รหัสโครงงาน 54EE103

การวิเคราะห์การตอบสนองความถี่ของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง

Frequency Response Analysis for Power Transformer

บทคัดย่อ (Abstract)

โครงงานนี้กล่าวถึงการวิเคราะห์หาความผิดปกติของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังโดยวิธีการวิเคราะห์การตอบสนองความถี่หม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง ซึ่งในการตรวจสอบจะทำการจ่าย สัญญาความถี่ เข้าสู่หม้อแปลงไฟฟ้าโดยใช้ความถี่ประมาณ 20 Hz – 2 MHz ซึ่งแบ่งความถี่ ในการวิเคราะห์ ออกเป็น 3 ช่วงตามได้แก่ ช่วงความถี่ต่ำ 1 kHz – 100 kHz จะบอกถึงความผิดปกติภายในแกนเหล็ก ช่วงความถี่ปานกลาง 100 kHz – 600 kHz จะบอกถึงความผิดปกติภายในขดลวด และช่วงความถี่สูง 600 kHz – 1 MHz จะบอกถึงความผิดปกติของจุดเชื่อมต่อต่างๆภายในหม้อแปลง ซึ่งเราจะ นำผลที่ได้จากการตรวจสอบมาเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิง เพื่อพิจารณาความแตกต่างของกราฟ แสดงการตอบสนองความถี่ในช่วงความถี่ต่างๆ

โดยเนื้อหาของโครงงานได้รวบรวมข้อมูลของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเพื่อนำผลที่ได้บันทึกไว้เป็นค่าอ้างอิง และทำการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเพื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลอ้างอิง และหาความผิดปกติที่เกิดขึ้นกับหม้อแปลง ไฟฟ้า เพื่อเป็นแนวทางในการวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้น และนำไปสู่กระบวนของการบำรุงรักษาที่เหมาะสม เพื่อป้องกัน ไม่ให้เกิดความเสียหายที่รุนแรง ทั้งต่อหม้อแปลงไฟฟ้าและระบบที่เชื่อมต่ออยู่กับหม้อแปลงไฟฟ้าด้วย

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี โดยได้รับความช่วยเหลือของบุคคลและหน่วยงานดังต่อไปนี้ ผศ.ดร. สำเริง ฮินท่าไม้ ผู้ทรงคุณวุฒิที่ปรึกษาโครงงาน ซึ่งเป็นผู้ได้ประสิทธ์ประสาทวิชา และดูแลตลอดระยะเวลาในการทำโครงงานนี้ ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาโครงงานนี้ ตลอดจนช่วยแก้ไขปัญหาความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในโครงงานเพื่อให้งานบรรลุผลไ ปได้ด้วยดี บุคลากรของ บริษัท อินซูเลชั่น เอ็นจิเนียริ่ง แอนด์ คอนซัลแทนด์ จำกัด (IEC) และ บริษัท ทีไอเอส เอ็นจิเนียริ่ง แอนด์ เซอร์วิส จำกัด (TIS) ซึ่งได้ให้ คำแนะนำและข้อมูลต่างๆเกี่ยวกับวิธีการและหลักการของการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังและอำนวยความสะดวกในการดำเนินงาน

คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณทุกท่าน ณ โอกาสนี้

คณะผู้จัดทำ

2555

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ ก
กิตติกรรมประกาศ ข
สารบัญ ค
สารบัญตาราง จ
สารบัญภาพ ช

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ 1
1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 2
1.3 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 3
1.4 ขอบเขตโครงงาน 3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3
1.6 โครงสร้างของโครงงาน 4

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 5
2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับหม้อแปลงไฟฟ้า 5
2.2 การบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้า 9
2.3 การตรวจสอบหม้อแปลงไฟฟ้า 10
2.4 การตรวจวัดทางไฟฟ้า 10
2.5 การตรวจวัดทางน้ำมัน 16
2.6 การตรวจสอบด้วยการวิเคราะห์การตอบสนองความถี่ (FRA) 23
2.7 หลักในการตรวจสอบหม้อแปลงไฟฟ้าด้วยการวิเคราะห์การตอบสนองความถี่ 23
2.8 เทคนิคในการวิเคราะห์การตอบสนองความถี่ 24
2.9 ตัวอย่างการเชื่อมต่อ 28
2.10 มาตรฐานที่ใช้ในการตรวจวัด 31

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.11 การวินิจฉัยความผิดปกติ 32
2.12 การเปรียบเทียบ 33
2.13 กรณีศึกษา 34

