

DETECCION, ANALISIS Y PREVENCION DE FALLAS EN CABLES SUBTERRANEOS TECNICAS DE DESCARGAS PARCIALES – VERY LOW FREQUENCY - MICROSCOPIA DIGITAL 3D – RAYOS X

Autor: Ing. Pablo Porfiri
Director de Servicios y Ensayos Especiales



www.inducor.com.ar

RESUMEN

Estimar el grado de confiabilidad de un alimentador subterráneo, forma parte de la valoración de los activos de una empresa distribuidora, posibilitando determinar su rentabilidad real proyectada.

La gran cantidad de antiguos cables, aún en servicio, influyen en la fiabilidad de la red de distribución. En consecuencia, los ensayos en campo, son actualmente requeridos para evaluar la gravedad de la degradación, y para determinar cuales cables, empalmes o terminales, requieren de un inmediato reemplazo.

Las nuevas técnicas para el diagnóstico de cables y sus accesorios, permiten controlar desde la recepción de los mismos, el tipo de falla que a futuro tendrán, cuando se constituyan como parte integrante de un tendido subterráneo, y además, permiten también analizar metro a metro el estado de degradación, ascendente o estable, que sufra con el paso del tiempo.

La aplicación conjunta de técnicas de inspección por rayos X, y microscopia digital, unidas a los ensayos específicos de descargas parciales, ofrecen un nuevo y preciso panorama de análisis, tendiente a determinar el estado real de degradación de empalmes y en especial de terminales de MT /AT, dando lugar a la creación en la rama eléctrica, de una nueva ciencia del tipo forense.

PALABRAS CLAVES

Microscopia digital 3D – Descargas Parciales – Rayos X. – Very Low Frequency.

INTRODUCCION

Si bien hoy en día, la detección de fallas en cables subterráneos es un tema ya superado en cuanto al logro de sus objetivos; que no requiere de mayores esfuerzos mediante el uso de instrumentos y procedimientos adecuados; por el contrario, más allá de la necesidad de detectar fallas, en la actualidad, la tendencia mundial está basada en la anticipación temprana de un siniestro eléctrico, mediante la aplicación de técnicas de diagnóstico, cimentadas entre otras, en la medición de Descargas Parciales, y en los ensayos de Tensión Resistida a muy baja frecuencia (VLF – Very Low Frequency), además del estudio analítico de muestras, pre y pos siniestros, por medio de la aplicación de Rayos x y Microscopía Digital 3D, brindan la suficiente información para anticiparnos a un posible colapso.

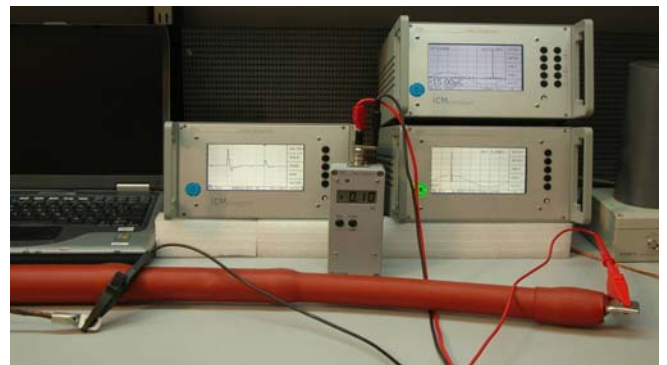
Más del 90% de los puntos débiles en la aislación de cables de MT/AT, generan descargas parciales antes de convertirse en una falla.

La elección correcta de un plan de diagnóstico, dependerá siempre de los objetivos y expectativas, que en mayor medida, comprenden la eliminación de problemas en el sistema, limitación del riesgo de potenciales fallas, y la reducción de los reclamos.

Producto de los años de investigación y de las nuevas técnicas de ensayos, se ha creado un moderno concepto referido al campo de la detección

de fallas, dirigido a crear una nueva conciencia en cuanto al origen de las mismas: ante una falla o salida de servicio de un alimentador, generalmente aceptábamos que podría tratarse de una falla imprevista o simplemente espontánea; sin embargo, al existir medios de diagnóstico para su determinación temprana, ya no sería correcto considerarla como imprevista, si no mas bien, como desatendida.

I - DESCARGAS PARCIALES:



La actividad de las DP, es un indicador importante para calcular el nivel de degradación en equipos de alta tensión.

El trazado (mapa) de la actividad de las DP, en función de la longitud del cable, permite identificar los niveles en un tendido, considerando su metraje, como así también sus accesorios (empalmes / terminales) más débiles.

Históricamente, las mediciones de DP en cables, fueron utilizadas cada vez más desde el cambio del papel impregnado hacia el polietileno (PE), y más tarde, con el polietileno reticulado (XLPE), como material de aislación para la mayoría de los cables de potencia.

Las mejoras en la adquisición y procesamiento de las señales, hicieron que esta técnica sea también aplicable en ambientes no apantallados (en campo).

Los materiales aislantes, líquidos y sólidos, pueden tolerar un campo eléctrico que exceda al normal de su trabajo, o sea, el comúnmente aplicado en cables y sus accesorios.

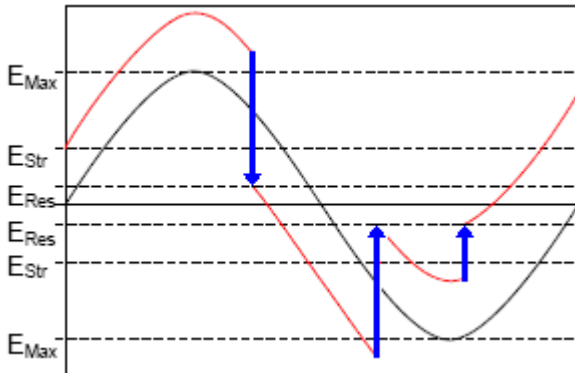
Por consiguiente, para que las descargas parciales se presenten, es necesaria una imperfección (anomalía) que tenga un campo de inicio más bajo, como por ejemplo, una oclusión de gas; o como alternativa, que se aumente fuertemente el campo eléctrico en la aislación, por ejemplo, por inclusión de una partícula metálica filosa.

