



ALTANOVA

A DOBLE COMPANY



Detección y monitoreo de Descargas Parciales en interruptores con SF6

Erick Castillo

Business Development Manager - Systems

ecastillo@doble.com

ALTANOVA , una empresa de Doble Engineering, proporciona soluciones de diagnóstico a empresas de energía e industrias para mejorar el rendimiento de sus activos eléctricos a través de equipos de prueba portátiles, sistemas de monitoreo avanzado y servicios profesionales.

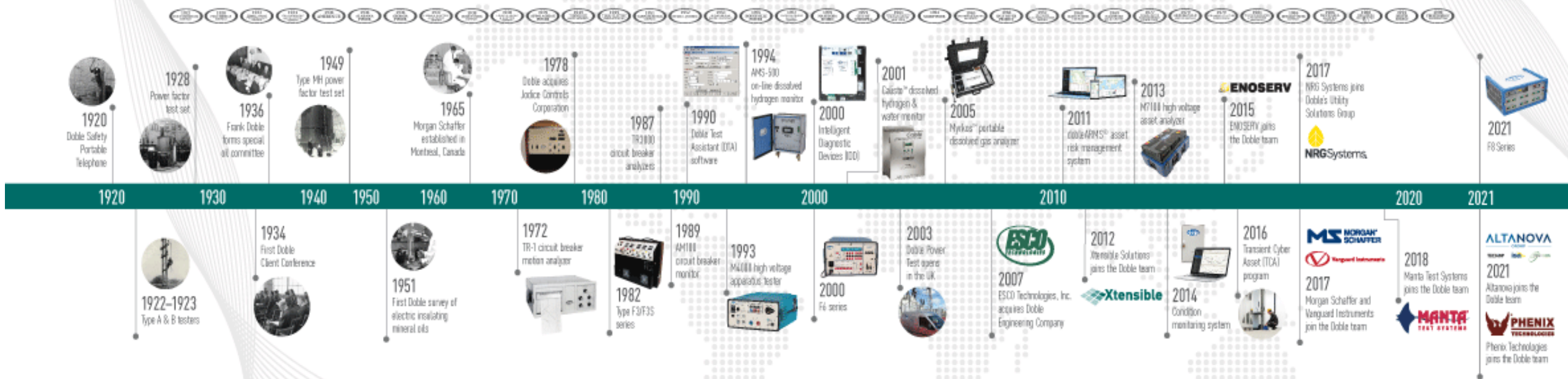
Historia de Altanova

- 1938 I.S.A. Istrumentazioni Sistemi Automatici S.r.l. se estableció en Taino ITALIA.
- 1999 TECHIMP nació indirectamente de la Universidad de Bologna ITALIA.
- 2017 I.S.A. y TECHIMP se fusionan dando origen al Grupo ALTANOVA.
- 2019 INTELLISAW se une al Grupo ALTANOVA.
- 2021 Grupo ALTANOVA pasa a formar parte de Grupo ESCO Technology Group y se une a la empresa Doble Engineering, como parte de la división USG.



Historia de Doble Engineering

100 YEARS OF SERVICE TO THE ELECTRIC UTILITY INDUSTRY



Altanova hoy!



100
PAISES



12

LOCACIONES A
NIVEL GLOBAL



150+
EMPLEADOS



150+
SOCIOS DE VENTAS



5550+
CLIENTES A NIVEL GLOBAL



Parte de ESCO Technologies'
Utility Solutions Group

MARCAS DE PRODUCTOS



Nuestras Soluciones

Equipos de Pruebas Eléctricas

Imprescindible para las pruebas de mantenimiento del día a día de los activos eléctricos. Útil en fases específicas del ciclo de vida de los activos:

- Obtener.
- Operar.
- Mantener.
- Desmantelar.

Servicios Profesionales

Oferta diversificada según el ciclo de vida del activo eléctrico:

- Instalación y puesta en marcha.
- Prueba de diagnóstico.
- Análisis de los datos.
- Consultoría.
- Capacitación.



Sistemas de Monitoreo

Pase de un mantenimiento basado en el tiempo a un mantenimiento basado en la condición.

Concéntrese en el mantenimiento predictivo y cambie el enfoque del costo del valor del activo eléctrico a los costos de interrupción de la red.

Fuerte evolución de la tendencia de digitalización en la industria eléctrica.

Soluciones para Pruebas y Monitoreo:

- Transformadores de potencia.
- Interruptores.
- Equipo de conmutación HV con aislamiento de gas.
- Cables MV/HV/EHV.
- Equipo de conmutación MV/LV.
- Baterías.
- Transformadores de Corriente & Voltaje.
- Relevadores de protección.
- Medidores y transductores.
- Máquinas Rotarias.
- Variador de frecuencia.
- Catenarias.



Estadísticas de fallas de GIS

Los interruptores de aislamiento con gas (GIS, por sus siglas en inglés) han alcanzado un alto grado de confiabilidad y disponibilidad.

Sin embargo, las fallas no se pueden excluir totalmente, como muestra la experiencia en servicios. Aparte de la manufactura, pueden inducirse defectos durante el transporte e instalación o por envejecimiento, en el transcurso del tiempo.

Dichos defectos se detectarán lo antes posible, en cualquier caso antes de que se cause una interrupción.

Resumen

- Detección de DP en GIS
- Fenómenos de DP en GIS
- Patrón PRPD y otros
- Estándares internacionales de DP en GIS
- GIS y detección de DP
- Técnicas de localización
- Casos de estudio



Detección de DP en GIS

Dominio del tiempo y dominio de la frecuencia

Sensores acústicos

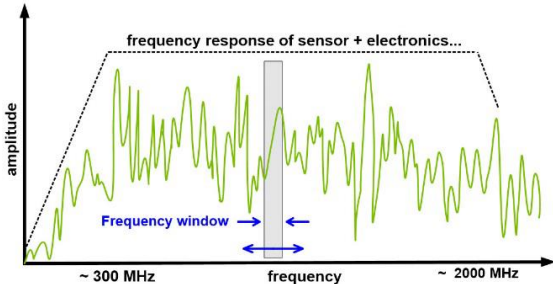
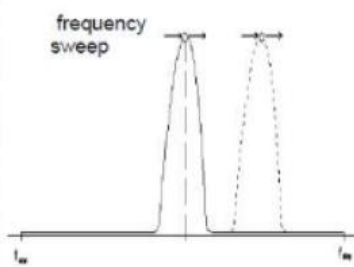
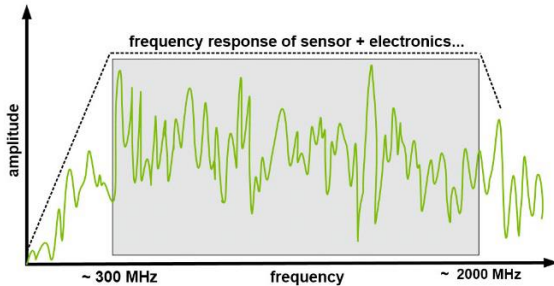
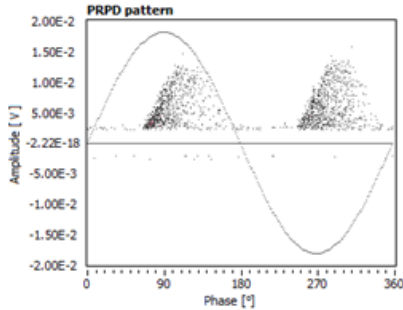
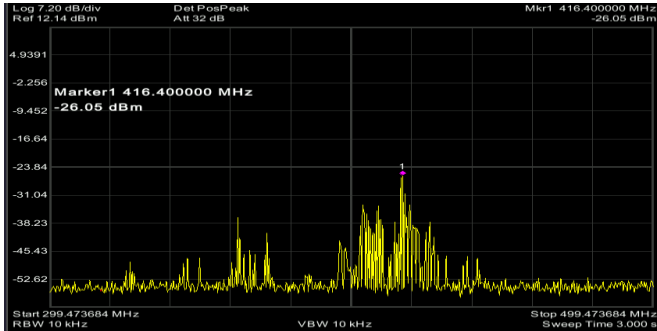
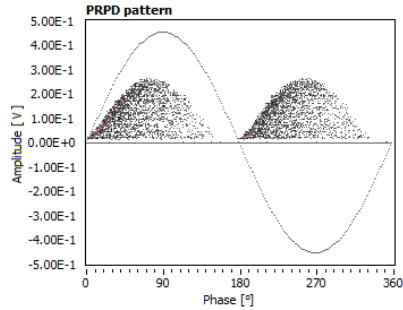
UHF – acoplador de ventana

