เครื่องปรับสภาพความเป็นน้ำมันฉนวน

OIL PURIFIER

โดย

น.ส. พลับพลึง กุลเกตุ

นายสุทนต์ พุ่มโกมุท

วัน เดือน ปี 31 ก.ค. 2540

เลขทะเบียน 037050

เลขเรียกหนังสือ T 38143 พ454 ค.

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.มณฑล ลีลาจินดาไกรฤกษ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

037050

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2538

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องปรับสภาพน้ำมันฉนวน

ผู้จัดทำ

1. นส. พลับพลึง กุลเกตุ

2. นาย สุทนต์ พุ่มโกมุท

_____อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ. มณฑล ลีลาจินดาไกรฤกษ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
บทนำ	III
สารบัญตาราง	IV
สารบัญรูป	V
บทที่ 1 ฉนวน	1
บทที่ 2 น้ำมันฉนวน	6
-การตัดสินใจการเสื่อมสภาพของน้ำมันฉนวน	10
-การบำรุงรักษาน้ำมันหม้อแปลง	16
บทที่ 3 การวัดและการปรับสภาพน้ำมันฉนวน	18
บทที่4 อุปกรณ์ของเครื่องปรับสภาพน้ำมันฉนวน	21
บทที่ 5 การทดสอบน้ำมันที่ผ่านเครื่องปรับสภาพน้ำมัน	29
-การวิเคราะห์ผลการทดลอง	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องปรับสภาพน้ำมันฉนวน

นส. พลับพลึง กุลเกตุ
นายสุทนต์ พุ่มโกมุท
ผศ. มณฑล ลีลาจินดาไกรฤกษ์
ปีการศึกษา 2538

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษาถึง เรื่องการปรับคุณภาพของน้ำมันฉนวนที่ลดลงเนื่องจากการเสื่อมสภาพจากการใช้งาน ให้มีคุณภาพที่ดีขึ้น โดยใช้เครื่องปรับสภาพน้ำมันฉนวนที่ทดลองสร้างขึ้น และมีการนำเอาตัวอย่างน้ำมันฉนวนใหม่ไปทำการทดสอบคุณสมบัติทางด้านความคงทนฉนวน ปริมาณความชื้น และนำน้ำมันฉนวนที่ผ่านเครื่องปรับสภาพน้ำมันฉนวนไปเปรียบเทียบกับค่ามาตราฐานต่างๆ การศึกษาครั้งนี้ไม่ครอบคุมถึงคุณสมบัติอื่นๆที่สำคัญ เช่นค่าแทนเดลต้า ค่าความเป็นกรด ด่างเนื่องจากสถานที่รับการทดสอบคุณสมบัติดังกล่าวมีอยู่จำกัด มีขั้นตอนและค่าใช้จ่ายสูง แต่ข้อมูลที่ได้จากการทดลองสามานำไปใช้ในการพัฒนาการทำเครื่องปรับสภาพน้ำมันฉนวนขึ้นมาใช้ภายในประเทศในราคาที่ไม่สูงมากต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OIL PURIFIER

Goongate Plabplueng

Phumgomut Suthon

Assc. Prof Leelajindakairuek Monthon

Advis.1996

ABSTRACT

THIS THESIS IS STUDYING OF IMPROVEING QUALITY OF OIL DETERIORATED FROM BEING USED BY PROTOTYPE OIL PURIFER . DIELECTRIC STRENGTH AND WATER CONTENT OF TREATED AND UNTREATED OIL WILL BE COMPARED. THIS STUDYING WILL NOT COVER OTHER CHARACTORISTICS SUCH AS TAN , ACID VALVEBLE FOR DEVELOPING LOCAL LOW COST OIL PURIFIER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทนำ

ในการทำโครงงานนี้เพื่อศึกษาค่าความคงทนฉนวน(dielectric break down) ของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้น้ำมันฉนวนเป็นตัวระบายความร้อนเช่น สายเคเบิ้ล (CABLE) ตัวตัดวงจรไฟฟ้า (OIL CIRCUIT BREAKER) และผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ที่ให้น้ำมันฉนวนเป็นตัวระบายความร้อน ดังนั้นน้ำมันฉนวนนี้จะต้องปราศจากความชื้น สิ่งสกปรก อากาศ ถ้าในน้ำมันฉนวนมีสิ่งที่กล่าวมานี้จะเกิดการสูญเสียสภาพ ทางด้านเคมี ฟิสิกส์ ไฟฟ้า และจะทำให้อุปกรณ์ที่ใช้น้ำมันฉนวนเป็นตัวระบายความร้อนนี้เกิดความเสียหายก่อนเวลาอันสมควร

การเสื่อมสภาพของฉนวนสามารถแบ่งได้ดังนี้

1. การเสื่อมสภาพฉนวนทางด้านเคมี โดยจะมีความร้อนเป็นตัวทำลายวัสดุที่นำมาทำเป็นฉนวน

2. การเสื่อมสภาพทางด้านฟิสิกส์ คือ จะมีคุณสมบัติทางด้านกลต่ำ เช่น วัสดุมีความเปราะง่าย และมีคุณสมบัติของความยืดหยุ่นในการดูดซับความชื้น ดังนั้นจึงได้จัดทำเครื่องกรองน้ำมัน เพื่อกรองเอาสิ่งสกปรก ความชื้น อากาศ หรือ แก๊สที่มีอยู่ในน้ำมันออกโดยสามารถนำน้ำมันไปใช้งานได้อีกและจะเป็นการยืดระยะเวลา การใช้งานของอุปกรณ์ชนิดนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 คุณสมบัตินำ้มันหม้อแปลงและนำ้มันเซอร์กิตเบรคเกอร์	6
ตารางที่ 2.2 แรงดันทดสอบสำหรับสวิทช์เกียร์	8
ตารางที่ 2.3 แรงดันทดสอบกระแสตรง	9
ตารางที่ 2.4 ค่าความเป็นกรด	14
ตารางที่ 2.5 ค่าความต้านทานจำเพาะ	14
ตารางที่ 2.6 ค่าแรงตึงผิว	14
ตารางที่ 2.7 ค่าความคงทนฉนวน	15
ตารางที่ 2.8 ค่าแทนเดลต้า	16
ตารางที่ 3.1 การเปรียบเทียบค่าความเป็นฉนวนแต่ละมาตราฐาน	19
ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติของน้ำมันฉนวนยี่ห้อ NYNAS	24
ตารางท 5.1 ค่าคงที่	30
ตารางที่ 5.2 ค่าเบรคดาวน์นำ้มันใหม่	33
ตารางที่ 5.3 ค่าเบรคดาวน์ที่ผ่านการใช้งาน	34
ตารางที่ 5.4 ค่าเบรคดาวน์ที่ผ่านการใช้งานและนำไปผ่านเครื่องปรับสภาพ	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตารางรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 ค่าความเป็นกรด 10

รูปที่ 2.2 ค่าความต้านทานจำเพาะ 11

รูปที่ 2.3 ความตึงผิว 11

รูปที่ 2.4 ความคงทนฉนวนต่อความเครียดสนามไฟฟ้า 12

รูปที่ 2.5 ค่าแทนเดลต้า 13

รูปที่ 4.1 วงจรน้ำมัน 22

รูปที่ 4.2วงจรควบคุม 23

รูปที่ 4.3 การออกแบบตัวถัง 26

รูปที่ 4.4 การออกแบบถังสูญญากาศ 26

รูปที่ 4.5 เครื่องปรับสภาพน้ำมัน 28

รูปที่5.1เครื่องทดสอบความคงทนฉนวน 32

รูปที่ 5.2 ค่าความชื้น 36

รูปที่ 5.3 ค่าความชื้น 37

รูปที่ 5.4 ค่าความชื้น 37

รูปที่ 5.5 กราฟแสดงผลการเปรียบเทียบค่าความคงทนฉนวน 38

รูปที่ 5.6 การแก้ไขตัวถังสูญญากาศ 39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

ฉนวน (INSULATOR)

ฉนวนของหม้อแปลงไฟฟ้า (transformer insulation) สามารถจำแนกออกได้เป็นสองประเภทใหญ่ ๆ คือ ฉนวนของเหลว (Liquid insulation) ซึ่งก็คือน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer oil) และ ฉนวนของแข็ง (Solid insulation) ซึ่งมีอยู่หลายชนิด เช่น กระดาษฉนวน (Kraft paper) กระดาษเคลือบเรซิ่น (resin bonded) กระดาษอัด (Press board) ไม้เนื้อแข็ง เป็นต้น การเกิดเหตุผิดพลาดหรือ ฟอลต์ (fault) ใด ๆ ขึ้นกับหม้อแปลงจะทำให้เกิดความร้อน อาร์กหรือประกายไฟ และแก๊สขึ้น ภายในตัวถังหม้อแปลง ปริมาณของแก๊สที่ละลายและสะสมอยู่ในน้ำมันจะสามารถบ่งบอกถึงสภาพดีพอหรือย่ำแย่แล้ว การนำแก๊สที่เกิดขึ้นไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการทางเคมีจะทำให้เราทราบถึงพัฒนาการของความเสื่อมของฉนวนได้การที่เราได้ทราบล่วงหน้าได้เช่นนี้ทำให้ลดความเสี่ยง และรีบหามาตรการป้องกันเอาไว้เสียแต่เนิ่น ๆ เนื่องจากหม้อแปลงไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ที่มีราคาสูงที่สุดของระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าและเป็นอุปกรณ์ต้นทาง ซึ่งหากเสียหายไป นั่นก็หมายถึงอุปกรณ์ปลายทางที่ใช้ไฟฟ้าจะต้องหยุดชะงักไปทั้งหมด ให้เสียค่าใช้จ่ายมาก ความเสียหายและความไม่สะดวกการวิเคราะห์ปริมาณแก๊สที่ละลายในน้ำมันนี้ไม่สามารถนำไป ประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้ากำลังที่ใช้กับระดับแรงดันไฟฟ้าสูงอื่น ๆ ได้อีกด้วยเช่น คอนเดนเซอร์บุชชิ่ง (conderser bushing) หม้อแปลงเครื่องมือวัด (instrument transformer) เช่น หม้อแปลงกระแส (CT) และหม้อแปลงแรงดัน (PT) ฯลฯ หม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง (Power transformer) ขนาดใหญ่ (พิกัดเป็น MVA) สมควรจะมีการส่งตัวอย่างน้ำมันภายในตัวถังหม้อแปลงไปวิเคราะห์เป็นรายปีโดยไม่ต้องรอ ให้เกิดเหตุปกติขึ้นกับหม้อแปลงเสียก่อน การสังเกตุเพียงลักษณะภายนอกหรือฟังเสียงขณะหม้อแปลงถูกใช้งานไม่เพียงพอ ที่จะหาสาเหตุที่แท้จริงได้ นอกจากนี้ควรจะต้องส่งตัวอย่างน้ำมันไปวิเคราะห์ให้เร็วที่สุดเท่าที่จะสามารถทำได้ เมื่อเกิดฟอลต์อย่างรุนแรง หรือผิดปกติบ่อยครั้ง (serious incident) สำหรับหม้อแปลงใหม่ซึ่งยังไม่เคยถูกติดตั้งใช้งานหรือเสร็จสิ้นจากกระบวนการผลิตของโรงงาน ถ้าหากมีการทดสอบหม้อแปลงในหัวข้อทดสอบแรงดันอิมพัลส์ (Impulse Voltage Tests) หรือ ทดสอบอุณหภูมิเพิ่ม (Temperature Rise Test) ตามความเห็นควรให้มีการส่งตัวอย่างน้ำมันไปวิเคราะห์หาแก๊สในน้ำมันด้วย เช่นกัน เนื่องจากการทดสอบด้วยหัวข้อทั้งสองมีผลกระทบต่อคุณภาพของฉนวน และอายุการใช้งานของหม้อแปลงไฟฟ้าเป็นอย่างยิ่ง และการเก็บตัวอย่างน้ำมันจะต้องเก็บทั้งก่อน และหลังทดสอบในหัวข้อดังกล่าว ทั้งนี้ก็เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นภายหลังการทดสอบ ซึ่งจะใช้ในการบ่งชี้ว่าฉนวนมีการแปรเปลี่ยนสภาพไปมากน้อยเพียงใดแล้ว การดำเนินการและตัดสินใจในเรื่องนี้ควรอยู่ในความรับผิดชอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำมันอย่างถูกวิธีและหน่วยงานที่สามารถให้บริการวิเคราะห์แก๊สที่ละลายในน้ำมัน (Dissolved Gas Analysis หรือ DGA) อุปกรณ์ซึ่งมีบทบาทสำคัญยิ่งในการป้องกันหม้อแปลงไฟฟ้า นั่นคือบุคโฮลซ์รีเลย์Buchholz relay) เป็นรีเลย์ป้องกันหม้อแปลง แบบอาศัยหลักการทำงานแบบ บุคโฮลซ์ (Buchholz Relay หรือ Gas and Oil-actuated relay) เป็นรีเลย์ที่สำคัญมากในการป้องกันหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังชนิดที่มีถังเก็บน้ำมันสำรอง (oil conservator) หากหม้อแปลงใดไม่มีถังเก็บน้ำมันสำรองก็ใช้รีเลย์แบบนี้ไม่ได้ หม้อแปลงไฟฟ้าชนิดที่ขดลวดจุ่มแช่อยู่ในน้ำมัน (Oil-immersed transformer) นั้น เมื่อเกิดฟอลต์ในระยะแรกเริ่ม หรือเกิดการลัดวงจรขึ้นภายในตัวถึงหม้อแปลงซึ่งอาจจะเกิดขึ้นที่ขดลวด ฉนวน หรือจุดอื่น ๆ ที่อยู่ใต้ระดับของน้ำมันก็จะทำให้เกิดความร้อนขึ้นเฉพาะจุด (local overheating) ความร้อนดังกล่าวจะทำให้ฉนวนของหม้อแปลงไม่ว่าจะเป็นฉนวนแข็งหรือเหลวเกิดการแยกตัวออกเป็นแก๊สต่าง ๆ ซึ่งแก๊สบางตัวจะเป็นแก๊สที่ไวต่อไฟ และไอน้ำมันและหากเกิดอาร์กหรือความร้อนเพิ่มสูงขึ้นไปมากเรื่อย ๆ เช่นที่ 35 องศาเซนเซียส แก๊สต่างๆ จะเกิดการแตกตัวเป็นไฮโดรเจน ไฮโดรคาร์บอน ฯลฯ หากอาร์กที่เกิดขึ้นเป็นเพียงประกายไฟเล็ก ๆ หรือ เกิดลัดวงจรไม่รุนแรง แต่เป็นเวลานานก็จะทำให้เกิดความร้อน และแก๊สทั้งหลายก็จะสะสมมากขึ้นเรื่อย ๆ และลอยตัวขึ้นข้างบนผ่านไปตามท่อส่งน้ำมันจนเก็บน้ำมันสำรองเป็นเหตุให้ปริมาณน้ำมันในตัวถังของหม้อแปลงลดต่ำลงเรื่อย ๆ แต่ถ้ามีการอาร์กของประกายไฟอย่างมากจะทำให้เกิดลัดวงจรหรือฟอลต์ขึ้นอย่างรุนแรงก็จะทำให้เกิดปริมาณแก๊สสะสมขึ้นมามากและทันทีทันใด นอกจากนี้ยังมีไอน้ำมันซึ่งไวไฟและมีความดันสูงมากดันให้น้ำมันไหลผ่านท่อไปยังถึงเก็บน้ำมันสำรองด้วยอัตราความเร็วสูงและรุนแรงเป็นจำนวนมาก เนื่องจากบุคโฮลซ์รีเลย์จะถูกติดตั้งอยู่บนทีเชื่อมต่อระหว่างตัวถังหม้อแปลง และถังเก็บน้ำมันสำรอง ดังนั้นเมื่อมีการเคลื่อนตัวของแก๊สหรือน้ำมันผ่านกลไกของรีเลย์ ก็จะทำให้รีเลย์ส่งสัญญาณเตือนไปยังผู้ปฏิบัติงาน (operator) ให้ทราบว่าบัดนี้ได้เกิดเหตุผิด0ปกติที่ขึ้นภายในตัวถึงหม้อแปลงแล้ว หาฟอลต์ที่รุนแรง (serious fault) บุคโฮลซ์รีเลย์ก็จะสั่งปลดหรือทริปหม้อแปลงออกจากการใช้งานโดยส่ งสัญญาณของฟอลตที่รุนแรงที่อาจจะเกิดขึ้นกับหม้อแปลงไฟฟ้า ผ่านไปทางเซอร์กิตเบรกเกอร์