Ambas clases de imperfecciones, groseras o no, pueden ocurrir durante la producción (manufactura), manteniéndose desapercibidas durante las pruebas iniciales, o pueden desarrollarse durante el montaje y/o servicio.

En las descargas parciales, una avalancha de electrones requiere siempre de un electrón libre inicial, que sea acelerado en el campo eléctrico, lo suficientemente fuerte como para desencadenar una nueva avalancha de electrones (efecto dominó).

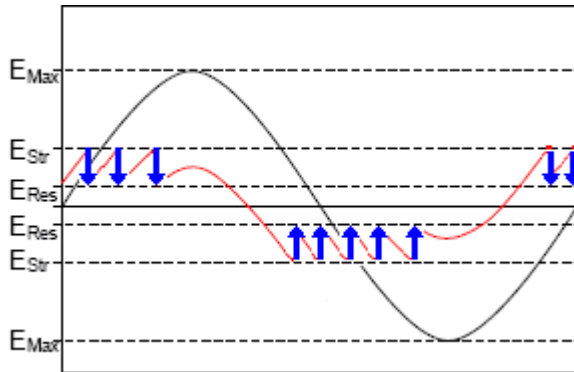
En una cavidad esférica, ocluida en un material aislante, una vez que un impulso de DP ha ocurrido, la superficie interna será invadida de electrones con niveles de energías comparablemente bajos, los que serán capturados y acumulados (atrapados) en el interior de la misma.

De este modo, estos electrones dependerán de las propiedades de los materiales. Con polietileno fresco (polipropileno, resina epoxi, etc.), esta constante de tiempo de captura, estará dentro de un rango de decenas de milisegundos, y más.



Campo E interno con baja disposición de electrones.

El mismo sistema (burbuja de gas en material polimérico), pero expuesto a una radiación



Campo E interno con alta disponibilidad de electrones

De aquí surge un concepto: el establecer que factor es más perjudicial para una aislación: el nivel neto de sus descargas, o la frecuencia de repetición de las mismas.

Si consideramos que "descarga", es sinónimo de energía liberada en la zona del defecto, y por ende calor, deberíamos establecer la ecuaciones de cantidad de energía liberada en cada tipo de defecto o muestra que se analice, para poder así establecer la severidad del daño, y estimar un tiempo antes del colapso final de la aislación.

La zona de origen y su extensión volumétrica y/o superficial, también serán factores a tener en cuenta en el diagnóstico de una aislación.

Analizar las causas, el nivel, las zonas de origen, y la frecuencia de repetición de las DP, se fundamentan en una clara motivación: Este paulatino proceso de deterioro, una vez iniciado es irreversible, y por ende, llevará meses o años,

pero indefectiblemente dejará finalmente fuera de servicio a un cable, o sus accesorios.

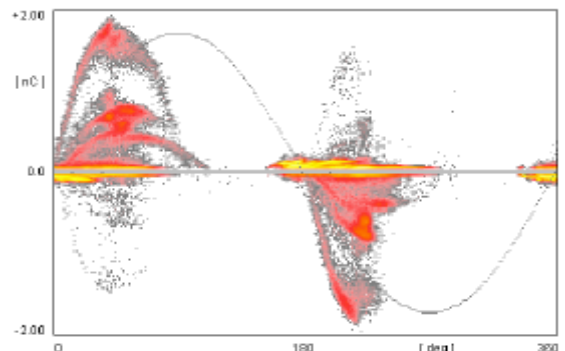
En consecuencia, las propiedades del material, como por ejemplo: la capacidad de almacenar cargas en su superficie o volumen, y la conductividad de esta superficie; tienen un fuerte impacto en la aparición de las descargas parciales.

La humedad o la corrosión de las superficies poliméricas por DP, tienen un impacto extra en la capacidad del material para proveer electrones libres, y en su constante de tiempo, y por ende, influyen enormemente en la aparición (visualización) del patrón de descarga.

Generalmente, con el envejecimiento (corrosión) de las superficies poliméricas, las cadenas de unión se parten, y la constante de tiempo cae, para facilitar cada vez mayor cantidad de electrones libres.

Basándose en dichos fundamentos de la física de la descarga en gas, el análisis del patrón ϕ -q-n, (fase - carga- número de repeticiones), o patrón de DP en fase resuelta, ha demostrado ser un excelente método, tanto para identificar las propiedades de la actividad de las DP; para distinguir las fuentes (orígenes), como para esbozar conclusiones sobre las propiedades de los materiales involucrados.

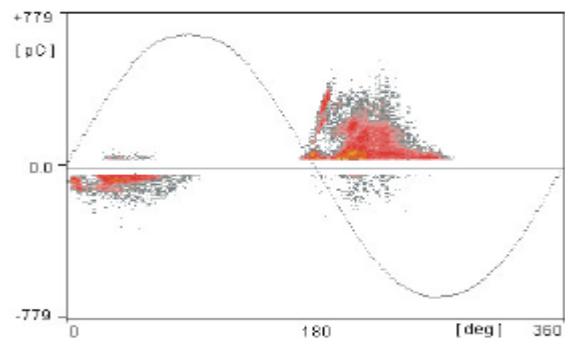
La Figura muestra la actividad (patrón) de descarga, de varias cavidades. Aquí, el patrón simétrico indica que las cavidades se encuentran simétricamente en la aislación, y que no están junto a ningún material conductor.



DP en una terminal del cable.

En contraste con lo anterior, aquí se muestra un patrón asimétrico.

