในประเทศ ซึ่งได้รับการบำรุงรักษาตามวาระเมื่อเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2553 จึงได้นำข้อมูลจากประวัติการทำงาน และผลจากการบำรุงรักษาตามวาระมาทดสอบให้คะแนนประเมินความเสี่ยงตามวิธีในงานวิจัยนี้ ซึ่งได้ผลการประเมินความเสี่ยง ดังแสดงตามตารางที่ 25

หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเครื่องนี้ได้รับการประเมินสภาพการทำงานได้ของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง ประกอบด้วยคะแนนจาก 2 ส่วน คือ คะแนนรวมในส่วนของประวัติการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังบนแกนตั้งมีค่าเท่ากับ 2.94 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ดี และคะแนนรวมในส่วนของสภาพการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในปัจจุบันบนแกนนอนมีค่าเท่ากับ 3.50 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์เฝ้าระวัง และนำคะแนนทั้งส่วนนี้มาประเมินความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเครื่องนี้บนเมตริกซ์ประเมินความเสี่ยง โดยลากจุดตัดกันของทั้งสองแกนบนเมตริกซ์ประเมินความเสี่ยง ซึ่งพบว่า หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเครื่องนี้ได้คะแนนประเมินความเสี่ยงอยู่ในเกณฑ์เฝ้าระวัง (Warning) ดังภาพที่ 13 ถึงแม้ว่าคะแนนรวมในส่วนของประวัติการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังจะอยู่ในเกณฑ์ดีก็ตาม นั้นหมายความว่า หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานี

ไฟฟ้าเครื่องนี้ควรได้รับการปรับปรุงแก้ไขในส่วนที่มีความผิดปกติเกิดขึ้นภายในระยะเวลา 4 เดือน หากพ้นระยะเวลาที่กำหนดแล้วอาจมีเหตุการณ์ความเสียหายเกิดขึ้น และให้เฝ้าติดตามผลการดำเนินงานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเครื่องนี้ทุก 6 เดือน

หลังจากทำการบำรุงรักษาตามวาระเมื่อเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2553 ผลปรากฏว่า หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเครื่องนี้ได้เกิดเหตุการณ์ความเสียหายขึ้นในส่วนของตัวกรองน้ำมัน (Oil Filter) ช่วงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2553 กล่าวคือ เกิดเหตุการณ์ความเสียหายขึ้นหลังจากทำการบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าตามวาระแล้ว 4 เดือน ซึ่งสอดคล้องกับวิธีการประเมินความเสี่ยงที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ นั่นหมายความว่า หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าที่ได้คะแนนประเมินความเสี่ยงอยู่ในเกณฑ์เฝ้าระวัง ควรได้รับการปรับปรุงแก้ไขในส่วนที่มีความผิดปกติเกิดขึ้นภายในระยะเวลา 4 เดือน เพื่อเป็นการป้องกันหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเกิดเหตุการณ์ความเสียหายขึ้นอีก และหลังจากปรับปรุงแก้ไขในส่วนที่มีความผิดปกติเกิดขึ้นแล้วให้ติดตามผลการดำเนินงานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังทุก 6 เดือน



ภาพที่ 13 ผลประเมินความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเครื่องหนึ่งในสถานีไฟฟ้าเขต กฟก.1 บนเมตริกซ์ประเมินความเสี่ยง

ตารางที่ 25 ผลการประเมินความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเครื่องหนึ่งในสถานีไฟฟ้าเขต กฟภ.1

	Criterion	Weight	Score	Remark (ข้อมูล ณ ปี พ.ศ.2553)
History	Age	4	C	หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเครื่องนี้จ่ายไฟฟ้าปี พ.ศ.2536 มีใช้งานอายุ 17 ปี ระดับคะแนนที่ได้จากตารางที่ 9
	Loading History	3	D	หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังขนาด 40 MVA จ่ายโหลดสูงสุด 29.1 MW คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การจ่ายโหลดได้ 72.75% ระดับคะแนนที่ได้จากตารางที่ 11
	Inspection and Maintenance	4	A	หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเครื่องนี้ได้รับการบำรุงรักษาตามวาระ ระดับคะแนนที่ได้จากตารางที่ 12
	Internal Fault History	4	A	หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเครื่องนี้ไม่พบความผิดปกติภายในเกิดขึ้นในรอบ 1 ปี ระดับคะแนนที่ได้จากตารางที่ 13
	Location	2	D	หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเครื่องนี้ติดตั้งอยู่ในพื้นที่เขตอุตสาหกรรม ระดับคะแนนที่ได้จากตารางที่ 14
	Manufacturer	1	A	หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเครื่องนี้เป็นผลิตภัณฑ์ในประเทศ ระดับคะแนนที่ได้จากตารางที่ 15
	Total History Score	18	2.94	

ตารางที่ 25 (ต่อ)

Criterion	Weight	Score	Remark (ข้อมูล ณ ปี พ.ศ.2553)
Condition Dielectric Breakdown Test	3	A	ผ่านการทดสอบทั้งสองส่วน คือ Main Tank กับ OLTC ระดับคะแนนที่ได้จากตารางที่ 16
Water Content Test	3	D	ไม่ผ่านการทดสอบทั้งสองส่วน คือ Main Tank กับ OLTC ระดับคะแนนที่ได้จากตารางที่ 17
Dissolved Gas Analysis	3	A	ไม่พบก๊าซหลักในน้ำมันเกินค่าปกติ ระดับคะแนนที่ได้จากตารางที่ 19
Insulation Resistance Test	2	A	ผ่านการทดสอบทั้งสามแบบ คือ ขดลวดแรงสูงกับขดลวดแรงต่ำ ขดลวดแรงสูงกับดิน และขดลวดแรงต่ำกับดิน ระดับคะแนนที่ได้จากตารางที่ 20
Winding Resistance Test	2	A	ผ่านการทดสอบทั้งสองส่วน คือ ขดลวดแรงสูง และขดลวดแรงต่ำ ระดับคะแนนที่ได้จากตารางที่ 21
Turn Ratio Test	2	A	ผ่านการทดสอบทั้งสามเฟส คือ เฟสเอ เฟสบี และเฟสซี ระดับคะแนนที่ได้จากตารางที่ 22
Winding Insulation Power Factor Test	1.5	A	ผ่านการทดสอบทั้งสี่แบบ คือ ขดลวดแรงสูง 3 โหมด และแรงต่ำ 1 โหมด ระดับคะแนนที่ได้จากตารางที่ 23
Oil Insulation Power Factor Test	1.5	A	ผ่านการทดสอบทั้งส่วน คือ Main Tank กับ OLTC ระดับคะแนนที่ได้จากตารางที่ 24
Total Condition Score	18	3.50	

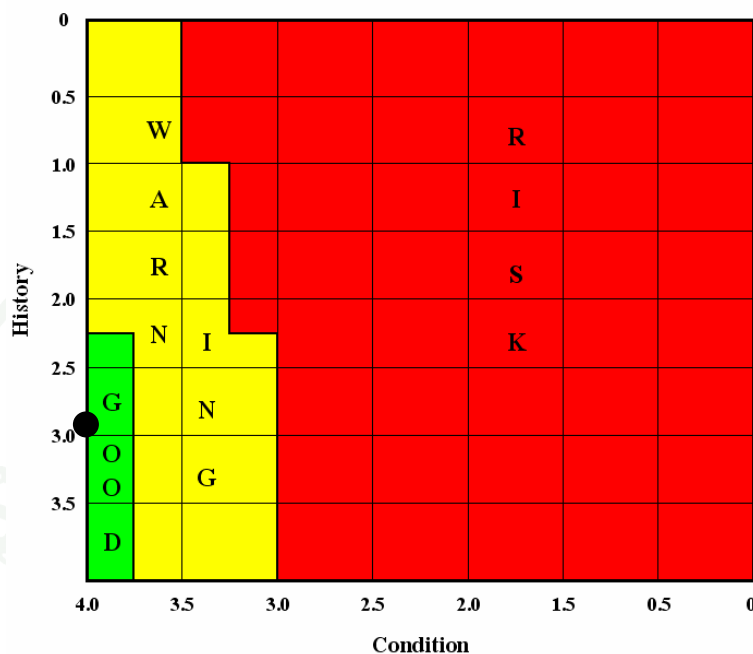
กรณีศึกษาที่ 2

ใช้ข้อมูลหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเครื่องหนึ่งในสถานีไฟฟ้าเขต กฟก.2 โดยมีประวัติการทำงานในปี พ.ศ. 2552 คือ เป็นหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังขนาด 50 MVA ระดับแรงดัน 115/23.1 kV หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเครื่องนี้จ่ายไฟเมื่อปี พ.ศ. 2538 ช่วงก่อนบำรุงรักษาตามวาระหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังจ่ายโหลดสูงสุด 34.2 MW ไม่พบเหตุการณ์ความผิดปกติภายในเกิดขึ้นในรอบ 1 ปี หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเครื่องนี้ตั้งอยู่ในพื้นที่เขตเศรษฐกิจ และผลิตภัณฑ์หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเป็นกลุ่มผลิตภัณฑ์จากทวีปยุโรป ซึ่งได้รับการบำรุงรักษาตามวาระเมื่อเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2552 จึงได้นำข้อมูลจากประวัติการทำงาน และผลจากการบำรุงรักษาตามวาระมาทดสอบให้คะแนนประเมินความเสี่ยงตามวิธีในงานวิจัยนี้ ซึ่งได้ผลการประเมินความเสี่ยง ดังแสดงตามตารางที่ 26

หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเครื่องนี้ได้รับการประเมินสภาพการทำงานได้ของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง ประกอบด้วยคะแนนจาก 2 ส่วน คือ คะแนนรวมในส่วนของประวัติการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังบนแกนตั้งมีค่าเท่ากับ 3.06 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ดี และคะแนนรวมในส่วนของสภาพการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในปัจจุบันบนแกนนอนมีค่าเท่ากับ 4.00 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ดีเช่นกัน และนำคะแนนทั้งส่วนนี้มาประเมินความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเครื่องนี้นับเมตริกซ์ประเมินความเสี่ยงโดยลากจุดตัดกันของทั้งสองแกนบนเมตริกซ์ประเมินความเสี่ยง พบว่าหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเครื่องนี้ได้คะแนนประเมินความเสี่ยงอยู่ในเกณฑ์ดี (Good) ดังภาพที่ 14 นั้นหมายความว่า หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเครื่องนี้ยังไม่พบความเสี่ยงที่จะเกิดเหตุการณ์ความเสียหาย และหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเครื่องนี้ยังสามารถส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้ตามปกติ และให้ดำเนินการบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเครื่องนี้ตามวาระการบำรุงรักษาปกติต่อไป

หลังจากทำการบำรุงรักษาตามวาระเมื่อเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2552 ผลปรากฏว่า หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเครื่องนี้ไม่มีเหตุการณ์ความเสียหายเกิดขึ้นเลยภายในระยะเวลา 1 ปี หรือไม่มีเหตุการณ์ความเสียหายเกิดขึ้นจนครบรอบการบำรุงรักษาครั้งต่อไปในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2553 ซึ่งสอดคล้องกับวิธีการประเมินความเสี่ยงที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ นั้นหมายความว่า

หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าที่ได้คะแนนประเมินความเสี่ยงอยู่ในเกณฑ์ดี ก็ให้ดำเนินการบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าตามวาระปกติต่อไป



ภาพที่ 14 ผลประเมินความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเครื่องหนึ่งในสถานีไฟฟ้าเขต กฟก.2 บนเมตริกซ์ประเมินความเสี่ยง

ตารางที่ 26 ผลการประเมินความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเครื่องหนึ่งในสถานีไฟฟ้าเขต กฟภ.2

	Criterion	Weight	Score	Remark (ข้อมูล ณ ปี พ.ศ.2552)
History	Age	4	C	หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเครื่องนี้จ่ายไฟฟ้าปี พ.ศ.2538 มีใช้งานอายุ 14 ปี ระดับคะแนนที่ได้จากตารางที่ 9
	Loading History	3	C	หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังขนาด 50 MVA จ่ายโหลดสูงสุด 34.2 MW คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การจ่ายโหลดได้ 68.40% ระดับคะแนนที่ได้จากตารางที่ 11
	Inspection and Maintenance	4	A	หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเครื่องนี้ได้รับการบำรุงรักษาตามวาระ ระดับคะแนนที่ได้จากตารางที่ 12
	Internal Fault History	4	A	หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเครื่องนี้ไม่พบความผิดปกติภายในเกิดขึ้นในรอบ 1 ปี ระดับคะแนนที่ได้จากตารางที่ 13
	Location	2	B	หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเครื่องนี้ติดตั้งอยู่ในพื้นที่เขตเศรษฐกิจ ระดับคะแนนที่ได้จากตารางที่ 14
	Manufacturer	1	B	หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเครื่องนี้เป็นผลิตภัณฑ์จากทวีป ระดับคะแนนที่ได้จากตารางที่ 15
Total History Score		18	3.06	

ตารางที่ 26 (ต่อ)

Criterion	Weight	Score	Remark (ข้อมูล ณ ปี พ.ศ.2553)
Condition Dielectric Breakdown Test	3	A	ผ่านการทดสอบทั้งสองส่วน คือ Main Tank กับ OLTC ระดับคะแนนที่ได้จากตารางที่ 16
Water Content Test	3	A	ผ่านการทดสอบทั้งสองส่วน คือ Main Tank กับ OLTC ระดับคะแนนที่ได้จากตารางที่ 17
Dissolved Gas Analysis	3	A	ไม่พบก๊าซหลักในน้ำมันเกินค่าปกติ ระดับคะแนนที่ได้จากตารางที่ 19
Insulation Resistance Test	2	A	ผ่านการทดสอบทั้งสามแบบ คือ ขดลวดแรงสูงกับขดลวดแรงต่ำ ขดลวดแรงสูงกับดิน และขดลวดแรงต่ำกับดิน ระดับคะแนนที่ได้จากตารางที่ 20
Winding Resistance Test	2	A	ผ่านการทดสอบทั้งสองส่วน คือ ขดลวดแรงสูง และขดลวดแรงต่ำ ระดับคะแนนที่ได้จากตารางที่ 21
Turn Ratio Test	2	A	ผ่านการทดสอบทั้งสามเฟส คือ เฟสเอ เฟสบี และเฟสซี ระดับคะแนนที่ได้จากตารางที่ 22
Winding Insulation Power Factor Test	1.5	A	ผ่านการทดสอบทั้งสี่แบบ คือ ขดลวดแรงสูง 3 โหมด และแรงต่ำ 1 โหมด ระดับคะแนนที่ได้จากตารางที่ 23
Oil Insulation Power Factor Test	1.5	A	ผ่านการทดสอบทั้งส่วน คือ Main Tank กับ OLTC ระดับคะแนนที่ได้จากตารางที่ 24
Total Condition Score	18	4.00	

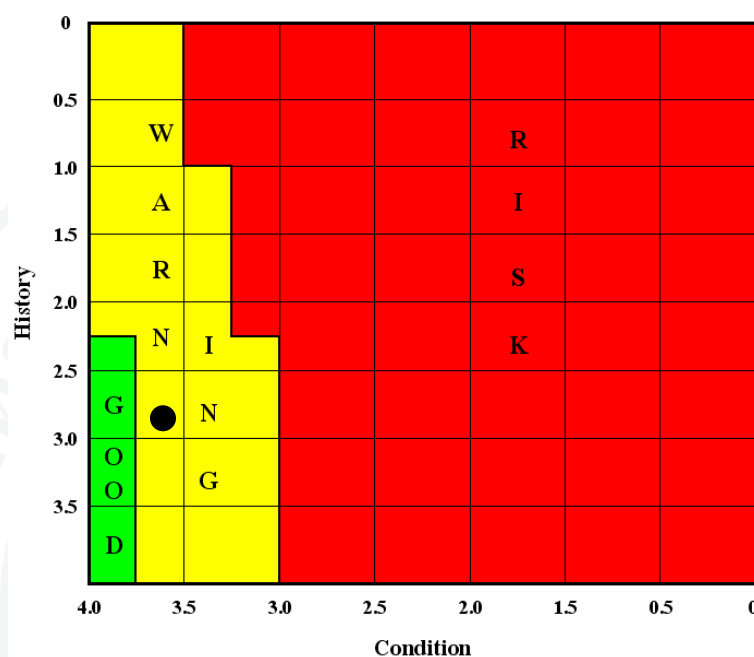
กรณีศึกษาที่ 3

ใช้ข้อมูลหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเครื่องหนึ่งในสถานีไฟฟ้าเขต กฟก.3 โดยมีประวัติการทำงานในปี พ.ศ. 2555 คือ เป็นหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังขนาด 50 MVA ระดับแรงดัน 115/23.1 kV หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเครื่องนี้จ่ายไฟเมื่อปี พ.ศ. 2542 ช่วงก่อนบำรุงรักษาตามวาระหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังจ่ายโหลดสูงสุด 36.5 MW ไม่พบเหตุการณ์ความผิดปกติภายในเกิดขึ้นในรอบ 1 ปี หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเครื่องนี้ตั้งอยู่ในพื้นที่เขตชุมชน และผลิตภัณฑ์หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเป็นกลุ่มผลิตภัณฑ์ในประเทศ ซึ่งได้รับการบำรุงรักษาตามวาระเมื่อเดือนมีนาคม พ.ศ. 2555 จึงได้นำข้อมูลจากประวัติการทำงาน และผลจากการบำรุงรักษาตามวาระมาทดสอบให้คะแนนประเมินความเสี่ยงตามวิธีในงานวิจัยนี้ ซึ่งได้ผลการประเมินความเสี่ยง ดังแสดงตามตารางที่ 27

หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเครื่องนี้ได้รับการประเมินสภาพการทำงานได้ของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง ประกอบด้วยคะแนนจาก 2 ส่วน คือ คะแนนรวมในส่วนของประวัติการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังบนแกนตั้งมีค่าเท่ากับ 2.83 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ดี และคะแนนรวมในส่วนของสภาพการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในปัจจุบันบนแกนนอนมีค่าเท่ากับ 3.67 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์เฝ้าระวัง และนำคะแนนทั้งส่วนนี้มาประเมินความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเครื่องนี้นับเมตริกซ์ประเมินความเสี่ยง โดยลากจุดตัดกันของทั้งสองแกนบนเมตริกซ์ประเมินความเสี่ยง พบว่าหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเครื่องนี้ได้คะแนนประเมินความเสี่ยงอยู่ในเกณฑ์เฝ้าระวัง (Warning) ดังภาพที่ 15 ถึงแม้ว่าคะแนนรวมในส่วนของประวัติการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังจะอยู่ในเกณฑ์ดีก็ตาม นั้นหมายความว่า หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเครื่องนี้ควรได้รับการปรับปรุงแก้ไขในส่วนที่มีความผิดปกติเกิดขึ้นภายในระยะเวลา 4 เดือน หากพ้นระยะเวลาที่กำหนดแล้วอาจมีเหตุการณ์ความเสียหายเกิดขึ้นในส่วนอื่นๆ ของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังตามมา และให้เฝ้าติดตามผลการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเครื่องนี้ทุก 6 เดือน

หลังจากทำการบำรุงรักษาตามวาระเมื่อเดือนมีนาคม พ.ศ. 2555 ผลปรากฏว่า หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเครื่องนี้ได้เกิดเหตุการณ์ความเสียหายขึ้นในส่วนของตัวถังหม้อแปลง (Main Tank) ช่วงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2555 กล่าวคือ เกิดเหตุการณ์ความเสียหายขึ้นหลังจากทำการบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าตามวาระแล้ว 5 เดือน นั้นหมายความว่า หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าที่ได้คะแนนประเมินความเสี่ยงอยู่ในเกณฑ์เฝ้าระวัง ควรได้รับการปรับปรุงแก้ไขในส่วนที่มีความผิดปกติเกิดขึ้นภายในระยะเวลา 4 เดือน ซึ่งสอดคล้องกับวิธีการ

