


The Megger logo is positioned in the top right corner of the page. It features the word "Megger" in a bold, black, sans-serif font, with a small red square containing a white registered trademark symbol (®) to the right of the text. A large red triangle is partially visible behind the logo, extending from the top right towards the center of the image.The background of the slide is a photograph of a large, grey power transformer. The transformer has several cooling fans mounted on its side. On top of the transformer, there are several insulators and electrical components. A dark grey semi-transparent box is overlaid on the left side of the transformer, containing white Thai text. The transformer's body has a yellow label with the number "P14276" and a small window showing some internal components or a label. The sky in the background is overcast and grey.

การชั่งอายุของบุชชิงและการ
ติดตั้งบุชชิง

กรณีศึกษา

1Hz และ 500 Hz
กับการวิเคราะห์บุชชิง

การชั่งอายุบุชชิ่งและการติดตั้งบุชชิ่ง – วิเคราะห์ด้วยการทดสอบ PF ที่ความถี่ 1Hz และ 500Hz

ที่มา:

การติดตั้งบุชชิ่งขนาดแรงดัน 69 kV บนหม้อแปลงชนิดสองขดลวด 10 MVA, 69/13.09 kV Dyn1 หลังจากเสร็จสิ้นการบำรุงรักษา on-load tap changer (OLTC) บนหม้อแปลงไฟที่มีอายุใช้งานมานานตั้งแต่ปี 2512 และได้ดำเนินการทดสอบทางไฟฟ้า

บทสรุป:

การทดสอบค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์โดยรวมที่ความถี่ 50Hz (LF PF) :

การวัดค่าความสูญเสียของระบบฉนวนของขดลวดด้าน Low ถึง Ground (CLG) และขดลวดด้าน High ถึง Ground (CHG) นั้นมีค่าสูงกว่าระบบฉนวนของหม้อแปลงที่ทำการวัดระหว่างขดลวดด้าน High ถึงขดลวดด้าน Low (CHL) เมื่อทำการปรับเทียบแก้ไขอุณหภูมิที่ 20 °C ค่า LF PF ของผลทดสอบสำหรับ CLG และ CHG อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (< 0.5 %), และอยู่ในเกณฑ์ยอมรับของข้อกำหนดค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ของหม้อแปลงใหม่ อย่างไรก็ตามผลการทดสอบ CHG LF PF (0.43 %) มีค่าประมาณ 1.8 เท่าของการทดสอบ CHL LF PF (0.24 %) (ตามตารางที่ 1).

Multiple Test	TRANSFORMER OVERALL TEST SET UP					ITC TRANSFORMER OVERALL TEST RESULTS						Set Individual Temp. Corr.				
	Test No.	Insulation Tested	Test Mode	Test Lead Connections				TEST KV	Capacitance C (pF)	POWER FACTOR %			Equivalent @ 10 KV		IR	
				HV	Red	Blue	Gnd			Measured	@ 20°C		Corr Factor	mA		Watts
1	CHG + CHL	GST-GND	H	L		G	10.00	5,957.29	0.29	0.30	1.044	22.3750	0.6461	G		
2	CHG	GSTg-RB	H	L		G	10.00	2,160.56	0.41	0.43	1.044	8.1011	0.3223	G		
3	CHL	UST-R	H	L		G	10.00	3,789.61	0.23	0.24	1.044	14.2738	0.3238	G		
4	CHL'		Test 1 Minus Test 2					3,796.73				14.2739	0.3238	Valid		
5	CLG + CHL	GST-GND	L	H		G	7.00	10,899.93	0.33	0.34	1.044	41.0543	1.3445	G		
6	CLG	GSTg-RB	L	H		G	7.00	7,111.37	0.38	0.40	1.044	26.7943	1.0224	G		
7	CHL	UST-R	L	H		G	7.00	3,771.11	0.23	0.24	1.044	14.1974	0.3239	G		
8	CHL'		Test 5 Minus Test 6					3,788.56				14.2600	0.3221	Valid		

ตารางที่ 1: ผลการทดสอบค่า LF PF โดยรวม - ก่อนทำการเปลี่ยนบุชชิ่ง

จากประสบการณ์ล่าสุดโดยใช้การทดสอบ Narrowband Dielectric Frequency Response (NB DFR) ประสิทธิภาพความสำเร็จในการค้นหาปัญหาที่ซ่อนอยู่ซึ่งไม่ได้สังเกตพบโดยการทดสอบด้วย LF PF การทดสอบ NB DFR สามารถทดสอบค่า % PF หรือ % DF ที่ความถี่ 1 Hz จนถึง 505 Hz.

