วารสารวิชาการโรงเรียนนายเรือ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีที่ 1 ฉบับที่ 1 สิงหาคม 2557

การทดสอบประจำหม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้ในระบบจำหน่าย ตามมาตรฐาน มอก.384-2543

The Routine Test of Distribution Transformer According to TIS 384-2543

บุญเลิศ สื่อเฉย

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์

19/1 ถนนเพชรเกษม แขวงหนองค้างพลู เขตหนองแขม กรุงเทพฯ 10160

boonlerts@sau.ac.th

บทคัดย่อ: เนื่องจากในปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตหม้อแปลงไฟฟ้าได้เติบโตอย่างรวดเร็ว อีกทั้งยังมีการนำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งในการผลิตหม้อแปลงไฟฟ้านั้น สิ่งที่สำคัญที่สุดคือการทดสอบหม้อแปลง เพื่อเป็นเครื่องยืนยันถึงคุณภาพของการวิเคราะห์ออกแบบ และคุณภาพของการสร้างหรือผลิต หม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้ในระบบจำหน่ายที่สร้างหรือผลิตขึ้นก็เช่นกัน คือจะต้องทำการทดสอบเพื่อตรวจสอบคุณสมบัติของหม้อแปลงจำหน่ายว่าเป็นไปตามมาตรฐานหรือข้อกำหนดหรือไม่ และเพื่อทำการตรวจเช็คระบบและอุปกรณ์ต่างๆ ของหม้อแปลงด้วยว่าสามารถใช้งานได้อย่างปลอดภัย คงทนต่อภาวะการณ์ต่างๆ ที่อาจจะเกิดขึ้น ดังนั้นบทความนี้จึงขอนำเสนอการทดสอบประจำของหม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้ในระบบจำหน่ายตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง มอก. 384-2543 หัวข้อของการทดสอบประจำมีรายละเอียดในการทดสอบแสดงได้ดังในบทความ

คำสำคัญ: การทดสอบประจำหม้อแปลงไฟฟ้า, มอก. 384-2543

Abstract: Because current transformer manufacturing industry has grown rapidly. They are imported from abroad. In the production of transformers . The most important thing is to test the transformer. To attest to the quality of design analysis . And quality of the construction or production. Transformers used in distribution system that created or produced , too, is to be tested to determine the properties of the distribution transformers that meet the standards or requirements or not. And to check the system and devices. Transformer that can be used safely. Robust to various circumstances That may occur Therefore, this article offers routine testing of transformers used in power transformers sold as standard TIS 384-2543 topic of routine tests are detailed in the test, as shown in the article.

Keywords: Routine Test of Distribution Transformer, TIS 384-2543

1. บทนำ

ในการทดสอบแบบประจำนี้ หม้อแปลงจำหน่ายที่ผลิตหรือสร้างขึ้นจะต้องผ่านการทดสอบประจำทุกเครื่อง ลักษณะของการทดสอบ ให้ทำการทดสอบที่อุณหภูมิแวดล้อม(Ambient Temperature) ระหว่าง 10 - 40 °C ผลของการทดสอบ ให้ปรับผลการทดสอบไปที่อุณหภูมิอ้างอิงดังตารางที่ 1 โดยกำหนดให้การใช้งานของหม้อแปลงจำหน่าย สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางไม่เกิน 1,000 เมตร อุณหภูมิของอากาศโดยรอบไม่เกิน 40 °C

ตารางที่ 1 อุณหภูมิอ้างอิงของการปรับผลการทดสอบ

ชนิดของฉนวน แบ่งตามอุณหภูมิ	อุณหภูมิอ้างอิง (°C)
Class A , E , B	75
Class F, H	115

2. การทดสอบประจำ (Routine Test)

การทดสอบประจำมีรายละเอียดในการทดสอบดังนี้

2.1 การวัดค่าความต้านทานของขดลวด (Measurement of winding resistance)

สามารถแบ่งการวัดได้ 2 ลักษณะดังนี้

1. วัดค่าความต้านทานทางด้านแรงดันสูง

จะทำการวัดค่าความต้านทานที่ขั้วของหม้อแปลงทางด้านแรงดันสูง ที่แท็ปใช้งานปกติ(Norminal Tap) เพื่อนำค่าที่ได้ไปเป็นส่วนประกอบในการคำนวณหาค่าความสูญเสียขณะจ่ายโหลด โดยจะทำการวัดทั้ง 3 เฟส (กรณีที่เป็นหม้อแปลงสามเฟส) แล้วทำการหาค่าเฉลี่ย