ประเมินความเสี่ยงที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ เพื่อเป็นการป้องกันหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเกิดเหตุการณ์ความเสียหายขึ้นอีก และหลังจากปรับปรุงแก้ไขในส่วนที่มีความผิดปกติเกิดขึ้นแล้วให้ติดตามผลการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังทุก 6 เดือน



ภาพที่ 15 ผลประเมินความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเครื่องหนึ่งในสถานีไฟฟ้าเขต กฟภ.3 บนเมตริกซ์ประเมินความเสี่ยง

ตารางที่ 27 ผลการประเมินความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเครื่องหนึ่งในสถานีไฟฟ้าเขต กฟภ.3

Criterion		Weight	Score	Remark (ข้อมูล ณ ปี พ.ศ.2555)
History	Age	4	C	หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเครื่องนี้จ่ายไฟฟ้าปี พ.ศ.2542 มีใช้งานอายุ 13 ปี ระดับคะแนนที่ได้จากตารางที่ 9
	Loading History	3	D	หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังขนาด 50 MVA จ่ายโหลดสูงสุด 36.5 MW คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การจ่ายโหลดได้ 73.00% ระดับคะแนนที่ได้จากตารางที่ 11
	Inspection and Maintenance	4	A	หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเครื่องนี้ได้รับการบำรุงรักษาตามวาระ ระดับคะแนนที่ได้จากตารางที่ 12
	Internal Fault History	4	A	หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเครื่องนี้ไม่พบความผิดปกติภายในเกิดขึ้นในรอบ 1 ปี ระดับคะแนนที่ได้จากตารางที่ 13
	Location	2	C	หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเครื่องนี้ติดตั้งอยู่ในพื้นที่เขตชุมชน ระดับคะแนนที่ได้จากตารางที่ 14
	Manufacturer	1	A	หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเครื่องนี้เป็นผลิตภัณฑ์ในประเทศ ระดับคะแนนที่ได้จากตารางที่ 15
Total History Score		18	2.83	

ตารางที่ 27 (ต่อ)

Criterion	Weight	Score	Remark (ข้อมูล ณ ปี พ.ศ.2553)
Condition Dielectric Breakdown Test	3	A	ผ่านการทดสอบทั้งสองส่วน คือ Main Tank กับ OLTC ระดับคะแนนที่ได้จากตารางที่ 16
Water Content Test	3	C	ผ่านการทดสอบเพียงส่วนเดียว คือ OLTC ระดับคะแนนที่ได้จากตารางที่ 17
Dissolved Gas Analysis	3	A	ไม่พบก๊าซหลักในน้ำมันเกินค่าปกติ ระดับคะแนนที่ได้จากตารางที่ 19
Insulation Resistance Test	2	A	ผ่านการทดสอบทั้งสามแบบ คือ ขดลวดแรงสูงกับขดลวดแรงต่ำ ขดลวดแรงสูงกับดิน และขดลวดแรงต่ำกับดิน ระดับคะแนนที่ได้จากตารางที่ 20
Winding Resistance Test	2	A	ผ่านการทดสอบทั้งสองส่วน คือ ขดลวดแรงสูง และขดลวดแรงต่ำ ระดับคะแนนที่ได้จากตารางที่ 21
Turn Ratio Test	2	A	ผ่านการทดสอบทั้งสามเฟส คือ เฟสเอ เฟสบี และเฟสซี ระดับคะแนนที่ได้จากตารางที่ 22
Winding Insulation Power Factor Test	1.5	A	ผ่านการทดสอบทั้งสี่แบบ คือ ขดลวดแรงสูง 3 โหมด และแรงต่ำ 1 โหมด ระดับคะแนนที่ได้จากตารางที่ 23
Oil Insulation Power Factor Test	1.5	A	ผ่านการทดสอบทั้งส่วน คือ Main Tank กับ OLTC ระดับคะแนนที่ได้จากตารางที่ 24
Total Condition Score	18	3.67	

สรุป และข้อเสนอแนะ

ในปัจจุบันนี้หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขตภาคกลางของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ถูกวิเคราะห์สภาพการทำงานได้จากผลทดสอบจากการบำรุงรักษาตามวาระเพียงอย่างเดียวเท่านั้น ดังนั้นวิทยานิพนธ์เล่มนี้ได้ศึกษาการประเมินความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าด้วยวิธีการให้คะแนนตามน้ำหนัก เพื่อใช้เป็นเครื่องมือ หรือตัวชี้วัดในการวิเคราะห์สภาพการทำงานได้ และใช้ประเมินความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขตภาคกลางประจำปีบนเมตริกซ์ ประเมินความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง โดยใช้ข้อมูลหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเขต ภาคกลางวิเคราะห์หาระดับคะแนนความเสี่ยงของปัจจัยเสี่ยงที่กำหนดขึ้น และใช้ประสิทธิภาพของ ผู้ปฏิบัติงานซ่อมบำรุงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังกำหนดค่าน้ำหนัก ทั้งในส่วนของประวัติการทำงาน ของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง กับเงื่อนไขการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในปัจจุบัน และนำผล คะแนนตามน้ำหนักที่ได้จากปัจจัยเสี่ยงทั้ง 2 ส่วน มาประเมินผลบนเมตริกซ์ประเมินความเสี่ยง ซึ่ง สรุปผลการประเมินได้เป็น 3 เกณฑ์ คือ เกณฑ์มีความเสี่ยง เกณฑ์เฝ้าระวัง และเกณฑ์ดี หากผลการ ประเมินความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังอยู่ในเกณฑ์มีความเสี่ยง ต้องทำการบำรุงรักษาหม้อแปลง ไฟฟ้ากำลังทันที และติดตามผลการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในอีก 3 เดือน หากหม้อแปลง ไฟฟ้ากำลังอยู่ในเกณฑ์เฝ้าระวัง ให้ทำการบำรุงรักษาภายใน 4 เดือน และติดตามผลทำงานของหม้อ แปลงไฟฟ้ากำลังในอีก 6 เดือน และหากหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังอยู่ในเกณฑ์ดี ให้ทำการบำรุงรักษา ตามวาระปกติต่อไปได้

จากการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธีการให้คะแนนตามน้ำหนักที่ได้จากงานวิจัยนี้ ได้นำไป ทดสอบประเมินความเสี่ยงโดยใช้ข้อมูลในอดีตของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าทั้ง 3 เขต ซึ่งคะแนนที่ได้ให้ผลสอดคล้องกับเกณฑ์ความเสี่ยงที่ตั้งขึ้น ทำให้ผู้ปฏิบัติงานซ่อมบำรุงหม้อแปลง สามารถนำไปประเมินความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคใน เขตภาคกลาง เพื่อนำผลการประเมินที่ได้ไปปรับปรุงแผนการบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังใน สถานีไฟฟ้าให้สอดคล้องกับมาตรการการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) ได้ อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้ระบบการส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคให้เกิดความ มั่นคงยิ่งขึ้น สร้างความเชื่อมั่นต่อผู้ใช้ไฟ และภาพลักษณ์ที่ดีต่อองค์กร

จากการศึกษาการประเมินความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานียไฟฟ้าด้วยวิธีการให้คะแนนตามน้ำหนัก จึงมีข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

1. การประเมินความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานียไฟฟ้าด้วยวิธีการให้คะแนนตามน้ำหนัก โดยใช้ข้อมูลหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานียไฟฟ้าเขตภาคกลางนี้สามารถนำมาปรับปรุงหรือเพิ่มเติมปัจจัยเสี่ยงต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อการดำเนินงานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานียไฟฟ้า และเหตุการณ์ความเสียหายได้ ด้วยการวิเคราะห์หาระดับคะแนนความเสี่ยง (Score) ของปัจจัยเสี่ยงที่กำหนดขึ้น และกำหนดค่าน้ำหนัก (Weight) ของปัจจัยเสี่ยง และถ้าต้องใช้ประเมินความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานียไฟฟ้าที่อยู่ในเขตอื่น ให้นำข้อมูลหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในเขตนี้นมาทำการวิเคราะห์หาระดับคะแนนความเสี่ยง (Score) ของปัจจัยเสี่ยงที่กำหนดขึ้น และกำหนดค่าน้ำหนัก (Weight) ของปัจจัยเสี่ยงใหม่ เพื่อให้การวิเคราะห์ผลมีประสิทธิภาพมากขึ้น

2. จากการศึกษาบทความวิชาการข้างต้นได้มีการทดสอบวัดอุณหภูมิความร้อนของขดลวดหม้อแปลงมาวิเคราะห์หาอัตราสูญเสียของอายุการใช้งาน ซึ่งมีผลมาจากการเสื่อมสภาพของฉนวนกระดาษ เพื่อเป็นประโยชน์ในการวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ในภาคหน้า การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคควรติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับ และเก็บข้อมูลอุณหภูมิน้ำมัน กับอุณหภูมิขดลวดภายในหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในการวิเคราะห์เหตุการณ์ความผิดปกติที่เกิดขึ้นได้

เอกสาร และสิ่งอ้างอิง

กองหม้อแปลง การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. 2550. **ระเบียบปฏิบัติการบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง.**
การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, กรุงเทพฯ.

Jahromi, A.N., R. Piercy, S. Cress, R.R. Service and W. Fan. 2009. An approach to power transformer asset management using health index. **IEEE Electrical Insulation Magazine** 25 (2): 20-34.

Power Systems Engineering Research Center. 2006. **Final Project Report January 2006.** 223.