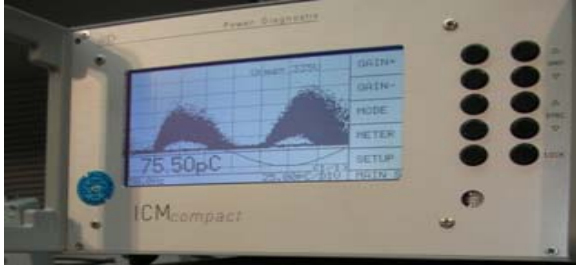
Aquí, la delaminación del material semiconductor, provoca en el medio ciclo positivo y negativo, diferentes condiciones iniciales para la actividad de descarga,



Cable EPR-delaminación de capa semiconductor externa

II- IDENTIFICACION DEL DEFECTO

Las mediciones actuales de DP en laboratorios, obtienen una principal relevancia, no solo por la simple aplicación de un criterio de aceptación o rechazo de las partidas, si no por que del propio análisis de sus formas de ondas (patrón en fase resuelta), es posible guiar al personal de ejecución, acerca del tipo de problema u error que está cometiendo en el proceso de manufactura de un cable, terminal o accesorio.

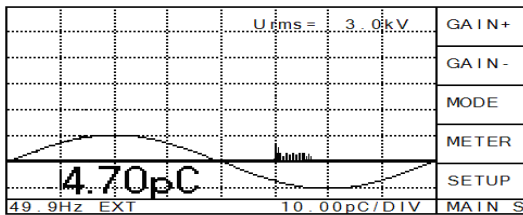


Descargas parciales en Fase Resuelta

El registro gráfico de una medición de DP, denominado registro en "fase resuelta", o sea aquel que pueda samplear una medición en coordenadas de ángulo de fase, magnitud y frecuencia de repetición de cada pulso, brinda una correlación directa, entre la naturaleza de las DP (tipos), su ubicación dentro del elemento analizado (lugar), y sobre el nivel / frecuencia de repetición (gravedad).

La ubicación de las descargas, según sea el semiciclo en que aparezcan (+) y/o (-), tiene una interpretación particular, relacionada directamente con el lugar del defecto dentro del cable u accesorio. Por lo tanto, más allá de exponer un valor numérico de descargas (xx pC), la posibilidad de la representación gráfica que generan las mismas, hace posible identificar el tipo de defecto.

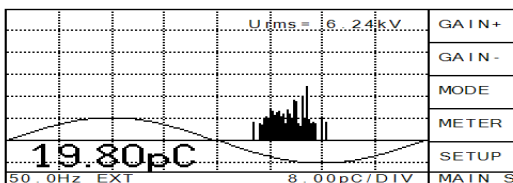
En el siguiente ejemplo, luego de una etapa de calibración, el ensayo de DP, comienza con una tensión aplicada de 3 kV, en donde se observan DP de baja magnitud, del orden de los 4,7 pC.



Descargas de muy baja magnitud

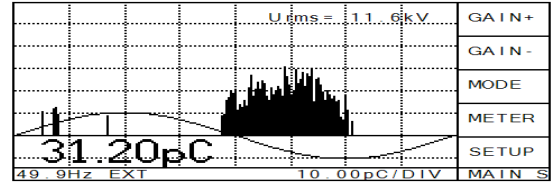
Subiendo la tensión de prueba, los registros obtenidos, muestran que la tensión de ignición de las descargas, ocurre a los 6,2 kV (19,80 pC). (*tensión de ignición*: mínima tensión de ensayo que logra originar el inicio de las DP).

La ubicación de las DP, en el semiciclo negativo de la senoide, indican que las mismas se producen en la interfase aislamiento / semiconductor externa.

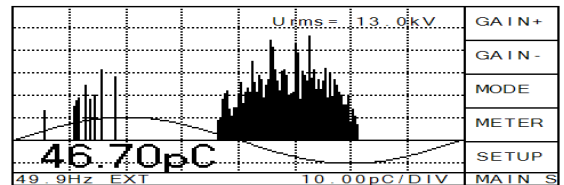


A esta altura, y pese al bajo nivel de tensión de ensayo (6,24 kv), la muestra se halla en condiciones de ser rechazada, ya que ha comenzado su ignición, aún por debajo de su tensión de servicio: 13,2kv, lo cual se entiende como inadmisible.

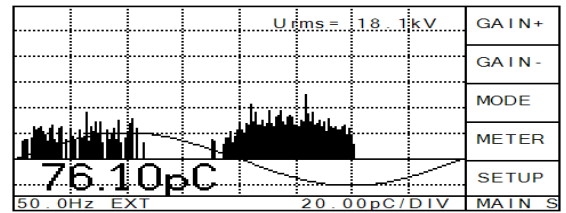
Esto implica que si un cable o un terminal, posee niveles altos de DP, por debajo de la tensión de servicio (13,2 % 1,73 = 7,63KV), su degradación estará en constante progreso. La misma condición se mantuvo hasta los 11 kV aplicados, llegando ahora hasta los 31,20 pC.



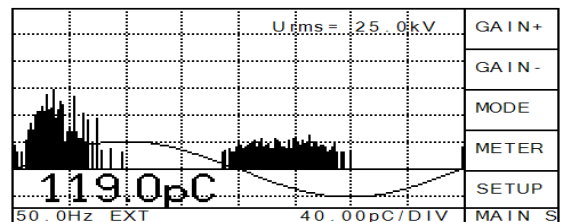
Aumentando la tensión de prueba hasta los 13 kV, se encienden otras descargas en el semiciclo positivo, indicando ahora, otros defectos en la interfase conductor central / semiconductor interna



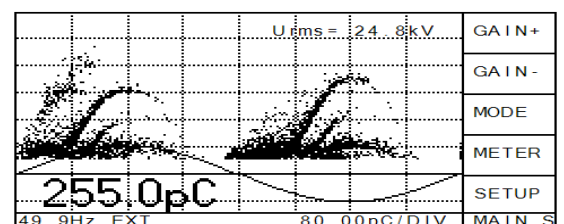
A los 18 kV, las DP en ambos semiciclos, persisten y se elevan hasta los 76,10 pC. (20 pC/div).