นอกจากนี้ ผู้เชี่ยวชาญด้านการทดสอบยังทำการทดสอบค่า C1 LF PF ด้วยระดับแรงดัน 10 kV บนบุชชิ่งขดลวดด้านแรงดันสูงของหม้อแปลงไฟฟ้า (ตามตารางที่ 2) บุชชิ่ง H3 ให้ผลการทดสอบ LF PF ที่มีค่าสูงเกินบุชชิ่งในรุ่นเดียวกัน (วัดและปรับเทียบแก้ไขอุณหภูมิแล้ว) ดังนั้น ผลการปรับเทียบแก้ไขอุณหภูมิแต่ละบุชชิ่ง LF PF สำหรับบุชชิ่ง H1 และ H2 จึงได้รับการจัดอันดับอยู่ในเกณฑ์ที่ดี (G) ในขณะที่ผลการปรับเทียบแก้ไขอุณหภูมิผลการทดสอบ LF PF สำหรับบุชชิ่ง H3 แสดงผลการประเมินว่าเกิดการเสื่อมสภาพ (A)

ผลการทดสอบยังแสดงความผิดปกติที่น่าสนใจในค่า 'การปรับเทียบแก้ไขอุณหภูมิแต่ละรายการ' บัจจัยการปรับเทียบแก้ไขอุณหภูมิ (TC) ใช้เพื่อกำหนดค่า LF PF เทียบเท่า 20 °C ของการทดสอบบุชชิ่งเมื่อการทดสอบค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ทดสอบที่อุณหภูมิที่ไม่ใช่ 20 °C

บัจจัย ITC คือบัจจัย TC สำหรับการทดสอบบุชชิ่งในแต่ละชุดเนื่องจากขึ้นอยู่กับสภาวะเฉพาะของบุชชิ่งที่ทดสอบ โปรดทราบว่าบัจจัย ITC สำหรับบุชชิ่ง H3 (~0.6) นั้นแตกต่างจากบัจจัย ITC ที่กำหนดไว้สำหรับบุชชิ่ง H1 และ H2 (~0.2) ความไม่สม่ำเสมอที่มีอยู่ในบัจจัย ITC เหล่านี้เป็นข้อบ่งชี้ที่ชัดเจนว่าบุชชิ่ง H3 มีสภาพฉนวนที่แตกต่างจากบุชชิ่ง H1 และ H2

การติดตามผลทดสอบบุชชิ่ง C1

บัจจัย ITC มีความแม่นยำมากกว่าบัจจัย TC ที่สามารถเข้าถึงได้จากตารางค้นหา เมื่อต้องการทราบปัญหาจากตารางค้นหาการปรับเทียบอุณหภูมิให้พิจารณาสิ่งต่อไปนี้:

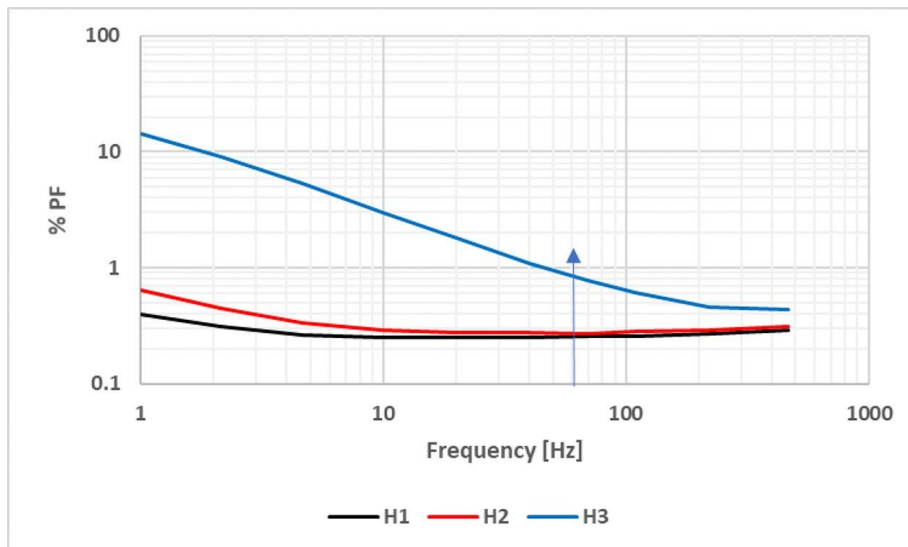
1. หากผู้ใช้ใช้ตารางปรับเทียบแก้ไขอุณหภูมิ บัจจัย TC จะถูกกำหนดโดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิแวดล้อมและอุณหภูมิของบุชชิ่ง สิ่งนี้จะส่งผลให้บัจจัย TC มีค่าใกล้เคียงกันกับค่าบุชชิ่งทั้งสามบุชชิ่ง ซึ่งใช้ได้กับบุชชิ่ง H1 และ H2 แต่ใช้ไม่ได้สำหรับ H3
2. บุชชิ่ง H3 จะถูกนำออกเนื่องจากค่า PF > 1% อย่างไรก็ตาม หากทดสอบบุชชิ่ง H3 ที่อุณหภูมิ 10 °C แทนที่จะเป็น ~ 30 °C ผลการทดสอบ PF ที่วัดและการปรับเทียบแก้ไขอุณหภูมิจากตารางอาจมีค่าต่ำพอที่จะผ่านเกณฑ์การยอมรับในการใช้งานปกติ .