บุคโฮลซ์จะทำงานเมื่อ

1. เกิดการลัดวงจรระหว่างเฟส (short-circuit between phases)
2. เกิดการลัดวงจรของขดลวดลงดิน (winding earth fault)
3. เกิดการลัดวงจรของขดลวด (winding earth fault)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. บุชชิ่งของหม้อแปลงเสียหาย (puncture of bushings)

5. ระดับน้ำมันลดต่ำลงมามาก หรือรั่วจนอาจเกิดอันตรายขึ้นกับหม้อแปลงไฟฟ้า (loss of insulation liquid)

ในบางครั้งการส่งสัญญาณเตือนนี้อาจเกิดจากสัญญาณหลอก ทั้ง ๆ ที่มิได้เกิดฟอลต์อย่างรุนแรง อาจจะเนื่องมาจากสาเหตุต่าง ดังนี้

5.1 การติดตั้งบุคโฮลซ์รีเลย์ไม่ถูกต้องตามข้อกำหนดของผผู้ผลิตรีเลย์แต่ละราย

5.2. บุคโฮลซ์รีเลย์ผิดปกติเอง

5.3 เกิดฟอลต์ชนิดไม่รุนแรงแต่เกิดขึ้นเป็นเวลานานจนเกิดการสะสมของปริมาณแก๊สในบุคโฮลซ์ รีเลย์มาก ฟอลต์ดังกล่าวได้แก่ เกิดจุดร้อนเป็นจุด ๆ (hot spot) ในแกนเหล็กของหม้อแปลง ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากฉนวนที่เคลือบอยู่ระหว่างแผ่นเกิดเสื่อมสภาพ หรือถลอกจากขั้นตอนการผลิต ทำให้เกิดการลัดวงจรระหว่างแผ่นได้

5.4. ฉนวนของโบลน์ ยึดแกนเหล็ก เสื่อมหรือชำรุดเสียหาย

5.5 จุดเชื่อมต่อที่อยู่ใต้ระดับน้ำมันไม่ดี (bad joint or bad electrical contacts)

5.6. 5ารลัดวงจรระหว่างรอบของขดลวดเนื่องจากการเบรกดาวน์ (breakdown) ของฉนวน และมีการกระแสไฟฟ้าหล่อเลี้ยงค่าต่ำ ๆ

5.7. เกิดดิสชาร์จบางส่วน (partial discharge or low energy spark dis charge) ในเนื้อฉนวน

5.8. ระดับน้ำมันหม้อแปลงลดลงต่ำกว่าระดับที่กำหนดเนื่องจากเกิดการซึม ฯลฯ ตัวบุคโฮลซ์รีเลย์จะมีตาแก้ว(sight glasses) เอาไว้ดูเพื่อตรวจสอบ (inspection) หรือใช้เก็บตัวอย่างแก๊ส และน้ำมันการสังเกตุอย่างคร่าว ๆ จากสีหรือกลิ่นแก๊สจากน้ำมันหรือแก๊สที่สามารถระบายออกมาเบา ๆ เพื่อช่วยในการสันนิษฐานหาสาเหตุในเบื้องต้นได้ว่า สาเหตุของการส่งสัญญาณเตือนของบุคโฮลซ์รีเลย์มาจาก อะไรหากมีสีเหลืองหรือขาวขุ่น และ มีกลิ่นของแก๊สไวไฟ เช่น อเซทิลีน ให้สันนิษฐานไว้ก่อนว่าเกิดฟอลต์ที่รุนแรงขึ้นภายในตัวถังหม้อแปลงและให้เก็บตัวอย่างแก๊สและน้ำมันไปวิเคราะห์หาสาเหตุอันละเอียดในขั้นตอนต่อไป ด้วยวิธีที่เรียกว่า "การวิเคราะห์แก๊สที่ละลายในน้ำมัน หรือ การวิเคราะห์ DGA" การติดตั้งและปรับตั้งค่าต่าง ๆ ของบุคโฮลซ์รีเลย์ให้ถูกต้องตามข้อกำหนดหรือคู่มือของบริษัทผู้ผลิตรีเลย์ ปีนเรื่องสำคัญมาก ทั้งนี้เพื่อให้แก๊ส และน้ำมันไหลผ่านท่อไปยังรีเลย์ได้เป็นอย่างดี และมีข้อที่ควรพิจารณาให้ดีอีกประการหนึ่งก็คือในกรณีที่เป็นหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังขนาดใหญ่ ๆ ที่มีพิกัดกำลังเป็นเมกะวีเอ(MVA) มักจะมี การติดตั้งปั๊มน้ำมันสำหรับทำให้ให้น้ำมันภายในตัวหม้อแปลงมีการหลหมุนเวียนเพื่อประโยชน์ในการระบายความร้อนได้ดียิ่งขึ้น หรือมีการทำความสะอาดน้ำมันด้วยเครื่องกรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ที่ใช้น้ำมันฉนวนเป็นตัวช่วยในการระบายความร้อนซึ่งใน รายงานฉบับนี้จะเน้นถึงหม้อแปลงไฟฟ้าซึ่งภายในหม้อแปลง จะประกอบด้วย ขดลวด แกนเหล็ก ฉนวน และอุปกรณ์อื่น ๆ แต่ในที่นี้จะกล่าวถึง ฉนวน (INSULATOR) ของหม้อแปลงเท่านั้น ฉนวนในหม้อแปลงมีอยู่หลายชนิดด้วยกันดังจะกล่าว ต่อไปนี้คือ

1. 1 ฉนวนที่ใช้ในการทำหม้อแปลงหรืออุปกรณ์อื่น ๆ มีหลายชนิดด้วยกันคือ

1.1.1 ใช้เป็นฉนวนโดยตรง ซึ่งฉนวน (INSULATOR) นั้นจะต้องทนต่อแรงดันไฟฟ้าในสภาวะต่าง ๆ ได้เช่น อิมพัลส์โวลน์เตจ (IMPULSE VOLTAGE) เบรคดาวน์โวลน์เตจ (BREAK DOWN VOLTAGE) ฉนวน (INSULATOR) จะมีอยู่ด้วยกันหลายชนิด ดังที่จะกล่าวต่อไปนี้ คือ

- กระดาษฉนวน (PAPER INSULATOR) ที่ใช้พันรอบลวดทองแดง
- กระดาษอัด (LAMINATED PRESSBOARD)
- ไม้อัด (LAMINATED WOOD)

ฉนวนที่ใช้ในงานไฟฟ้า ซึ่งจะนำมาใช้เป็นชิ้นส่วนในการผลิตหม้อแปลง มีดังต่อไปนี้

- เซรามิค ใช้ทำลูกถ้วย
- เรซินใช้ในการหุ้มขดลวดของหม้อแปลงแบบแห้ง(DRYTYPETRANSFORMER) เช่นหม้อแปลงแบบแคสเรซิน (CASE - RASIN) ซึ่งเป็นหม้อแปลงที่ใช้ภายในอาคารเพราะไม่มีสารติดไฟ ขนาดเล็ก น้ำหนักเบา แต่มีราคาแพง
- อื่น ๆ

1.1.2 ฉนวนที่ใช้ในการระบายความร้อนออกจากหม้อแปลง

- น้ำมันหม้อแปลง
- ก๊าซ เช่น SF6
- สารสังเคราะห์อื่น ๆ ที่ใช้แทนน้ำมันหม้อแปลง

ในปัจจุบันหม้อแปลงที่นิยมใช้กันมากคือหม้อแปลงแบบแช่น้ำมันหรือหม้อแปลงแบบเปียก(OIL - IMMERSED TRANSFORMER) เนื่องจากมีต้นทุนในการผลิตต่ำกว่าหม้อแปลงแบบอื่น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 น้ำมันฉนวน (OIL INSULATOR) ที่ใช้ในทางปฏิบัตินั้นจะมีสิ่งเจือปน เช่น หยดน้ำ เส้นใย และ ก๊าซต่าง ๆ ทำให้มีผลต่อความชื้นของสนามไฟฟ้าเบรกเป็นอย่างมาก ซึ่งน้ำมันฉนวนแบ่งได้เป็น

1.2.1 น้ำมันสงเคราะห์ เช่น น้ำมันอันดับเบนซิลมันซิลิโคน

1.2.2 น้ำมันจากธรรมชาติ เช่น น้ำมันปิโตรเลียม

น้ำมันที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบันก็คือ น้ำมันปิโตรเลียม แต่มีข้อเสีย คือสามารถที่ติดไฟง่ายที่อุณหภูมิสูง ๆ และเกิดก๊าซพิษ แต่มีข้อดีคือ ราคาถูก ดังนั้นในอนาคตมีแนวโน้มที่จะนำเอาน้ำมันสังเคราะห์มาใช้แทน เพื่อลดอันตรายจากการติดไฟ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

การเสื่อมสภาพของน้ำมันฉนวน

น้ำมันในหม้อแปลงและเซอร์กิตเบรคเกอร์ มีหน้าที่เป็นฉนวนไฟฟ้า ถ่ายเทความร้อนจากขดลวดและแกนเหล็กหม้อแปลง และมีหน้าที่ดับประกายไฟและละลายสิ่งที่เกิดจากการเผาไหม้เอาไว้ หม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้งานมานานและเซอร์กิตเบรคเกอร์ที่มีการสับและปลดบ่อย ๆ ต้องมีการดูแลรักษาน้ำมันให้มีคุณภาพดีอยู่เสมอดัง ตัวอย่างมาตราฐานอ้างอิงได้แก่ IEC Publication 296 และ ASTM D877 - 49 D974 - 55

ตารางที่ 2.1 แสดงคุณสมบัติของน้ำมันหม้อแปลง และน้ำมันเซอร์กิตเบรคเกอร์

คุณสมบัติน้ำมัน	น้ำมันใหม่	น้ำมันใช้แล้ว
-ความคงทนแรงดันไฟฟ้า (Dielectric strength)	30 kv min.	20 kv min
-ค่าความเป็นกลาง (Neutralization Number)	0.03 MgKOH / gm oil - Max.	0.03 MgKOH / gm oil - Max.
-แรงตึงผิว (Interfacial tension)	40 Dynes / cm - Min.	200 Dynes / cm - Min.
-ส่วนผสมคาร์บอน (Carbon content)	0	0.5 - Max.
- จุดไหม้ไฟ (Flash pt.)	132 $^{\circ}$ C - Min	132 $^{\circ}$ C - Min

คุณภาพของน้ำมันที่ใช้อยู่ในหม้อแปลงไฟฟ้าสามารถตรวจได้จากการทดสอบ ซึ่งจะต้องทดสอบมากกว่า 1 ครั้ง ในการนำเอาตัวอย่างน้ำมันทดสอบควรต้องมีข้อระมัดระวังอย่างห้น้ำมันจะต้องไม่นำออกมาขณะฝนตก หรือเมื่อความชื้นในอากาศสูงเกิน 75 เปอร์เซนต์ อุณหภูมิของตัวอย่างน้ำมันควรเท่ากับของตัวอย่างที่เอาออกมา ถ้ามีการเติมน้ำมันประมาณ 8 ชั่วโมงก่อนไขก๊อกเอาน้ำมันมาทดสอบ เมื่อไขก๊อกเอาน้ำมันออกมาแล้ว ปิดภาชนะที่ใส่ให้แน่นหนา อย่าให้ความชื้นเข้าได้ และทดสอบให้เร็วที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบความคงทนแรงดันไฟฟ้า

การทดสอบศุณสมบัติความคงทนแรงดันไฟฟ้าตามาทาของน้ำมันนิยมใช้กันแพร่หลายมาก เป็นการวัดในเชิงเปรียบเทียบ เครื่องมือทดสอบไม่ยุ่งยากโดยผู้ทำทดสอบที่ ได้รับการแนะนำและฝึกการใช้เครื่องทดสอบแล้วน้ำมันที่ใช้แล้วย่อมมีสิ่งเจือปน เช่น น้ำและสารละลาย ถ้าความคงทนทางไฟฟ้าของน้ำมันมีค่าต่ำ แสดงว่ามีความชื้นเจือปนอยู่ในน้ำมัน ในกรณีของหม้อแปลงและเซอร์กิตเบรคเกอร์ ความชื้นและสิ่งเจือปนจะค่อย ๆ เข้าไปผสมอยู่ในน้ำมัน สิ่งนี้เป็นสาเหตุทั่วไปที่ทำให้น้ำมันเก่า ในน้ำมันเก่าที่ใช้แล้วยังพบว่าความชื้นและผงเขม่า และไฟเบอร์ที่ลอยตัวอยู่ในน้ำมันสามารถเป็นทางนำกระแสไฟฟ้าได้

ค่าความเป็นกลาง

หาได้ตามวิธีของ ASA C37. 20 C 57 M D974 - 55 T จำนวนที่ได้จะบอกให้ทราบว่าเกิดอ๊อกซิเดชั่นในน้ำมันมากน้อยเพียงใดการทดสอบเป็นระยะจะช่วยให้ทราบปัญหานี้ได้

แรงตึงผิว

การทดสอบแรงตึงผิวของน้ำมันช่วยให้เราตรวจพบว่ามีอ๊อกซิเดชั่นของน้ำและสารเจือปนอื่น ๆ ในน้ำมันมากน้อยเพียงไร ปริมาณของตะกอนในน้ำมันตรวจได้จากการผลิตทดสอบนี้

การทดสอบด้วยแรงดันเกินแบบกระแสตรงและกระแสสลับ

ตัวอย่างมาตรฐานอ้างอิงได้แก่ IEC Publication 60 - 1 ละมาตราฐานของ ASA C37.20 C57.12.90 ฟอลท์ทางไฟฟ้าอาจทำให้เกิดความเสียหายอย่างสูง ในโรงงานอุตสาหกรรม การลดปัญหาทางไฟฟ้านี้ ทำได้โดยการจัดให้มีการทดสอบสภาพและการบำรุงรักษาคือ การใช้เครื่องจักรกลไฟฟ้าอย่างถูกต้อง การทำความสะอาดและทดสอบเป็นระยะ เปลี่ยนวัสดุอุปกรณ์ที่ชำรุดและไม่เหมาะสมเสียใหม่ จัดให้มีอุปกรณ์ป้องกันครบครัน เช็คค่าทำงานให้ถูกต้อง ตลอดจนการแนะนำด้านความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน เนื่องจากฟอลท์ส่วนใหญ่ทางไฟฟ้าเกิดจากฉนวนไฟฟ้าชำรุด การทดสอบความคงทนแรงดันไฟฟ้าของฉนวนจะนิยมทดสอบด้วยการให้แรงดันไฟฟ้าเกินเข้าไปเพื่อวิเคราะห์กระแสตรง และกระแสสลับ โดยเลือกใช้ทดสอบวัสดุอุปกรณ์ไฟฟ้าแล้วแต่กรณี เครื่องทดสอบแรงดันเกินกระแสตรงมีส่วนดีกว่าแบบกระแสสลับคือมีขนาดเล็กกว่า ในการทดสอบนี้มีการให้แรงดันที่มีศักย์ไฟฟ้าสูงกว่าแรงดันใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เราทดสอบ แต่ศักย์ไฟฟ้านี้ยังต่ำกว่าค่าที่เป็นอันตรายต่อฉนวน เพื่อวิเคราะห์สภาพของฉนวนเสียก่อนที่จะปล่อยให้เกิดปัญหา อุปกรณ์หลักที่มีการทดสอบอยู่เสมอได้แก่ สวิทช์เกียร์ สายเคเบิล หม้อแปลงไฟฟ้า มอเตอร์ และเจนเนอเรเตอร์ เป็นต้น

สวิทช์เกียร์ การทดสอบฉนวนไฟฟ้าของสวิทช์เกียร์ใหม่ทำที่โรงงานผู้ผลิตตามมาตรฐานที่กำหนด การทดสอบสภาพเมื่อผ่านการใช้งานแล้ว มาตรฐานแนะนำให้ทดสอบที่ค่าต่ำกว่า คือ 75 เปอร์เซนต์ของค่าทดสอบที่โรงงานเพื่อตรวจสอบว่ายังมีคุณภาพดีใช้งานต่อไปได้อย่างปลอดภัยหรือไม่ การทดสอบนี้ใช้แรงดันกระแสสลับ 50 - 60 เฮิร์ท (Hz) เป็นเวลานาน 1 นาทีเมื่อใช้แรงดันกระแสตรง ในทางปฏิบัติจะจ่ายเท่ากับค่าพีคของแรงดันทดสอบ ค่าแรงดันทดสอบของสวิทช์เกียร์ที่โรงงาน และที่ใช้งานแล้วกระแสสลับที่แนะนำไว้ จากการทดสอบเราจะอ่านค่ากระแสรั่วได้ การวัดความต้านทานด้วยเมกเกอร์ 500 โวลท์ สำหรับสวิทช์เกียร์แรงดันปานกลาง จะไม่บอกให้ทราบเกี่ยวกับกระแสรั่ว

ตารางที่ 2.2 แรงดันทดสอบสำหรับสวิทช์เกียร์

แรงดันใช้งานที่กำหนด (โวลท์)	ทดสอบฉนวนที่โรงงาน มาตรฐาน ASA - C 37.20 กิโลโวลท์ 50 - 60 Hz	ทดสอบเป็นครั้งคราวในการบำรุงรักษา (กิโลโวลท์)	
		กระแสสลับ	กระแสตรง
250	1.5	1.12	1.6
480	2.0	1.5	2.1
600	2.2	1.65	2.33
2400	15	11	15.5
4160	19	14	19.8
7200	26	19.5	27.5

สายเคเบิล สายป้อนปฐมภูมิจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับโรงงาน เป็นสายที่สำคัญที่สุดก่อนจ่ายไฟให้ระบบ จำเป็นอย่างยิ่งในการทดสอบสายเคเบิลวางใหม่ด้วยแรงดันไฟฟ้าเกินที่ค่าประมาณ 80 เปอร์เซนต์ ของค่าทดสอบที่โรงงานเคเบิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังติดตั้งใช้งานแล้วควรทำการทดสอบด้วยแรงดันไฟฟ้าเกินที่ค่าประมาณ 60 เปอร์เซนต์ เป็นระยะ ๆโดยใช้แรงดันทดสอบไฟฟ้ากระแสตรง ไม่คำนึงถึงชนิดของฉนวนที่หุ้ม ในการทดสอบให้เพิ่มแรงดันขึ้นไปช้า ๆ ในช่วงเวลา 1 นาที จนถึงค่าทดสอบ ตารางที่ 2.1 แสดงค่าแรงดันทดสอบของสายวางใหม่ และที่ติดตั้งใช้งานแล้ว

ตารางที่ 2.3 แรงดันทดสอบกระแสตรงของสายเคเบิลวางใหม่ และที่ใช้แล้ว

แรงดันระหว่างสาย (โวลท์)	ระบบไม่ต่อลงดิน			
	สายวางใหม่	ตรวจสภาพสายใช้แล้ว	สายวางใหม่	ตรวจสภาพสายใช้แล้ว
220 - 250	ทดสอบด้วยเมกเกอร์		-	-
380 - 666	ทดสอบด้วยเมกเกอร์		-	-
1000 - 1100	3	2.4	1.7	1.4
2400	9	7	6	5
3000 - 3300	11	9	7	6
6000 - 6600	22	16	13	10
10000 - 11000	35	25	20	16
15000	52	40	30	24
20000 - 22000	70	55	40	32
30000 - 35000	100	80	60	50

หม้อแปลงไฟฟ้า มาตรฐาน ASA C57.12.90 ระบุว่า การทดสอบในการบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้า ไม่ควรใช้แรงดันทดสอบเกิน 65 เปอรเซนต์ของแรงดันทดสอบในโรงงาน แสดงค่าแรงดันทดสอบเพื่อบำรุงรักษาแบบกระแสไฟตรง ในการศึกษาวิเคราะห์ฉนวนของหม้อแปลง การที่น้ำมันฉนวนดูดซึมความชื้นในอากาศและวัสดุต่างชนิดที่อยู่ในน้ำมัน ความชื้นจะเป็นตัวทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมี หลังจากเกิดปฏิกิริยาทางเคมีทำให้เกิดตะกอนขึ้นในน้ำมันซึ่งตะกอนนี้จะไม่มีผลโดยตรงต่อค่าความคงทนฉนวน (DIELECTRIC STRENGTH) แต่ตะกอนจะไปจับที่ขดลวดทำให้ไม่สามารถระบายความร้อนที่ขดลวดได้ จึงทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะมีผลต่อการเกิดเบรคดาวน์ (BREAK DOWN) การเสื่อมสภาพของน้ำมันจะเกิดจากน้ำมันสัมผัสกับอากาศ จะสามารถหลีกเลี่ยงได้ไม่ให้น้ำมันสัมผัสกับอากาศเพราะใน

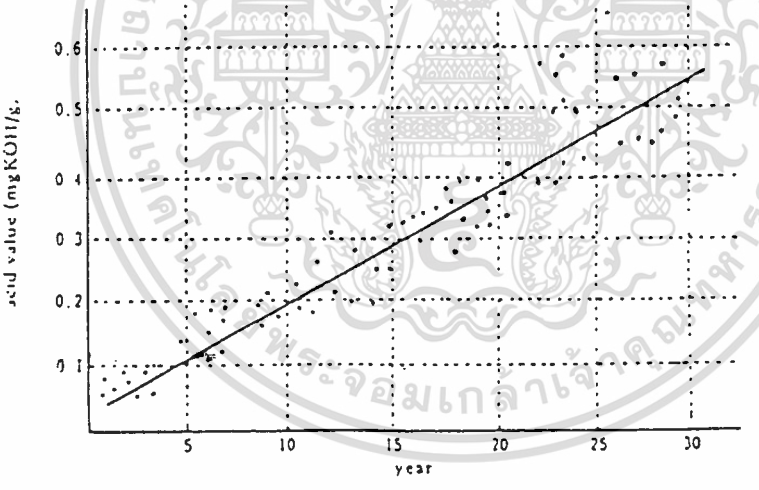
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อากาศจะมีความชื้น และความชื้นจะเป็นตัวเร่งให้น้ำมันเสื่อมสภาพเร็ว ป้องกันโดยใช้ซิลิกาเจลเป็นตัวดูดความชื้น

- ใช้ไนโตรเจน (N_2) เป็นตัวป้องกันไม่ให้น้ำมันสัมผัสกับอากาศ

2.1 การตัดสินใจการเสื่อมสภาพของน้ำมันฉนวน(JUDGMENT OF INSULATING OIL DETERIORATION) โดยทั่ว ๆไปการตัดสินใจแล้วจะต้องนำเอาน้ำมันฉนวนมาวัดคุณสมบัติต่างๆ เพื่อที่จะตัดสินใจว่าน้ำมันฉนวนเสื่อมคุณภาพหรือโดยพิจารณาได้ดังต่อไปนี้

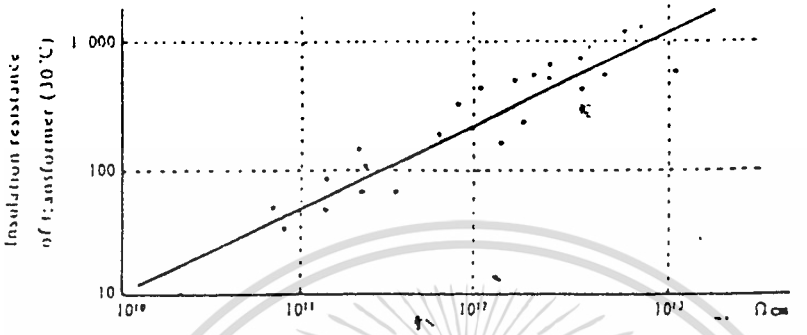
2.1.1. ค่าความเป็นกรด (ACID VALUE)ค่าความเป็นกรดเกิดจากปฏิกิริยาที่อุณหภูมิในน้ำมันสูงขึ้น โดยเฉลี่ยแล้วค่าความเป็นกรดจะมีประมาณปีละ 0.2 mg koH/g ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1

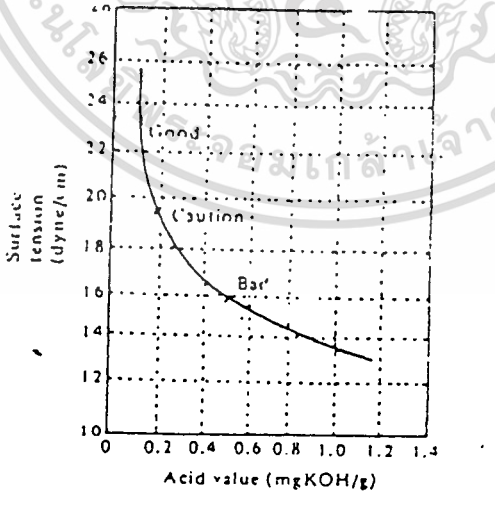
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2. ค่าความต้านทานจำเพาะ (SPECIFIC RESISTANCE) ค่าความต้านทานของน้ำมันฉนวนจะต่ำเมื่ออุณหภูมิของน้ำมันสูง ดังนั้นค่าความต้านทางของน้ำมันฉนวน กับค่าความต้านทานของขดลวดเป็นไปดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2