Ya en la máxima tensión de prueba, las DP en la capa semiconductor interna, logran superar en nivel a las de las capa semiconductor externa, pese a que estas últimas, siguen manteniendo una fuerte frecuencia de repetición.



Por último, y para confirmar los resultados, las DP en forma de *senoide*, muestran claramente las caídas de tensiones en las cavidades (espacios de oclusión gaseosa) dentro de la aislación, con una fuerte persistencia, y con un consiguiente daño térmico del material aislante.



III - MICROSCOPIA 3D:



La microscopia digital en tres dimensiones, junto a la iluminación ultravioleta, y a la utilización de metylene blue, es hoy en día una herramienta indispensable para el estudio del fenómeno de DP.

La aplicación de estas técnicas, permiten de esta manera, visualizar lo que hasta el momento, las mediciones eléctricas, solo han podido detectar o mensurar, eliminando ahora, todo tipo de incertidumbre.

Las siguientes imágenes, extraídas de muestras analizadas inicialmente bajo las técnicas de fase resuelta, y posteriormente confirmadas bajo microscopía 3D con luz ultravioleta, muestran un correlato entre el patrón eléctrico de descargas (mensurable, pero no visible) y la posterior confirmación visual, del mismo defecto.

DEFECTO EN SEMICONDUCTORA INTERNA:

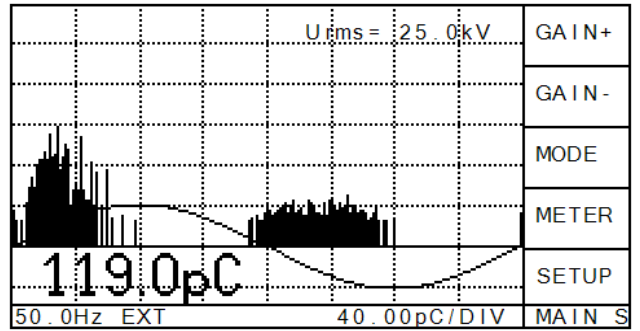


Imagen en fase resuelta:
 Electrical tree – semiconductor interna.

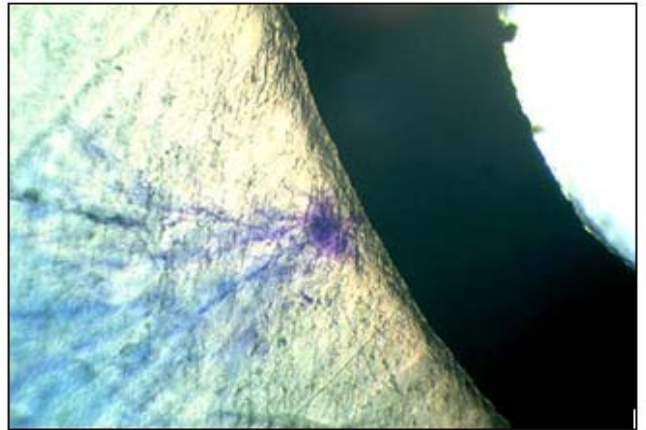


Imagen en microscopia digital 3D:
 Electrical- tree en semiconductor interna

DEFECTO EN SEMICONDUCTORA EXTERNA:

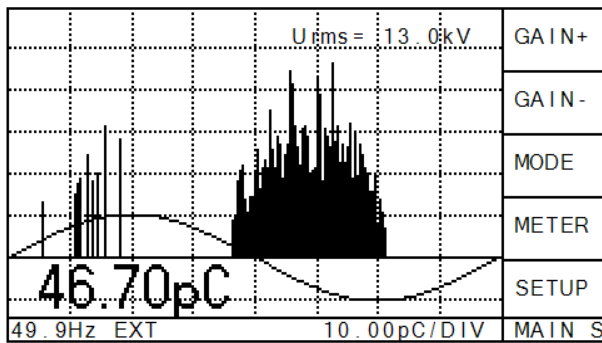


Imagen en fase resuelta
 Water tree – semiconductor externa



Imagen en microscopia digital 3D:
 Water- tree en semiconductor externa

DEFECTO EN AISLACION PRINCIPAL:

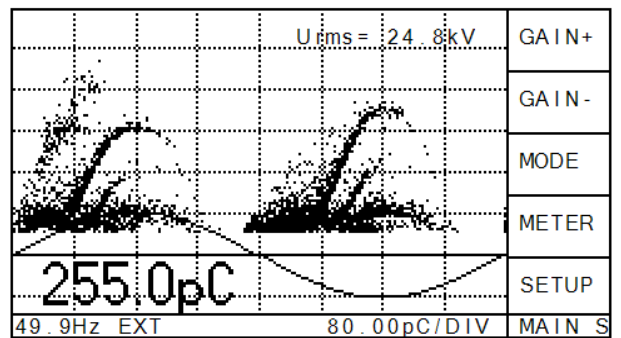


Imagen en fase resuelta
 Contaminación en aislación principal

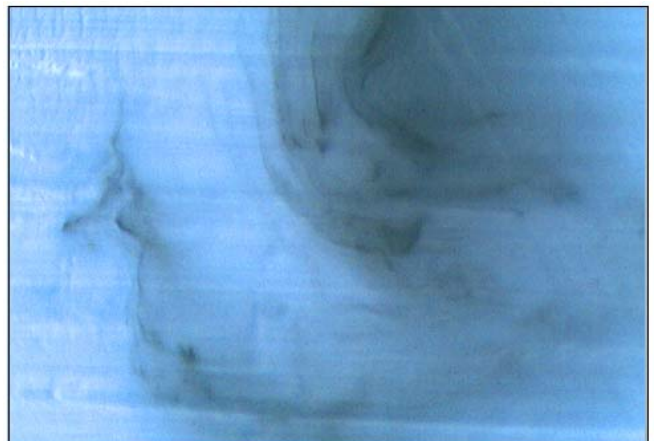


Imagen en microscopia digital 3D:
 Contaminación en aislación principal

IV - INSPECCION POR RAYOS X:

Un aliado actual e indiscutible para el análisis forense del origen de daños, en accesorios de MT /AT, lo constituye la aplicación del análisis por Rayos X, como paso previo al desarme de la muestra bajo observación.