บทที่ 3 การออกแบบและคำนวณ 37
3.1 การวิเคราะห์การตอบสนองความถี่ของหม้อแปลงไฟฟ้า 37
3.2 วิธีการตรวจวัด 37
3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัด 40
3.4 การเชื่อมต่อระหว่างเครื่องมือตรวจวัดกับหม้อแปลงไฟฟ้า 43
3.5 โปรแกรมในการกำหนดค่าในการวัดและการแสดงผล 46
3.6 ปุ่มปฏิบัติการต่างๆ ของโปรแกรมการวิเคราะห์การตอบสนองความถี่ 51

บทที่ 4 การทดสอบและผลการทดสอบ 54
4.1 การทดสอบการตอบสนองความถี่ของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง 54
4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง 56

บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ 78

เอกสารอ้างอิง 80

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ค่า PI ในการพิจารณาสภาพของหม้อแปลงไฟฟ้า 11
ตารางที่ 2.2 ระดับแรงดันที่ใช้ในการทดสอบ 12
ตารางที่ 2.3 ค่าสภาพของฉนวน (%PF) ที่ 20 องศาเซลเซียส 12
ตารางที่ 2.4 ค่ากระแสกระตุ้นวงจรด้านแรงสูง 14
ตารางที่ 2.5 ระดับค่าความต้านทานฉนวนแกนเหล็ก 14
ตารางที่ 2.6 ค่าแรงดันเบรกดาวน์ 16
ตารางที่ 2.7 ชนิดของการเกิดความผิดปกติภายในหม้อแปลงไฟฟ้าจากการวิเคราะห์ก๊าซที่เจือปนในน้ำมัน 18
ตารางที่ 2.8 ขีดจำกัดของก๊าซที่เจือปนอยู่ในน้ำมันหม้อแปลงส่วนในล้านส่วน (ppm) 19
ตารางที่ 2.9 ค่าการตรวจวัดความชื้น 20
ตารางที่ 2.10 ค่าการเสื่อมสภาพของฉนวนที่เป็นของแข็ง 21
ตารางที่ 2.11 เกณฑ์ในการพิจารณาแรงตึงผิวของน้ำมัน 22
ตารางที่ 2.12 เกณฑ์ในการพิจารณาหาสิ่งเจือปนในน้ำมัน 22
ตารางที่ 2.13 มาตรฐานในการตรวจสอบหม้อแปลงด้วยการวิเคราะห์การตอบสนองความถี่ 31
ตารางที่ 2.14 ระดับความถี่ที่ใช้พิจารณาความผิดปกติ 34
ตารางที่ 4.1 ข้อมูลเบื้องต้นของหม้อแปลงที่ทำการทดสอบการวิเคราะห์การตอบสนองความถี่ 57
ตารางที่ 4.2 ระดับความแตกต่างของการตอบสนองความถี่ของหม้อแปลงจากภาพที่ 4.5, 4.6 และ 4.7 59
ตารางที่ 4.3 ระดับความแตกต่างของการตอบสนองความถี่ของหม้อแปลงจากภาพที่ 4.8, 4.9 และ 4.10 61
ตารางที่ 4.4 ระดับความแตกต่างของการตอบสนองความถี่ของหม้อแปลงจากภาพที่ 4.1, 4.12 และ 4.13 63
ตารางที่ 4.5 ระดับความแตกต่างของการตอบสนองความถี่ของหม้อแปลงจากภาพที่ 4.14, 4.15 และ 4.16 65
ตารางที่ 4.6 ข้อมูลเบื้องต้นของหม้อแปลงที่ทำการการทดสอบการวิเคราะห์การตอบสนองความถี่ 66

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.7 ผลของหม้อแปลง KT13A ขนาด 50 MVA, 115/22 kV 75
ตารางที่ 4.8 ระดับของการเปลี่ยนแปลงภายในหม้อแปลงไฟฟ้า 77