2.1.3. ความตึงผิว (SURFACE TENSION)เมื่อน้ำมันฉนวนเสื่อมคุณภาพที่การเ กิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นจะทำให้แรงตึงผิวของน้ำมันฉนวนต่ำลง ละแรงตึงผิวจะต่ำลงเรื่อย ๆ ถ้าเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นดังรูป ที่2.3

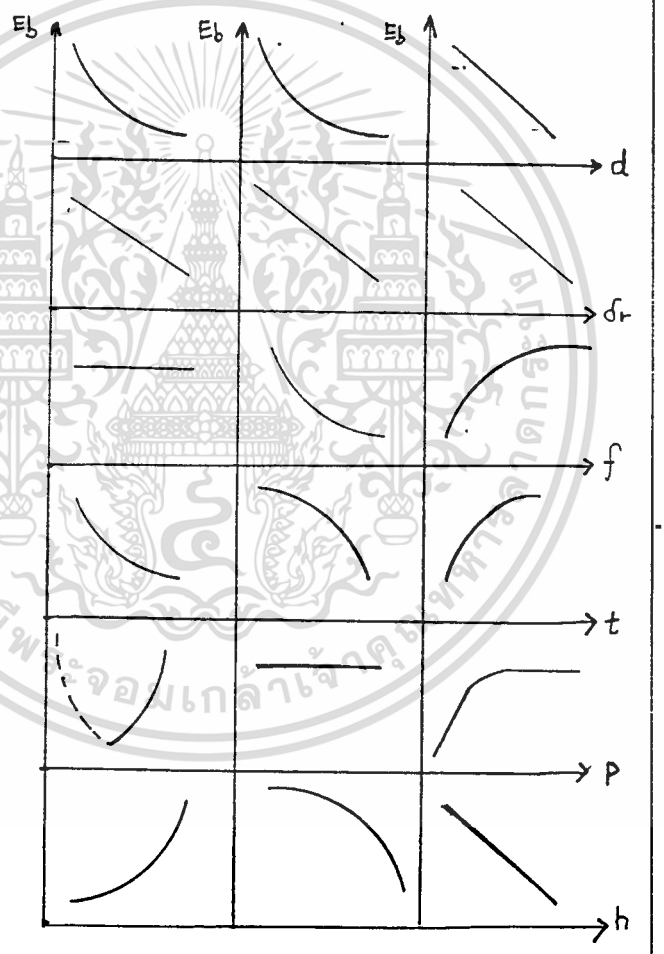


รูปที่2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

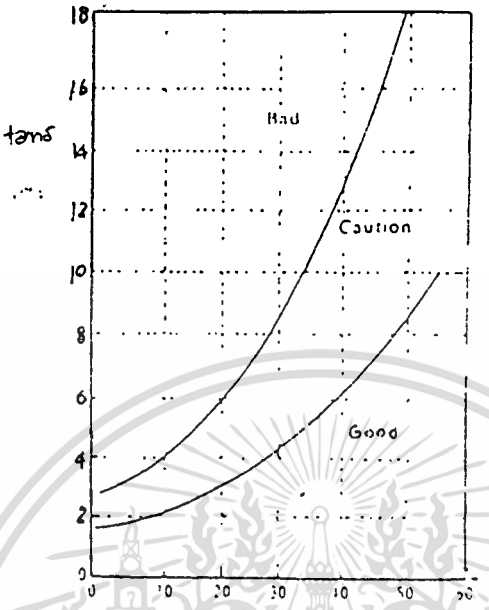
2.1.4. ค่าความคงทนฉนวน (DIELECTRIC STRENGTH) ค่าความคงทนฉนวนนั้นจะขึ้นอยู่กับแต่ละมาตราฐาน ตามมาตราฐานของ JIS C 2320 ได้กำหนดเงื่อนไขให้ค่าความคงทนฉนวนที่ 30 กิโลโวลท์ แต่ในทางปฏิบัติจะมีค่าประมาณ 40-50 กิโลโลโวลน์ ค่าความคงทนฉนวนมีอยู่ 3 ชนิด คือ 1. ความความคงทนของฉนวนก๊าซ 2.ความคงทนฉนวนของของแข็ง 3. ความคงทนของฉนวนของเหลว ซึ่งค่าความคงทนฉนวนนี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายอย่าง ดังแสดงการเปรียบเทียบค่าความคงทนฉนวนในแต่ละชนิดได้ดังรูปที่ 2.4

รูปที่2.4 ค่าความคงทนฉนวนต่อความเครียดสนามไฟฟ้า

องค์ประกอบ	ก๊าซ ของแข็ง ของเหลว
ระยะห่างระหว่างตัวนำ(d)	
ความขรุขระของผิวตัวนำ(r)	
ความถี่ไฟฟ้า (f)	
อุณหภูมิรอบตัวนำ (t)	
ความดัน (p)	
ความชื้น (h)	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5. ค่าแทนเดลต้า (DIELECTRIC LOSS TANGENT ,TAN δ) การวัดค่าแทนเดลต้าจะเป็นตัวตัดสินใจว่าน้ำมันเสื่อมคุณภาพหรือไม่ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้ค่าแทนเดลต้าสูงขึ้นและทำให้ค่าความต้านทานของน้ำมันฉนวนต่ำลงดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5

2.1.6. ทดสอบค่าความเป็นด่าง (ALKALI TEST) การทดสอบนี้ไม่สามารถตัดสินได้ว่าน้ำมันเสื่อมสภาพ

2.1.7. ทดสอบโคโรน่า (CORONA TEST)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 มาตราฐานการตัดสินใจว่าน้ำมันเสื่อมสภาพ (STANDARD FOR DETERIORATION JUDGMENT) ตามมาตราฐานของ JIS C 2320

- ค่าความเป็นกรด ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ค่าความเป็นกรด

มาตราฐานของสิ่งที่ทดสอบ	ค่าความเป็นกรด (mg $KOH/_g$)
- น้ำมันใหม่	0.02 หรือน้อยกว่า
- ในอุปกรณ์ที่มีค่าตึงผิวสูงมาก หรือหม้อแปลงที่ 30 kV หรือต่ำกว่า	ต่ำกว่า 0.2
-นำน้ำมันมากรองใหม่	0.2 - 0.5
-นำน้ำมันมากรองใหม่ทันที ทันใด	มากกว่า 0.5

- ความต้านทานจำเพาะ ดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ค่าความต้านทานจำเพาะ

ดี (good)	มากกว่า $1x10^{12}$ โอมห์-ซม
ควรระวัง (caution)	$1x10^{11}$ - 10^{12} โอมห์-ซม.
เลว (bad)	น้อยกว่า 1x10 โอมห์- ซม.

-แรงตึงผิว ดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 ค่าแรงตึงผิว

ดี (ไม่มีตะกอน)	มากกว่า 19 dyne/cm.
ควรระวัง (มีตะกอนเกิดจากวัสดุ)	16 ~ 19 dyne/cm.
เลว (มีตะกอนมาก)	น้อยกว่า 16 dyne/cm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-ค่าความคงทนฉนวน ตามมาตราฐาน JISดังตารางที่ 2.7

ตาราง 2.7 ค่าความคงทนฉนวน

หม้อแปลงขนาด 60 kV ขึ้นไป และมี N_2 Seal ที่ตัวถัง	มากกว่า 35 kV
ชนิดอื่น ๆ	มากกว่า 30 kV
ตัวเปลี่ยนแทปแรงดัน	มากกว่า 20 kV

- ค่าแทนเดลต้า ค่าแทนเดลต้านี้วัดที่อุณหภูมิ 20 องศาเซนเซียส 50 เฮิตร์ (Hz) 1000 โวลท์ ดัง ตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 ค่าแทนเดลต้า

ดี	น้อยกว่า 0.5 %
ไม่ต้องตัดสินใจ	0.5 ~ 0.2 %
ต้องการตรวจสอบที่ละเอียดและถูกต้อง	มากกว่า 2.0 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การบำรุงรักษาน้ำมันหม้อแปลง

ก. การเกิดสิ่งปะปนในน้ำมันหม้อแปลง

น้ำมันในหม้อแปลงขณะที่ทำงานจะเกิดการรวมตัวของออกซิเจ ซึ่งจะทำให้น้ำมันเสื่อมคุณภาพอยู่ตลอดเวลา จึงก่อให้เกิดตะกอนเหนียว น้ำ และกรดขึ้น ด้วยเหตุนี้น้ำมันจึงถูกกลั่นกรองอย่างระมัดระวังจากผู้ผลิตเพื่อที่จะกำจัดส่วนประกอบที่สลายตัวง่ายออก และต้องป้องกันมิให้น้ำมันสัมผัสกับอากาศ เพื่อลดการรวมตัวของออกซิเจนและตะกอนเหนียวให้อยู่ในระดับที่น้อยที่สุด และน้ำมันจะต้องถูกทำให้แห้งอย่างดีปราศจากอากาศก่อนที่จะทำการบรรจุลงถัง

สิ่งปะปนที่ทำให้น้ำมันใช้งานเกิดการเสื่อมสภาพ

1. ตะกอนเหนียว (sludge) เกิดจากปฏิกริยาทางเคมี การรวมตัวของน้ำมันกับออกซิเจนและสภาพการสลายตัวของวัสดุที่ใช้เป็นฉนวนในหม้อแปลง อัตราการเกิดขึ้นอยู่กับอุณภูมิที่เพิ่มขึ้นของน้ำมัน เมื่อสิ่งเหล่านี้เกิดขึ้นแล้วจะเป็นตัวช่วยเร่งการเกิดตะกอนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ปฏิกิริยาทางเคมีจะเพิ่มเป็น 2 เท่า ต่ออุณหภูมิ 10 c ตะกอนเหนียวประกอบด้วยกรดอินทรีย์ที่ทำให้ความเป็นกลาง(neutraliztion number) เพิ่มขึ้นซึ่งจะใช้เป็นตัวชี้สภาพของน้ำมันหม้อแปลง

2. น้ำ โดยปกติน้ำจะละลายอยู่ในน้ำมันหม้อแปลง และแยกตัวเป็นอิสระ การละลายของน้ำในน้ำมันจะขึ้อยู่กับอุณภูมิและสภาพของน้ำมัน เมื่อน้ำมันเสื่อมสภาพมากขึ้นการละลายของน้ำก็มากขึ้น อุณหภูมิก็เช่นเดียวกัน น้ำมันที่เสื่อมคุณภาพจะไม่ยอมปล่อยน้ำออกมาง่าย และผลที่ตามมาคือค่าความเป็นฉนวนลดลง เป็นที่ยอมรับว่าน้ำจะแขวนลอยอย่างเป็นอิสระในน้ำมันจะมีผลต่อค่าความเป็นฉนวนไฟฟ้าอย่างมาก

3. อากาศและกาซ ที่ความดันบรรยากาศและที่อุณหภูมิปกติ น้ำมันหม้อแปลงจะประกอบด้วยอากาศแห้งที่ละลายปนอยู่ 10% โดยปริมาตร ออกซิเจน 3 % โดยปริมาตร การละลายของอากาศจะเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยน การทำเป็นสูญญากาศเท่านั้นที่จะกำจัดอากาศและแกสที่อยู่ในน้ำมันอย่างได้ผล

สำหรับไฟฟ้ากระแสสลับที่ความดันสูง น้ำมันจะทำหน้าที่เป็นตัวถ่ายเทความร้อน และขณะเดียวกันก็เป็นฉนวนไฟฟ้า

ข. การใช้หม้อแปลงควรจะมีการทำบันทึกสภาพของน้ำมันเก็บไว้ การสุ่มตัวอย่างและการตรวจสอบจะต้องทำอย่างสม่ำเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำมันหม้อแปลงชนิดที่มีสารป้องกันอย่างดี (inhibited transformer)

น้ำมันประเภทนี้ จะมีสารป้องกันการรวมตัวกับออกซิเจนผสมอยู่ สารป้องกันที่ใช้แพร่หลายที่สุดคือ di-tertial byty 1 para-cresol , DBPC สารเคมีตัวนี้มีค่าไฟฟ้าเป็นกลาง ละลายในน้ำมันได้ดี แต่ไม่ละลายในน้ำและไม่เป็นอันตรายต่อหม้อแปลงไฟฟ้า สารป้องกันตัวนี้จะไม่ถูกกำจัดโดยการกรองหรือในขณะที่เป็นสูญญากาศ น้ำมันที่เพิ่มสาร DBPC จะมีคุณสมบัติเหมือนกับน้ำมันหม้อแปลงแบบธรรมดา สารเหล่านี้จะลงในน้ำมันเพียงเล็กน้อยแต่จะมีผลในการยืดเวลาในช่างก่อนที่น้ำมันจะเสื่อมคุณภาพ ช่วงระยะเวลาที่ไม่เกิดตะกอนและกรดจะเรียกช่างนี้ว่าระยะการเหนี่ยงนำ(inductive period) เมื่อหมดระยะเวลาการเหนี่ยวนำ คือเมื่อสารป้องกันการรวมตัวกับออกซเจนเริ่มหมดสภาพ ตะกอนเหนี่ยวและกรดก็เริ่มเกิดขึ้นในอัตราเดียวกันเหมือนไม่มีสารป้องกันอยู่จึงเป็น ที่เข้าใจแล้วว่าสารป้องกันไม่ได้ทำหน้าที่ป้องกันความชื้นในน้ำมัน แต่เป็นเพียงการยับยั้งการเสื่อมสภาพของน้ำมันเท่านั้น