UHF – acoplador de barrera

UHF – acoplador interno

Dominio del tiempo y dominio de la frecuencia

Dependiendo del enfoque se esperan diferentes resultados

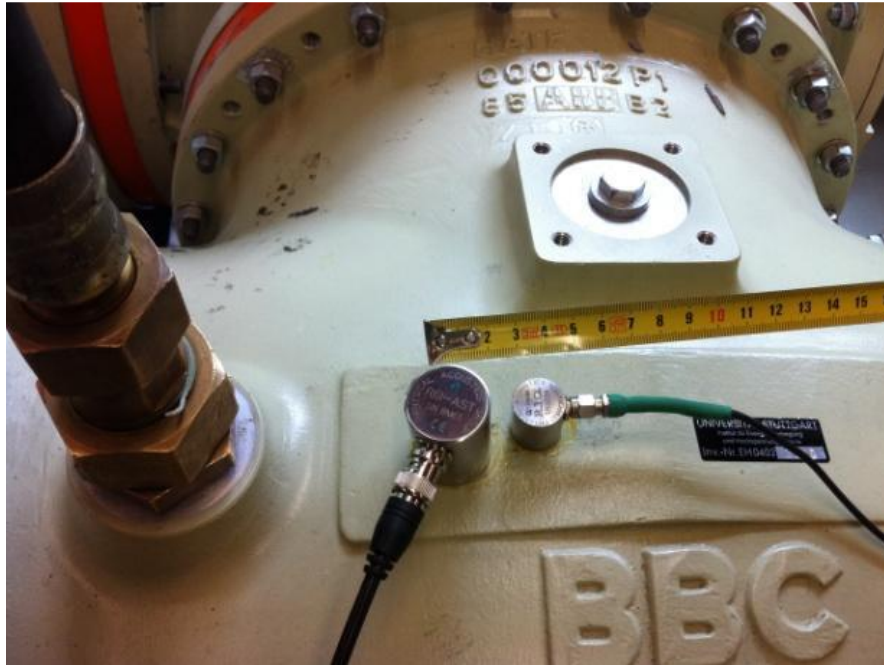
Clase	Medición en el dominio de la frecuencia		Medición en el dominio del tiempo
Modo	Intervalo cero	Barrido completo de espectros	Banda ultra ancha
Banda	 frequency response of sensor + electronics... amplitude Frequency window ~ 300 MHz frequency ~ 2000 MHz	 frequency sweep f_m f_n	 frequency response of sensor + electronics... amplitude ~ 300 MHz frequency ~ 2000 MHz
Patrón DP	 PRPD pattern Amplitude [V] Phase [°]	 Log 7.20 dB/div Ref 12.14 dBm Det PosPeak Att 32 dB Mkr1 416.400000 MHz -26.05 dBm Marker1 416.400000 MHz -26.05 dBm Start 299.473684 MHz RBW 10 kHz VBW 10 kHz Sweep Time 3.000 s Stop 499.473684 MHz	 PRPD pattern Amplitude [V] Phase [°]

Detección de DP en interruptores GIS

Los mecanismos de descarga implicados en los fenómenos justifican los siguientes métodos de detección, cada uno de los cuales tiene diferentes prestaciones en función de las características del defecto originario de las descargas:

- **Eléctrica conducida:** para las corrientes impulsivas generadas,
- **Eléctrica radiada:** para la onda electromagnética irradiada por el pulso de corriente,
- **Óptica:** para las fotoionizaciones y fotoemisiones involucradas en los procesos DP,
- **Acústico:** para la onda de presión generada por la descarga,
- **Químico:** para la formación de compuestos químicos.

Sensores acústicos



Frecuencia: 5kHz – 100kHz

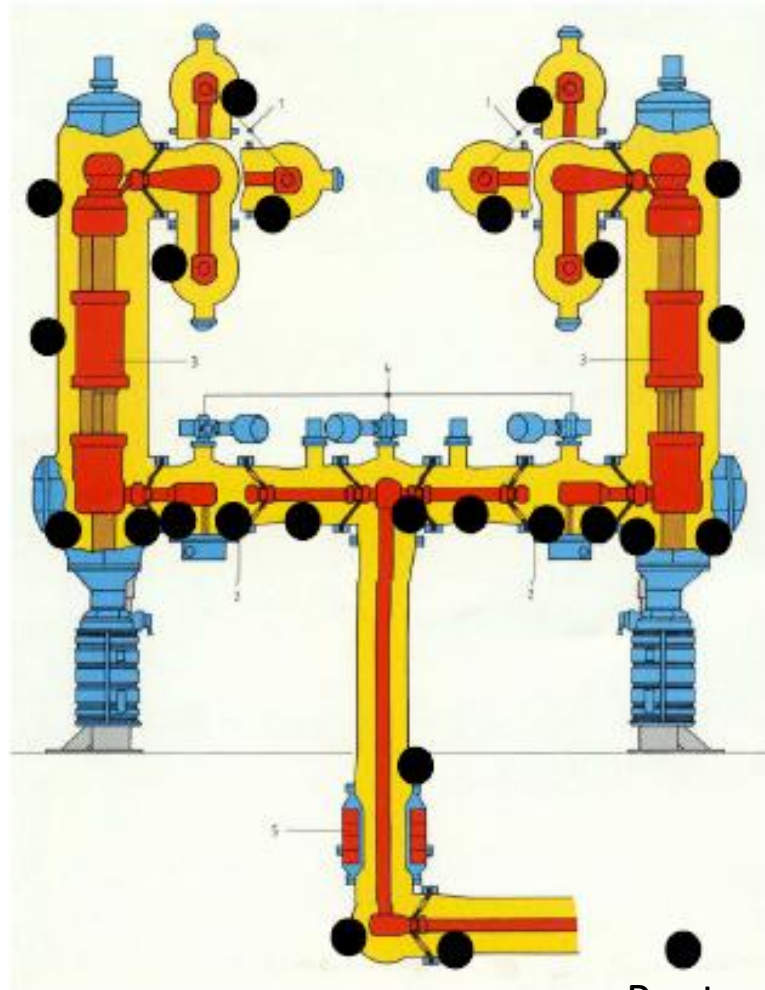
Requiere buen contacto

Se puede aplicar a todos los GIS

Requiere cuidado durante la prueba: grasa y sin vibraciones



Prueba de sensores acústicos



Punto
detección

- Las pruebas se realizan al instalar el sensor directamente en la carcasa del GIS usando grasa para un buen contacto físico.
- Dos mediciones en cada sección del GIS separada por barreras de gas (ver punto de detección en el diagrama).
- Cada punto de medición será probado por algunos segundos.
- El tipo de defecto se reconoce por su firma.

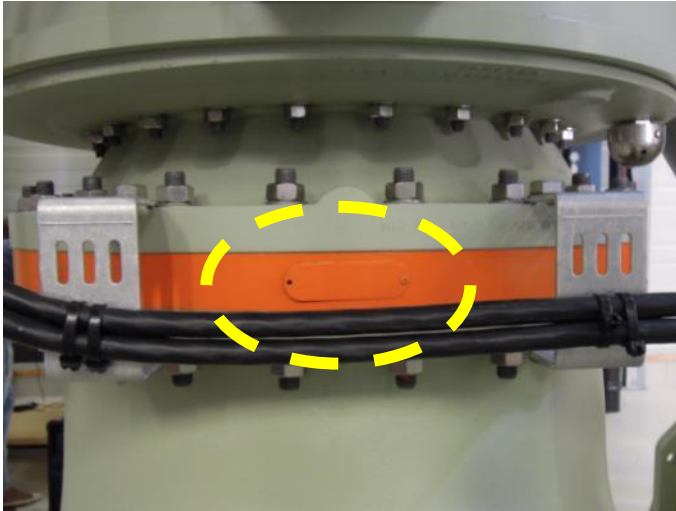
UHF – Acoplador de ventana



- Para utilizarse con ventanas de inspección.
- Baja sensibilidad.
- Afectado por el ruido del entorno.
- Blindaje efectivo de señales externas sólo con diseño de ventanas de inspección personalizadas.



UHF – Acoplador de barrera

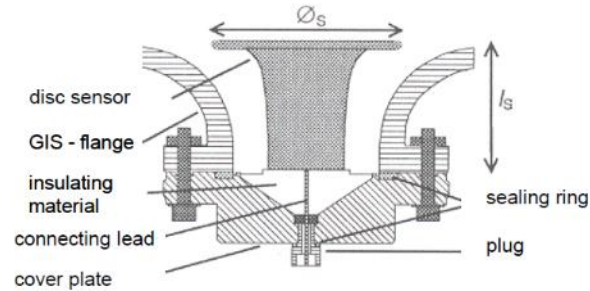


- Aplicable a barreras de gas aisladas, normalmente disponible en punto de inyección de resina colada.
- Baja sensibilidad.
- Afectado por el ruido ambiental
- Aplicable a terminaciones de cables de Alta Tensión.



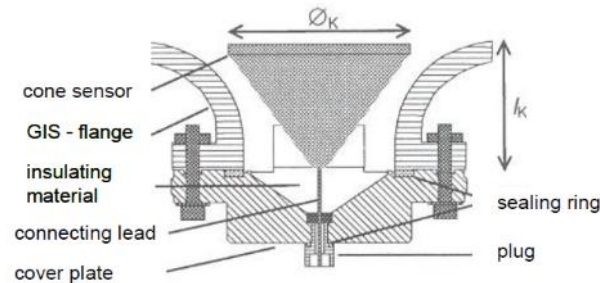
Acoplador interno UHF

Sensor disco UHF



*imagen de Cigrè TB 444

Sensor cono UHF



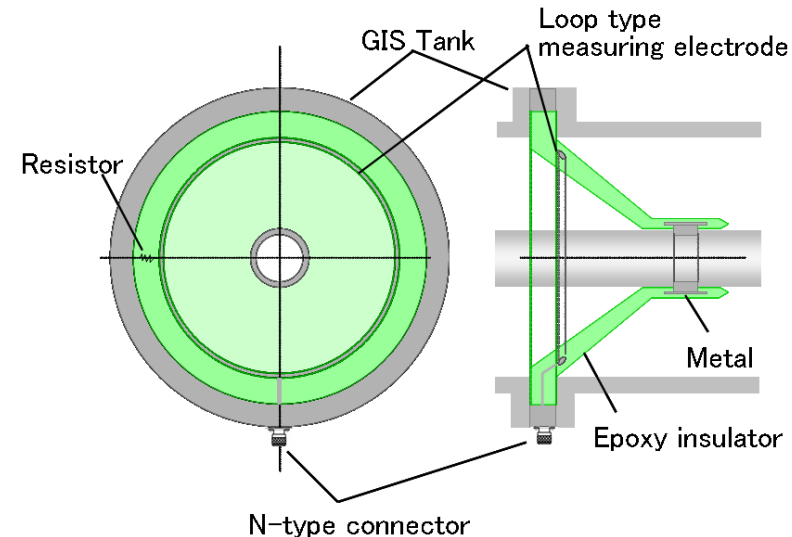
*imagen de Cigrè TB 444

- Accesorios opcionales del OEM del GIS
- Alta relación señal/ruido (SNR)
- Frecuencia: depende del OEM
- Perturbaciones: solamente de líneas aéreas y terminaciones de cable
- Debe verificarse la cadena de medición, diferentes acopladores UHF tienen diferentes funciones de transferencia.