2. วัดค่าความต้านทานทางด้านแรงดันต่ำ

กรณีที่เป็นหม้อแปลงสามเฟสจะทำการวัดค่าความต้านทานทั้ง 3 เฟส แล้วทำการหาค่าเฉลี่ย และในกรณีที่เป็นหม้อแปลงหนึ่งเฟส(4 ขั้ว) จะทำวัดค่าความต้านทาน ของขดลวดทั้งสอง(ขั้ว a1-a2 และ b1-b2)

2.2 การวัดค่าอัตราส่วนแรงดัน และตรวจสอบสัญลักษณ์เฟส หรือเวคเตอร์กรุ๊ป (Measurement of voltage ratio and check of phase displacement)

การวัดอัตราส่วนจำนวนรอบ เป็นการวัดหาค่าอัตราส่วนจำนวนรอบระหว่าง ขดลวดแรงดันสูงและขดลวดแรงดันต่ำ โดยทำการทดสอบทุกแท็ปของการใช้งานของทุกเฟสและเวคเตอร์กรุ๊ปทำการทดสอบโดยใช้เครื่องมือวัดอัตราส่วนหม้อแปลง(Transformer Ratio Meter) หรือทำการป้อนแรงดันทางด้านแรงสูง แล้วใช้โวลต์มิเตอร์วัดค่าแรงดันทั้งทางด้านแรงสูงและแรงต่ำแล้วนำค่าที่ได้มาคำนวณหาอัตราส่วน (Ratio) ค่าที่ได้จากการทดสอบมีค่าความคลาดเคลื่อนได้ $\pm$ 0.5%

2.3 การวัดค่าอิมพีแดนซ์ลัดวงจรและค่าความสูญเสียขณะจ่ายโหลดที่พิกัด (Measurement of short-circuit impedance and load loss)

เป็นการทดสอบเพื่อหาค่าความสูญเสียขณะจ่ายโหลด (Load Losses, Short Circuit Impedance, Voltage Regulation และ Efficiency ของหม้อแปลงที่พิกัดกระแส (Rated Current) การทดสอบทำได้โดยป้อนแรงดันจนได้ค่ากระแสที่พิกัดแล้ววัดค่าต่างๆ ทางด้านแรงดันสูง และทำการลัดวงจร(Short Circuit) ทางด้านแรงดันต่ำ

2.4 การวัดค่าสูญเสียขณะไม่มีโหลด (Measurement of no-load loss)

เป็นการทดสอบเพื่อหาค่า No load losses และ Exciting Current ของหม้อแปลงที่พิกัดแรงดัน(Rated Voltage) การทดสอบทำได้โดยป้อนแรงดันที่พิกัดแล้ววัดค่า

ต่างๆ ทางด้านแรงดันต่ำโดยทางด้านแรงดันสูงทำการเปิดวงจร

2.5 การทดสอบประจำไดอิเล็กตริก (Dielectric routine test)

สามารถแยกหัวข้อการทดสอบได้ดังนี้

(1) การวัดค่าความต้านทานฉนวน (Measurement of insulation resistance) จะทำการวัดระหว่างจุดต่างๆ ดังนี้

- ระหว่างขดลวดแรงดันสูงกับขดลวดแรงดันต่ำ(HV-LV)
- ระหว่างขดลวดแรงดันสูงกับกราวด์ถังหม้อแปลง (HV-EARTH)
- ระหว่างขดลวดแรงดันต่ำกับกราวด์ถังหม้อแปลง (LV-EARTH)

จุดประสงค์การทดสอบหาค่าความต้านทานฉนวนระหว่างจุดต่างๆ ของหม้อแปลง เพื่อตรวจเช็คความชื้นที่อยู่ภายในหม้อแปลง ถ้ามีความชื้นมากค่าความต้านทานฉนวนของหม้อแปลงจะมีค่าน้อย ถ้ามีความชื้นน้อยค่าความต้านทานฉนวนของหม้อแปลงจะมีค่ามาก ค่าความต้านทานฉนวนที่ทดสอบได้จะต้องมีค่าไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 Insulation Resistance by Megger 1000 V or 2000 V

