The background of the slide is a photograph of a high-voltage transformer. The transformer is a large, grey, rectangular metal cabinet with several cooling fans mounted on its side. On top of the cabinet, there are several high-voltage insulators. A control panel is visible on the left side of the cabinet, featuring several gauges and a door with a yellow label that reads "P14276". The sky in the background is overcast and grey.

Identificación de problemas
de envejecimiento e
instalación, en bornas de
alta tensión

CASO DE ESTUDIO

1 and 500 Hz
Análisis en bornas

Identificación de problemas de envejecimiento e instalación en bornas de AT – Análisis con FP de 1 y 500 Hz

Antecedentes:

- Las bornas de prueba son de 69 kV instaladas en un transformador de dos devanados Dyn1 de 10 MVA y 69/13,09 kV. Después de realizar el mantenimiento del cambiador de tomas en carga (OLTC), el propietario de la empresa de servicios, realiza pruebas eléctricas. Este transformador es de 1969.

Resumen:

- En el ensayo Pruebas generales del factor de potencia a frecuencia de línea del transformador (PF FL): Las pérdidas medidas para el aislamiento de baja a tierra (CLG) y alta a tierra (CHG), fueron más altas, que las medidas para el sistema de aislamiento de interbobinado o de alta a baja (CHL) del transformador. Los resultados de las pruebas PF FL corregidas por temperatura (es decir, 20 °C equivalentes) para la condición de aislamiento CLG y CHG se encontraban dentro de los límites aceptables (< del 0,5 %), e incluso dentro de los límites establecidos para los transformadores nuevos. Sin embargo, el resultado de la prueba CHG LF PF (0,43 %) fue aproximadamente 1,8 veces el resultado de CHL LF PF (0,24 %) (Tabla 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	

Tabla 1: Resultados generales de la prueba LF PF del transformador - condición inicial

- Basándose en experiencias recientes, utilizando pruebas de respuesta de frecuencia dieléctrica de banda corta (NB DFR) y casos de éxito en la búsqueda de problemas ocultos no observados por las pruebas de PF FL, se llevó a cabo una prueba de NB DFR. Una prueba NB DFR es la medición de % FP o % TD a diferentes frecuencias desde 1 Hz hasta 505 Hz.

- Además, se realizó pruebas de FP FL 10 kV C1 en las bornas de bobinado de lado AT del transformador (Tabla 2). La Borna H3 produjo resultados elevados de las pruebas de PF FL (medidos y corregidos por temperatura) que fueron notablemente mayores que los resultados de las bornas de las otras fases del transformador. En consecuencia, los resultados de la prueba de PF FL con corrección de temperatura en las bornas H1 y H2 son correctos para bornas en buenas condiciones (G), mientras que el resultado de la prueba de PF FL con corrección de temperatura para la borna H3 es indicativo de una borna envejecida (A) aging.
- Los resultados de la prueba también muestran una anomalía interesante en los valores de "corrección de temperatura individual". Se utiliza un factor de corrección de temperatura (TC) para determinar el valor LF PF equivalente a 20 °C de una muestra cuando la muestra se prueba con factor de potencia a una temperatura distinta de 20 °C.
- Un factor ITC, es un factor TC que es único para cada muestra de prueba, ya que se basa en la condición específica de la muestra. Tenga en cuenta que el factor ITC para la borna H3 (~ 0,6) es diferente de los factores ITC determinados para las bornas H1 y H2 (~ 1,04). La falta de uniformidad que existe en estos factores ITC es una clara indicación de que el buje H3 tiene una condición de aislamiento diferente a la de los bujes H1 y H2.

Análisis de la prueba de la borna del transformador C1

- Los factores ITC son mucho más precisos que los factores TC a los que se accede en una tabla de consulta. Para subrayar el problema con las tablas de búsqueda de corrección de temperatura, considere lo siguiente:
 - Si el usuario final se hubiera basado en tablas de corrección, el factor tc se habría determinado sobre la base del promedio de las temperaturas ambiente y de las bornas. Esto habría dado lugar a un factor tc cercano a la unidad para las tres bornas – válido para las bornas H1 y H2 pero no para H3.
 - La borna H3 se habría eliminado en este escenario debido a un valor de FP > 1%. Sin embargo, si la borna se hubiera probado a 10 °C en lugar de a ~ 30 °C, los resultados de la prueba de PF medidos y con corrección de temperatura mediante tablas de consulta podrían haber sido lo suficientemente bajos como para pasar los criterios de aceptación como una unidad normal envejecida en servicio.