Transformer Bushing C1 Test									
Designation	C1 [pF]	% Power Factor 60 Hz			% Power Factor 1 Hz			% Power Factor 505 Hz	
		Measured	ITC 20°C	IR	Measured	ITC 20°C	IR	Measured	ITC 20°C
H1	265.55	0.26	0.27	G	0.39	0.29	G	0.28	0.33
H2	267.29	0.28	0.29	G	0.64	0.4	G	0.31	0.35
H3	266.51	1.10	0.65	A	14.4	7.92	I	0.43	0.49

ตารางที่ 2: ผลการทดสอบบุชชิ่งด้านขดลวดแรงสูง C1, รวมผลทดสอบ 10 kV LF PF และ 250 V NB DFR, โดยการวัดและเปรียบเทียบแก้ไขอุณหภูมิโดยวิธี ITC

จากผลการทดสอบ LF PF ยูทิลิตี้ได้ดำเนินการทดสอบ NB DFR บนบุชชิ่งด้านขดลวดแรงสูง โดยการวัดที่ความถี่ 1 Hz และความถี่ 505 Hz ผลการทดสอบแสดงได้ตามตาราง

2. ผลลัพธ์จากตารางเหล่านี้ยืนยันสภาพที่ดีของบุชชิ่ง H1 และ H2 แต่การประเมินของบุชชิ่ง H3 ต้องยกระดับขึ้นเป็นการตรวจสอบสภาพ (investigate)



รูปที่ 1: ผลการวัด NB DFR ของบุชชิ่งด้านขดลวดแรงสูง

ผลการทดสอบ NB DFR สำหรับบุชชิ่ง H3 (เส้นสีน้ำเงินในรูปที่ 1) เผยให้เห็นลักษณะทางไฟฟ้าที่น่าเป็นห่วงสองประการ และยูทิลิตี้ได้ทำการเปลี่ยนบุชชิ่ง

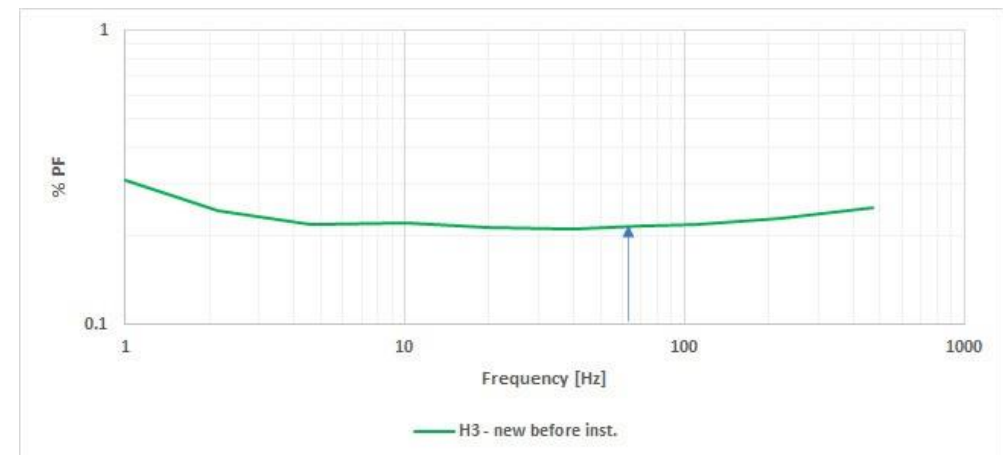
บุชชิ่งสภาพที่ดีจะมีค่า PF ที่การปรับเทียบอุณหภูมิ $ITC \leq 1\%$ ที่ความถี่ 1 Hz ผลการทดสอบ 1 Hz PF ทำการปรับเทียบอุณหภูมิ ITC ของบุชชิ่ง H3 เท่ากับ 7.92 % (ตารางที่ 2)