พิกัดแรงดันของขดลวด	ค่าความต้านทานฉนวน(M ohms)						
	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C	50°C	60°C
22-33 kV	1000	750	500	375	250	125	65
11-12 kV	800	600	400	300	200	100	50
ต่ำกว่า 3.5 kV	400	300	200	150	100	50	25

(2) การทดสอบความคงทนแรงดันจากแหล่งจ่ายอื่น (Separate-source voltage withstand test) สามารถแบ่งการทดสอบได้ 2 ลักษณะคือ

1. Applied Voltage Test หรือ High Potential Test

เป็นการทดสอบฉนวนที่กั้นระหว่างขดลวดแรงสูงกับขดลวดแรงต่ำ, ขดลวดแรงสูงกับกราวด์, ขดลวดแรงต่ำกับกราวด์และส่วนต่างๆ กับกราวด์ การทดสอบแบ่งได้เป็นการทดสอบทางด้านแรงดันสูง และการทดสอบทางด้านแรงดันต่ำ โดยทำการป้อนแรงดันทดสอบตามระดับแรงดันของหม้อแปลงดังตารางที่ 3 การทดสอบให้คงค่าแรงดันทิ้งไว้เป็นเวลา 60 วินาที แล้วลดแรงดันทดสอบลงอย่างรวดเร็ว ฉนวนของหม้อแปลงในส่วนต่างๆ จะต้องไม่เสียหาย การทดสอบถือว่าผ่านเกณฑ์เมื่อแรงดันทดสอบไม่ล้มเหลว

ตารางที่ 3 ระดับการฉนวนและระยะห่างในอากาศวัดจากส่วนที่มีไฟฟ้าของบุชชิ่ง

แรงดันสูงสุด (kV r.m.s.)	**แรงดันทนที่กำหนด**		**ระยะห่างในอากาศ ต่ำสุด (mm.)**
	แรงดันทนตามความถี่กำลังไฟฟ้าในช่วงเวลาสั้นที่กำหนด (kV r.m.s.)	แรงดันทนอิมพัลส์ฟ้าผ่าคลื่นเต็มที่กำหนด kV (peak)	
ไม่เกิน 1.1	3 [1)]	- [1)]	- [1)]
3.6	10	40	60
7.2	20	60	90
12	28 [2)]	75 [2)]	125 [2)]
24	50	125 [3)]	225
36	70	170 [4)]	315 [4)]
72.5	140	350	630
123	185	450	830
	230	550	1050
245	360	850	1600
	395	950	1800

หมายเหตุ การระบุของผู้ซื้อถ้าต้องการระดับการฉนวนสูงเป็นกรณีพิเศษแล้วแต่กรณีดังนี้

1) “10 kV r.m.s.” “30 kV peak” และ “25 mm.” ตามลำดับ

2) “34 kV r.m.s.” “95 kV peak” และ “140 mm.” ตามลำดับ

3) “150 kV peak”

4) “200 kV peak” และ “330 mm.” ตามลำดับ

2. การทดสอบความคงทนต่อแรงดันเหนี่ยวนำเกิน (Induced over- voltage withstand test)

เป็นการทดสอบฉนวนระหว่างรอบของขดลวด, ฉนวนระหว่างชั้นของขดลวด, ฉนวนระหว่างคอยล์และระหว่างเฟสของขดลวด การทดสอบทำได้โดยป้อนแรงดันที่มีลักษณะคลื่นใกล้เคียงกับคลื่นซายน์มากที่สุด ที่ความถี่สูงกว่าความถี่ที่กำหนดเพียงพอ ที่จะไม่ทำให้เกิดกระแสทำแม่เหล็ก (Magnetizing current) มากเกินไป การทดสอบจะต้องเพิ่มแรงดันที่ป้อนเร็วที่สุดเท่าที่เครื่องวัดอ่านได้ทันอย่างต่อเนื่องสม่ำเสมอ จนกระทั่งถึงค่าแรงดันทดสอบ ให้คงค่าแรงดันทดสอบไว้เป็นเวลา 60 วินาที ที่ความถี่ไม่เกินสองเท่าของความถี่ที่กำหนดแล้วลดแรงดันทดสอบลงอย่างรวดเร็ว หากความถี่ที่ใช้ในการทดสอบมีค่ามากกว่าสองเท่าของความถี่ที่กำหนดให้คำนวณช่วงเวลาที่ต้องคงค่าแรงดันที่ใช้ในการทดสอบเป็นไปตามสมการที่ 1 โดยจะต้องมีเวลาในการทดสอบไม่น้อยกว่า 15 วินาที