Conociendo los puntos críticos durante la construcción de terminales y empalmes; generalmente la zona de cortes de la capa semiconductora externa, oclusión de aire entre las mantas termo- contraibles, corte de los filamentos de pantalla, entre otras; el investigador obtiene antes de efectuar el corte o el desarme final e irreversible de la muestra, una clara evidencia del origen del daño que llevó la colapso eléctrico.

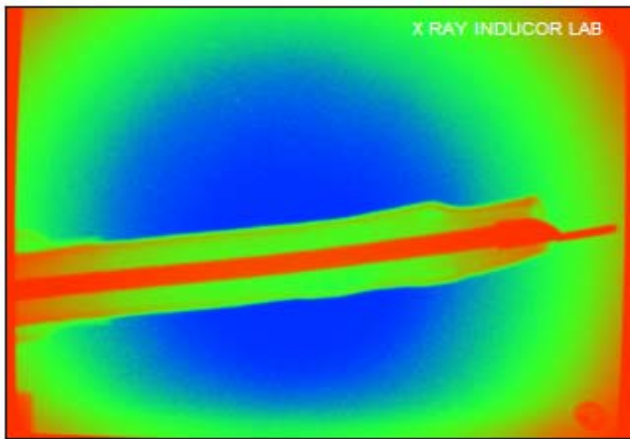


Imagen por Rayos X, terminal 13,2 KV

Para estimar degradación ascendente en muestras aun en servicio, la aplicación de Rayos x se incluye también dentro de los denominados ensayos no destructivos, o sea aquellos que permiten obtener información del material analizado sin causar daños o cambios al mismo.

Su aplicación como control de calidad, permite detectar la presencia tamaño y posición de defectos en materiales aislantes conformados, tales como grietas y fisuras, trazas de carbón, oclusiones gaseosas, o impurezas



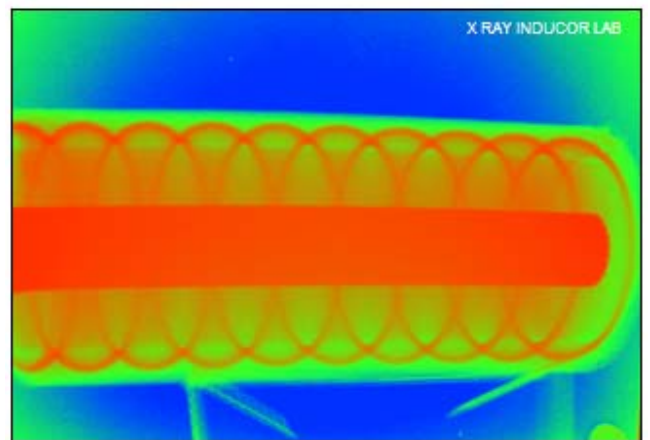
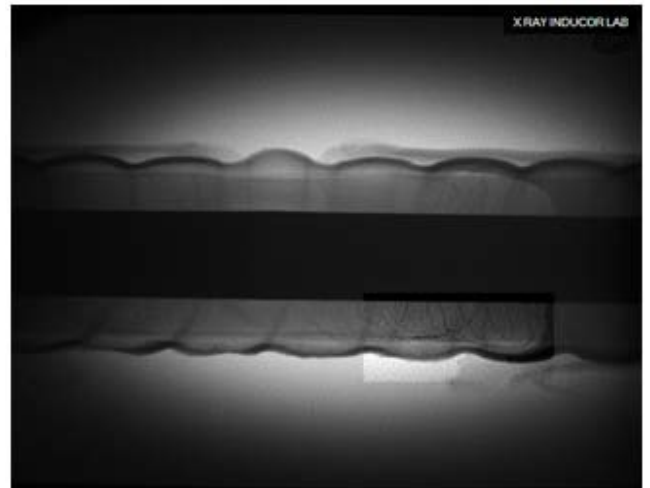
Imagen por Rayos X, terminal 33 KV

Se trata de la aplicación de radiaciones electromagnéticas, que se propagan a la velocidad de la luz, con menor longitud de onda, y una mayor energía / penetración que la luz visible. Se propagan en línea recta, sin sufrir desviaciones por campos eléctricos o magnéticos externos.



Oclusión de aire en terminal de 33kv

Dados que estos rayos atraviesan los cuerpos opacos sin reflejarse ni refractarse, y son absorbidos en mayor o menor medida, según el espesor y/o la densidad del material que atraviesan, y según la longitud de onda de la radiación emitida, el análisis visual de un defecto siempre se traducirá en la búsqueda de un contraste, ya sea en blanco y negro, o a color.



Rayos X sobre cable de 110 kv - XLPE

Los defectos en terminales, cables y empalmes, (grietas, oclusiones, fisuras, etc) de distintas densidades, absorben las radiaciones en distintas proporciones que el material base, de tal manera que estas diferencias, generaran detalles de contraste, del tipo claro-oscuro, en el registro fotográfico obtenido.

Las bolsas de aire o oclusiones gaseosas, atrapadas entre las capas de materiales termo-contráctiles, ofrecen generalmente una transparencia, de manera que su individualización es casi perfecta frente a la tonalidad más oscura de cualquier otro material que atraviese.