ผลการทดสอบ LF PF 10 kV ของบุชชิ่ง H3 เท่ากับ 1.1 % (ตารางที่ 2) และผลการทดสอบ LF PF ที่แรงดัน 250 V ซึ่งเป็นแรงดันทดสอบ NB DFR โดยทั่วไป จากรูปที่ 1 ได้ค่า PF 0.8 % ซึ่งมีความแตกต่างกัน

Transformer Bushing C1 Test									
Designation	C1 [pF]	% PF 60 Hz			% PF 1 Hz			% PF 505 Hz	
		Measured	ITC 20°C	IR	Measured	ITC 20°C	IR	Measured	ITC 20°C
H3 - replacement	232.43	0.22	0.23	G	0.87	0.02	G	0.26	0.31

ตารางที่ 3: ผลทดสอบ ค่า C1, 10 kV LF PF และ 250 V NB DFR ของบุชชิ่ง H3 ใหม่ ก่อนติดตั้ง

■ ก่อนทำการติดตั้งใหม่หรือแปลงไฟฟ้า ได้ทำการทดสอบ LF PF และ NB DFR บนบุชชิ่งสำรอง H3 เพื่อยืนยันความสมบูรณ์ ผลการทดสอบ LF PF และ NB DFR บ่งชี้ว่าบุชชิ่งมีสภาพดี (G) (ตารางที่ 3) (รูปที่ 2)



รูปที่ 2: ผลการวัด NB DFR ของบุชชิ่ง H3 ด้านขดลวดแรงสูงก่อนติดตั้ง

การชั่งอายุบุชชิ่งและการติดตั้งบุชชิ่ง – วิเคราะห์ด้วยการทดสอบ PF ที่ความถี่ 1Hz และ 500Hz

หลังจากเปลี่ยนบุชชิ่ง H3 ยูทิลิตี้ได้ทำการทดสอบ LF PF ซ้ำ โดยทดสอบรวมกับหม้อแปลงไฟฟ้า เพื่อดูว่าการเปลี่ยนบุชชิ่ง H3 มีผลกระทบต่ออย่างไรต่อลักษณะการทดสอบฉนวนของขดลวด HV โดยรวม (ตามตารางที่ 4) จะสังเกตเห็นได้ว่าการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัด

Test No.	TRANSFORMER OVERALL TEST SET UP				TEST kV	DFR	Capacitance C (pF)	POWER FACTOR %			Equivalent @ 10 kV		%VDF	IR		
	Insulation Tested	Test Mode	Test Lead Connections					Measured	@ 20°C	Corr Factor	mA	Watts				
			HV	Red											Blue	Gnd
1	C _{HG} + C _{HL}	GST-GND	H	L		G	10.00		0.25	0.26	1.044	22.2509	0.5539	0.04	G	
2	C _{HG}	GSTg-RB	H	L		G	10.00	✓	2,125.91	0.30	0.31	1.044	7.9712	0.2340	0.04	G
3	C _{HL}	UST-R	H	L		G	10.00	✓	3,789.61	0.23	0.24	1.044	14.2738	0.3238	0.03	G
4	C _{HL}		Test 1 Minus Test 2						3,796.68			14.2798	0.3199		Valid	
5	C _{LG} + C _{HL}	GST-GND	L	H		G	7.00		10,899.93	0.33	0.34	1.044	41.0543	1.3445	0.03	G
6	C _{LG}	GSTg-RB	L	H		G	7.00	✓	7,111.37	0.38	0.40	1.044	26.7943	1.0224	0.03	G
7	C _{HL}	UST-R	L	H		G	7.00		3,771.11	0.23	0.24	1.044	14.1974	0.3239	0.03	G
8	C _{HL}		Test 5 Minus Test 6						3,788.56			14.2600	0.3221		Valid	