Acoplador interno UHF



- Los sensores UHF con forma de bucle para instalaciones de campo siempre se fabrican como parte de los espaciadores de aislamiento, no se pueden adaptar después.
- El diámetro de este tipo de sensor tipo bucle puede ser casi el diámetro del tanque.



*imagen de Cigrè TB 444

PRPD y gráficos de análisis

- Patrón de Descargas Parciales de Fase Resuelta (PRPD)
- Barrido de Frecuencia
- Gráfico de barras
- Amplitud vs intervalo



Patrón DP de Fase Resuelta

La magnitud de los pulsos DP (pC, mV, dB) se traza con respecto a la referencia de voltaje aplicada expresada en ángulo de fase.

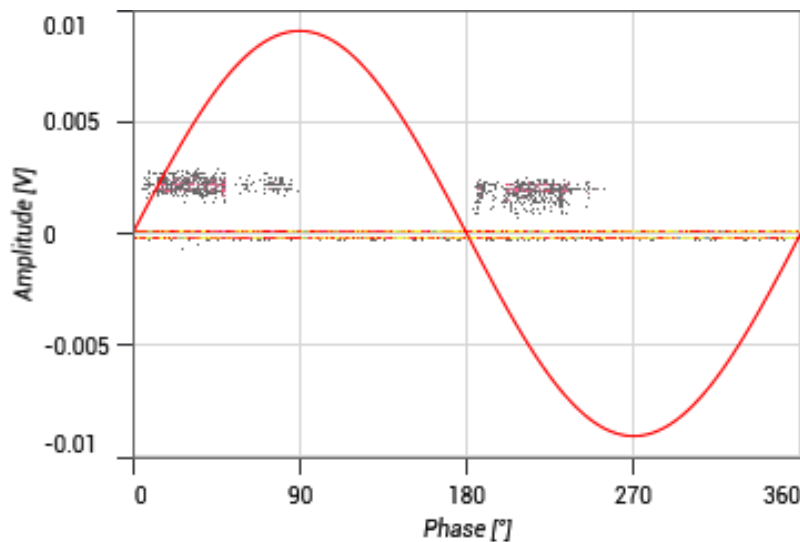
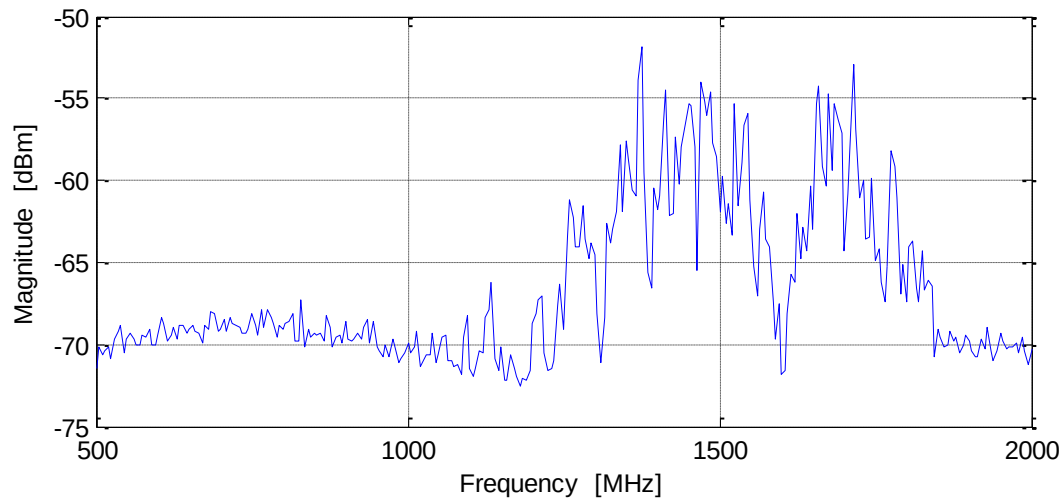


Gráfico popular para desplegar evento de DP correlacionado con el voltaje aplicado, se puede encontrar en la literatura varios patrones PRPD relacionados con el defecto.

Se utiliza con detectores UWB.

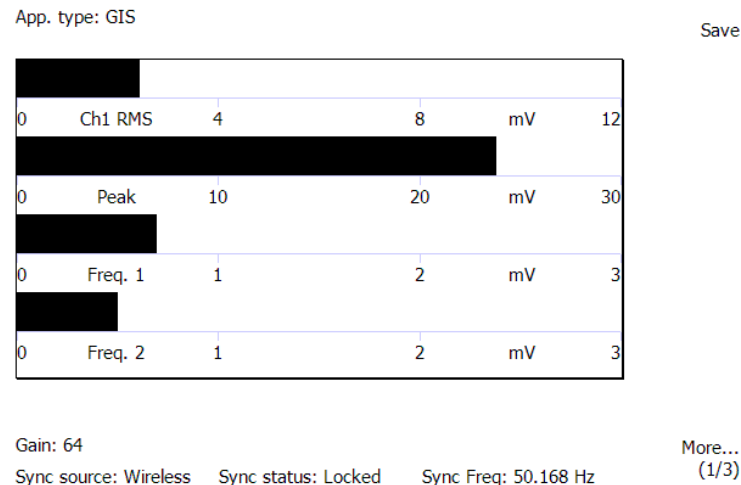
Barrido de frecuencia



- Rango de frecuencia seleccionable.
- Puede usarse para investigar un rango de frecuencia específico.
- Se disponen algunas firmas de defectos en la literatura.
- Análisis relativo entre diferentes puntos de detección (es decir, ruido de referencia)

Gráficos de barras

Enfoque interesante en la señal acústica, utilizado mientras se mueve el sensor en diferentes posiciones a lo largo del GIS.



El valor efectivo (RMS) de la señal acústica

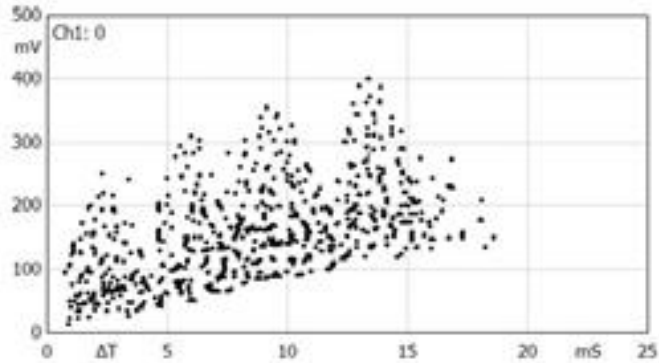
El pico máximo de la señal

La correlación de la señal acústica con la frecuencia base
→ fenómeno de polaridad única

La correlación de la señal acústica al doble de la frecuencia base → fenómeno con polaridad doble

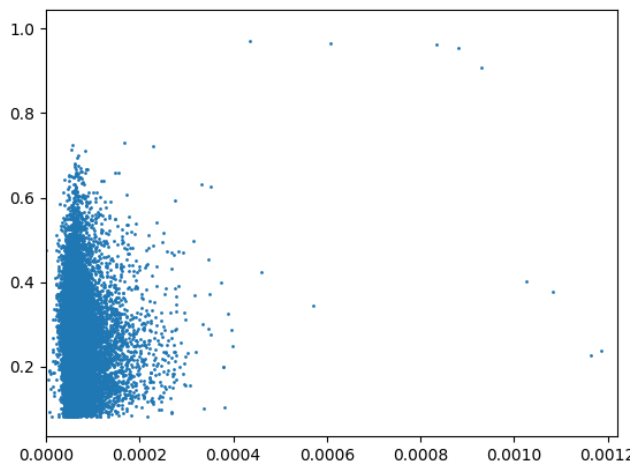
Amplitud vs Intervalo

Amplitud del pulso DP graficado respecto al tiempo entre descargas.



Los mismos pulsos que se puedan trazar en el patrón PRPD tendrán una huella digital significativa.

Las partículas que rebotan tienen un patrón bien definido, se han introducido métodos para derivar dimensiones y altura de rebote.





Fenómenos DP en GIS

- Partículas en movimiento libre
- Partículas sobre el aislante
- Protuberancias
- Electrodo Flotante
- Vacío en el aislador

Fenómenos DP en GIS

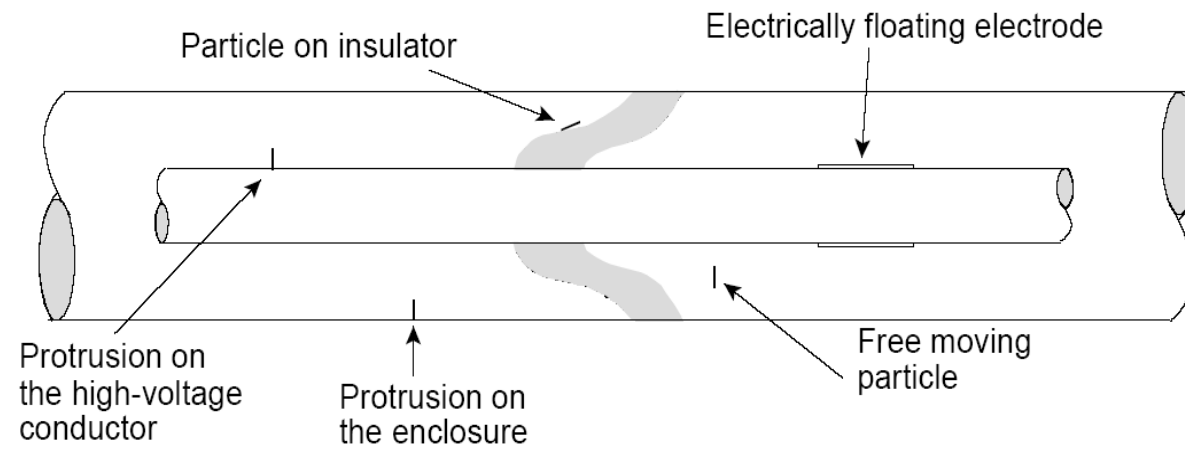
De acuerdo con TF 15.11/33.03.02, los tipos de DP típicos dependiendo de la fuente de actividades DP son las siguientes::