Muhr, M. 2005. Asset and risk management of electrical power equipment, pp. 861-864. *In* **Proceedings of 2005 International Symposium on Electrical Insulating Materials.** 5-9 June 2005, Kitakyushu, Japan.

Wang, M., A.J. Vandermaar and K.D. Srivastava. 2002. Review of condition assessment of power transformers in service. **IEEE Electrical Insulation Magazine** (18) 6: 12-25.

Arshad, M., M. Islam and A. Khaliq. 2004. Power transformer asset management, pp. 1395-1398. *In* **International Conference on Power System Technology - Powercon 2004.** 21-24 November 2004, Singapore.

Weekes, T., T. Molinski, and X. Li. 2004. Risk assessment using transformer loss of life data. **IEEE Electrical Insulation Magazine** 20 (2): 27-31.

You-yuan, W., Y. Yuan, L. Jian, D. Lin, Z. Jing-jing, S. Wei-guang and Z. Liang. 2008. Study on power transformer fuzzy risk assessment based on borda number theory, pp. 609-612. *In* **2008 International Conference on High Voltage Engineering and Application.** 9-13 November 2008, Chongqing, China.

Fu, W., J.D. McCalley and V. Vittal. 2001. Risk assessment for transformer loading. **IEEE Transactions on Power Systems** 16 (3): 346-355.







ภาคผนวก ก

ตัวอย่างแบบฟอร์มประเมินความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง

Risk Assessment for Power Transformers in PEA Substations																																																											
<u>Transformer Data</u>																																																											
Substation :	TP :	Rated Voltage :	KV																																																								
Serial No. :	Rated :	MVA	% Impedance :																																																								
PEA No. :	Load :	MW	Manufacturer :																																																								
Sited PEA :	Vector :	Operated Year :																																																									
<u>Assessment</u>																																																											
Assessment Date : _____		By : _____																																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="padding: 5px;">CRITERION</th> <th style="padding: 5px;">WEIGHT</th> <th style="padding: 5px;">SCORE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="7" style="width: 15%; vertical-align: middle;">HISTORY</td> <td style="padding: 5px;">Age</td> <td style="padding: 5px;">4</td> <td style="padding: 5px;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Loading History</td> <td style="padding: 5px;">3</td> <td style="padding: 5px;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Inspection and Maintenance</td> <td style="padding: 5px;">4</td> <td style="padding: 5px;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Internal Faults History</td> <td style="padding: 5px;">4</td> <td style="padding: 5px;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Location</td> <td style="padding: 5px;">2</td> <td style="padding: 5px;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Manufacturer</td> <td style="padding: 5px;">1</td> <td style="padding: 5px;"></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="padding: 5px;">TOTAL HISTORY SCORE</td> <td style="padding: 5px;">18</td> <td style="padding: 5px;"></td> </tr> <tr> <td rowspan="10" style="width: 15%; vertical-align: middle;">CONDITION</td> <td style="padding: 5px;">Dielectric Breakdown Test</td> <td style="padding: 5px;">3</td> <td style="padding: 5px;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Water Content Test</td> <td style="padding: 5px;">3</td> <td style="padding: 5px;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Dissolved gas analysis</td> <td style="padding: 5px;">3</td> <td style="padding: 5px;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Insulation Resistance Test</td> <td style="padding: 5px;">2</td> <td style="padding: 5px;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Winding Resistance Test</td> <td style="padding: 5px;">2</td> <td style="padding: 5px;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Turn Ratio Test</td> <td style="padding: 5px;">2</td> <td style="padding: 5px;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Winding Insulation Power Factor Test</td> <td style="padding: 5px;">1.5</td> <td style="padding: 5px;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Oil Insulation Power Factor Test</td> <td style="padding: 5px;">1.5</td> <td style="padding: 5px;"></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="padding: 5px;">TOTAL CONDITION SCORE</td> <td style="padding: 5px;">18</td> <td style="padding: 5px;"></td> </tr> </tbody> </table>				CRITERION		WEIGHT	SCORE	HISTORY	Age	4		Loading History	3		Inspection and Maintenance	4		Internal Faults History	4		Location	2		Manufacturer	1		TOTAL HISTORY SCORE		18		CONDITION	Dielectric Breakdown Test	3		Water Content Test	3		Dissolved gas analysis	3		Insulation Resistance Test	2		Winding Resistance Test	2		Turn Ratio Test	2		Winding Insulation Power Factor Test	1.5		Oil Insulation Power Factor Test	1.5		TOTAL CONDITION SCORE		18	
CRITERION		WEIGHT	SCORE																																																								
HISTORY	Age	4																																																									
	Loading History	3																																																									
	Inspection and Maintenance	4																																																									
	Internal Faults History	4																																																									
	Location	2																																																									
	Manufacturer	1																																																									
	TOTAL HISTORY SCORE		18																																																								
CONDITION	Dielectric Breakdown Test	3																																																									
	Water Content Test	3																																																									
	Dissolved gas analysis	3																																																									
	Insulation Resistance Test	2																																																									
	Winding Resistance Test	2																																																									
	Turn Ratio Test	2																																																									
	Winding Insulation Power Factor Test	1.5																																																									
	Oil Insulation Power Factor Test	1.5																																																									
	TOTAL CONDITION SCORE		18																																																								
	<u>Note :</u> _____ _____ _____																																																										

ภาพผนวกที่ ก1 ตัวอย่างแบบฟอร์มประเมินความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง

Risk Assessment for Power Transformers in PEA Substations	
Total Score History Score : _____ Condition Score : _____	
Conclusion : ☐ เกณฑ์ความเสี่ยง (Risk) ☐ เกณฑ์เฝ้าระวัง (Warning) ☐ เกณฑ์ปกติ (Good)	
Note : _____ _____ _____	

ภาพผนวกที่ ก1 (ต่อ)

Risk Assessment for Power Transformers in PEA Substations

Remark :

1) เกณฑ์ความเสี่ยง (Risk) คือ หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าที่ได้คะแนนประเมินความเสี่ยงอยู่ในพื้นที่สีแดงบนเมตริกซ์ประเมินความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง หมายความว่า หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเครื่องนี้มีความเสี่ยงที่จะเกิดเหตุการณ์ความเสียหายขึ้น เพื่อเป็นการป้องกันหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเครื่องนี้เกิดเหตุการณ์ความเสียหาย จึงควรจัดทีมงานบำรุงรักษาเข้าไปดำเนินการแก้ไขปรับปรุงอย่างเร่งด่วนในส่วนที่มีความผิดปกติเกิดขึ้น ซึ่งสามารถดูได้จากผลการประเมินความเสี่ยง และให้เกิดตามผลการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเครื่องนี้อย่างใกล้ชิดทุก 3 เดือน

2) เกณฑ์เฝ้าระวัง (Warning) คือ หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าที่ได้คะแนนประเมินความเสี่ยงอยู่ในพื้นที่สีเหลืองบนเมตริกซ์ประเมินความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง หมายความว่า หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเครื่องนี้ ควรได้รับการปรับปรุงแก้ไขในส่วนที่มีความผิดปกติเกิดขึ้นภายในระยะเวลา 4 เดือน หากพ้นระยะเวลาที่กำหนดแล้วอาจจะมีเหตุการณ์ความเสียหายเกิดขึ้นในส่วนอื่นๆ ของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังตามมา และให้เกิดตามผลการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเครื่องนี้ทุก 6 เดือน

3) เกณฑ์ปกติ (Good) คือ หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าที่ได้คะแนนประเมินความเสี่ยงอยู่ในพื้นที่สีเขียวบนเมตริกซ์ประเมินความเสี่ยงหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง หมายความว่า หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าเครื่องนี้ยังไม่พบความเสี่ยงที่จะเกิดเหตุการณ์ความเสียหาย และยังสามารถส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้ตามปกติ และให้ดำเนินการบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังในสถานีไฟฟ้าตามวาระการบำรุงรักษาต่อไป

Risk Assessment for Power Transformers in PEA Substations		
ระดับคะแนนประเมินความเสี่ยง		
<u>History</u>		
1. Age		
อายุ(ปี)	น้ำหนัก	ระดับคะแนน
0 - 3	4	A
4 - 10	4	B
11 - 20	4	C
มากกว่า 20	4	D
2. Loading History		
หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังขนาด 25 MVA		
% การจ่ายโหลด	น้ำหนัก	ระดับคะแนน
น้อยกว่า 60%	3	A
61% - 65%	3	B
66% - 70%	3	C
มากกว่า 70%	3	D
หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังขนาด 40 MVA		
% การจ่ายโหลด	น้ำหนัก	ระดับคะแนน
น้อยกว่า 50%	3	A
50% - 60%	3	B
61% - 70%	3	C
มากกว่า 70%	3	D
หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังขนาด 50 MVA		
% การจ่ายโหลด	น้ำหนัก	ระดับคะแนน
น้อยกว่า 30%	3	A
30% - 50%	3	B
51% - 70%	3	C
มากกว่า 70%	3	D

4/7

ภาพผนวกที่ ก1 (ต่อ)

Risk Assessment for Power Transformers in PEA Substations

ระดับคะแนนประเมินความเสี่ยง

3. Inspection and Maintenance

ช่วงระยะเวลาเข้าบำรุงรักษา	น้ำหนัก	ระดับคะแนน
ภายใน 12 เดือน	4	A
เกิน 12 เดือนขึ้นไป	4	C

4. Internal Faults History

ความผิดปกติภายใน	น้ำหนัก	ระดับคะแนน
0 ครั้ง	4	A
1 ครั้ง	4	B
2 ครั้ง	4	C
มากกว่า 2 ครั้ง	4	D

5. Location

สถานที่ติดตั้ง	น้ำหนัก	ระดับคะแนน
เขตเศรษฐกิจ	2	B
เขตชุมชน	2	C
เขตอุตสาหกรรม	2	D

6. Manufacturer

ผลิตภัณฑ์หม้อแปลง	น้ำหนัก	ระดับคะแนน
กลุ่มในประเทศ	1	A
กลุ่มยุโรป	1	B
กลุ่มเอเชีย	1	C