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

Tabla 2: Resultados de las pruebas C1 para las bornas del lado de alta, incluidos los resultados de 10 kV LF PF y 250 V NB DFR, medidos y corregidos por temperatura mediante el método ITC

- Dados los resultados de la prueba PF FL, la empresa de servicios realizó pruebas NB DFR en las bornas del lado alta. Las mediciones de 1 Hz y 505 Hz de esta prueba se proporcionan en la Tabla 2. Estos resultados afirman el buen estado y la calificación de la borna H1 y H2, pero los valores obtenidos en la borna H3 denotan una calificación de investigación.

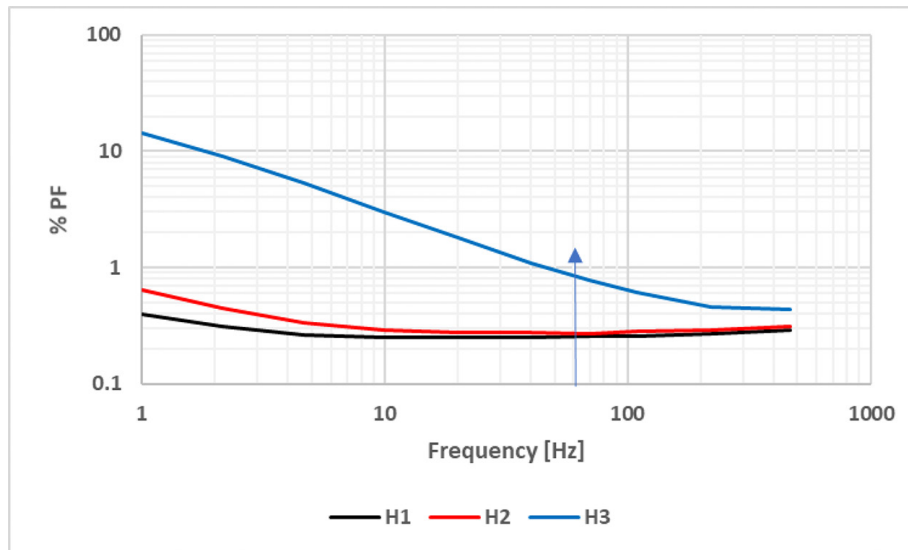


Figura 1: Resultados NB DFR en las bornas de 69kV desde AT

Los resultados de la prueba NB DFR para la borna H3 (línea azul en la Figura 1) muestran las siguientes dos características eléctricas preocupantes y que ameritan su reemplazo,

- Una borna en buenas condiciones tendrá un valor de FP con corrección de temperatura ITC $\leq 1\%$ a 1 Hz. El resultado de la prueba de PF de 1 Hz con corrección de temperatura de ITC de la borna H3 fue 7,92% (Tabla 2).
- El resultado de la prueba LF PF de 10 kV, 1.1% (Tabla 2), y el resultado de la prueba LF PF a 250 V, un voltaje de prueba NB DFR típico, tomado de la Figura 1, 0.8%, son diferentes. Esto implica una dependencia del voltaje de los resultados de la prueba LF PF.

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

Tabla 3: Resultados de las pruebas C1 antes de la instalación de sustitución de H3, LF PF de 10 kV y NB DFR de 250 V

- Antes de instalar la borna en el transformador, se realizaron pruebas LF PF y NB DFR en la borna de reemplazo H3 para confirmar su integridad. Los resultados de las pruebas LF PF y NB DFR indicaron el buen estado del buje (G) (Tabla 3) (Figura 2).

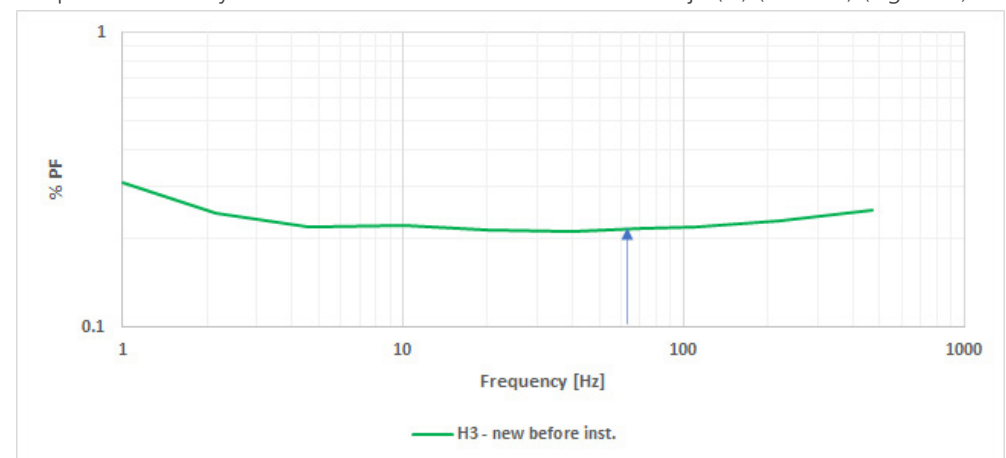


Figura 2: Resultados de las pruebas NB DFR de la borna nueva antes de instalación.