Partículas en movimiento libre

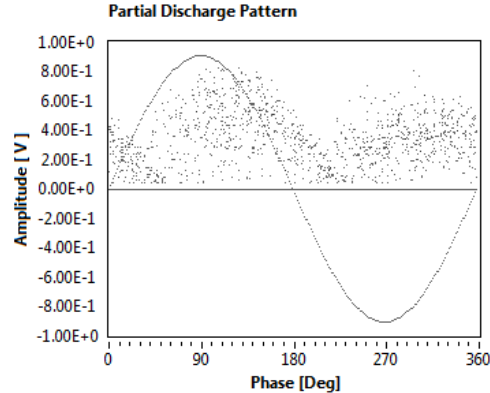
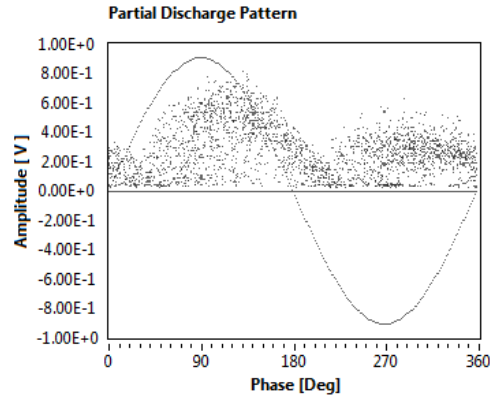
Electrodo flotante

Protuberancias

Partículas fijadas en aisladores

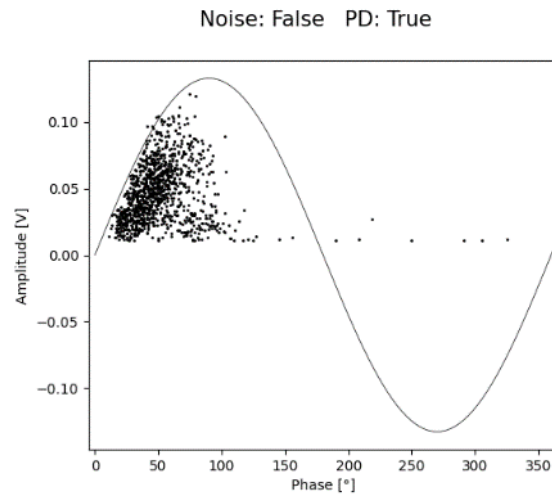
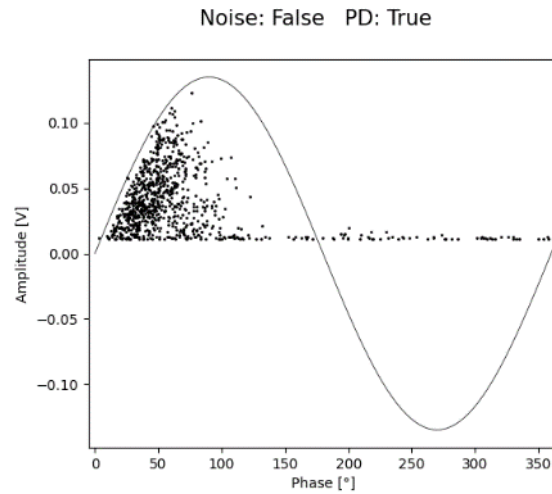


Partículas móviles



- Fenómeno caracterizado por comportamiento irregular y baja tasa de repetición.
- A partir del análisis del patrón PRPD a menudo ocurre con una superposición entre los grupos de polaridad.
- Detectable con amplitud acústica – gráfica de tiempo entre descargas.

Partículas en aisladores



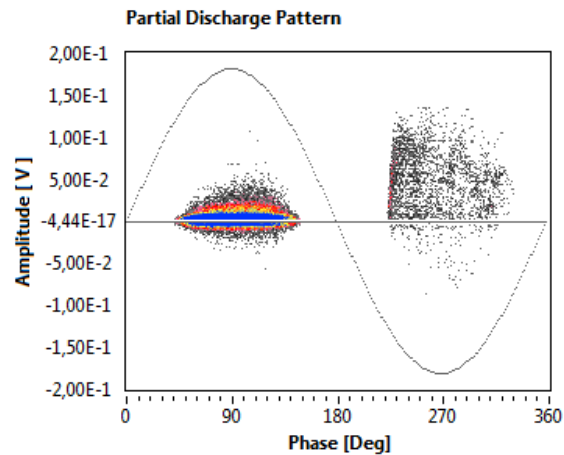
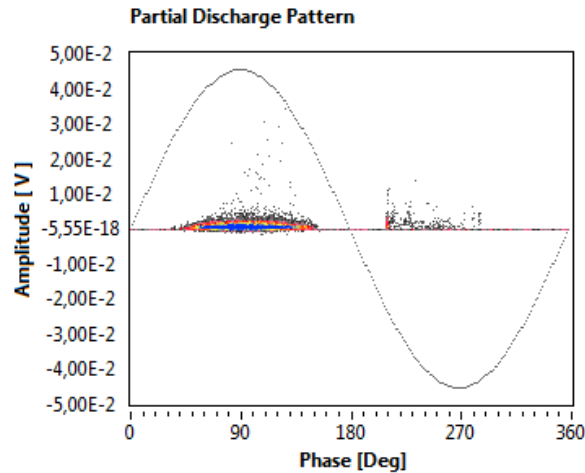
- Patrón PRPD puede ser unipolar
- Tasa de repetición moderada
- Triangular – como patrón PRPD común

Protuberancias

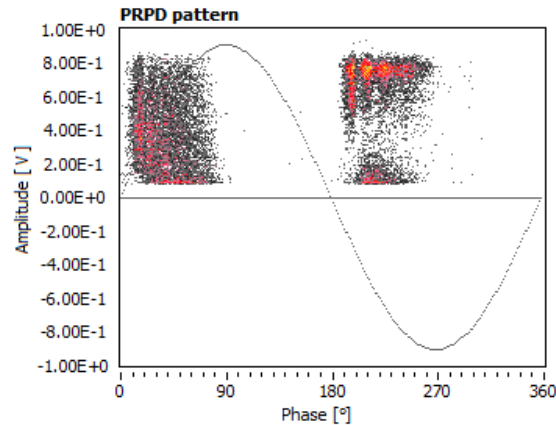
Causa: mal montaje, rayado de piezas durante vida útil, (operación de los contactos).

Protuberancia en:

- Conductor AT, más peligroso, debido al alto campo
- Carcasa, menos peligroso, debido al bajo campo

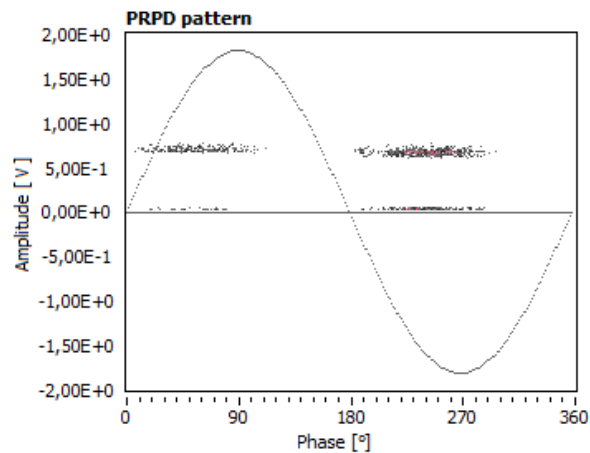


Electrodos flotantes

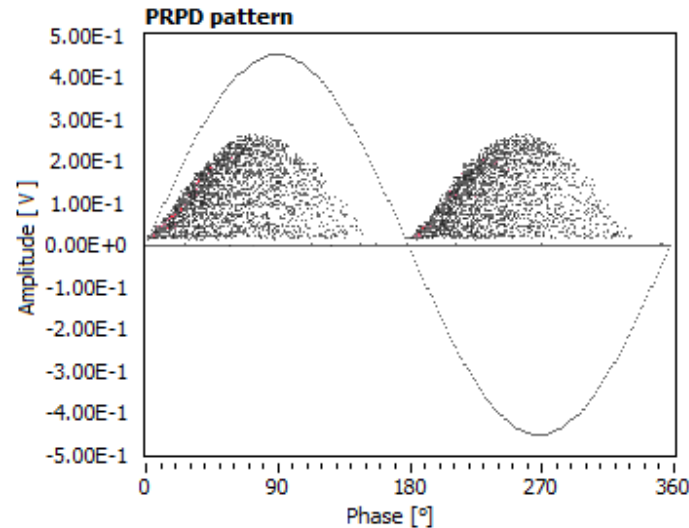


Contactos malos y sueltos

- Alta amplitud
- Alta tasa de repetición
- Baja dispersión de amplitud con respecto al ángulo de fase



Un objeto externo puede presentar el mismo patrón PRPD



- Distribución interna PRPD
- Posible comportamiento intermitente

El fenómeno puede caracterizarse por una tasa de repetición muy baja debido a la disponibilidad de electrones para iniciar la avalancha de electrones.