Condition

1. Dielectric Breakdown Test

ผลการทดสอบ	น้ำหนัก	ระดับคะแนน
ผ่านทั้งสองส่วน	3	A
ผ่านส่วนใดส่วนหนึ่ง	3	C
ไม่ผ่านทั้งสองส่วน	3	D

ภาพผนวกที่ ก1 (ต่อ)

Risk Assessment for Power Transformers in PEA Substations

ระดับคะแนนประเมินความเสี่ยง

2. Water Content Test

ผลการทดสอบ	น้ำหนัก	ระดับคะแนน
ผ่านทั้งสองส่วน	3	A
ผ่านส่วนใดส่วนหนึ่ง	3	C
ไม่ผ่านทั้งสองส่วน	3	D

3. Dissolved gas analysis

ผลการทดสอบ	น้ำหนัก	ระดับคะแนน
ไม่พบก๊าซหลักเกินค่าปกติ	3	A
พบก๊าซหลักเกินค่าปกติ 1 ชนิด	3	B
พบก๊าซหลักเกินค่าปกติ 2 ชนิด	3	C
พบก๊าซหลักเกินค่าปกติ 2 ชนิดขึ้นไป	3	D

4. Insulation Resistance Test

ผลการทดสอบ	น้ำหนัก	ระดับคะแนน
ผ่านทั้งสามแบบ	2	A
ผ่านสองแบบ	2	C
ผ่านแบบเดียว หรือ ไม่ผ่านเลย	2	D

5. Winding Resistance Test

ผลการทดสอบ	น้ำหนัก	ระดับคะแนน
ผ่านทั้งสองส่วน	2	A
ผ่านส่วนใดส่วนหนึ่ง	2	C
ไม่ผ่านทั้งสองส่วน	2	D

6. Turn Ratio Test

ผลการทดสอบ	น้ำหนัก	ระดับคะแนน
ผ่านทั้งสามเฟส	2	A
ผ่านสองเฟส	2	C
ผ่านเฟสเดียว หรือ ไม่ผ่านเลย	2	D

ภาพผนวกที่ ก1 (ต่อ)

Risk Assessment for Power Transformers in PEA Substations

ระดับคะแนนประเมินความเสี่ยง

7. Winding Insulation Power Factor Test

ผลการทดสอบ	น้ำหนัก	ระดับคะแนน
ผ่านทั้งสี่แบบ	1.5	A
ผ่านสามแบบ	1.5	B
ผ่านสองแบบ	1.5	C
ผ่านแบบเดียว หรือไม่ผ่านเลย	1.5	D

8. Oil Insulation Power Factor Test

ผลการทดสอบ	น้ำหนัก	ระดับคะแนน
ผ่านทั้งสองส่วน	1.5	A
ผ่านส่วนใดส่วนหนึ่ง	1.5	C
ไม่ผ่านทั้งสองส่วน	1.5	D

ภาพผนวกที่ ก1 (ต่อ)



ภาคผนวก ข

ตัวอย่างแบบฟอร์มทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง

	Substation Maintenance Section Power Transformer Maintenance Department	แบบฟอร์ม ตัวอย่าง
Substation	PEA	Manufacturer Voltage kV.
Serial No.	Cap. MVA.	Vector Grp. S/C Impedance

Oil Dielectric Breakdown Voltage Test Form

Order	Sample	Maintank	OLTC
		IEC 156 1995	VDE 0370/84
		Breakdown (kV.)	Breakdown (kV.)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
	ค่าเฉลี่ย		
		☐ pass > 40 kV. ☐ Improved < 40 kV.	☐ pass > 40 kV. ☐ Improved < 40 kV.

IEC 156 1995 : Gap Dist. 2.50 mm

VDE 0370/84 : Gap Dist. 2.50 mm.

Moisture Content :	Maintank	OLTC,
Test Result (ppm.)		
Temp. ($^{\circ}$ C)		
Result	☐ < pass 25 ppm.	☐ < pass 25 ppm.

Test set

Note
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Inspector _____
Date _____

ภาพผนวกที่ ๗1 ตัวอย่างแบบฟอร์มทดสอบค่าฉนวนน้ำมันหม้อแปลง และค่าน้ำในน้ำมันหม้อแปลง

	Substation Maintenance Section Power Transformer Maintenance Department	แบบฟอร์ม ตัวอย่าง																														
Information of Transformer																																
Substation :	TP. :	Manufacture :																														
Serial No. :	Cap. :	MVA. Vector Grp. :																														
PEA No. :	Rated Voltage :	KV. S/C Impedance :																														
PEA :	Operation Year :	Age : Yrs.																														
Data of Sampling																																
Sampling Date :	Sampling Point :																															
Test Date :																																
ผลทดสอบหาปริมาณก๊าซในน้ำมันหม้อแปลง (Dissolved Gas Analysis, D.G.A) <table border="1" data-bbox="405 853 1254 1312"> <thead> <tr> <th>Component Gas (PPM)</th> <th>ค่ามาตรฐาน (>abnormal)</th> <th>ปริมาณการละลาย (PPM)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1. H₂ (Hydrogen)</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2. CO₂ (Carbon Dioxide)</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3. CO (Carbon Monoxide)</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4. CH₄ (Methane)</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5. C₂H₂ (Acetylene)</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6. C₂H₄ (Ethylene)</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7. C₂H₆ (Ethane)</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8. C₃H₆ (Propylene)</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9. C₃H₈ (Propane)</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> Dissolved Gas Analysis Test Set Note			Component Gas (PPM)	ค่ามาตรฐาน (>abnormal)	ปริมาณการละลาย (PPM)	1. H ₂ (Hydrogen)			2. CO ₂ (Carbon Dioxide)			3. CO (Carbon Monoxide)			4. CH ₄ (Methane)			5. C ₂ H ₂ (Acetylene)			6. C ₂ H ₄ (Ethylene)			7. C ₂ H ₆ (Ethane)			8. C ₃ H ₆ (Propylene)			9. C ₃ H ₈ (Propane)		
Component Gas (PPM)	ค่ามาตรฐาน (>abnormal)	ปริมาณการละลาย (PPM)																														
1. H ₂ (Hydrogen)																																
2. CO ₂ (Carbon Dioxide)																																
3. CO (Carbon Monoxide)																																
4. CH ₄ (Methane)																																
5. C ₂ H ₂ (Acetylene)																																
6. C ₂ H ₄ (Ethylene)																																
7. C ₂ H ₆ (Ethane)																																
8. C ₃ H ₆ (Propylene)																																
9. C ₃ H ₈ (Propane)																																
Analyst By : Date	Approved By : Date																															

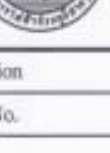
ภาพผนวกที่ ข2 ตัวอย่างแบบฟอร์มการวิเคราะห์หาปริมาณก๊าซในน้ำมันหม้อแปลง

[illegible]

ภาพผนวกที่ ข3 ตัวอย่างแบบฟอร์มทดสอบค่าความต้านทานฉนวนหม้อแปลง

		Substation Maintenance Section Power Transformer Maintenance Department		แบบฟอร์ม ตัวอย่าง	
Substation	PEA	Manufacturer	Voltage	kV/TP.	
Serial No.	Cap.	MVA	Vector Grp.	S/C Impedance	
Winding Resistance Test Form					
ขดลวดค้ำแรงสูง					
ตำแหน่งขั้ว	ขดลวดเฟส H1 (mW)	ขดลวดเฟส H2 (mW)	ขดลวดเฟส H3 (mW)		
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
ขดลวดค้ำแรงต่ำ					
ขดลวดเฟส x1 (mW)	ขดลวดเฟส x2 (mW)	ขดลวดเฟส x3 (mW)			
Winding Insulation Test					
Note					
.....					
.....					
..... Inspector			 Date		

ภาพผนวกที่ ข4 ตัวอย่างแบบฟอร์มทดสอบค่าความต้านทานขดลวดหม้อแปลง

		Substation Maintenance Section				แบบฟอร์ม	
		Power Transformer Maintenance Department				ตัวอย่าง	
Substation	PEA	Manufacturer		Voltage kV.		TP.	
Serial No.	Cap.	MVA	Vector Grp.		S/C Impedance		
Turn Ratio Test Form							
Tap	HV	LV	Cal.	Phase A % Error	Phase B %Error	Phase C % Error	
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							

Standard Error < 0.5% compare with Cal. Value Result ☐ Pass ☐ Improved

Turn Ratio Test

Note
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Inspector
Date

ภาพผนวกที่ ข5 ตัวอย่างแบบฟอร์มทดสอบอัตราส่วนขาดลดหม้อแปลง

	Substation Maintenance Section Power Transformer Maintenance Department	แบบฟอร์ม ตัวอย่าง		
Substation	PEA	Manufacturer	Voltage	kV, TP.
Serial No.	Cap.	MVA	Vector Grp.	S/C Impedance

Insulation Power Factor Test Form

Winding Insulation Power Factor Test

Terminals		Capacitance				% Power Factor (cos ϕ)
Supply	Probe A	Mode	C	Vtest	nF.	
H	L	UST-A	C_{HL}	10 KV.		
		GST	$C_{HL} + C_{HG}$	10 KV.		
		GSTg-A	C_{HG}	10 KV.		
L	H	GSTg-A	C_L	10 KV.		

มาตรฐาน IEEE 62-1995 cos ϕ < 1%

☐ ผ่าน
 ☐ ไม่ผ่าน

Oil Insulation Power Factor Test

ตัวอย่างน้ำมัน	V_{test}	Capacitance (pF.)	% Power Factor (cos ϕ)
Main tank (UST-A)	10 KV.		
OLTC (UST-A)	10 KV.		