Identificación de problemas de envejecimiento e instalación en bornas de AT – Análisis con FP de 1 y 500 Hz

- Después de reemplazar la borna H3, la empresa de servicios repitió las pruebas generales de PF FL en el transformador para observar qué efecto tuvo el reemplazo del buje H3 en las características generales de la prueba de aislamiento de bobinado de alta tensión (Tabla 4). Se observó una mejora notable.

Test No.	Insulation Tested	Test Mode	Test Lead Connections				TEST kV	DFR	Capacitance C (pF)	POWER FACTOR %			Equivalent @ 10 kV		%VDF	IR
			HV	Red	Blue	Gnd				Measured	@ 20°C	Corr Factor	mA	Watts		
			Hookup Diagram							ITC			Transformer Overall Test Results			
1	C _{HG} + C _{H_L}	GST-GND	H	L		G	10.00		5,922.59	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 _{H_L}	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

Tabla 4: Resultados de la prueba LF PF a 10 kV en el transformador después de la sustitución de la borna H.

- With the problem corrected in the overall winding insulation test results, the utility staff then complemented their now routine procedure with a 10 kV LF PF test on the installed H3 replacement bushing (Table 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

Tabla 5: Resultados de las pruebas C1 posteriores a la instalación para bujes de sustitución de H3, LF PF de 10 kV y NB DFR de 250 V

- El resultado de la prueba de LF PF a 10 kV para la borna de reemplazo de H3 fue aceptable. Sin embargo, el resultado de LF PF corregido por la temperatura de ITC es ~ 1,5 veces el valor medido, mientras que los resultados de 1 Hz medidos y los resultados corregidos por temperatura de ITC son casi los mismos y el resultado de la prueba de PF de 505 Hz es a la vez no típico y notablemente más alto que los resultados de la prueba de PF de 505 Hz para los bujes H1 y H2.
- Las pruebas de DFR NB para la borna de reemplazo H3 instalado revelaron una respuesta no típica, con pérdidas inusualmente altas en el rango de alta frecuencia (curva azul en la Figura 3).

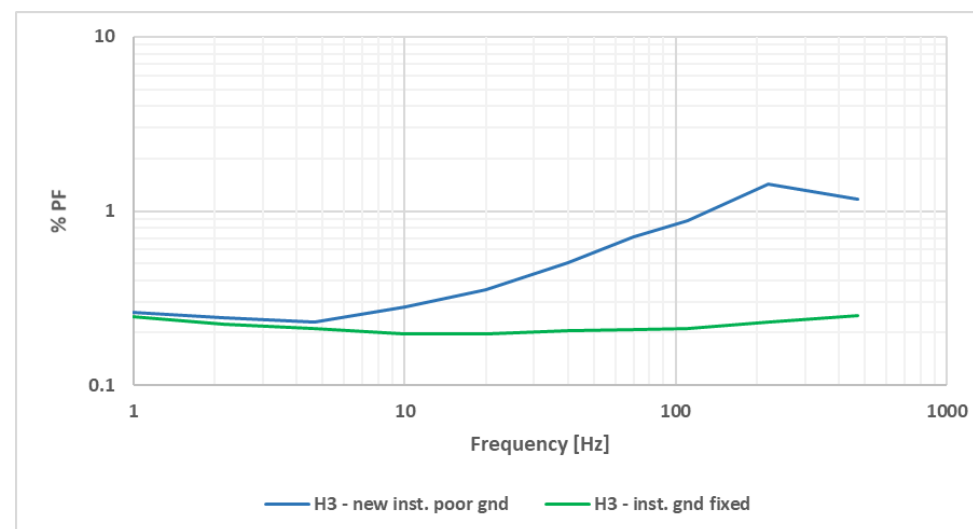


Figura 3: Efecto de conexión a tierra en los resultados de la prueba NB DFR del buje de reemplazo de H3

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

Tabla 6: Resultados de las pruebas C1 posteriores a la instalación en la borna sustituida H3, antes y después de la corrección de puesta a tierra, LFPF de 10 kV y DFR NB de 250 V

- Los datos mostrados se refieren a la integridad de la conexión de la borna a la cuba del transformador. Para verificar el posible problema de puesta a tierra, el especialista aplicó una cinta de tierra a la brida de la borna y repitió las pruebas LF PF y NB DFR (Tabla 6). Se observó una mejora significativa en los resultados de la prueba de PF de LF y en la respuesta dieléctrica con la cinta de tierra en uso (curva verde en la Figura 3).