Normas internacionales de DP en GIS

- Cigrè TB 444
- Cigrè TB 662
- Cigrè TB 525
- Cigrè TB 654
- IEC 62271
- IEEE 1291

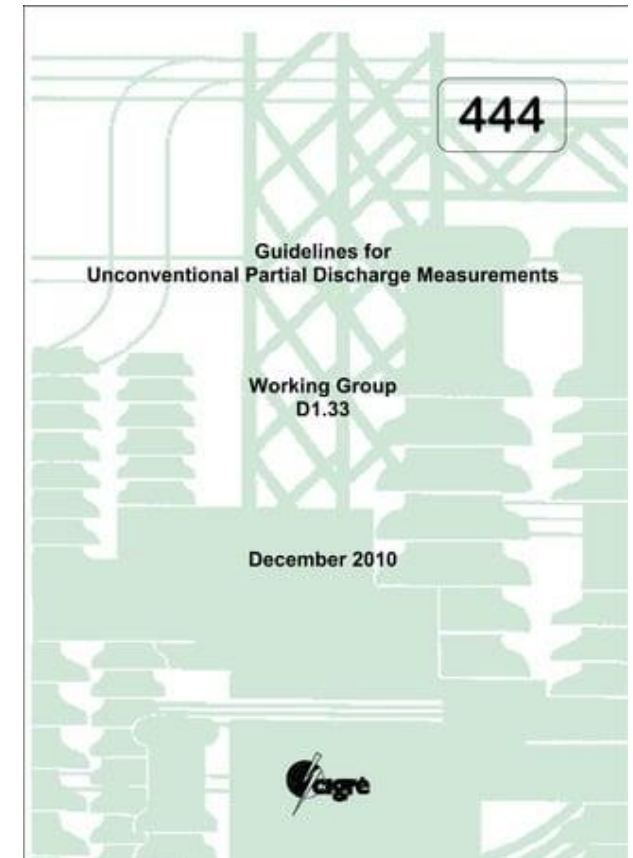
Cigrè TB 444

Directrices para mediciones de DP no convencionales

Folleto completo, las mediciones de DP no convencionales se discuten desde el sensor hasta los problemas de transmisión de la señal y verificación de sensibilidad.

Contiene todas las aplicaciones posibles divididas por activo (cable, transformador, GIS, etc...)

Comprobación de sensibilidad para GIS tratado directamente.



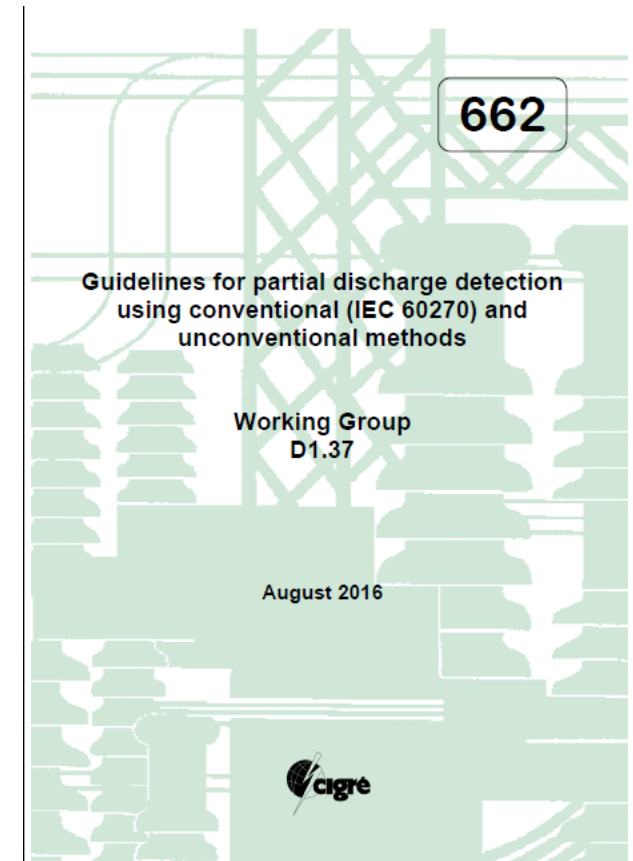
Cigrè TB 662

Directrices para la detección de DP utilizando métodos convencionales y no convencionales

Capítulo 2: INTERRUPTORES AISLADOS POR GAS (GIS)

Amplia gama de temas: desde los conceptos básicos de IEC60270 hasta las técnicas acústicas y UHF no convencionales.

Varias consideraciones sobre la propagación de señales, técnicas de localización por tiempo de vuelo (TOF) y casos de estudios de sitio de detección de DP y ruido de interferencia.

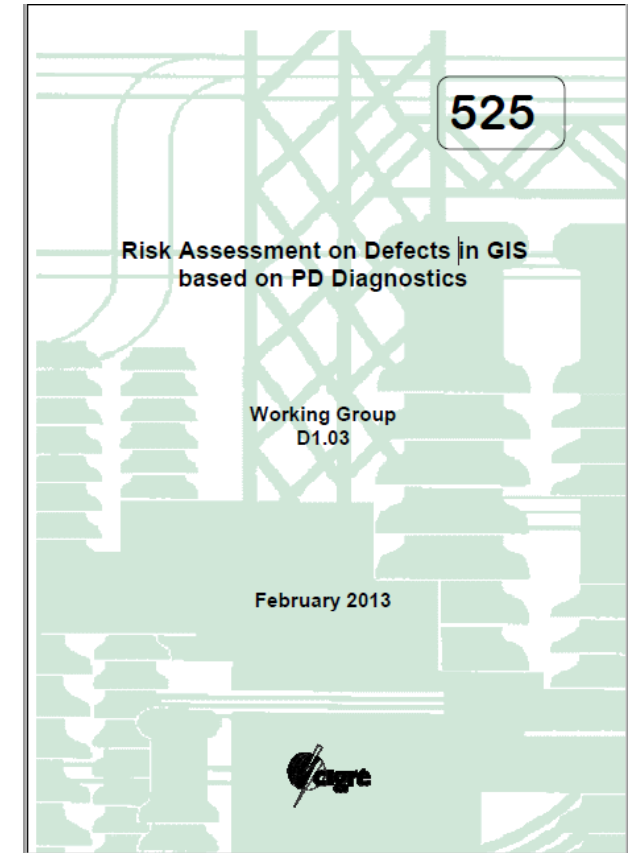


Cigrè TB 525

Evaluación de riesgos en defectos en GIS basado en diagnóstico DP

El TB-525 ofrece una visión general de las técnicas que pueden usarse para detectar actividades DP.

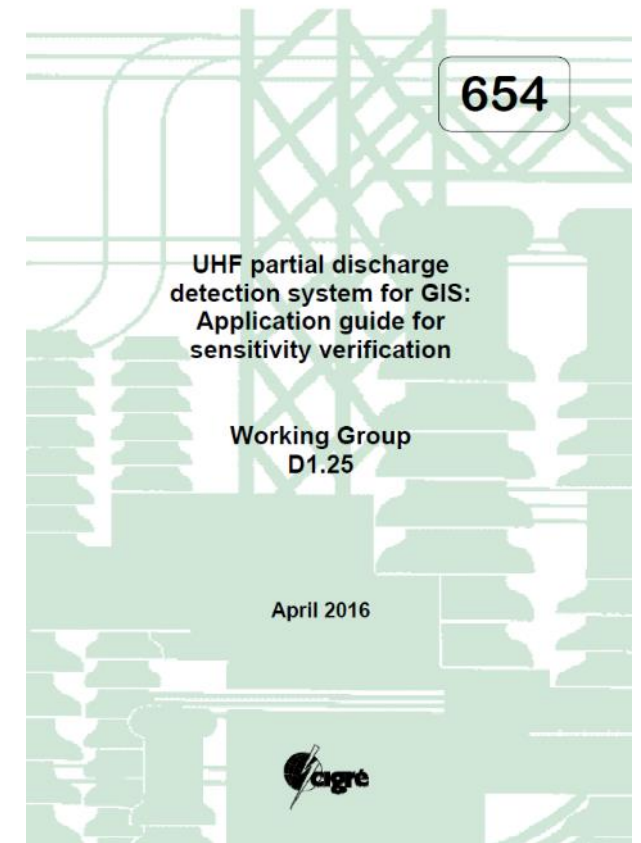
La segunda parte del documento ofrece un interesante punto de vista de cómo los diferentes defectos pueden evaluarse como un riesgo para la falla del GIS y presenta un modelo para cuantificar el riesgo en un porcentaje de la probabilidad de falla.



Cigrè TB 654

Sistema de detección de descargas parciales para GIS: Guía de aplicación para la verificación de sensibilidad

Instrucciones completas para la verificación de sensores UHF vinculados a las mediciones DP tradicionales IEC 60270. Se utiliza para la comprobación de la funcionalidad de monitoreo de DP y para el posicionamiento de sensores UHF a lo largo del interruptor.



IEC 62271

Pruebas Fuera-de-línea: prueba de aceptación y puesta en marcha

- IEC60270 como método de prueba y técnica preferida de medición de DP.
- Criterios generales de aceptación de 5pC, casos especiales para sub-ensambles siguiendo especificaciones de niveles de DP de mayor amplitud.
- Prueba DP que se aplica después de la prueba HVAC, niveles de voltage especificados por la norma.
- También se introducen métodos VHF/UHF y acústicos



IEC 62271-203:2022 CMV

**INTERNATIONAL
STANDARD**

**NORME
INTERNATIONALE**

High-voltage switchgear and controlgear - Part 203: AC gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages above 52 kV

IEEE 1291

- Cómo configurar el diseño de prueba de DP realizada según IEC60270.
- Se describen los circuitos de prueba y el instrumento de medición DP.
- Procedimiento de calibración y detalles.
- Gráficos PRPD (Lissajous) con ejemplos de defectos, junto con perturbaciones de ruido común en el apéndice con fines informativos.