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1.1 โครงสร้างของโครงงาน 4
ภาพที่ 2.1 หม้อแปลงไฟฟ้าชนิด 1 เฟส และ 3 เฟส 5
ภาพที่ 2.2 โครงสร้างภายในของหม้อแปลง 6
ภาพที่ 2.3 การเหนี่ยวนำที่ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้า 7
ภาพที่ 2.4 วงจรวัดค่าความต้านทานฉนวน 11
ภาพที่ 2.5 วงจรวัดค่าสภาพของฉนวน (%PF) 12
ภาพที่ 2.6 วงจรการวัดค่าความต้านทานของขดลวด 13
ภาพที่ 2.7 วงจรการวัดค่าอัตราส่วนของขดลวด 15
ภาพที่ 2.8 การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ในการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าด้วยวิธีการกวาดความถี่กับหม้อแปลงไฟฟ้า 24
ภาพที่ 2.9 การแบ่งย่านความถี่ต่างๆในการตรวจวัด 26
ภาพที่ 2.10 การเชื่อมต่อแบบ End - to - End Open หรือ Open Circuit Self Admittance (OC) 28
ภาพที่ 2.11 การเชื่อมต่อแบบEnd - to - End Short - Circuit หรือ Short Circuit Self Admittance (SC) 28
ภาพที่ 2.12 การเชื่อมต่อแบบ Capacitive Inter – Winding (CIW) หรือ Inter – Winding (IW) 29
ภาพที่ 2.13 การเชื่อมต่อแบบ Inductive Inter – Winding (IIW) หรือ Transfer Admittance (TA) 29
ภาพที่ 2.14 กราฟการตอบสนองความถี่ของหม้อแปลงก่อนและหลังการเกิดการลัดวงจร 33
ภาพที่ 2.15 กราฟการตอบสนองความถี่ของหม้อแปลงก่อนการบำรุงรักษา 34
ภาพที่ 2.16 กราฟการตอบสนองความถี่ของหม้อแปลงหลังการบำรุงรักษา 35
ภาพที่ 2.17 การตอบสนองความถี่ของหม้อแปลงก่อนและหลังการเกิดความผิดปกติของหม้อแปลงไฟฟ้า 36
ภาพที่ 3.1 วงจรพื้นฐานในการตรวจวัด 38
ภาพที่ 3.2 เครื่อง FRAX-101 40
ภาพที่ 3.3 เครื่อง FTB-101 41
ภาพที่ 3.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเชื่อมต่อ 41
ภาพที่ 3.5 จุดต่างๆในการต่อสายสัญญาณเข้ากับ C - clamp ด้านอินพุท 42

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 3.6 จุดต่างๆในการต่อสายสัญญาณเข้ากับ C – clamp ด้านเอาท์พุท 42
ภาพที่ 3.7 การต่อเพื่อทำการทดสอบการทำงานของเครื่อง FRAX-101 43
ภาพที่ 3.8 การตอบสนองความถี่ที่ได้จากการทดสอบเครื่อง FRAX-101 43
ภาพที่ 3.9 การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ในการวัดกับหม้อแปลงไฟฟ้า 44
ภาพที่ 3.10 วงจรภายในเครื่อง FRAX-101ในการตรวจวัด 44
ภาพที่ 3.11 การเชื่อมต่อทางด้านอินพุท 45
ภาพที่ 3.12 การเชื่อมต่อทางด้านเอาท์พุท 45
ภาพที่ 3.13 การเชื่อมต่อ Ground ของเครื่องมือวัดเข้ากับระบบ 46
ภาพที่ 3.14 การกรอกค่าประจำตัวของหม้อแปลงไฟฟ้า 47
ภาพที่ 3.15 การกำหนด Vector Group ของหม้อแปลงไฟฟ้า 48
ภาพที่ 3.16 การกำหนดค่าความถี่และค่าต่างๆ ในกราฟการประมวลผล 48
ภาพที่ 3.17 การตอบสนองความถี่ของหม้อแปลงไฟฟ้า 49
ภาพที่ 3.18 ความสัมพันธ์ของการตรวจสอบหม้อแปลงไฟฟ้า 49
ภาพที่ 3.19 ผลของการตอบสนองความถี่ความถี่ที่ต้องการทราบ 50
ภาพที่ 3.20 ช่วงความถี่ที่กำหนดจากโปรแกรมการทำงาน 50
ภาพที่ 3.21 ปุ่มปฏิบัติการต่างๆ ของโปรแกรมการวิเคราะห์การตอบสนองความถี่ 51
ภาพที่ 3.22 ปุ่มตั้งค่ากราฟ 52
ภาพที่ 3.23 ปุ่มตั้งค่าการดูกราฟ 52
ภาพที่ 3.24 แถบสีที่ปุ่มตั้งค่าการดูกราฟ 53
ภาพที่ 3.25 ปุ่มไอค่อนแสดงสถานะของการทำงาน 53
ภาพที่ 4.1 วิธีการปลดโหลดของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง 54
ภาพที่ 4.2 ขั้วการเชื่อมต่อของเครื่อง FRAX 101 55
ภาพที่ 4.3 วิธีการเชื่อมต่อเครื่องทดสอบ FRAX 101 ทางด้านเครื่องจ่ายสัญญาณความถี่ 55
ภาพที่ 4.4 วิธีการเชื่อมต่อสายสัญญาณจากเครื่อง FRAX 101กับขั้วของหม้อแปลงที่ต้องการทดสอบ 56
ภาพที่ 4.5 การทดสอบเพื่อบันทึกค่าอ้างอิงระหว่างขั้ว b-a [open] และ a-c [open] 58