$$\text{Time of test} = 120 \times \frac{f_r}{f_t} \text{ seconds} \qquad (1)$$

โดยที่

f_r คือ ความถี่ที่พิกัด (Hz)

f_t คือ ความถี่ที่ใช้ทดสอบ (Hz)

สำหรับเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของการทดสอบแสดงได้ดังตารางที่ 4 ถ้าไม่ได้ระบุเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนไว้แสดงว่าการทดสอบนั้นไม่มีเกณฑ์ของความคลาดเคลื่อน

ตารางที่ 4 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของการทดสอบ

รายการ	*เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน*
1. (ก) ความสูญเสียทั้งหมด (ข) ความสูญเสียของส่วนย่อย	+ 10% ของความสูญเสียทั้งหมด + 15% ของความสูญเสียของส่วนย่อยแต่ละส่วนโดยที่ความสูญเสียทั้งหมดต้องไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนด
2. อัตราส่วนแรงดันขณะไม่มีโหลด	$\pm$ 0.5% ของอัตราส่วนที่แจ้งไว้
3. อิมพีแดนซ์ลัดวงจร หากค่าอิมพีแดนซ์ $\geq$ 10% หากค่าอิมพีแดนซ์ $<$ 10%	 $\pm$ 7.5% ของค่าที่แจ้งไว้ $\pm$ 10% ของค่าที่แจ้งไว้
4. กระแสไม่มีโหลด	+ 30% ของค่าที่แจ้งไว้

หมายเหตุ เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนพิเศษที่แตกต่างจากที่ระบุไว้ในตารางที่ 4 ให้เป็นไปตามข้อตกลงระหว่างผู้ผลิตกับผู้ซื้อในขั้นตอนของการซื้อขาย การผลิต หรือการทดสอบ

สำหรับประเทศไทย การไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ยังได้ทำการกำหนดให้การทดสอบประจำหม้อแปลงจำหน่ายนอกเหนือจากที่มาตรฐาน มอก. 384-2543 กำหนดแล้วคือ ให้ทำการทดสอบค่าไดอิเล็กตริกของน้ำมันหม้อแปลงด้วยโดยค่าไดอิเล็กตริกเป็นไปตามตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่าไดอิเล็กตริกของน้ำมันหม้อแปลง

ระดับแรงดันสูงสุด (kV)	ค่าไดอิเล็กตริก (kV / 2.5mm.)
3.5	20
11	25
22	30
33	32

3. สรุป

บทความนี้ได้อธิบาย หรือขยายความวิธีการทดสอบประจำหม้อแปลงไฟฟ้า เพื่อช่วยให้ผู้ที่จะศึกษาหรือผู้ปฏิบัติงานมีความเข้าใจได้โดยง่าย สามารถทราบถึงรายละเอียดต่างๆ ตามที่มาตรฐานกำหนด ทำให้สามารถปฏิบัติงานหรือใช้งานหม้อแปลงไฟฟ้าได้อย่างถูกต้องทั้งในการผลิตและบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้ารวมถึงการใช้งานในลักษณะต่างๆ ได้เป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, *มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม* หม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง มอก.384-2543, กรุงเทพฯ: 2543.

[2] Provincial Electricity Authority(PEA) Thailand, *Three-Phase Transformer for 22 kV and 33 kV Distribution Systems with Ability to Withstand Short Circuit,* Specification No.RTRN-035/2556, 2012.

[3] บุญเลิศ สื่อเฉย, *การออกแบบและการใช้งานหม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้ในระบบจำหน่าย*, กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัย-เอเชียอาคเนย์, 2552.

บุญเลิศ สื่อเฉย : ปัจจุบันดำรงตำแหน่งรองศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ ทำงานวิจัยด้านระบบไฟฟ้ากำลัง หม้อ-แปลงไฟฟ้า และพลังงานทดแทน