IEEE Guide for Partial Discharge Measurement in Power Switchgear

Sponsor
Switchgear Committee
of the
IEEE Power Engineering Society

Approved March 18, 1993
IEEE Standards Board

Approved August 30, 1993
American National Standards Institute

Abstract: This guide defines methods of measuring partial discharges that may occur in energized power switchgear apparatus in flaws, voids, and interfaces of non-self-restoring insulation that may then result in dielectric failure of the switchgear. Guidance on instrumentation and calibration technique is also given.
Keywords: calibration, corona, dielectric tests, partial discharge, switchgear

The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.
345 East 47th Street, New York, NY 10017-2394, USA
Copyright © 1993 by the Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.
All rights reserved. Published 1993. Printed in the United States of America
ISBN 1-55937-306-7

No part of this publication may be reproduced in any form, in an electronic retrieval system or otherwise, without the prior written permission of the publisher.



GIS y detección DP

- Verificación de Sensibilidad
- Puesta en marcha del GIS
- Prueba puntual en-línea
- Monitoreo DP permanente

Verificación de Sensibilidad

LABORATORIO - IEC 60270

- 1 X Capacitor Acople
- Ancho de banda fijo instrumento DP
- Procedimiento de calibración
- Umbral 5pC/10pC

GIS INSTALADO IN SITU

Sensores UHF

Sin limitaciones en ancho de banda

No es posible realizar una calib. IEC

No es posible una medición pC

Verificación de Sensibilidad

La verificación de sensibilidad sugerida por Cigrè es muy popular para la comprobación de la funcionalidad de los sensores UHF.

Referencias:

- Cigrè TB 654
- Cigrè TF 15/33.03.05

Verificación de sensibilidad

El TB 654 confirma que cuando se utilizan sensores UHF no es posible calibrar la cadena de medición para evaluar la carga aparente en pC.

Por lo tanto, se propone un vínculo entre el valor de carga aparente y las lecturas de DP UHF basado en 2 pasos:

- Paso 1 – Prueba de laboratorio
- Paso 2 – Prueba in situ

Verificación de sensibilidad

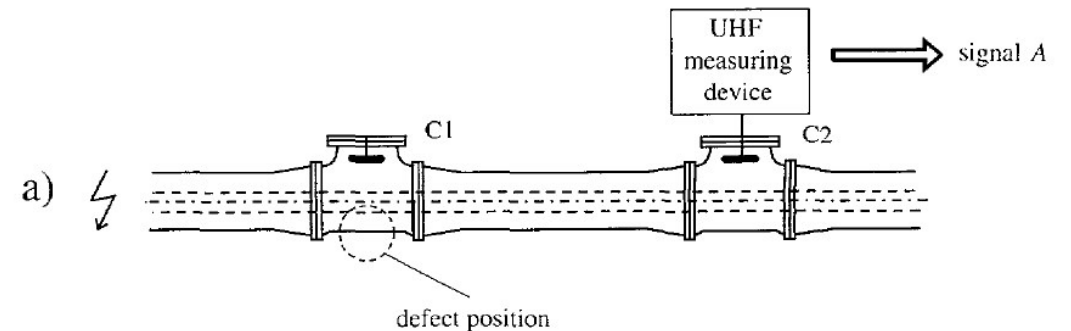
Paso 1 – Laboratorio

C1 y C2 son dos acopladores UHF internos

5pC Defecto artificial introducido en C1.

Señal PD medida en C2

Por lo tanto tenemos una correlación del mismo defecto, medida en pC y medida por el sistema de detección UHF [dB, dBmV, mV].



*imagen De Cigrè TB 674

5pC (IEC60270) → XYZ (UHF)

Verificación de sensibilidad

Paso 1 – Laboratorio

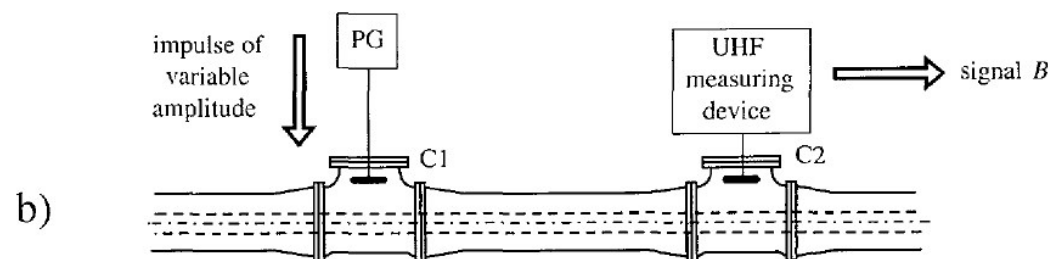
El defecto 5pC está desactivado.

Pulsos artificiales (tiempo de subida < 0,5ns) inyectados en C1, amplitudes seleccionables en V.

A partir de C2, la señal inyectada será comparable con la lectura de 5pC realizada en C2 (tolerancia del 20%).

Ahora tenemos una correlación entre 5pC y pulso artificial inyectado.

abc [V] → XYZ (UHF)



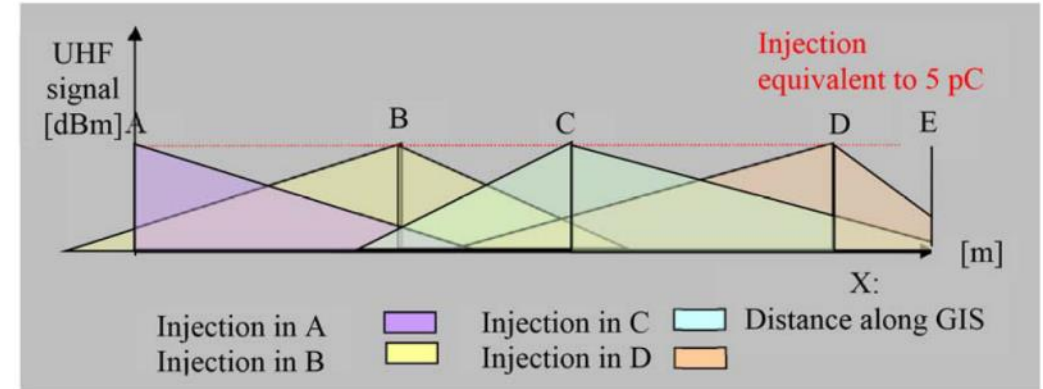
*imagen De Cigrè TB 674

Verificación de sensibilidad

Paso 2 – In Situ

Mismo modelo GIS, mismos sensores internos UHF, mismo generador de pulsos y componentes de Paso 1.

- Inyección de pulsos de DP según Paso 1
- Detección de la señal en los sensores circundantes
- Todos los sensores deberán superar la verificación de sensibilidad desde al menos un punto de inyección.



*imagen de Cigrè TB 674

Puesta en marcha de GIS

La prueba de DP durante la puesta en marcha de GIS se realiza junto con la prueba de HVAC gracias a la utilización de un sistema de prueba resonante externo.

Criterios de aceptación:

- IEC60270 5pC
- Técnica UHF a convenir (sensibilidad)
- Combinación de los dos métodos

Prueba puntual en línea

La prueba de PD en-línea siempre se puede aplicar a las subestaciones SIG existentes, diferentes diseños conducirán a diferentes técnicas de prueba.

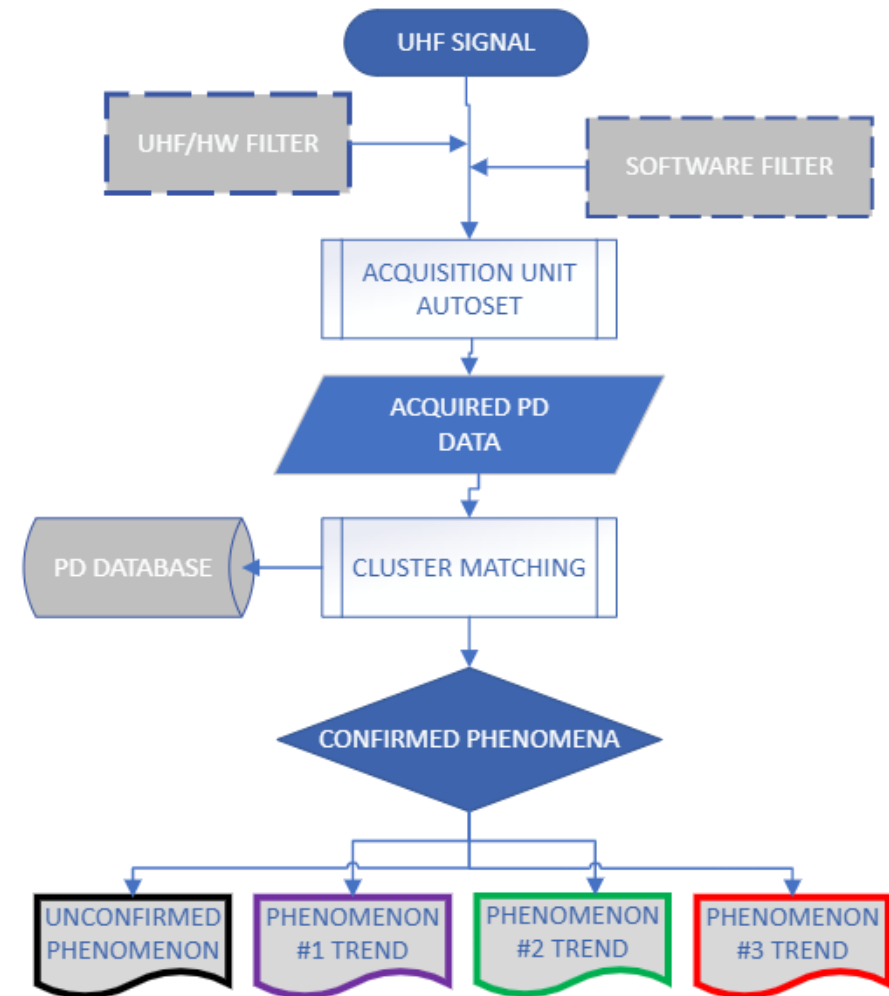
- ➔ Caracterización y localización de defectos
- ➔ Limitaciones de sensibilidad
- ➔ Procedimientos de prueba seguros que se acordarán

Monitoreo DP permanente

El monitoreo DP permanente se está volviendo popular en la instalación de nuevas subestaciones.