การตรวจสอบคุณภาพน้ำมันหม้อแปลง

คุณสมบัติที่สำคัญของน้ำมันหม้อแปลงจำเป็นต้องมีอายุการใช้งาน เป็นตัวช่วยในการยับยั้งการเกิดประกายไฟและช่วยในการถ่ายเทความร้อนในหม้อแแปลง ซึ่งในระหว่างการใช้งานต้องมีจุดไหลเทที่มีอุณภูมิต่ำและมีจุดวาบไฟสูง ไม่ควรปล่อยให้น้ำมันเสื่อมสภาพจนกระทั่งมีผลเสียต่ออุปกรณ์ หากปล่อยให้มีตะกอนที่เกิดจากการเสื่อมสภาพจะทำให้ไปขัดขวางการหมุนเวียนของน้ำมันที่ผ่านท่อระบายความร้อน

คารจะตรวจสอบน้ำมันที่บันจุอยู่ในถังเป็นระยะๆเพื่อป้องกันมิให้เกิดความเสียหายที่เกิดจากสิ่งปะปนจากภายนอกหรือเกิดจากความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การวัดและการปรับสภาพน้ำมันฉนวน

ค่าความเป็นฉนวนของวัตถุแต่ละชนิดจะมีค่าต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับประเภทของวัตถุที่นำมาทำฉนวน เช่น น้ำมันฉนวน (ในที่นี้จะหมายถึงน้ำมันฉนวนที่ใช้ในน้ำมันหม้อแปลงเท่านั้น ซึ่งจะต้องมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

- ค่าความเป็นเนื้อเดียวกัน คือ มีจุดไหลต่ำ

-ค่าความสะอาดซึ่งจะขึ้นอยู่กับ สิ่งสกปรกที่เกิดจากการกัดกร่อนของวัสดุที่เสื่อมคุณภาพจากการทำงาน ความชื้น อากาศ ก๊าซ

-สิ่งเจือปนที่ผู้ผลิตไม่สามารถแยกออกได้

จากที่กกล่าวมาแล้วนั้น สามารถที่จะตรวจสอบค่าความเป็นฉนวนของน้ำมันได้ตามมาตราฐานการวัดค่าความเป็นฉนวนของน้ำมันหม้อแปลง ดังมาตราฐานต่อไปนี้

- มาตราฐานของ IEC 296, IEC 156
- มาตราฐานของ NFC 27101
- มาตราฐานของ BS 148
- มาตราฐานของ VDE 0370
- มาตราฐานของ ASTM D 877
- มาตราฐานของ ASTM D 1

ซึ่งแต่ละมาตราฐาน จะมีค่าความเป็นฉนวนที่แตกต่างกันออกไปซึ่งสามารถจะแสดงรายละเอียดของการเปรียบเทียบแต่ละมาตราฐานดังตารางที่ 3.1 ซึ่งเป็นตารางการเปรียบเทียบค่าความเป็นฉนวนของแต่ละมาตราฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 มาตราฐานการวัดค่าความคงทนฉนวน

มาตรฐาน	SEC 296 IEC 151	N F C 27101	BS 148	V D E 0370	ASTM D 877	A S T M D1816
ชนิดของอิเลคโทรด	ทรงกลม ครึ่งวงกลม	ท ร กลม	ค ร ึ่ ง กลม	ค ร ึ่ ง ว ง กลม	แผ่นกลม	ค ร ึ่ ง ว ง กลม
เส้นผ่าศูนย์กลาง (ม.ม.)	12.5 50	12.5	12.7	50	50.8	50
ระยะทางระหว่างตัวนำ (มม)	2.5 2.5	2.5	4	2.5	2.54	2.04
-เวลาในการสปารค์ระหว่างตัวอิเลคโทรด	ไม่พบ	ไม่พบ	20 นาที	1 0 นาที	2 - 3 นาที	3 นาที
-จำนวนการเติมน้ำมันต่อการสุ่มตัวอย่าง	1	1	3	1	1	1
-จำนวนการทดสอบต่อการเติม	6	6	1	6	5	6
-การสปารค์ระหว่างการทดสอบ	5 นาที	3 วินาที	ไม่พบ	2 วินาที	1 วินาที	1 วินาที
-ความเร็วของแรงดันที่เพิ่มขึ้น (kv/วินาที)	2	2	1	2	3	0.5
-ค่าที่เลือกในการทดสอบ (ค่าเฉลี่ย)	6	6	3	2-6	5	2-6
ค่าที่กำหนด						
-น้ำมันใหม่ที่ยังไม่ผ่านการใช้งาน (kv)	30	30	30	-	-	-
-น้ำมันแห้งแต่เสื่อมคุณภาพ (kv)	50	70	40	50	30	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

037050

3.1. การปรับสภาพน้ำมันหม้อแปลง โครงงานนี้จะศึกษาเฉพาะกับน้ำมันหม้อแปลงที่ตัวน้ำมันเองยังไม่เสื่อมสภาพมาก แต่จะมีค่าความเป็นฉนวนลดลงเนื่องจากมีสิ่งสกปรก ความชื้นหรือก๊าซ เข้าไปปะปน ดังนั้น การทำเครื่องปรับสภาพน้ำมันฉนวน จะต้อง คำนึงสิ่งต่อไปนี้

3.1.1. การกรองสิ่งสกปรกออกจากน้ำมันการที่จะนำเอาสิ่งสกปรกออกจากน้ำมันทำได้โดยนำเอาน้ำมันที่มีสิ่งสกปรกอยู่นั้นไปผ่านตัวกรองหยาบ (Coarse filter) และตัวกรองละเอียด (Fine filter) เพื่อแยกสิ่งสกปรกที่ปะปนอยู่ในฉนวนในน้ำมันซึ่งเป็นผลต่อเนื่องมาจากความร้อนที่เกิดภายในหม้อแปลงเพราะ สิ่งสกปรกเหล่านี้จะกลายเป็นตัวนำทางไฟฟ้าในน้ำมันและจะทำให้ความเป็นนน้ำมันฉนวนน้อยลง ดังนั้นจึงทำให้เกิดเบรคดาวน์โวลท์เตจ (Breakdown Voltage) ขึ้น

3.1.2 การดูดความชื้น อากาศ หรือก๊าซออกจากน้ำมัน การที่จะทำให้ ความชื้น อากาศ ก๊าซ ออกจากฉนวนน้ำมันนั้นจะต้องทำให้สภาพภายในถังบรรจุน้ำมันเป็นสูญญากาศ โดยการใช้เครื่องปั๊มสูญญากาศ (Vacuum Pump) เพื่อที่จะดูดเอาอากาศหรือก๊าซออกจากฉนวนน้ำมัน ส่วนความชื้น อากาศ หรือก๊ซ ที่มี อยู่ในฉนวนน้ำมันนั้นจะเป็นตัวนำทางไฟฟ้า ต้องนำเอาออกโดยการให้ฉนวนน้ำมันไหลผ่านตัวขดลวดความร้อน (Heater) เพื่อทำให้อุณหภูมิของน้ำมันสูงขึ้นช่วยลดความหนืด และทำให้ง่ายต่อการนำเอาความชื้นที่มีอยู่ในน้ำมันออกไปโดยเครื่องปั๊มสูญญากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4.

อุปกรณ์ของเครื่องปรับสภาพน้ำมันฉนวน

การทำเครื่องปรับสภาพความเป็นฉนวนต้องประกอบด้วย

4.1 วงจรน้ำมัน

4.2 วงจรควบคุม

ในวงจรน้ำมันต้องประกอบด้วยอุปกรณ์ดังต่อไปนี้คือ

- ตัวกรองหยาบ (COARSE FILTER)
- ตัวกรองละเอียด (FINE FILTER)
- ปั๊มดูดน้ำมัน (OIL PUMP) ขนาด 2 แรงม้า 1410 รอบต่อนาที
- ขดลวดความร้อน (HEATER) ขนาด 1500 วัตต์
- ถังสูญญากาศ (VACUUM TANK) พร้อมหัวฉีด (SPRAY NOZZLE)
- ปั๊มทำสูญญากาศ (VACUUM PUMP)
- วาล์ว (VALVE)
- เกจวัดแรงความดัน(COMPOUND GAUGE)
- เกจวัดความดันสูญญากาศ (VACUUM GAUGE)
- เทอร์โมสตัต (THERMOSTAT)

<u>หน้าที่และการทำงานของอุปกรณ์</u>

ตัวกรองหยาบ (COARSE FILTER) จะทำหน้าที่กรองตะกอนที่มีขนาดใหญ่ที่เกิดจากการสึกกร่อนของหน้าสัมผัสและกระดาษฉนวนที่ปนออกมาในน้ำมัน

ตัวกรองละเอียด (FINE FILTER) จะทำหน้าที่กรองตะกอนที่ปะปนอยู่ในน้ำมันฉนวนที่เกิดจากการสึกกร่อนของหน้าสัมผัสและกระดาษฉนวน

ปั๊มน้ำมัน (OIL PUMP) จะทำหน้าที่ส่งน้ำมันที่ผ่านเครื่องกรองแล้วนำไปใช้งานต่อไป

ขดลวดความร้อน (HEATER) เป็นตัวที่ทำให้ความชื้นในน้ำมันหมดไปโดยใช้ เทอร์โมสตัต(Thermostat) เป็นตัวควบคุมอุณหภูมิไม่ได้ 75 องศาเซนติเซียส เพื่อลดความหนืดของน้ำมัน

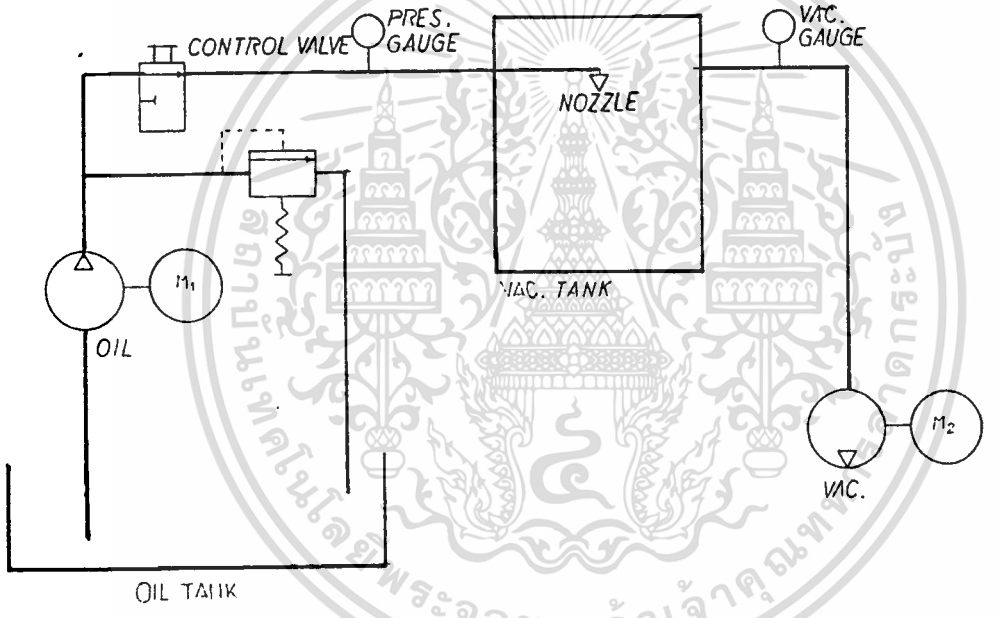
ถังสูญญากาศ (VACUUM TANK) เป็นตัวทำให้ภายใน ถังเป็นสูญญากาศ

ปั๊มสูญญากาศ (VACUUM TANK) ทำหน้าที่ดูดอากาศภายในถังให้เป็นสูญญากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนผังและการติดตั้ง

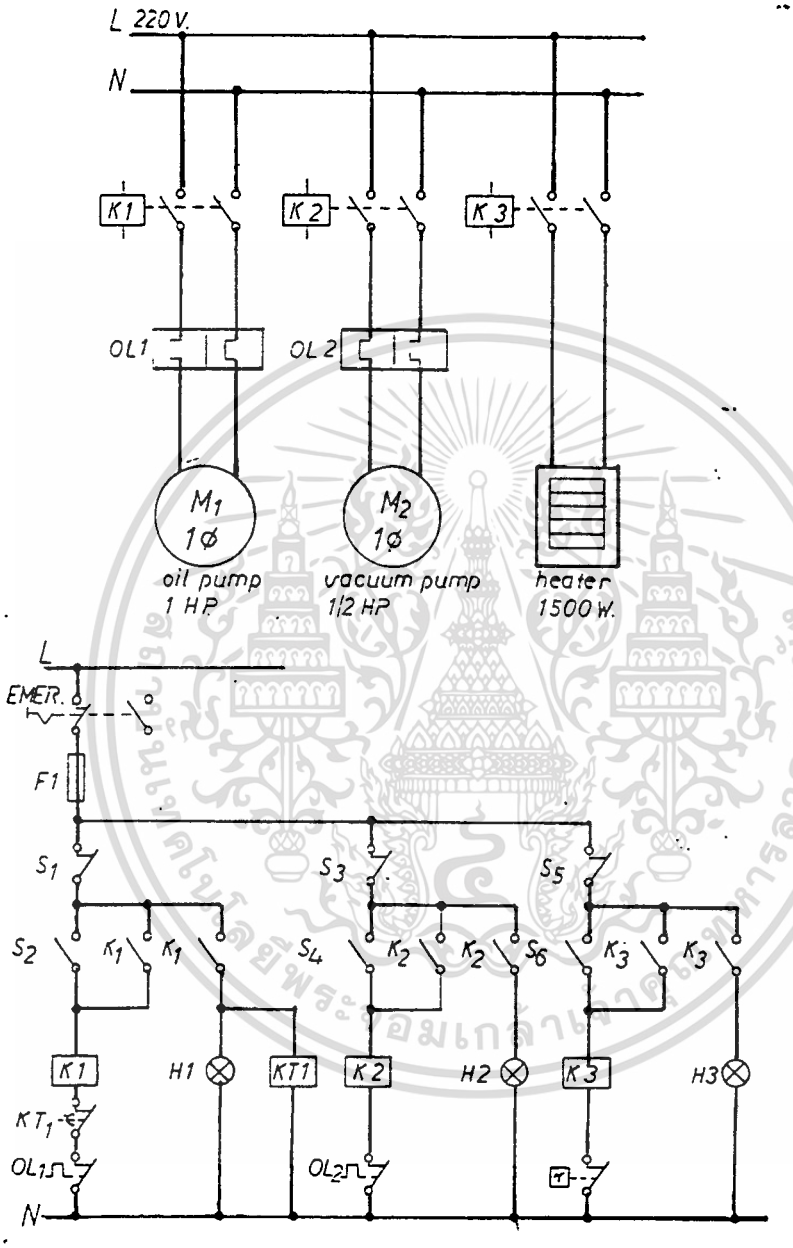
วงจรน้ำมัน



รูปที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรควบคุม



รูปที่4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการออกแบบ

จากการออกแบบอุปกรณ์ต่างๆจะนำคุณสมบัติของน้ำมันหม้อแปลงใหม่มาเป็น ตัว พิจารณาโดยจะใช้คุณสมบัติของน้ำมันหม้อแปลงยี่ห้อ NYNAS เป็นตัวอย่างอ้างอิงโดยมีคุณสมบัติทางฟิสิกส์ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติของน้ำมันใหม่