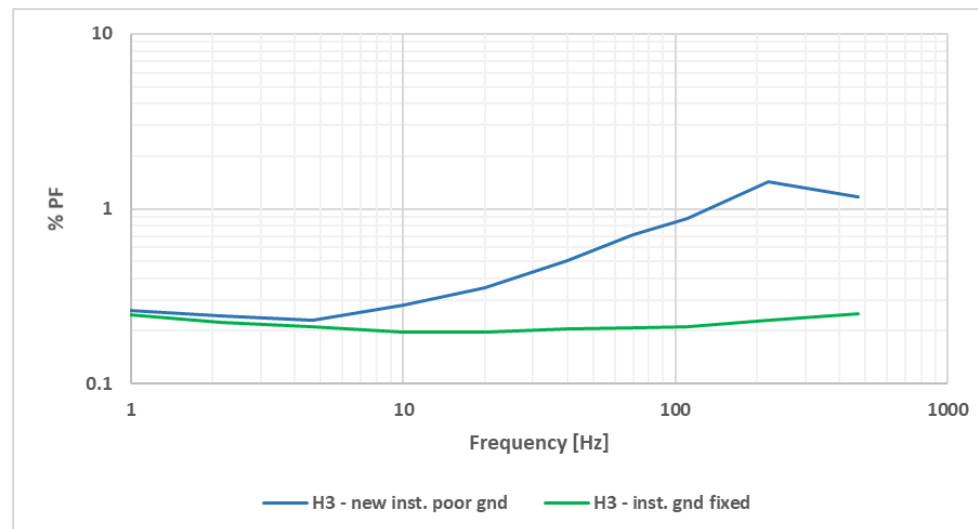
ตารางที่ 4: ผลการวัดค่า LF PF 10 kV ในภาพรวม หลังเปลี่ยนบุชชิ่ง H3

เมื่อปัญหาได้รับการแก้ไขแล้วผลการทดสอบฉนวนขดลวดโดยรวม เจ้าหน้าที่ทดสอบได้ทำการทดสอบบุชชิ่งให้สมบูรณ์ด้วยการทดสอบ LF PF 10 kV บนบุชชิ่งสำรอง H3 ที่ติดตั้งไว้ (ตารางที่ 5)

Transformer Bushing C1 Test										
Designation	C1 [pF]	% PF 60 Hz			% PF 1 Hz			% PF 505 Hz		
		Measured	ITC 20°C	IR	Measured	ITC 20°C	IR	Measured	ITC 20°C	
H3 – replace	231.9	0.24	0.35	G	0.26	0.24	G	1.10	1.22	I

ตารางที่ 5: ผลการวัดค่า C1, 10 kV LF PF และ 250 V NB DFR ของบุชชิ่ง H3 ก่อนการเปลี่ยน

- ผลการทดสอบ LF PF สำหรับบุชชิ่ง H3 ที่วัดด้วยแรงดัน 10 kV ค่าทดสอบเป็นที่ยอมรับ อย่างไรก็ตาม ผลลัพธ์ LF PF ที่เปรียบเทียบคุณสมบัติของ ITC นั้นประมาณ 1.5 เท่าของค่าที่วัดได้ ในขณะที่ค่าที่วัดด้วยความถี่ 1 Hz และผลลัพธ์การเปรียบเทียบคุณสมบัติของ ITC นั้นใกล้เคียงกัน และผลการทดสอบที่ความถี่ 505 Hz PF นั้นไม่ปกติและสูงกว่าอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเทียบกับผลการทดสอบ PF สำหรับบุชชิ่ง H1 และ H2
- การทดสอบ NB DFR สำหรับบุชชิ่งที่เปลี่ยน H3 เผยให้เห็นการตอบสนองที่ไม่ปกติ โดยมีการสูญเสียสูงอย่างผิดปกติในช่วงความถี่สูง (กราฟสีน้ำเงินในรูปที่ 3)