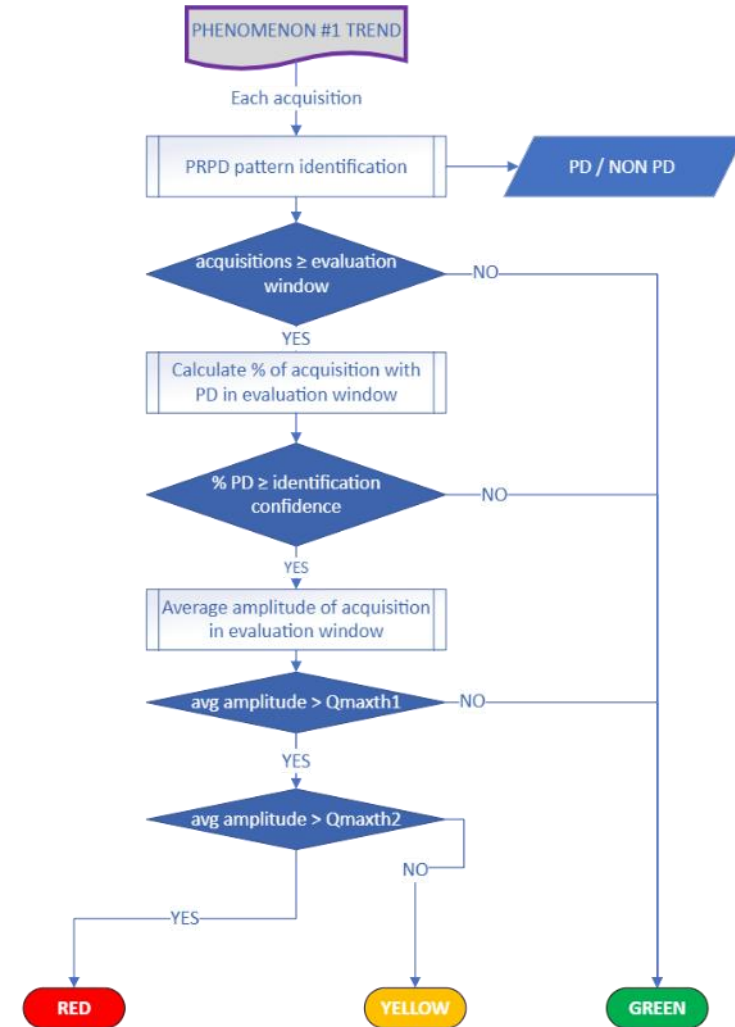
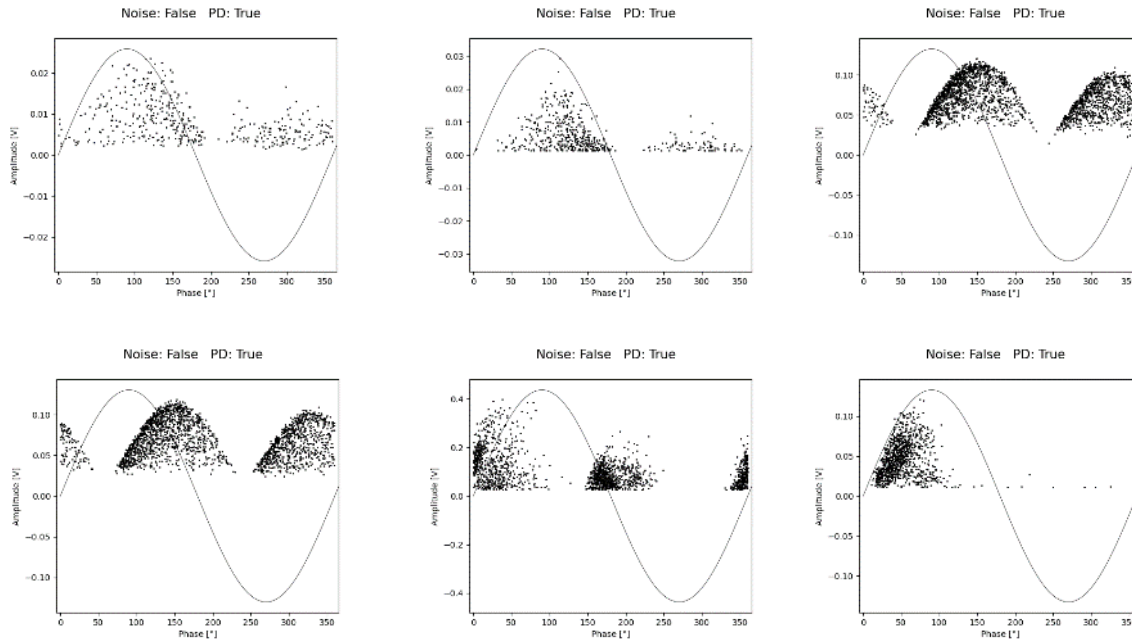
El sistema debe pasar la verificación de sensibilidad (paso 1, paso 2).

La confirmación de fenómenos y la herramienta de identificación de patrones PRPD pueden ser algunas de las herramientas para gestionar el ruido esporádico y las perturbaciones.



Monitoreo DP permanente

Identificación de patrones PRPD: evita falsas alarmas.





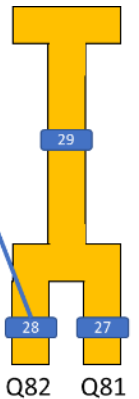
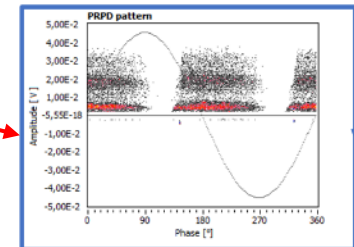
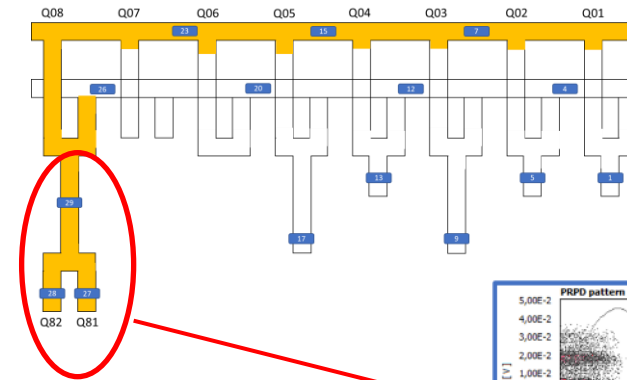
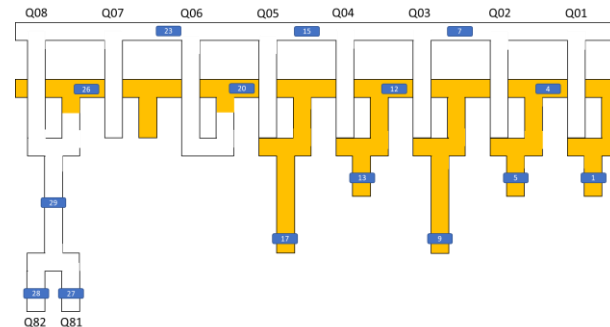
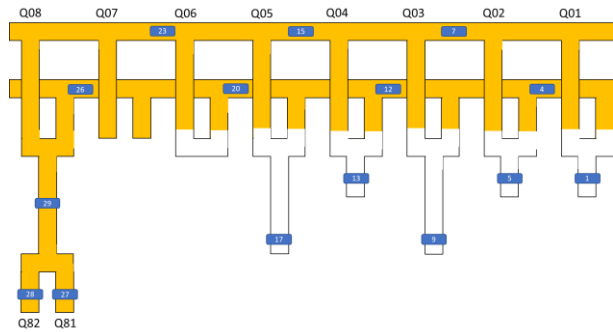
Técnicas de localización

- Conmutación
- Acústico
- Análisis de tiempo de llegada

Conmutación

Utilizadas principalmente durante la puesta en marcha del interruptor, partes de los interruptores se energizan por separado para identificar la fuente de DP en un principio de DP detectado / no detectado.

Debe ser seguido a una inspección visual para una localización precisa

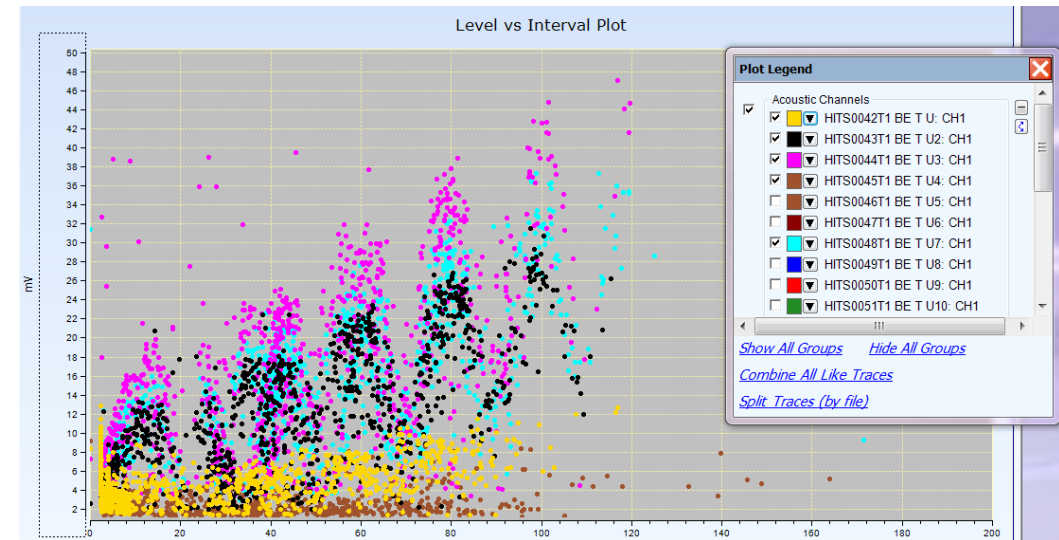
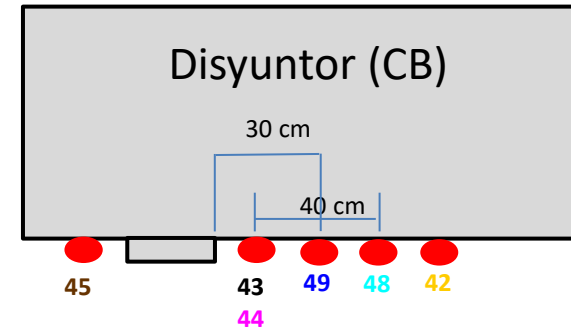


Acústico

Sensor acústico instalado en varias posiciones a lo largo de la fuente de DP sospechosa, ejemplo: diferentes posiciones trazadas con diferentes colores.