- Cabe señalar que el especialista en pruebas de campo no tenía experiencia previa en la detección de una mala puesta a tierra de la borna. Cuando se le presentó la causa probable de esta anomalía de 505 Hz, el especialista utilizó un multímetro y midió la resistencia entre la cuba del transformador y la brida de la borna sin previo aviso de una resistencia emitir. Sólo con el uso de un instrumento de ensayo de baja resistencia de cuatro terminales el especialista fue capaz de detectar una diferencia de «antes y después». Esto resalta la sensibilidad excepcional de una prueba de NB DFR en bornas con una mala conexión a tierra.
- Las curvas NB DFR de la borna H3 original, la borna de reemplazo H3 antes de la instalación, después de la instalación con una puesta a tierra deficiente y, finalmente, después de ajustar una buena conexión a tierra se muestran en la Figura 5. Esto permite comparar de manera visual, una borna envejecida, respecto a una borna en condiciones, incluso verificar la conexión correcta de una borna.

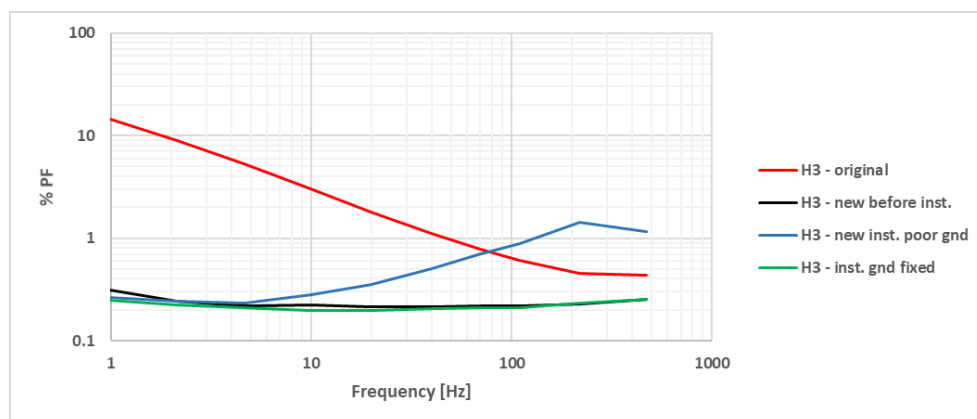


Figura 5: Curvas de prueba DFR NB de bornas H3

Conclusiones:

- Las pruebas de LF PF son el enfoque principal para evaluar el aislamiento de HV. Las diferencias significativas entre las mediciones de UST y GST pueden requerir una mayor investigación. Las bornas constituyen parte de la medición general del GST de un transformador y, por lo tanto, pueden ser un factor en un resultado elevado de la prueba de LF PF de bobinado a tierra. Megger recomienda probar siempre las bornas equipados con una toma de prueba o una toma de potencial.
- Las tablas de búsqueda de corrección de temperatura no son precisas para bornas con aislamiento comprometido. La única forma fiable de acceder al valor verdadero y equivalente de LF PF a 20 °C es determinar el factor ITC en la prueba.
- NB DFR en el rango de 1 Hz a 505 Hz confirma la degradación temprana y avanzada en el aislamiento de una borna.
- Después de la instalación de una borna, se recomienda la prueba NB DFR como un procedimiento de verificación para detectar una mala puesta a tierra.
- Los resultados de las pruebas de PF a 1 Hz y 505 Hz para bornas en particular tienen un gran significado, es el "microscopio" de las pruebas de aislamiento.

Identificación de problemas de envejecimiento e instalación en bornas de AT – Análisis con FP de 1 y 500 Hz

Product Reference:



DELTA:

- Medición de Capacitancia dedicada e instrumento de prueba PF/DF (también corriente excitación):
- DFR de banda corta (NB DFR: 1 - 500 HZ)
- Corrección de temperatura individual (ITC)
- Detección de dependencia de voltaje (VDD)



TRAX + TDX

- Un equipo de ensayo multifuncional para pruebas a transformadores y subestaciones.
- DFR de banda corta (NB DFR: 1 - 500 HZ)
- ITC
- VDD



IDAX 322

- Instrumento de prueba DFR de Megger – análisis del contenido de humedad, PF/DF y conductividad del aceite
- Rápido y fiable en entornos de alta interferencia de hasta 1,4 kV rms
- El resultado de más de 20 años de experiencia en el diseño (y la experiencia) de los instrumentos de prueba DFR
- Puede realizar DFR y NB DFR

Megger[®]



Megger

C/ La Florida 1, Nave 16,
Parque Empresarial Villapark
28670 Villaviciosa de Odón (Madrid)

+34 916 165 496 / info.es@megger.com

www.es.megger.com

1-500Hz_AnalysisBushings_CaseStudy_ES_V2

La palabra "Megger" es una marca registrada. Copyright © 2021