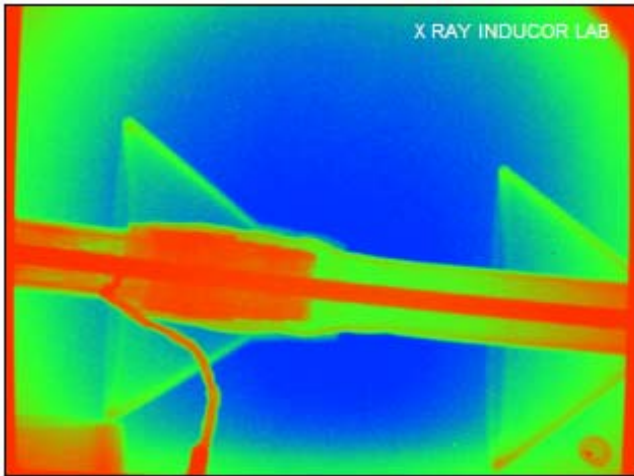


Imagen por Rayos X terminal 13,2 KV

Debemos considerar, que aquí se trata de radiaciones del tipo ionizantes, o sea, de aquellas radiaciones generadas artificialmente, con energía suficiente para ionizar la materia, extrayendo los electrones de sus estados ligados al átomo.

De aquí surge una nueva técnica de inspección, aliada a la detección de descargas parciales, producidas por oclusiones gaseosas esféricas (burbujas), contenidas en materiales del tipo polimérico.

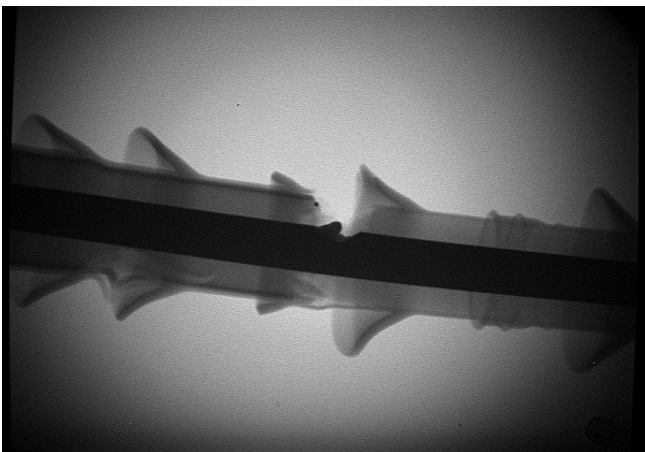


Imagen por Rayos X - terminal 33 kv



Imagen visual terminal 33kv

De existir una cavidad gaseosa, ahora es posible, mientras se realiza un ensayo de descargas parciales, (excitación con fuente externa), producir artificialmente mediante la aplicación simultánea de Rayos X, la ionización de las oclusiones, permitiendo acelerar y detectar anticipadamente, el proceso de inicio de la descargas, invadiendo la cavidad con electrones que produzcan el efecto avalancha.



Cabina normalizada de ensayos de DP en terminales

La aplicación estadística de Rayos X, sobre muestras retiradas del servicio antes del colapso de su aislación, proporciona una herramienta eficaz para determinar la línea de base, o la evolución de la degradación, en aquellas que se hallan aun en actividad.

Por otro lado, la aplicación sobre muestras fallidas, permiten determinar el origen o las causas del colapso, infiriendo resultados sobre la calidad del material empleado, o la mano de obra de utilizada en su confección.

Disponer de herramientas útiles para anticiparnos a la salida de servicio de un alimentador subterráneo, siempre formará parte de una correcta estrategia de mantenimiento.

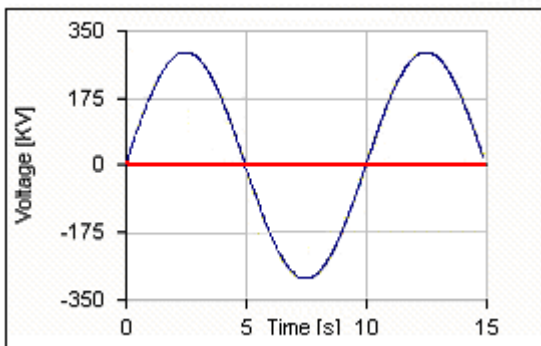


V - ENSAYOS EN VERY LOW FREQUENCY:

A principios del año 1998, comenzó a existir un acuerdo mundial, entre fabricantes de cables, referido a que las pruebas en C.C., no solo dañaban el dieléctrico de un cable tipo termo rígido estable, sino que también resultaba ser un método ineficaz para determinar la calidad de la aislación del mismo.

Prueba suficiente, es el hecho de que las normas europeas solicitan las pruebas VLF de cables desde hace años, y en USA, los organismos de estudio y normativas: IEEE, EPRI, CEA, entre otros, contradicen definitivamente las pruebas C.C. desde hace ya bastante tiempo, por lo que IEEE ha establecido una actual y vigente norma para ensayos en VLF, de la serie IEEE-400.

Por definición de la IEEE, un equipo de ensayo bajo el sistema VLF, será todo aquel que pueda generar una señal de corriente alternada, de una frecuencia del orden de los 0,01Hz a 1Hz.



Senoidal 0.1 Hz – 15 segundos por ciclo

VLF son las siglas usadas habitualmente para referirse a Very Low Frequency. Se considera generalmente que VLF es de 0,1 Hz o menos.

El equipo es simplemente un probador de aislación en corriente alterna, que trabaja a muy baja frecuencia. En 0,1 Hz, la duración de un ciclo completo es de 10 segundos, en vez de los 20 milisegundos correspondientes a 50 Hz.

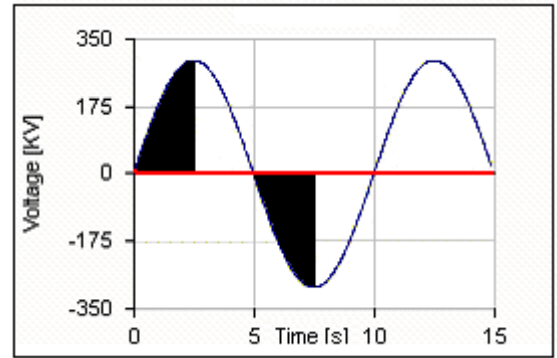
Los equipos VLF han sido usados durante décadas para pruebas de maquinas rotantes (IEEE 433-1974).