มาตรฐาน IEEE 62-1995 cos ϕ < 1%

☐ ผ่าน
 ☐ ไม่ผ่าน

Test Set

Note

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Inspector

Date

ภาพผนวกที่ ๖ ตัวอย่างแบบฟอร์มทดสอบค่าเสื่อมสภาพนวนขดลวด และฉนวนน้ำมัน



	Substation Maintenance Section Power Transformer Maintenance Department	Case Study No. 1		
Substation	PEA กฟภ.1	Manufacturer ในประเทศ	Voltage 115 / 23.1 kV.	TP. 1
Serial No.	Cap. 40 MVA.	Vector Grp. Dyn1	S/C Impedance	8.8, 11.8, 14.7
Oil Dielectric Breakdown Voltage Test Form				
Sample Order	Maintank IEC 156 1995 Breakdown (kV.)	OLTC VDE 0370/84 Breakdown (kV.)		
1	82.6	80.4		
2	74.9	62.9		
3	76.2	69.4		
4	81.9	66.6		
5	78.7	60.0		
6	82.8	65.5		
ค่าเฉลี่ย	79.5	67.5		
ผลการทดสอบค่าเฉลี่ย	☒ pass > 40 kV. ☐ Improved < 40 kV.	☒ pass > 40 kV. ☐ Improved < 40 kV.		
IEC 156 1995 : Gap Dist. 2.50 VDE 0370/84 : Gap Dist. 2.50 mm.				
Moisture Content :	Maintank	OLTC.		
Test Result (ppm.)	28	26		
Temp. (°c)	39.18	31.62		
Result	☐ < pass 25 ppm.	☐ < pass 25 ppm.		
Test set Note ผลการทดสอบค่าน้ำในน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้าไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้งสองบริเวณ คือ บริเวณตัวถังหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง และตัวถังชุดเปลี่ยนแทปขณะมีโหลด				
Inspector Date				

ภาพผนวกที่ ๑๑ ผลการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเครื่องหนึ่งในสถานีไฟฟ้าเขต กฟภ.1

	Substation Maintenance Section	Case Study
	Power Transformer Maintenance Department	No. 1
Information of Transformer		
Substation :	TP. : I	Manufacture : ในประเทศ
Serial No. :	Cap. : 40 MVA.	Vector Grp. : Dyn1
PEA No. :	Rated Voltage : 115 / 23.1 KV.	S/C Impedance : 8.8, 11.8, 14.7
PEA : ทฟก.1	Operation Year : 2536	Age : 19 Yrs.
Data of Sampling		
Sampling Date : ก.ค. 2553	Sampling Point : Main Tank	
Test Date : ก.ค. 2553		
ผลทดสอบหาปริมาณก๊าซในน้ำมันหม้อแปลงฯ (Dissolved Gas Analysis, D.G.A)		
Component Gas (PPM)	ค่ามาตรฐาน (Abnormal)	ปริมาณการละลาย (PPM)
1. H ₂ (Hydrogen)	1,000	0
2. CO ₂ (Carbon Dioxide)	10,000	2,529
3. CO (Carbon Monoxide)	975	399
4. CH ₄ (Methane)	430	22
5. C ₂ H ₂ (Acetylene)	105	0
6. C ₂ H ₄ (Ethylene)	430	4
7. C ₂ H ₆ (Ethane)	430	18
8. C ₃ H ₆ (Propylene)	430	11
9. C ₃ H ₈ (Propane)	430	6
Dissolved Gas Analysis Test Set Note ผลการทดสอบผ่านเกณฑ์มาตรฐาน 		
Analyst By : Date ก.ค. 2553	Approved By : ก.ค. 2553	

ภาพผนวกที่ ค1 (ต่อ)

[illegible]

ภาพผนวกที่ ค1 (ต่อ)

	Substation Maintenance Section				Case Study	
	Power Transformer Maintenance Department				No. 1	
Substation	PEA	กฟภ.1	Manufacturer	ในประเทศ	Voltage	115 / 23.1 kV, TP 1
Serial No.	Cap.	40 MVA.	Vector Grp.	Dyn1	S/C Impedance	8.8, 11.8, 14.7
Winding Resistance Test Form						
ขดลวดด้านแรงสูง						
ตำแหน่งแท็บ	ขดลวดเฟส H1 (mW)	ขดลวดเฟส H2 (mW)	ขดลวดเฟส H3 (mW)			
1	942.1	959.3	942.6			
2	926.9	938.9	929.2			
3	912.9	922.8	915.6			
4	898.4	907.7	902.3			
5	886.2	902.9	885.7			
6	870.5	889.8	874.4			
7	855.3	872.1	863.0			
8	845.5	850.9	848.5			
9	831.16	835.9	838.1			
10	846.0	847.8	847.8			
11	858.3	861.3	862.5			
12	872.1	880.5	875.6			
13	883.1	901.4	889.9			
14	896.3	914.9	904.9			
15	913.8	929.2	917.4			
16	924.9	944.7	934.4			
17	938.6	956.9	953.5			
ขดลวดด้านแรงต่ำ						
ขดลวดเฟส x1 (mW)	ขดลวดเฟส x2 (mW)	ขดลวดเฟส x3 (mW)				
9.290	8.969	8.875				
Winding Insulation Test						
Note ผลการทดสอบอยู่ในเกณฑ์ปกติ						
.....						
.....						
Inspector				Date		

ภาพผนวกที่ ค1 (ต่อ)

	Substation Maintenance Section Power Transformer Maintenance Department	Case Study No. 1							
Substation	PEA กฟภ.1	Manufacturer ไนประเทศ	Voltage 115 / 23.1 kV.	TP. 1					
Serial No.	Cap. 40 MVA.	Vector Grp. Dyn1	S/C Impedance 8.8, 11.8, 14.7						
Turn Ratio Test Form									
Tap	HV	LV	Cal.	Phase A	% Error	Phase B	%Error	Phase C	% Error
1	126,500	23,100	9.485	9.468	-0.177	9.468	-0.177	9.468	-0.177
2	125,060	23,100	9.377	9.363	-0.147	9.363	-0.147	9.363	-0.147
3	123,630	23,100	9.270	9.257	-0.136	9.257	-0.136	9.257	-0.136
4	122,190	23,100	9.162	9.152	-0.105	9.152	-0.105	9.152	-0.105
5	120,750	23,100	9.054	9.047	-0.073	9.047	-0.073	9.047	-0.073
6	119,310	23,100	8.946	8.942	-0.041	8.942	-0.041	8.942	-0.041
7	117,880	23,100	8.838	8.836	-0.028	8.836	-0.028	8.836	-0.028
8	116,440	23,100	8.730	8.731	0.006	8.731	0.006	8.731	0.006
9	115,000	23,100	8.623	8.626	0.040	8.626	0.040	8.626	0.040
10	113,560	23,100	8.515	8.52	0.064	8.52	0.064	8.52	0.064
11	112,130	23,100	8.407	8.415	0.091	8.415	0.091	8.415	0.091
12	110,690	23,100	8.299	8.31	0.128	8.31	0.128	8.31	0.128
13	109,250	23,100	8.191	8.204	0.154	8.204	0.154	8.204	0.154
14	107,810	23,100	8.083	8.099	0.193	8.099	0.193	8.099	0.193
15	106,380	23,100	7.976	7.994	0.223	7.994	0.223	7.994	0.223
16	104,940	23,100	7.868	7.888	0.251	7.888	0.251	7.888	0.251
17	103,500	23,100	7.760	7.783	0.293	7.783	0.293	7.783	0.293
Standard Error < 0.5% compare with Cal. Value					Result ☒ Pass ☐ Improved				
Turn Ratio Test									
Note ผลการทดสอบผ่านเกณฑ์มาตรฐาน									
.....									
.....									
.....									
.....									
.....									
Inspector					Date				

ภาพผนวกที่ ค1 (ต่อ)

	Substation Maintenance Section Power Transformer Maintenance Department	Case Study No. 1				
Substation	PEA กฟภ.1	Manufacturer ไนประเทศ	Voltage 115 / 23.1 kV	TP. 1		
Serial No.	Cap. 40 MVA.	Vector Grp. Dyn1	S/C Impedance	8.8, 11.8, 14.7		
Insulation Power Factor Test Form						
Winding Insulation Power Factor Test						
Terminals		Capacitance			% Power Factor (cosf)	
Supply	Probe A	Mode	C	Vtest		
H	L	UST-A	C_{HL}	10 KV.	6.4596	0.0608
		GST	$C_{HL} + C_{HG}$	10 KV.	10.0913	0.0772
		GSTg-A	C_{HG}	10 KV.	3.632	0.1106
L	H	GSTg-A	C_L	10 KV.	16.961	0.1041
มาตรฐาน IEEE 62-1995 cosf < 1%					☒ ผ่าน ☐ ไม่ผ่าน	
Oil Insulation Power Factor Test						
ตัวอย่างน้ำมัน		V_{test}	Capacitance (pF.)		% Power Factor (cosf)	
Main tank (UST-A)		10 KV.	141.915		0.0667	
OLTC (UST-A)		10 KV.	143.553		0.0431	
มาตรฐาน IEEE 62-1995 cosf < 1%					☒ ผ่าน ☐ ไม่ผ่าน	
Test Set						
Note ผลการทดสอบผ่านเกณฑ์มาตรฐาน						
.....						
.....						
.....						
.....						
.....						
.....						
..... Inspector ก.ค. 2553 Date						

ภาพผนวกที่ ค1 (ต่อ)



	Substation Maintenance Section Power Transformer Maintenance Department	Case Study No. 2	
Substation	PEA กฟภ.2	Manufacturer ยุโรป	Voltage 115 / 23.1 kV. TP. 2
Serial No.	Cap. 50 MVA.	Vector Grp. Dyn1	S/C Impedance 8.51, 8.07, 7.92
Oil Dielectric Breakdown Voltage Test Form			
Sample Order	Maintank IEC 156 1995 Breakdown (kV.)	OLTC VDE 0370/84 Breakdown (kV.)	
1	82.4	74.8	
2	96.0	65.3	
3	92.0	41.0	
4	97.9	65.8	
5	62.9	45.0	
6	80.8	70.0	
ค่าเฉลี่ย	85.3	60.3	
ผลการทดสอบค่าเฉลี่ย	☒ pass > 40 kV. ☐ Improved < 40 kV.	☒ pass > 40 kV. ☐ Improved < 40 kV.	
IEC 156 1995 : Gap Dist. 2.50 VDE 0370/84 : Gap Dist. 2.50 mm.			
Moisture Content :	Maintank	OLTC.	
Test Result (ppm.)	24	23	
Temp. (°C)	32.30	29.85	
Result	☒ < pass 25 ppm.	☒ < pass 25 ppm.	
Test set Note ผลการทดสอบผ่านเกณฑ์มาตรฐาน			
..... Inspector		 พ.ศ. 2552 Date	