รายละเอียดการทดสอบ	หน่วย	มาตราฐาน	NYSWITCO 3X	NTTR 10 GB	NYTRO 10 BN	NYTRO 10X
1. ด้านฟิสิกส์						
-ความหนาแน่น +20 C	Kg/dm	ISO 3675	0.861	0.885	0.883	0.877
- ความหนืด + 40 C	mm/s(cst)	ISO 3104	3.17	7.6	8.0	7.5
- ความหนืด - 30 C	mm/s(cst)	ISO 3104	-	800	900	700
- ความหนืด - 40 C	mm/s(cst)	ISO 3104	140	-	-	-
- จุดวาบไฟ PM	C	ISO 2719	106	144	144	144
- จุดไหล	C	ISO 3016	<-70	-57	-54	-57
2. ด้านเคมี						
- ค่าความเป็นกลาง	mgkoH/g	IEC 296	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
- ปริมาณค่าอะโรเมตริก	%	IEC 590	6	14	10	7
- ความต้านทานต่อกรด	wt%	IEC 666	0.3	-	-	0.3
3. ด้านไฟฟ้า						
- ค่าแฟคเตอร์ความคง						
ทนฉนวนที่ 90 C	IEC 247	< 0.001	< 0.001		< 0.001	< 0.001
- ค่าแรงตึงผิวของแรง	mN/m	ISO 6295	44	44	44	45
- ก่อนการทดสอบ	KV	IEC 156	40 - 60	40 - 60	40 - 60	40 -60
- หลังการทดสอบ	KV	IEC 296	> 70	> 70	> 70	> 70
การทำปฏิกิริยา		IEC 1125, A				
- ค่าความเป็นกลาง	mgKOH/g		< 0.01	0.15	0.06	0.01
- ตะกอน	wt %		< 0.005	0.03	0.02	0.005
-ระยะเวลาที่เหนี่ยวนำ120°	h	IEC1125,B (IEC474)	160	-	-	> 236
-ค่าความเป็นกลาง	mgKOH/g	-	-	0.34	-	-
-ตะกอน	wt%	-	-	0.08	-	-
5. แก๊ส						
-ไฮโดเจน	mm/min	IEC628A	-	<+5	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จาก $\sigma_d = \frac{\sigma_y}{N}$ ---------- (4.1)

เมื่อ σ_d = Yield Strength ของการออกแบบ

σ_y = Yield Strength

N = ค่าความปลอดภัย = 3

d = 289.6/ 3 = 96.5 นิวตัน/มม

- หาความหนาของวัสดุที่จะนำมาใช้จากสูตร

$t = PR / n$ ----------(4.2)

เมื่อ t = ความหนา

P = ความดันที่ 0.01 กก/ซม

R = รัศมี 25 ซม

n = ค่าที่ 90%

= ค่า Yield strength 0.96 นิวตัน/ตร.มม

$t = \frac{0.01 \times 25}{0.9 \times 0.96} = 0.3$ ซม = 3 มม

ในการออกแบบจะใช้ความหนา 6 มม. ดังนั้นสามารถที่จะเขคค่าความดันภายในตัวถังได้จากสูตร

$d = PR / t$ ---------- -(4.3)

$p = d.t/r = (96.5 \times 6) / 250$

= 2.316 นิวตัน/มม

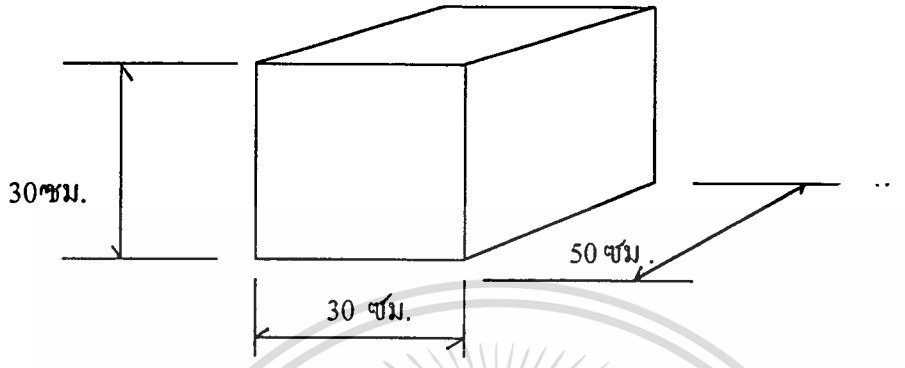
= 23.16 นิวตัน/ม(บาร์)

ในกรณีที่เป็นสูญญากาศ (VACUUM)จะมีค่าแรงดันภายในถัง -23.16 นิวตัน/ตร.มม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>การออกแบบตัวถัง</u>

การออกแบบตัวถังจะใช้ความจุที่ 30 ลิตร ดังการคำนวณต่อไปนี้



รูปที่ 4.3

<u>จากสูตร</u>

ปริมาต = กว้าง x ยาว x สูง

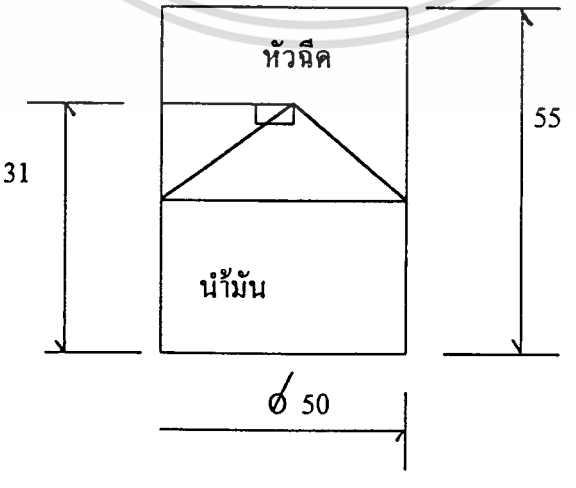
= 30x50x30

=45000 ลบ ซม.

= 45 ลิตร

น้ำมันใช้งาน = 30 ลิตร

<u>ออกแบบถังสุญญากาศ (CHAMBER)</u>



รูปที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากข้อมูลของหัวฉีดขนาด 1/4 นิ้ว M26 ที่ความด2น 30 บาร์ (325 ลิตรต่อชั่วโมง) มุมที่ฉีดน้ำมันได้กว้างสุด 77 องศาจากข้อมูลดังกล่าวสามารถที่จะหาความสูงในการติดตั้งได้ดังรูป 5.2

h = 25 /tan 38.5 = 31.4 31 ซม.

ดังนั้นปริมาตรของน้ำมันภายในถังสูญญากาศ (Chamber) คือ

$V = \pi d^2 r.h / 4$ ---------- (4.4)

เมื่อ V คือปริมาตร

d คือเส้นผ่าานศูนย์กลาง

h คือความสูง

แทนค่า

$= \pi (25)^2 \times 54 =$ 106028 ลบ.ซม.

= 106 ลิตร

หาขนาดปั๊มน้ำมัน

อัตราการไหลของปั๊มขนาด 1.429 แกลลอนต่อนาที ที่ 1,200 รอบต่อนาทีเพื่อใช้งานให้หมุนขับด้วยความเร็วประมาณ 1,450 รอบต่อนาที และมีประสิทธิภาพเชิงปริมาตร 90% จะส่งอัตราการไหลให้หัวฉีด

$$= \frac{1.429 \times 1450 \times 0.90}{1,200} = 1.55 \text{ แกลลอน/นาที}$$

หาขนาดมอเตอร์ไฟฟ้า

$$H.P = \frac{GPM \times PSI}{1714 \times 0.90} = \frac{1.55 \times 434.}{1714 \times 0.90}$$

= 0.43 = 0.5 แรงม้า

ขนาดที่ใช้งานจริง 2 แรงม้า 1410 รอบต่อนาที

หาขนาดวาล์วปลดความดัน

อัตราการไหลจากปั๊ม = 1.55 แกลลอน/นาที

ขนาดท่อ เส้นผ่านสูญกลาง = 1/8 นิ้ว

ขนาดที่ใช้งานจริง ⌀ 10 มม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>หาขนาดท่อทางด้านดูดของ ปั๊มน้ำมัน</u>

ความเร็วในท่อดูด = 2 ฟุต/วินาที

อัตราการไหล = 1.55 แกลลอน/นาที

เส้นผ่านสูญกลางท่อ = 3/8 นิ้ว

ขนาดที่ใช้งานจริง ~~Ø~~ 13 มม.

<u>หาขนาดท่อทางด้านแรงดัน</u>

ความเร็วในท่อ = 10 ฟุต/วินาที

อัตตราการไหล = 1.55 แกลลอน/นาที

เส้นผ่านสูญกลางท่อ = 1/8 นิ้ว

ขนาดที่ใช้งานจริง Ø 13 มม.

จากคุณสมบัติของน้ำมันสามารถที่จะนำเอาค่าต่าง ๆ เหล่านี้มาพิจารณาในการออกแบบตัวถังโดยกำหนดให้ตัวถังมีความจุ 30 ลิตร เส้นผ่าศูนย์กลางของตัวถัง เท่ากับ 50 ซ.ม. ตามที่ได้คำนวณผ่านมาแล้ว

รูปที่ 4.5 เครื่องปรับสภาพน้ำมันฉนวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การทดสอบน้ำมันฉนวนที่ผ่านเครื่องกรองน้ำมัน

การวัดเป็นการอาศัยสังเกตุจากการสปาร์คหรือเบรคดาวน์ เมื่อแรงดันไฟฟ้าถึงค่าที่ทำให้อากาศในช่องว่างเกิดเบรคดาวน์ คือถึงจุดเบรคดาวน์สถิตย์ (Static breakdown discharge voltage) นอกจากการเบรคดาวน์เนื่องมาจากอากาศในช่องว่างแล้วยังมองค์ประกอบ อื่น ๆ อีกหลายอย่างคือ เส้นผ่านศูนย์กลางของทรงกลม ระยะห่างของช่องว่างหรือระยะแกป ความหนาแน่นสัมพัทธ์ของอากาศ ความชื้นของบรรยากาศตลอดจนถึงลักษณะของผิวอีเลคโทรด ซึ่งลักษณะความหนาแน่นสัมพัทธ์ของอากาศจะรวมผลของอุณหภูมิและความดันเอาไว้ด้วย

กลไกการเกิดเบรคดาวน์ของอากาศระหว่างช่องว่างของทรงกลม

5.1. เนื่องมาจากอากาศการเกิดเบรคดาวน์ของอากาศสามารถอธิบยได้ ้ดยเ ช่ นดี อกั บก๊าซ คือเมื่อมีการป้อนแรงดันให้กับขั้วอีเลคโทรดที่มีก๊าซอยู่ จะทำให้ มีกระแส ไหลผ่านก๊าซเนื่องมาจากการเคลื่อนที่ของอนุภาคประจุ (อีเลคตรอน, ไอออน) ที่เกิดจากการไอออนไนน์เซชันโดยวิธีใดวิธีหนึ่ง ขบวนการที่ทำให้ก๊าซมีสภาพนำไฟฟ้าได้เกิดขึ้นเมื่อ มีประจุอิสระเป็นจำนวนมาก โดยขบวนการเพิ่มทวีคุณของอีเลคตรอน (Electron avanlanch) และไอออนในอากาศนั้น ๆ โดยแบ่งออกเป็น 2 อย่าง คือ

5.1.1 ขบวนการแตกตัวของอีเลคตรอนออกจากโมเลกุล ของก๊าซ เนื่องมาจากการชนกันของอนุภาคกับโมเลกุล

5.1.2 ขบวนการปล่อยอีเลคตรอนออกจากผิวโลหะเมื่อได้รับความเครียดสนามไฟฟ้าสูง ๆ หรือได้รับพลังงานความร้อน รังสีหรือ ไอออนวิ่งมากระทบอีเลคโทรด