- Comparación de señal para calzar fenómenos de DP.
- Análisis de amplitud medida para localización.

Limitado sólo a la detección acústica.

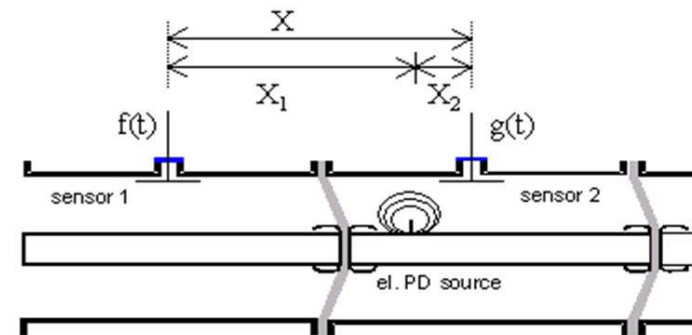


Análisis de tiempo de llegada

Aplicable con DP detectado en múltiples acopladores UHF.

Requiere osciloscopio multicanal rápido y amplificadores UHF de bajo ruido.

Los componentes GIS introducen retardos y distorsión de la señal.



*Imagen de Cigrè TB 502



Casos de estudio

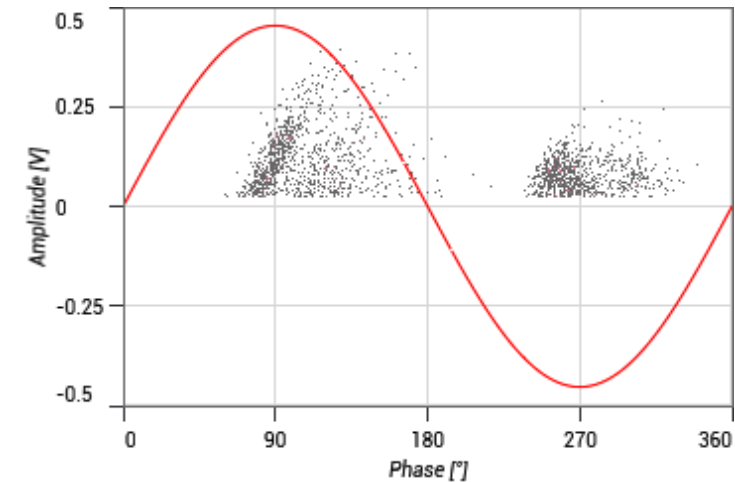
- Actividad DP superficial en terminación de cables
- Actividad DP en transformadores de voltaje
- Varios fenómenos en SE envejecidos
- Potencial flotante

Caso de Estudio #1

GIS 110kV Asia – Monitoreo DP

DP por puesta en marcha de la subestación hecha sin la terminación de cables en su lugar. Durante la energización, el sensor UHF dedicado a la terminación del cable activó la alarma DP antes de que se cargara la subestación.

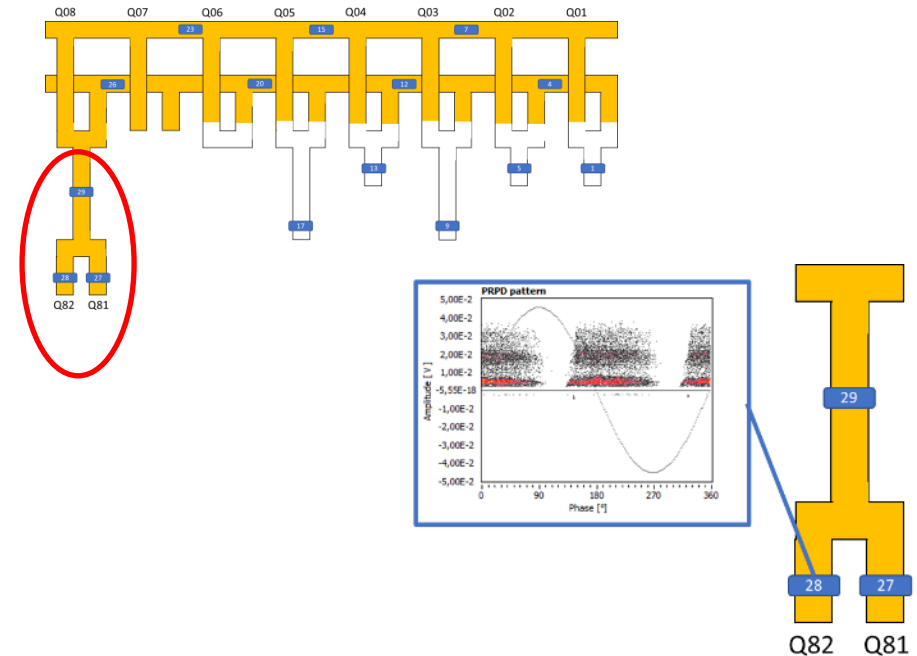
Rectificación de terminación → libre DP



Caso de Estudio #2

150kV Europa

GIS de bus trifásico, DP detectada con sistema de monitoreo permanente durante puesta en marcha. El mapeo de amplitud sugirió la localización de la señal en un día determinado, confirmado por conmutación posterior.



OEM por tomar medidas:
➔ repite prueba DP y cambio VT

Caso de Estudio #3

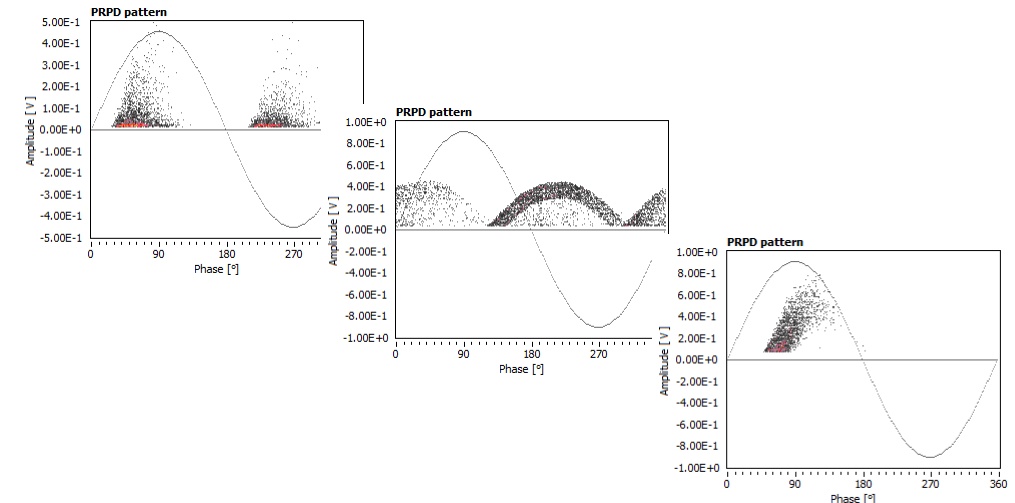
460kV América del Sur

Levantamiento puntual en línea sobre GIS envejecidos realizado con antenas externas 'Horn'.

Varios defectos detectados

➔ apagón, inspección visual y rectificación

Utilización exitosa de sensores externos para evaluación DP en-línea

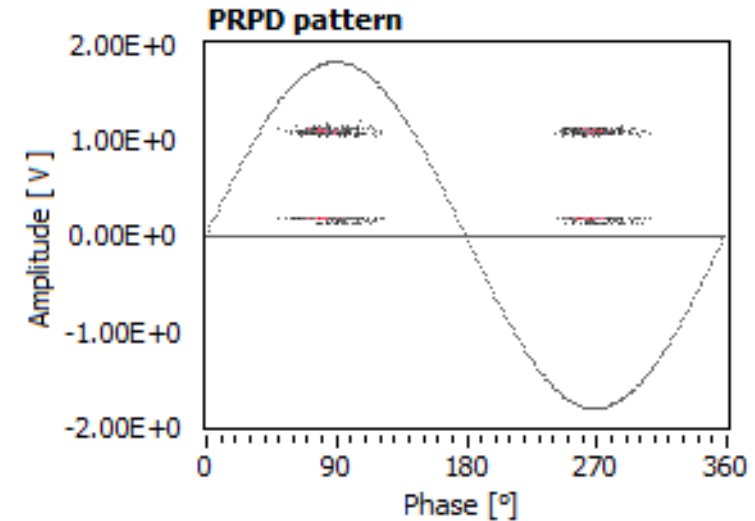


Caso de Estudio #4

Oriente Medio

Fenómeno de amplitud y tasa de repetición muy alto. Localización por análisis de amplitud confirmada por medición acústica.

Objeto externo encontrado durante la inspección.



ALTANOVA

A DOBLE COMPANY



Gracias!

Click to add text

Erick Castillo
Business Development Manager - Systems
ecastillo@doble.com