La prueba VLF se usa en cualquier aplicación que requiera pruebas C.A., sobre cargas de alta capacitancia. La mayor aplicación, es para probar el dieléctrico de cables, seguido de pruebas de grandes máquinas rotantes, y ocasionalmente para pruebas de aisladores, interruptores y tableros eléctricos. El Hipot VLF es también una herramienta eficaz para el acondicionamiento de fallas en cables (reducción de la tensión de ignición o de cebado de una falla).

Hoy en día los probadores de aislación con tecnología VLF, se comercializan en tensiones hasta los 200 KV, pero un factor a tener en cuenta al momento de seleccionar un equipo VLF, es su capacidad de carga máxima de prueba, existiendo modelos desde los 2 u F, hasta los 55 u F.

Sin embargo, pocos aclaran que este tipo de señales, se obtienen siempre a partir de una corriente continua, la cual, luego de ser acondicionada por algún sistema, electromecánico o electrónico, logra formar una alternancia, mediante un proceso sistemático de carga y descarga del cable bajo ensayo.

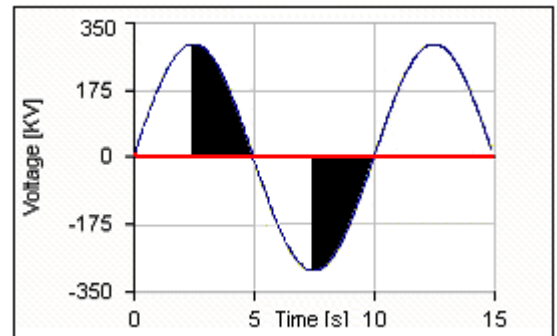


Intervalos de Carga: 0 a 90° y 180° a 270°
energía acumulada por ciclo

Claro que cargar un cable con corriente continua es muy sencillo y requiere de una fuente de poca potencia, pero el principal problema está en los intervalos de descarga de la gran energía acumulada en dicho cable, según la ecuación:

$$E \text{ (Joules)} = 0.5 \times C \times V^2$$

Esta variable de altas energías en juego, que debe ser disipadas 2 veces por ciclo, ha hecho que cada fabricante batalle por lograr un diseño particular o novedoso, tendiente a lograr esta alternancia, pero en realidad, no es un proceso simple de resolver cuando hablamos de altas tensiones y de grandes capacidades, como son los cables de extensas longitudes.



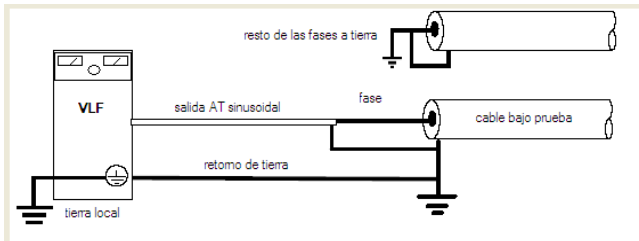
Intervalos de descarga:
90° a 180° y 270° a 360°, energía a disipar por ciclo

Algunos equipos realizan el proceso de descarga de los semi-ciclos, a través resistencias, drenando a tierra toda la energía acumulada en ellos.

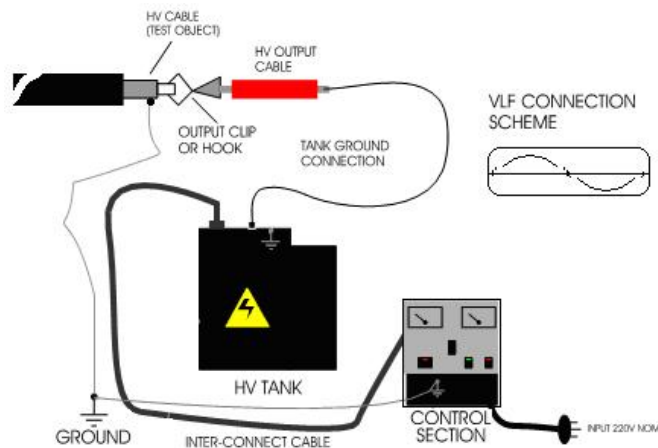
Otros, lo hacen por medio de una inductancia, aprovechando de esta manera, una parte de dicha energía, para ser devuelta al sistema; pero como esta inductancia es fija, se crea una dependencia y limitación del equipo en función a la capacidad (longitud) del cable a ensayar; y por consiguiente, sus formas de ondas son siempre distintas.

Al igual que en una prueba de aislación normal (tensión resistida), los ensayos conducidos con equipos VLF, requieren que la muestra (cable monopolar en este caso), se encuentre aislado en su conductor central, y con su pantalla a tierra.

Se conectará la salida de alta tensión del VLF a dicho conductor; y la tierra del equipo, rigidamente unida a la tierra del sistema. Luego se aplicará la tensión de prueba hasta el máximo requerido de ensayo, y durante un tiempo prefijado: ambas variables (tensión máxima/tiempo), se encuentran establecidas en las normas IEEE.400.2-2004.



Como en todo ensayo de tensión resistida, los resultados serán expresados en términos simples de pasa/no pasa (ruptura o no ruptura).



Es de esperarse que una unidad VLF genere una onda senoidal casi perfecta a su salida. Sin embargo existen diseños europeos de unidades VLF, que generan una forma de onda trapezoidal o cuadrada, con transiciones cosenoidales entre polos.

A menudo intentan difundir que es superior a la onda senoidal, pero en realidad no existen muchas opciones para sostener este argumento.