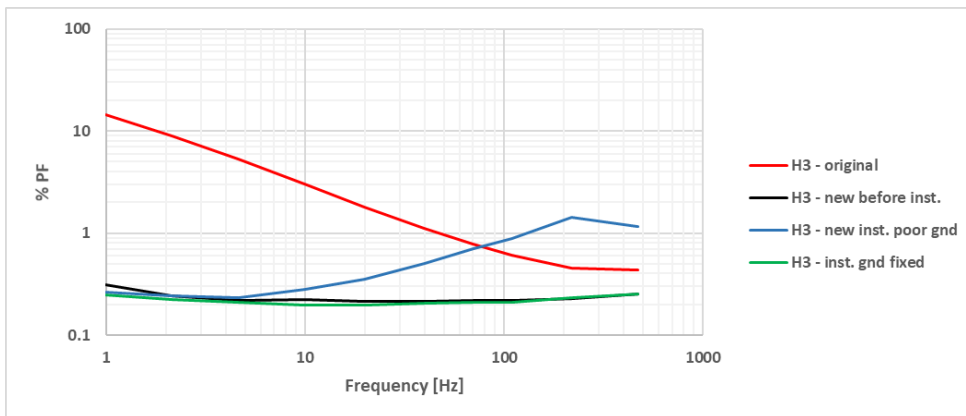
รูปที่ 3: ผลของกราฟที่เกิดจากการเปลี่ยนบุชชิ่ง H3 ส่งผลต่อการทดสอบ NB DFR

Transformer Bushing C1 Test										
Designation	C1 [pF]	% Power Factor 60 Hz			% Power Factor 1 Hz			% Power Factor 505Hz		
		Measured	ITC 20°C	IR	Measured	ITC 20°C	IR	Measured	ITC 20°C	IR
H3 – gnd fixed	231.8	0.22	0.23	G	0.3	0.26	G	0.26	0.24	G

ตารางที่ 6: ผลการวัดค่า C1, 10 kV LF PF และ 250 V NB DFR หลังการเปลี่ยนบุชชิ่ง H3, ก่อนและหลังการแก้ไขกราฟ

- ข้อมูลนี้เกี่ยวข้องกับความสำเร็จในการเชื่อมต่อของหน้าแปลนบุชชิ่งกับตัวถังที่ต่อลงกราวด์ ในการตรวจสอบปัญหาการต่อลงกราวด์หากเกิดความน่าสงสัย ผู้เชี่ยวชาญด้านการทดสอบได้ใช้สายรัดกราวด์กับหน้าแปลนบุชชิ่งและทำการทดสอบ LF PF และ NB DFR ซ้ำ (ตามตารางที่ 6) สังเกตเห็นว่าเป็นการปรับปรุงค่าที่สำคัญของผลการทดสอบ LF PF และผลทดสอบ การตอบสนองของไดโอดเล็กทรอนิกส์ด้วยสายรัดกราวด์ที่ใช้งานอยู่ (ตามเส้นกราฟสีเขียวในรูปที่ 3)

- มีข้อน่าสังเกตว่าผู้เชี่ยวชาญด้านการทดสอบภาคสนามไม่มีประสบการณ์ในการตรวจจับกราวด์ของหน้าแปลนบushing ที่ไม่ดีมาก่อน เมื่อนำสาเหตุที่พบได้ของความผิดปกติจากความถี่ 505 Hz นี้ ผู้เชี่ยวชาญได้ใช้มัลติมิเตอร์และวัดความต้านทานระหว่างพื้นตัวถังและหน้าแปลนบushing โดยไม่สามารถสังเกตเห็นค่าความต้านทานที่บ่งบอกถึงปัญหาได้ ต้องใช้เครื่องมือทดสอบค่าความต้านทานชนิดสี่ขั้วเท่านั้น ผู้เชี่ยวชาญจึงสามารถตรวจจับค่าความแตกต่าง "ก่อนและหลัง" ได้ สิ่งนี้ได้เน้นย้ำถึงความสามารถที่ยอดเยี่ยมของการทดสอบ NB DFR ต่อระบบกราวด์ของบushing ไม่ดีพอ
- กราฟ NB DFR ของบushing H3 ตัวเดิม bushing ที่ทดแทน H3 ก่อนการติดตั้ง หลังจากการติดตั้งที่มีการต่อลงกราวด์ไม่ดี และสุดท้ายอยู่ในสภาพ 'ด้านซ้าย' หลังจากคืนการเชื่อมต่อกาวด์ที่ดีดังแสดงในรูปที่ 5 ซึ่งให้ภาพที่ชัดเจนและย้ำเตือนว่าbushing ตัวเดิมนั้นแย่มากไหน NB DFR ที่ใช้งานได้จริงสำหรับการตรวจสอบหลังการติดตั้งเป็นอย่างไร และเส้นโค้ง DFR สำหรับbushing ในสภาพที่ดีควรเป็นอย่างไร