เมื่อป้อนแรงดันมาก ๆ จนเกิดเบรคดาวน์ระหว่างอีเลคโทรด ทำให้แรงดันลดลงอย่างรวดเร็วและจะมีกระแสไหลอย่างมากมาย ตามแนวการเกิดเบรคดาวน์ซึ่งจะจำกัดกระแสที่ไหลได้ด้วยความต้านทานของวงจร ถ้าปล่อยต่อไปอาจเกิดอาร์คขึ้นด้วยขบวนการเกิดเบรคดาวน์จึงสามารถอธิบายได้ด้วยการเกิดดิสชาร์จแบบทาวน์เซนต์ คือการเกิดอะวาลานซ์ของอิเลคตรอนโดยไอออนไนซ์เซชัน และกลไกการเกิด เบรคดาวน์แบบสตรีเมอร์ ซึ่งสามารถอธิบายการเกิดเบรคดาวน์ในด้านเวลาที่ใช้ในการก่อตัวของอะวาลานซ์ได้

5.2 แฟคเตอร์เนื่องจากทรงกลมต่อแรงดันเบรคดาวน์

รูปร่างของทรงกลมจะมีลักษณะของสนามไฟฟ้าเกือบสม่ำเสมอ ดังนั้นความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุดกับค่าเฉลี่ยจึงไม่แตกต่างกันมากนัก เมื่อป้อนแรงดันถึงค่าวิกฤติตามเงื่อนไขในการเกิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เบรคดาวน์ ก็จะสปารค์ทันทีโดยไม่เกิดโคโรน่าก่อน แต่ในกรณีที่ระยะแทปมากขึ้น อาจทำให้สนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอมากขึ้นทำให้การวัดมีความผิดพลาดได้ นอกจากระยะแทบแล้วพื้นผิวของทรงกลมก็มีผลต่อความไม่สม่ำเสมอของสนามไฟฟ้าด้วย โดยต้องทำให้ผิวของทรงกลมสะอาดแห้งและเรียบที่สุด ตลอดจนการติดตั้งทรงกลมต้องเป็นไปตามมาตรฐานของ IEC PUBL. 52

6.3 แฟคเตอร์เนื่องมาจากความหนาแน่นของอากาศ

ผลของอุณหภูมิและความดันที่เปลี่ยนแปลง ทำให้ความหนาแน่นของอากาศเปลี่ยนไป ทำให้แรงดันเบรคดาวน์ที่วัดได้ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของอากาศด้วย ตามมาตรฐานIEC PUBL 52 ได้หาค่าแรงดันเบรคดาวน์ของทรงกลมและระยะแกปต่าง ๆ ไว้ที่สภาวะมาตรฐานที่ความดัน 760 ทอร์ อุณหภูมิ 20 องศาเซนเซียส แต่โดยทั่ว ๆ ไปในการวัดในที่ต่าง ๆ ไม่ได้วัดที่สภาวะนี้ ดังนั้นจึงต้องมีการเปรียบเทียบกับค่าที่ถูกต้อง โดยการหาค่าคงที่ (correction factor) จากการหาค่าความหนาแน่นของอากาศสัมพันธ์ (relative air density-RAD) มาคูณกับค่าแรงดันตามมาตราฐานที่ทำไว้แล้วดังตารางที่ 2 เพื่อนำ ค่ามาใช้หรือนำมาเปรียบเทียบกับการทดลองต่อไป

$$RAD = (P \cdot 273 + to) / (po\ 273 + t) \quad \text{----------(5.1)}$$

เมื่อ po = ความดันของบรรยากาศที่สภาวะมาตรฐาน

P = ความดันบรรยากาศที่สภาวะมาตรฐาน

to = อุณหภูมิที่สภาวะมาตรฐาน

t = อุณหภูมิที่สภาวะห้อง

ตารางที่ 5.1 แสดงค่าคงที่

ความหนาแน่นของอากาศสัมพันธ์ (RAD)	ค่าคงที่ (correction factor)
0.70	0.72
0.75	0.77
0.80	0.82
0.85	0.86
0.90	0.91
0.95	0.95
1.00	1.00
1.05	1.05
1.10	1.09

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 ผลของความชื้นและสิ่งเปรอะเปื้อนที่ผิวทรงกลม

ความชื้นในอากาศจะทำให้แรงดันเบรคดาวน์สูงขึ้น ถ้ายังไม่กลั่นตัวเป็นหยดน้ำหรือถึงจุดน้ำค้าง เพราะจะมีลักษณะเป็นก๊าซไฟฟ้าลบอ่อน ๆ เนื่องจากอะตอมของอ๊อกซิเจนแต่ถ้าเป็นหยดน้ำแรงดันเบรคดาวน์จะลดลงมาก แต่ก็ไม่สามารถสรุปเป็นที่แน่นอนได้ ผลของฝุ่นละออง ควัน และสิ่งเประเปื้อนที่ผิวของอิเลคโทรดจะมีผลอย่างมาก ต่อแรงดันเบรคดาวน์ คือจะทำให้แรงดันเบรคดาวน์ลดลงอย่างรวดเร็ว ดังนั้น จะต้องทำความสะอาดผิวทรงกลมอยู่เสมอ

5.5 การคำนวณแรงดันเบรคดาวน์และความคงทนต่อแรงดันของอากาศ

ในกรณีที่อิเลคโทรดเป็นทรงกลม เราสามารถหาค่าแรงดันเบรคดาวน์ของอากาศได้จากสมการของผู้นั้น (schumann's equation) ดังนี้

$$Vb = 24.4pd + 6.72\sqrt{pd} \quad KV \qquad \text{----------(5.2)}$$

เมื่อ

d = ระยะแกปเป็นเซนติเมตร

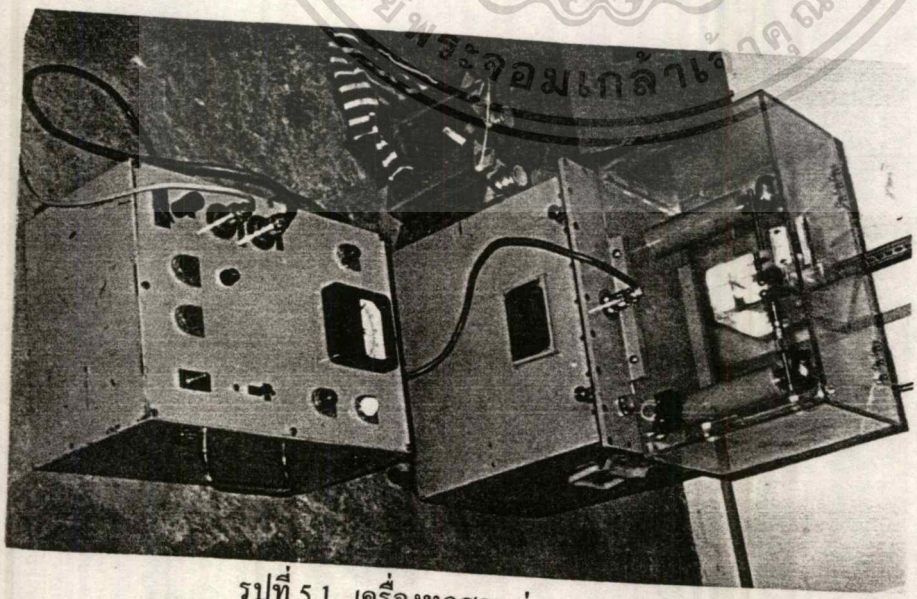
p = ความดันมีหน่วยเป็นบรรยากาศ (atm)

สมการนี้ใช้ได้สภาวะมาตรฐาน ในกรณีที่ต้องการเปรียงเทียงต้องหาค่าคงที่ 5.1 มาคูณค่าที่ได้จากสมการนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการทำงานของเครื่องทดสอบความคงทนฉนวน

1. ต่อสายกราวน์ที่ชุดควบคุม
2. สวิทซ์ทุกตัวต้องอยู่ในตำแหน่งปิด
3. ทำการต่อสายระหว่างชุดควบคุมกับแหล่งจ่ายแรงดัน
4. ต่อสายระหว่างชุดควบคุมกับหม้อแปลงทดสอบ
5. นำน้ำมันทดสอบใส่ภาชนะที่ถ้วยทดสอบระดับน้ำมันต้องไม่ต่ำกว่าระดับที่กำหนดคือประมาณ 0.5 ลิตร
6. ปรับระยะห่างระหว่างขั้วอิเลคโทรดห่างประมาณ 2.5 มม.
7. นำภาชนะใส่น้ำมันขันสกรูให้แน่น
8. ปรับเข็มโวลน์มิเตอร์ให้อยู่ที่ศูนย์
9. รอให้ฟองอากาศที่อยู่ภายในภาชนะทดสอบหมดไปคือไม่น้อยกว่า 3 นาที่
10. เปิดสวิทซ์ที่ชุดควบคุม
11. เปิดสวิทซ์ที่เซอร์กิตเบรคเกอร์
12. กดปุ่มสีดำเพื่อให้เครื่องทดสอบทำงานรอจนกว่าเซอร์กิตเบรคเกอร์ตัด แล้วบันทึกผล
    - ในกรณีที่เซอร์กิตเบรคเกอร์ไม่ตัด จะทดสอบครั้งต่อไปต้องรอให้ฟองอากาศหมดก่อน (ในกรณีที่มีฟองอากาศ)
    - ในกรณีที่เซอร์กิตเบรคเกอร์ตัดจะเกิดเขม่าขึ้นควรใช้แท่งแก้วเขี่ยเบาๆเพื่อให้เขม่ากระจาย
14. ระยะเวลาในการทดสอบควรห่างกัน 5 นาที
15. ปรับเข็มโวลน์มิเตอร์ไปที่ศูนย์ และทำการทดสอบครั้งต่อไป



รูปที่ 5.1 เครื่องทดสอบค่าความคงทนฉนวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบค่าเบรคดาวน์

น้ำมันใหม่ที่ยังไม่ผ่านการใช้งาน

อุณหภูมิห้อง 31 องศาเซนเซียส

ความชื้นสัมพัทธ์ 69 เปอร์เซนต์

ชนิดอิเลคโทรด ทรงกลม

ระยะห่างระหว่างอิเลคโทรด 2.5 ม.ม.

ระยะเวลาที่ทดสอบ 5 นาที

ครั้งที่ทดสอบ	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ครั้งที่ 4		ครั้งที่5	
	แรงดัน (กิโลโวลท์)	ผลทดสอบ	แรงดัน (กิโลโวลท์)	ผลทดสอบ	แรงดัน (กิโลโวลท์)	ผลทดสอบ	แรงดัน (กิโลโวลท์)	ผลทดสอบ	แรงดัน (กิโลโวลท์)	ผลทดสอบ
1	80	ไม่เบรคดาวน์	80	ไม่เบรคดาวน์	80	ไม่เบรคดาวน์	80	ไม่เบรคดาวน์	80	ไม่เบรคดาวน์
2	80	"	80	"	80	"	80	"	80	"
3	80	"	80	"	80	"	80	"	80	"
4	80	"	80	"	80	"	80	"	80	"
5	80	"	80	"	80	"	80	"	80	"
6	80	"	80	"	80	"	80	"	80	"
ค่าเฉลี่ยกิโลโวลท์	80		80		80		80		80	

ตารางที่ 5.2 ค่าความคงทนฉนวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบค่าเบรคดาวน์

น้ำมันที่ใช้งานและนำไปผ่านเครื่องปรับสภาพน้ำมันโดยเปิดให้ เครื่อง แว็คคัม และฮิตเตอร์ทำงาน

อุณหภูมิห้อง 30 องศาเซนเซียส

ความชื้นสัมพัทธ์ 70 เปอร์เซนต์

อุณหภูมิน้ำมัน 40 องศาเซนเซียส

ค่าแว็คคัม 32 ซม. ปรอท (cm Hg)

ความดันที่ถังแว็คคัมขณะเดินน้ำมัน 600 PSI

ครั้งที่ทดสอบ (กิโลโวลท์)	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ครั้งที่ 4		ครั้งที่5	
	แรงดัน	ผลทดสอบ (กิโลโวลท์)	แรงดัน	ผลทดสอบ (กิโลโวลท์)	แรงดัน	ผลทดสอบ (กิโลโวลท์)	แรงดัน	ผลทดสอบ (กิโลโวลท์)	แรงดัน	ผลทดสอบ
1	29	เบรคดาวน์	32	เบรคดาวน์	30	เบรคดาวน์	39	เบรคดาวน์	35	เบรคดาวน์
2	35	"	30	"	34	"	35	"	39	"
3	36	"	35	"	36	"	39	"	42	"
4	31	"	40	"	31	"	40	"	45	"
5	30	"	35	"	39	"	45	"	39	"
6	35	"	30	"	38	"	35	"	40	"
ค่าเฉลี่ยกิโลโวลท์	32.6		33.6		34.7		38.8		40	

ตารางที่ 5.3 ค่าความคงทนฉนวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบค่าเบรคดาวน์

น้ำมันที่ผ่านการใช้งานแล้ว ก่อนผ่านเครื่อง ปรับสภาพน้ำมัน

อุณหภูมิห้อง 31 องศาเซนเซียส

ความชื้นสัมพัทธ์ 70 เปอร์เซนต์

ชนิดของอิเลคโทรด ทรงกลม

ระยะเวลาที่ทดสอบห่าง 5 นาที

ครั้งที่ทดสอบ (กิโลโวลท์)	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ครั้งที่ 4		ครั้งที่5	
	แรงดัน	ผลทดสอบ (กิโลโวลท์)	แรงดัน	ผลทดสอบ (กิโลโวลท์)	แรงดัน	ผลทดสอบ (กิโลโวลท์)	แรงดัน	ผลทดสอบ (กิโลโวลท์)	แรงดัน	ผลทดสอบ
1	29	เบรคดาวน์	30	เบรคดาวน์	25	เบรคดาวน์	32	เบรคดาวน์	30	เบรคดาวน์
2	34	"	29	"	28	"	25	"	31	"
3	26	"	21	"	29	"	29	"	25	"
4	30	"	28	"	24	"	30	"	30	"
5	31	"	24	"	29	"	23	"	29	"
6	33	"	20	"	30	"	29	"	25	"
ค่าเฉลี่ยกิโลโวลท์	30.5		25.3		27.5		28		28.3	