ภาพผนวกที่ 1 ผลการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเครื่องหนึ่งในสถานีไฟฟ้าเขต กฟภ.2

	Substation Maintenance Section Power Transformer Maintenance Department	Case Study No. 2			
Information of Transformer					
Substation :	TP. :	2	Manufacture :	ชวโรป	
Serial No. :	Cap. :	50	MVA. Vector Grp. :	Dyn1	
PEA No. :	Rated Voltage :	115 / 23.1	KV. S/C Impedance :	8.51, 8.07, 7.92	
PEA :	นพท.2	Operation Year :	2538	Age :	17 Yrs.
Data of Sampling					
Sampling Date :	พ.ศ. 2552	Sampling Point :	Main Tank		
Test Date :	พ.ศ. 2552				
ผลทดสอบหาปริมาณก๊าซในน้ำมันหม้อแปลงฯ (Dissolved Gas Analysis, D.G.A)					
Component Gas (PPM)	ค่ามาตรฐาน (>abnormal)	ปริมาณการละลาย (PPM)			
1. H ₂ (Hydrogen)	1,000	0			
2. CO ₂ (Carbon Dioxide)	10,000	3,975			
3. CO (Carbon Monoxide)	925	46			
4. CH ₄ (Methane)	390	25			
5. C ₂ H ₂ (Acetylene)	95	0			
6. C ₂ H ₄ (Ethylene)	390	11			
7. C ₂ H ₆ (Ethane)	390	2			
8. C ₃ H ₆ (Propylene)	390	21			
9. C ₃ H ₈ (Propane)	390	34			
Dissolved Gas Analysis Test Set					
Note ผลการทดสอบผ่านเกณฑ์มาตรฐาน					
Analyst By : Date พ.ศ. 2552		Approved By : พ.ศ. 2552			

ภาพผนวกที่ ง1 (ต่อ)

[illegible]

ภาพผนวกที่ ง1 (ต่อ)

	Substation Maintenance Section Power Transformer Maintenance Department	Case Study No. 2	
Substation	PEA 777.2	Manufacturer ยุโรป	Voltage 115 / 23.1 kV, TP 2
Serial No.	Cap. 50 MVA	Vector Grp. Dyn1	S/C Impedance 8.51, 8.07, 7.92
Winding Resistance Test Form			
ขดลวดต้านแรงสูง			
ตำแหน่งขดลวด	ขดลวดเฟส H1 (mW)	ขดลวดเฟส H2 (mW)	ขดลวดเฟส H3 (mW)
1	1,156.9	1,153.3	1,147.3
2	1,135.9	1,132.0	1,126.6
3	1,113.5	1,110.5	1,104.5
4	1,101.3	1,092.8	1,083.0
5	1,077.3	1,069.8	1,071.3
6	1,050.3	1,049.1	1,042.5
7	1,028.7	1,026.5	1,023.0
8	1,008.2	1,006.6	1,001.6
9	986.4	983.3	979.8
10	1,007.9	1,007.9	1,002.5
11	1,028.5	1,028.5	1,022.5
12	1,054.4	1,053.7	1,041.5
13	1,072.7	1,067.7	1,075.5
14	1,090.6	1,091.6	1,087.1
15	1,112.1	1,111.8	1,107.9
16	1,132.7	1,134.6	1,131.3
17	1,153.9	1,153.7	1,154.3
ขดลวดต้านแรงต่ำ			
ขดลวดเฟส x1 (mW)	ขดลวดเฟส x2 (mW)	ขดลวดเฟส x3 (mW)	
11.84	11.75	11.82	
Winding Insulation Test Note ผลการทดสอบอยู่ในเกณฑ์ปกติ			
..... Inspector		 พ.ศ. 2552 Date	

ภาพผนวกที่ ง1 (ต่อ)

	Substation Maintenance Section Power Transformer Maintenance Department				Case Study No. 2	
	Substation	PEA กฟภ.2	Manufacturer ฮิวโร	Voltage 115 / 23.1 kV.	TP. 2	
Serial No.	Cap. 50 MVA.	Vector Grp. Dyn1	S/C Impedance 8.51, 8.07, 7.92			

Turn Ratio Test Form

Tap	HV	LV	Cal.	Phase A	% Error	Phase B	%Error	Phase C	% Error
1	126,500	23,100	9.485	9.479	-0.061	9.478	-0.071	9.479	-0.061
2	125,060	23,100	9.377	9.371	-0.062	9.370	-0.072	9.371	-0.062
3	123,630	23,100	9.270	9.262	-0.082	9.262	-0.082	9.263	-0.071
4	122,190	23,100	9.162	9.154	-0.083	9.154	-0.083	9.155	-0.072
5	120,750	23,100	9.054	9.046	-0.084	9.046	-0.084	9.047	-0.073
6	119,310	23,100	8.946	8.938	-0.086	8.938	-0.086	8.939	-0.075
7	117,880	23,100	8.838	8.830	-0.096	8.830	-0.096	8.830	-0.096
8	116,440	23,100	8.730	8.722	-0.097	8.722	-0.097	8.722	-0.097
9	115,000	23,100	8.623	8.614	-0.099	8.614	-0.099	8.614	-0.099
10	113,560	23,100	8.515	8.506	-0.100	8.506	-0.100	8.506	-0.100
11	112,130	23,100	8.407	8.398	-0.111	8.398	-0.111	8.398	-0.111
12	110,690	23,100	8.299	8.290	-0.113	8.290	-0.113	8.290	-0.113
13	109,250	23,100	8.191	8.182	-0.115	8.182	-0.115	8.182	-0.115
14	107,810	23,100	8.083	8.074	-0.116	8.074	-0.116	8.074	-0.116
15	106,380	23,100	7.976	7.966	-0.128	7.966	-0.128	7.966	-0.128
16	104,940	23,100	7.868	7.858	-0.130	7.858	-0.130	7.858	-0.130
17	103,500	23,100	7.760	7.750	-0.132	7.750	-0.132	7.750	-0.132

Standard Error < 0.5% compare with Cal. Value	Result ☒ Pass ☐ Improved
---	---

Turn Ratio Test

Note ผลการทดสอบผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Inspector

พ.ร. 2552

.....

Date

ภาพผนวกที่ ง1 (ต่อ)

	Substation Maintenance Section Power Transformer Maintenance Department	Case Study No. 2				
Substation	PEA กฟภ.2	Manufacturer ยุโรป	Voltage 115 / 23.1 kV	TP. 2		
Serial No.	Cap. 50 MVA.	Vector Grp. Dyn1	S/C Impedance 8.51, 8.07, 7.92			
Insulation Power Factor Test Form						
Winding Insulation Power Factor Test						
Terminals		Capacitance			% Power Factor (cos ϕ)	
Supply	Probe A	Mode	C	Vtest		
H	L	UST-A	C_{H-L}	10 KV.	3.387	0.0748
		GST	$C_{H-L} + C_{H0}$	10 KV.	7.267	0.1237
		GSTg-A	C_{H-L}	10 KV.	3.880	0.1651
L	H	GSTg-A	C_{L-H}	10 KV.	11.283	0.1134
มาตรฐาน IEEE 62-1995 cos ϕ < 1%					☒ ผ่าน ☐ ไม่ผ่าน	
Oil Insulation Power Factor Test						
ตัวอย่างน้ำมัน		V_{test}	Capacitance (pF.)		% Power Factor (cos ϕ)	
Main tank (UST-A)		10 KV.	143.501		0.0244	
OLTC (UST-A)		10 KV.	142.962		0.0217	
มาตรฐาน IEEE 62-1995 cos ϕ < 1%					☒ ผ่าน ☐ ไม่ผ่าน	
Test Set						
Note ผลการทดสอบผ่านเกณฑ์มาตรฐาน						
.....						
.....						
.....						
.....						
.....						
.....						
Inspector Date พ.ศ. 2552						

ภาพผนวกที่ 1 (ต่อ)



ภาคผนวก จ
ผลการศึกษาคณะที่ 3

	Substation Maintenance Section Power Transformer Maintenance Department			Case Study No. 3	
	Substation	PEA กฟภ.3	Manufacturer ไบปาระเทศ	Voltage 115 / 23.1 kV,	TP. 2
Serial No.	Cap. 50 MVA	Vector Grp. Dyn1	S/C Impedance	8.65, 11.53, 14.42	
Oil Dielectric Breakdown Voltage Test Form					
Sample Order	Maintank		OLTC		
	IEC 156 1995		VDE 0370/84		
	Breakdown (kV.)		Breakdown (kV.)		
1	65.6		53.5		
2	68.2		54.8		
3	63.3		49.3		
4	73.3		62.4		
5	51.2		41.6		
6	62.4		57.4		
ค่าเฉลี่ย	64.0		53.2		
ผลการทดสอบค่าเฉลี่ย	☒ pass > 40 kV. ☐ Improved < 40 kV.		☒ pass > 40 kV. ☐ Improved < 40 kV.		
IEC 156 1995 : Gap Dist. 2.50 VDE 0370/84 : Gap Dist. 2.50					
Moisture Content :		Maintank		OLTC.	
Test Result (ppm.)		26		24	
Temp. (°C)		35.65		32.24	
Result		☐ < pass 25 ppm.		☒ < pass 25 ppm.	
Test set Note ผลการทดสอบค่าความชื้นสัมพัทธ์ในน้ำมันแรงดันไฟฟ้าตามบริเวณตัวถังหม้อแปลงในสถานกวดำเนินการมาตรฐาน					
..... Inspector		 วันที่ 2555 Date			