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 4.6 การทดสอบเพื่อบันทึกค่าอ้างอิงระหว่างขั้ว b-a [open] และ c-b [open] 58
ภาพที่ 4.7 การทดสอบเพื่อบันทึกค่าอ้างอิงระหว่างขั้ว a - c [open] และ c - b [open] 59
ภาพที่ 4.8 การทดสอบเพื่อบันทึกค่าอ้างอิงระหว่างเฟส A - N [open] และ B - N [open] 60
ภาพที่ 4.9 การทดสอบเพื่อบันทึกค่าอ้างอิงระหว่างเฟส A - N [open] และ C - N [open] 60
ภาพที่ 4.10 การทดสอบเพื่อบันทึกค่าอ้างอิงระหว่างเฟส B - N [open] และ C - N [open] 61
ภาพที่ 4.11 การทดสอบหม้อแปลงเพื่อพิจารณาค่า CIWระหว่างเฟส A – a และ B – b 62
ภาพที่ 4.12 การทดสอบหม้อแปลงเพื่อพิจารณาค่า CIWระหว่างเฟส A – a และ C – c 62
ภาพที่ 4.13 การทดสอบหม้อแปลงเพื่อพิจารณาค่า CIWระหว่างเฟส B – b และ C – c 63
ภาพที่ 4.14 การทดสอบหม้อแปลงเพื่อพิจารณาค่า IIW ระหว่างเฟส A– a และ B – b 64
ภาพที่ 4.15 การทดสอบหม้อแปลงเพื่อพิจารณาค่า IIW ระหว่างเฟส A– a และ C – c 64
ภาพที่ 4.16 การทดสอบหม้อแปลงเพื่อพิจารณาค่า IIW ระหว่างเฟส B– b และ C – c 65
ภาพที่ 4.17 ผลของการตอบสนองความถี่โดยต่อแบบ a1-b1 [OPEN] 67
ภาพที่ 4.18 ผลของการตอบสนองความถี่โดยต่อแบบ b1-c1 [OPEN] 67
ภาพที่ 4.19 ผลของการตอบสนองความถี่โดยต่อแบบ c1-a1 [OPEN] 68
ภาพที่ 4.20 ผลของการเปรียบเทียบการตอบสนองความถี่ระหว่างเฟส A – a1 และ B – b1 68
ภาพที่ 4.21 ผลของการเปรียบเทียบการตอบสนองความถี่ระหว่างเฟส A – a1 และ C – c1 69
ภาพที่ 4.22 ผลของการเปรียบเทียบการตอบสนองความถี่ระหว่างเฟส B – b1 และ C – c1 69
ภาพที่ 4.23 ผลของการเปรียบเทียบการตอบสนองความถี่ระหว่างเฟส A – a1 และ B – b1 70
ภาพที่ 4.24 ผลของการเปรียบเทียบการตอบสนองความถี่ระหว่างเฟส A – a1 และ C – c1 70
ภาพที่ 4.25 ผลของการเปรียบเทียบการตอบสนองความถี่ระหว่างเฟส B – b1 และ C – c1 71
ภาพที่ 4.26 ผลของการเปรียบเทียบการตอบสนองความถี่ภายในขดลวดของหม้อแปลง ระหว่าง TAP A – N [OPEN] และ A – N [OPEN] (TAP 1) 71
ภาพที่ 4.27 ผลของการเปรียบเทียบการตอบสนองความถี่ภายในขดลวดของหม้อแปลง ระหว่าง TAP A – N [OPEN] และ A – N [OPEN] (TAP 10) 72

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 4.28 ผลของการเปรียบเทียบการตอบสนองความถี่ภายในขดลวดของหม้อแปลง ระหว่าง TAP B – N [OPEN] และ B – N [OPEN] (TAP 1) 72

ภาพที่ 4.29 ผลของการเปรียบเทียบการตอบสนองความถี่ภายในขดลวดของหม้อแปลง ระหว่าง TAP B – N [OPEN] และ B – N [OPEN] (TAP 10) 73

ภาพที่ 4.30 ผลของการเปรียบเทียบการตอบสนองความถี่ภายในขดลวดของหม้อแปลง ระหว่าง TAP C – N [OPEN] และ C – N [OPEN] (TAP 1) 73

ภาพที่ 4.31 ผลของการเปรียบเทียบการตอบสนองความถี่ภายในขดลวดของหม้อแปลง ระหว่าง TAP C – N [OPEN] และ C – N [OPEN] (TAP 10) 74