ตารางที่ 5.4 ค่าความคงทนฉนวน

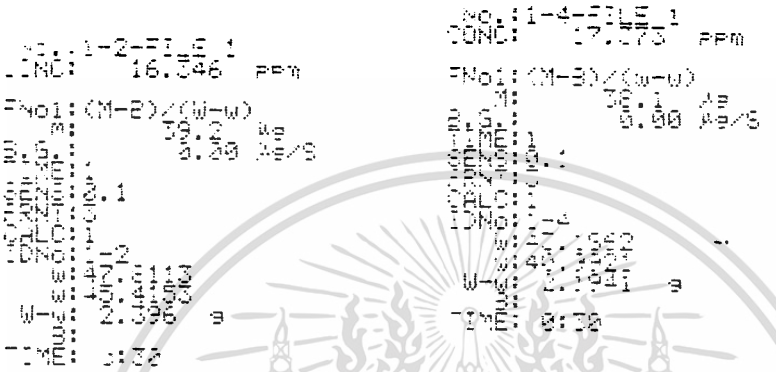
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบความชื้นในน้ำมันที่ผ่านการใช้งาน

อุณหภูมิห้อง 26.5 องศาเซนเซียส

ความชื้นสัมพัทธ์ 69 เปอร์เซนต์

มาตรฐานค่าความชื้นต้องมีค่าน้อยกว่า 15 PPM



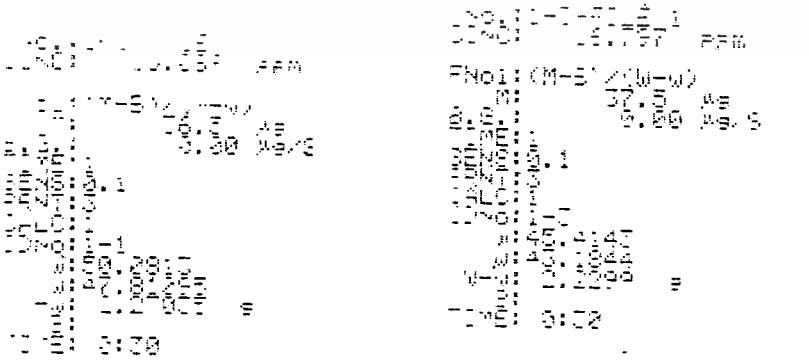
รูปที่ 5.2 ค่าความชื้น

ผลการทดสอบค่าความชื้นในน้ำมันที่ผ่านการใช้งาน และนำไปผ่านเครื่องทดสอบ

อุณหภูมิห้อง 27 องศาเซนเซียส

ความชื้นสัมพัทธ์ 78 เปอร์เซนต์

มาตรฐานค่าความชื้นต้องมีค่าน้อยกว่า 15 PPM



รูปที5.3 ค่าความชื้น

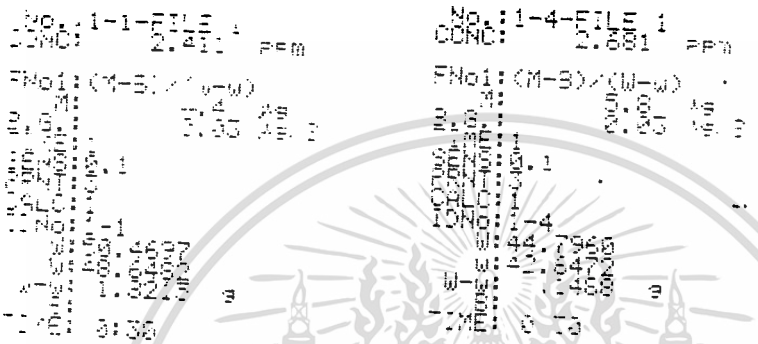
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบค่าความชื้นในน้ำมันใหม่ ที่ยังไม่ผ่า นการใช้งาน

อุณหภูมิห้อง 25 องศาเซนเซียส

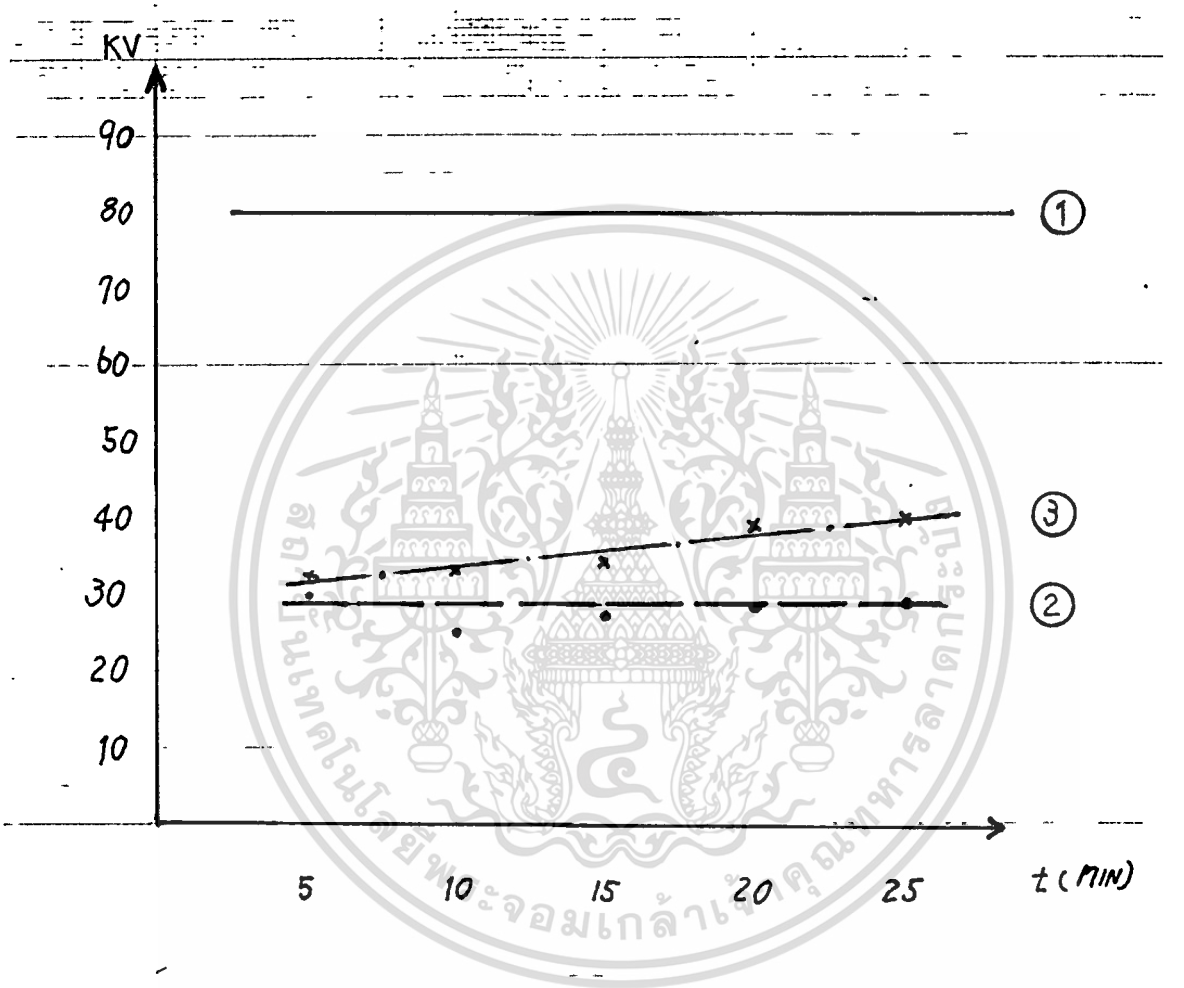
ความชื้นสัมพัทธ์ 68 เปอร์เซนต์

มาตรฐานค่าความชื้นต้องมีค่าน้อยกว่า 15 PPM



รูปที่ 5.4 ค่าความชื้น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.5 กราฟแสดงผลการเปรียบเทียบค่าเบรคดาวน์

1 กราฟสำหรับน้ำมันที่ยังไม่ผ่านการใช้งาน

2 กราฟสำหรับน้ำมันที่ย่านการใช้งาน

3 กราฟสำหรับนำมันที่ผ่านการใช้งานและผ่านเครื่องปรับสภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิเคราะห์ผลการทดสอบ

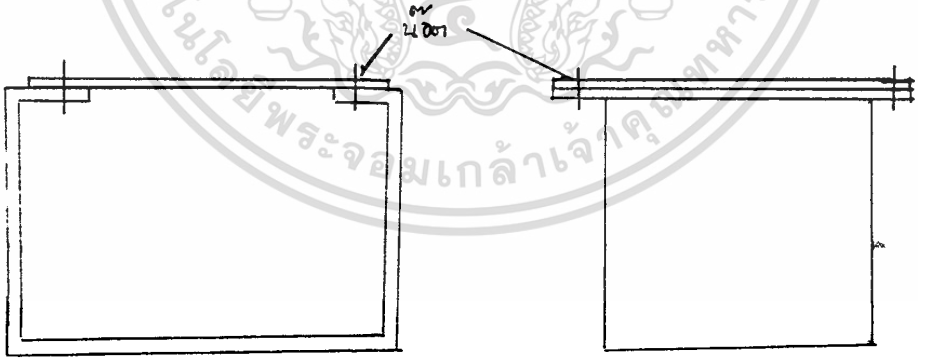
จากผลการทดสอบจะพบว่าน้ำมันที่ผ่านการใช้งานแล้วจะมีค่าเบรคดาวน์ต่ำจะวิเคราะห์ได้ว่า ในน้ำมันมีส่วนผสมของ

1. มีความชื้นมาก
2. แก๊ส สูง
3. ความเป็นกรดสูง
4. ความเป็นด่างสูง

จากเหตุผลที่กล่าวมาแล้วนั้นจึงทำให้ค่าความคงทนของน้ำมันฉนวนมีค่าต่ำ แต่เมื่อนำเอาน้ำมันที่ใช้งานแล้วไปผ่านเครื่องปรับสภาพความเป็นฉนวนน้ำมันจะพบว่า ค่าเบรคดาวน์จะสูงขึ้น

ทางด้านของการออกแบบ

1. เครื่องแว็คคั้ม มีขนาดเล็กเกินไปไม่สามารถให้ภายในตัวถังบเป็นสูญญากาศได้ คือประมาณ 0.01กก.ต่อตารางมิลลิเมตร
2. การออกแบบตัวถังสูญญากาศมีขนาดใหญ่มากจึงทำให้ภายในตัวถังไม่เป็นสูญญากาศ
3. การยึดน๊อตที่ตัวถัง สูญญากาศควรจะยึดน๊อตภายนอกตัวถัง เพราะถ้ายึดภายในตัวถังแล้วจะทำให้อากาศจากภายนอกรั่วเข้าไปตามเกลียวของน๊อต ดังรูป การแก้ไขในชิ้นงานนี้จะนำเอาซิลิโคลน ทาที่เกลียวของน๊อตเพื่อป้องกันไม่ให้อากาศเข้าได้



รูปที่5.6

4. วงจรน้ำมันควรจะเป็นวงจรแบบปิด (Close loop) เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำมันสัมผัสกับอากาศ แต่สำหรับชิ้นงานนี้วงจรน้ำมันเป็นแบบเปิด (Open loop) เมื่อปั๊มน้ำมันเข้าถังสูญญากาศเสร็จจะต้องเปิดวาล์ว และเครื่อง แว็คคัมอีกครั้งเพื่อให้น้ำมันเข้าไปที่ถังพักในช่วงนี้จะทำให้น้ำมันสัมผัสกับอากาศและมีความชื้นเพิ่มขึ้น
5. จะต้องตัดซิลิปก้าเจล ที่ถังพักน้ำมันเพื่อให้ซิลิก้าเจลดูดความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. INSTRUCTION FOR MAINTENANCE & INSPECTION OF RANSFORMER. KARAT - DAIHEN TRANSFORMER CO.,LTD.

2. H.P. MOSER "TRANSFORMER " USA, 1979

3. STANDARD FOR TESTING EKARAT - DAIHEN TRANSFORMER CO.,LTD.

4. วิศวกรรมไฟฟ้ากำลังปฏิบัติ ปราโมทย์ อุณห์ไวทยะ , 2538

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้จัดทำขอขอบคุณรายนามต่อไปนี้ที่มีส่วนช่วยให้คำปรึกษาในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และขอขอบคุณผู้ที่ไม่ได้กล่าวมา ณ ที่นี้ด้วย

- ผ.ศ. มณฑล ลีลาจินดาไกรฤกษ์
- คุณสัจจา เศรษฐสุข ผจก.ฝ่ายผลิต บ.เอกรัฐ-ไดเฮนหม้อแปลงไฟฟ้าจำกัด
- คุณจรูญ หอศิวาลัย ผจก. ฝ่ายควบคุมคุณภาพ บ. เอกรัฐ-ไดเฮนหม้อแปลงไฟฟ้า จก.
- คุณวิชัย แซ่เล่า วิศวกรฝ่ายผลิต บ. เอกรัฐ- ไดเฮนหม้อแปลงไฟฟ้า จก.
- คุณพรพจน์ สุขพละ วิศวกรฝ่ายควบคมุคุณภาพ บ.เอกรัฐ-ไดเฮนหม้อแปลงไฟฟ้า จก.
-คุณไพโรจน์ วัฒนกุล หัวหน้าฝ่ายซ่อมบำรุง บ.เอกรัฐ-ไดเฮนหม้อแปลงไฟฟ้า จก.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้