Pero el detalle a tener en cuenta (suma importancia), es que para que una unidad VLF pueda ser utilizada además como fuente de AT en ensayos de diagnóstico de cables (complementarios), entre ellos: tangente delta y descargas parciales, deben producir sí o sí una señal senoidal a su salida, por lo tanto, mas allá de los slogans publicitarios, aquí se torna imprescindible al momento de decidir la compra de una unidad VLF, el observar atentamente en sus especificaciones, que tipo de onda genera.

RESULTADOS:

Los organismos IEEE/EPRI/CEA y otros entes mundiales de ingeniería y normalización, fijan niveles de prueba para dieléctrico de cables, de 1,5 a 3 veces la tensión U_0 , durante 15 minutos mínimo.

Para un cable de 15 kV, que normalmente tiene una tensión U_0 de 7,2 kV a 8 kV, la prueba se realiza a 22 kV. Un sistema de 25 kV se prueba a 40 kV y un sistema de 69 kV se prueba a 120 kV.

Una clásica o habitual pregunta por parte del sector usuario, está referida a saber si es posible que un cable falle durante una prueba en VLF.

Precisamente, esta es la intención de la prueba VLF. No es una prueba de diagnóstico (*condition assessment testing*), es una prueba de tensión aplicada en C.A. No hay que tomar lecturas de corriente de fuga. (las corrientes de fuga C.C. dicen poco acerca de la calidad de un cable).

Un cable soporta (resiste) la tensión de ensayo, o falla durante el mismo. Si un cable tiene defectos, y por lo tanto no resiste la aplicación de 1,5 a 3 veces su tensión nominal, significa que no durará en servicio.

La idea base es, que si el cable tiene que fallar, que lo haga entonces durante la prueba, y no cuando esté en servicio.



La tecnología VLF no es nueva. Sin embargo, la razón de no haber sido utilizada más ampliamente mas allá de su primitiva aplicación en ensayos de máquinas rotantes, es porque solo en los últimos 5-10 años se ha logrado determinar que las pruebas en C.C. dañan el dieléctrico del cable, y son un medio ineficaz para determinar su calidad.

Las pruebas de VLF en campo, no fueron factibles hasta que se desarrollaran las primeras líneas de equipos, verdaderamente portátiles, y con salida senoidal, produciendo unidades a gran escala. Hoy en día, funcionan en todo el mundo, centenares de unidades VLF.



Unidad móvil VLF de 120 KV

Actualmente no existen muchas otras opciones para pruebas de cables instalados.

El ensayo con C.C. no puede ser aplicado durante mucho tiempo, ya que las restricciones, son cada vez mayores.

Sin embargo, siguiendo con esta tradición de la C.C., muchas empresas han optado por reducir la clásica tensión de prueba de 4-5 veces la tensión normal U_0 , a bastante menos, como método de reducir "los riesgos", pero perdiendo en definitiva la finalidad del ensayo en sí.

Otras han reducido la tensión de prueba para cables de 15 Kv, aplicando solo 15 kV C.C., a pesar de ser poco menos que un 25% más de la tensión de pico en C.A. del mismo cable en servicio. Esta prueba es inútil, excepto quizás para exponer cortocircuitos, o errores groseros existentes.

La bondad de un equipo para ensayos en VLF, es la de aproximarse lo mas posible a un ensayo efectuado en corriente alterna a la frecuencia de red, pero la diferencia sustancial radica en la baja potencia que requiere el modo VLF (0,1 Hz), frente al anterior de 50 Hz o 60 Hz.

A 60 Hz, un cable de 1uf, probado a 22 kv de tensión de prueba, requerirá de 183 KVA de potencia (8 A), mientras que a 0,1 Hz, solo requerirá de 304 VA. (14 mA). Aquí la variable en juego, es la reactancia capacitiva. $X_c = 1 / (2 \cdot \pi \cdot f \cdot C)$



Primer Unidad móvil VLF de 220 kv, con capacidad integrada para medición de DP + TD



CONCLUSIONES:

Las empresas de energía, cuentan hoy con una opción eficiente, y con normativas habilitantes, para probar el estado de sus redes subterráneas de energía.

Algunas optan por no cambiar sus tradicionales métodos de ensayos, y sus cables siguen fallando en servicio, teniendo que realizar reparaciones de emergencia, clientes insatisfechos, y pérdida de ingresos.



Más allá de la necesidad de detectar fallas, en la actualidad, la tendencia mundial está basada en la anticipación temprana de un siniestro eléctrico, mediante la aplicación de técnicas de diagnóstico de cables y sus accesorios, permitiendo controlar desde la recepción de los mismos, el tipo de falla que a futuro tendrán, cuando se constituyan como parte integrante de un tendido subterráneo. Además, permiten también analizar metro a metro el estado de degradación, ascendente o estable.

Muchas fallas en cables subterráneos son debidas a una ineficiente ejecución de sus empalmes, y para estos casos, el VLF ha demostrado ser un método fácil y seguro, para mantener la confianza en los sistemas de distribución de energía.

Las aplicación conjunta de técnicas de inspección por Rayos X, y Microscopia Digital, unidas a los ensayos específicos de Descargas Parciales en fase resuelta, ofrecen un nuevo y preciso panorama de análisis, tendiente a determinar el real estado de degradación de empalmes, y en especial de terminales de MT /AT, dando lugar también a la creación en la rama eléctrica, de una herramienta del tipo forense.

Estimar el grado de confiabilidad de un alimentador subterráneo, forma parte de la valoración de los activos de una empresa distribuidora, posibilitando determinar su real rentabilidad proyectada.

Versión presentada ante el Comité del Seminario Internacional de Mantenimiento en Sistemas Eléctricos II SIMSE CIER2009 – Bogotá - Colombia

INDUCOR INGENIERIA S.A.
 ELECTRICAL TESTING GROUP
www.inducor.com.ar

(Imágenes impresas propiedad del Dpto. servicios de Inducor S.A.)