รูปที่ 5: แสดงกราฟทดสอบ NB DFR bushing H3 ก่อนและหลัง ติดตั้ง

สิ่งที่ได้รับ:

- การทดสอบ LF PF เป็นแนวทางหลักในการประเมินฉนวนไฟฟ้าแรงสูง หากตรวจพบความแตกต่างที่มีนัยสำคัญระหว่างกราวด์ UST และ GST อาจต้องมีการตรวจสอบเพิ่มเติม bushing จะเป็นส่วนหนึ่งของการวัด GST ที่ทำการวัดรวมกับหม้อแปลงไฟฟ้าจากขดลวดถึงกราวด์ ดังนั้นจึงอาจเป็นปัจจัยในการพิจารณาผลการทดสอบ LF PF Megger ขอแนะนำให้ทดสอบbushing โดยผ่านจุดทดสอบ (Test Tap)
- ตารางที่ใช้ในการเปรียบเทียบแก้ไขอุณหภูมิอาจจะไม่ถูกต้องสำหรับbushing วิธีเดียวที่เชื่อถือได้ในการหาค่า LF PF ที่แท้จริงโดยการใช้อุณหภูมิเทียบเท่าที่ 20 °C ซึ่งเป็นการกำหนดปัจจัย ITC ของอุปกรณ์ทดสอบ
- NB DFR ในช่วงตั้งแต่ความถี่ 1 Hz ถึง 505 Hz สามารถยืนยันการเสื่อมสภาพทั้งในระยะเริ่มต้นและวิเคราะห์การเสื่อมสภาพในฉนวนbushing ได้
- หลังจากติดตั้งbushing แล้ว ขอแนะนำให้ทำการทดสอบ NB DFR ซึ่งเป็นขั้นตอนการตรวจสอบเพื่อตรวจหาการต่อลงกราวด์ที่ไม่ดีระหว่างbushing กับตัวถังหม้อแปลง
- ผลการทดสอบ PF ที่ความถี่ 1 Hz และ 505 Hz มีความหมายที่สำคัญ สำหรับbushing เป็นอย่างยิ่ง และตามที่คุณ Vince Oppedisano จากบริษัท Megger นำเสนอ นั่นคือการใช้ "กล่องจูลทรศน์" ในการทดสอบฉนวน

การชั่งอายุบุชชิ่งและการติดตั้งบุชชิ่ง – วิเคราะห์ด้วยการทดสอบ PF ที่ความถี่ 1Hz และ 500Hz

ข้อมูลผลิตภัณฑ์ที่ใช้อ้างอิง:



DELTA:

- Dedicated capacitance and PF/DF test instrument (also exciting current)
- Narrowband DFR (NB DFR: 1 - 500 Hz)
- Individual Temperature Correction (ITC)
- Voltage Dependence Detection (VDD)



TRAX + TDX

- A multi-functional tester for transformer and substation equipment
- Narrowband DFR (NB DFR: 1 - 500 Hz)
- Individual Temperature Correction (ITC)
- Voltage Dependence Detection (VDD)



IDAX 322

- Megger's DFR test instrument – analysis of moisture content, PF/DF and oil conductivity
- Fast and reliable in high-interference environments (up to 1.4 kVrms test voltage)
- The result of 20+ years of experience in the design and application of DFR test instruments
- Can also perform transformer dry-out monitoring

Megger®



For any inquiry, contact :
Ankit Porwal
Manager - APAC
Power Transformer Segment
M : +91 78384 27788
E : ankit.porwal@megger.com



For any inquiry, contact :
Rohit Sen
Application Specialist
Power Transformer Segment
M : +91 63591 77833
E : rohit.sen@megger.com

Megger India Private Limited

Blue Wave, 3rd Floor, Plot No : C22 & C23, Off Link Road,
Behind Kuber Chambers, Andheri W, Mumbai – 400053, India. E
: india.marketing@megger.com | W : www.megger.com/in

The word “Megger” is a registered trademark.
Copyright © Megger Limited 2020



บริษัท แอดวานซ์ เทคโนโลยี อีควิปเมนท์ จำกัด
แปดและเรียบเรียง