ภาพผนวกที่ ๑1 ผลการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเครื่องหนึ่งในสถานีไฟฟ้าเขต กฟภ.3

	Substation Maintenance Section Power Transformer Maintenance Department		Case Study No. 3																															
	Information of Transformer																																	
Substation :	TP. :	2	Manufacture :	โนนประเทศ																														
Serial No. :	Cap. :	50	MVA. Vector Grp. :	Dyn1																														
PEA No. :	Rated Voltage :	115 / 23.1	KV. S/C Impedance :	8.65, 11.53, 14.42																														
PEA :	กฟภ.3	Operation Year :	2542	Age : 13 Yrs.																														
Data of Sampling																																		
Sampling Date :	มี.ค. 2555	Sampling Point :	Main Tank																															
Test Date :	มี.ค. 2555																																	
ผลทดสอบหาปริมาณก๊าซในน้ำมันฉนวนแปลงฯ (Dissolved Gas Analysis, D.G.A) <table border="1"> <thead> <tr> <th>Component Gas (PPM)</th> <th>ค่ามาตรฐาน (>abnormal)</th> <th>ปริมาณการละลาย (PPM)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. H₂ (Hydrogen)</td> <td>1,000</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>2. CO₂ (Carbon Dioxide)</td> <td>10,000</td> <td>7,197</td> </tr> <tr> <td>3. CO (Carbon Monoxide)</td> <td>800</td> <td>533</td> </tr> <tr> <td>4. CH₄ (Methane)</td> <td>290</td> <td>111</td> </tr> <tr> <td>5. C₂H₂ (Acetylene)</td> <td>70</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>6. C₂H₄ (Ethylene)</td> <td>290</td> <td>19</td> </tr> <tr> <td>7. C₂H₆ (Ethane)</td> <td>290</td> <td>99</td> </tr> <tr> <td>8. C₃H₆ (Propylene)</td> <td>290</td> <td>27</td> </tr> <tr> <td>9. C₃H₈ (Propane)</td> <td>290</td> <td>64</td> </tr> </tbody> </table> Dissolved Gas Analysis Test Set Note ผลการทดสอบผ่านเกณฑ์มาตรฐาน 					Component Gas (PPM)	ค่ามาตรฐาน (>abnormal)	ปริมาณการละลาย (PPM)	1. H ₂ (Hydrogen)	1,000	12	2. CO ₂ (Carbon Dioxide)	10,000	7,197	3. CO (Carbon Monoxide)	800	533	4. CH ₄ (Methane)	290	111	5. C ₂ H ₂ (Acetylene)	70	0	6. C ₂ H ₄ (Ethylene)	290	19	7. C ₂ H ₆ (Ethane)	290	99	8. C ₃ H ₆ (Propylene)	290	27	9. C ₃ H ₈ (Propane)	290	64
Component Gas (PPM)	ค่ามาตรฐาน (>abnormal)	ปริมาณการละลาย (PPM)																																
1. H ₂ (Hydrogen)	1,000	12																																
2. CO ₂ (Carbon Dioxide)	10,000	7,197																																
3. CO (Carbon Monoxide)	800	533																																
4. CH ₄ (Methane)	290	111																																
5. C ₂ H ₂ (Acetylene)	70	0																																
6. C ₂ H ₄ (Ethylene)	290	19																																
7. C ₂ H ₆ (Ethane)	290	99																																
8. C ₃ H ₆ (Propylene)	290	27																																
9. C ₃ H ₈ (Propane)	290	64																																
Analyst By : Date มี.ค. 2555		Approved By : Date มี.ค. 2555																																

ภาพผนวกที่ จ1 (ต่อ)

[illegible]

ภาพผนวกที่ จ1 (ต่อ)

	Substation Maintenance Section Power Transformer Maintenance Department	Case Study No. 3	
Substation	PEA กฟภ.3	Manufacturer ไทยประเทศ	Voltage 115 / 23.1 kV, TP 2
Serial No.	Cap. 50 MVA	Vector Grp. Dyn1	S/C Impedance 8.65, 11.53, 14.42
Winding Resistance Test Form			
ขดลวดค้ำแรงสูง			
ถ่านแท่งเต็ม	ขดลวดเฟส H1 (mW)	ขดลวดเฟส H2 (mW)	ขดลวดเฟส H3 (mW)
1	969.9	975.4	953.6
2	947.4	948.4	937.3
3	927.2	929.1	917.7
4	906.8	909.9	898.8
5	887.3	890.7	879.9
6	868.4	872.4	861.3
7	848.6	852.6	843.3
8	829.9	834.4	823.0
9	805.8	810.1	801.4
10	829.2	835.2	823.2
11	847.3	854.2	841.6
12	866.5	873.1	861.1
13	885.8	891.5	881.6
14	905.1	911.8	898.3
15	922.7	929.3	920.3
16	940.7	958.9	936.6
17	960.9	977.3	955.3
ขดลวดค้ำแรงต่ำ			
ขดลวดเฟส x1 (mW)	ขดลวดเฟส x2 (mW)	ขดลวดเฟส x3 (mW)	
11.190	8.696	8.875	
Winding Insulation Test			
Note ผลการทดสอบอยู่ในเกณฑ์ปกติ			
.....			
.....			
Inspector		Date	

ภาพผนวกที่ จ1 (ต่อ)

	Substation Maintenance Section Power Transformer Maintenance Department	Case Study No. 3							
Substation	PEA กฟภ.3	Manufacturer ไทเปประเทศ	Voltage 115 / 23.1 kV.	TP. 2					
Serial No.	Cap. 50 MVA.	Vector Grp. Dyn1	S/C Impedance 8.65, 11.53, 14.42						
Turn Ratio Test Form									
Tap	HV	LV	Cal.	Phase A	% Error	Phase B	%Error	Phase C	% Error
1	126,500	23,100	9.485	9.505	0.213	9.505	0.213	9.505	0.213
2	125,060	23,100	9.377	9.397	0.215	9.397	0.215	9.397	0.215
3	123,630	23,100	9.270	9.287	0.188	9.287	0.188	9.287	0.188
4	122,190	23,100	9.162	9.178	0.179	9.178	0.179	9.178	0.179
5	120,750	23,100	9.054	9.070	0.181	9.070	0.181	9.070	0.181
6	119,310	23,100	8.946	8.962	0.183	8.962	0.183	8.962	0.183
7	117,880	23,100	8.838	8.854	0.176	8.854	0.176	8.854	0.176
8	116,440	23,100	8.730	8.745	0.166	8.745	0.166	8.745	0.166
9	115,000	23,100	8.623	8.636	0.156	8.636	0.156	8.636	0.156
10	113,560	23,100	8.515	8.528	0.158	8.528	0.158	8.528	0.158
11	112,130	23,100	8.407	8.420	0.151	8.420	0.151	8.420	0.151
12	110,690	23,100	8.299	8.311	0.140	8.311	0.140	8.311	0.140
13	109,250	23,100	8.191	8.202	0.130	8.202	0.130	8.202	0.130
14	107,810	23,100	8.083	8.094	0.131	8.094	0.131	8.094	0.131
15	106,380	23,100	7.976	7.985	0.110	7.985	0.110	7.985	0.110
16	104,940	23,100	7.868	7.877	0.111	7.877	0.111	7.877	0.111
17	103,500	23,100	7.760	7.764	0.048	7.764	0.048	7.764	0.048
Standard Error < 0.5% compare with Cal. Value						Result ☒ Pass ☐ Improved			
Turn Ratio Test									
Note ผลการทดสอบผ่านเกณฑ์มาตรฐาน									
.....									
.....									
.....									
.....									
.....									
.....									
Inspector					ปี พ. 2555 Date				

ภาพผนวกที่ จ1 (ต่อ)

	Substation Maintenance Section Power Transformer Maintenance Department	Case Study No. 3				
Substation	PEA กฟภ.3	Manufacturer ไทยประเทศ	Voltage 115 / 23.1 kV	TP. 2		
Serial No.	Cap. 50 MVA.	Vector Grp. Dyn1	S/C Impedance 8.65, 11.53, 14.42			
Insulation Power Factor Test Form						
Winding Insulation Power Factor Test						
Terminals		Capacitance			% Power Factor (cos ϕ)	
Supply	Probe A	Mode	C	Vtest		
H	L	UST-A	C_{HL}	10 KV.	8.5753	0.1449
		GST	$C_{HL} + C_{HU}$	10 KV.	12.718	0.1544
		GSTg-A	C_{HU}	10 KV.	4.1425	0.1696
L	H	GSTg-A	C_L	10 KV.	12.6676	0.1755
มาตรฐาน IEEE 62-1995 $\cos\phi < 1\%$ ☒ ผ่าน ☐ ไม่ผ่าน						
Oil Insulation Power Factor Test						
ตัวอย่างน้ำมัน		V_{test}	Capacitance (pF.)		% Power Factor (cos ϕ)	
Main tank (UST-A)		10 KV.	144.799		0.1525	
OLTC (UST-A)		10 KV.	143.302		0.1783	
มาตรฐาน IEEE 62-1995 $\cos\phi < 1\%$ ☒ ผ่าน ☐ ไม่ผ่าน						
Test Set Note ผลการทดสอบผ่านเกณฑ์มาตรฐาน						
Inspector			วันที่ 2555 Date			

ภาพผนวกที่ จ1 (ต่อ)

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ	นายกิตติธน์นต์ แดงก่อ
เกิดวันที่	26 กันยายน พ.ศ.2523
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	วศ.บ. (วิศวกรรมไฟฟ้า) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พ.ศ.2545 บธ.ม. (บริหารธุรกิจ) สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ พ.ศ.2552
ตำแหน่งปัจจุบัน	วิศวกรไฟฟ้า ระดับ 5
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ฝ่ายจัดการโครงการพิเศษ สำนักงานโครงการพิเศษ 2
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค