

PRUEBA Y DIAGNOSTICO DE CABLES DE ENERGIA MEDIANTE EL USO DE TECNOLOGIA VLF (VERY LOW FREQUENCY)

(Parte II)

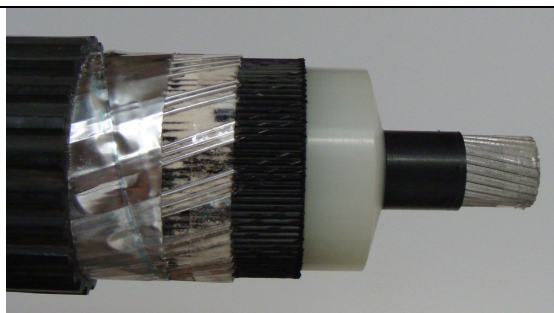
EL USO DEL VERY LOW FREQUENCY EN LOS ENSAYOS DE CABLES DE AISLACION SECA

IEEE Std400-2001 Enero del 2002 (Revisión de la IEEE Std400-1991) GUIA PARA ENSAYOS EN CAMPO Y EVALUACION DE LA AISLACION DE CABLES DE POTENCIA APANTALLADOS

La norma **IEEE Std 400-2001** (reemplazante de la IEEE Std400-1991), se define como una guía que intenta describir los procedimientos de ensayos de cables *instalados*, contemplando los distintos *tipos o clases* de tensiones de prueba que pueden ser utilizadas:

- a)- Corriente Continua. (0Hz)
- b)- Frecuencia Industrial. (50Hz)
- c)- Very Low Frequency. (VLF<1Hz)

Siempre validando los tres tipos de tensiones de ensayos, la IEEE Std 400-2001 expresa las ventajas, desventajas, y las recomendaciones prácticas de cada aplicación.



Referenciar a la Norma **IEEE Std400-2001**, únicamente como la norma que recomienda la utilización del VLF en los ensayos, o como aquella que descarta la utilización de Corriente Continua sobre los cables de aislación seca, no es una correcta interpretación

Las ventajas y beneficios del **VLF** tienen mas de cincuenta años en el ámbito de los ensayos para máquinas rotantes, con un prestigio ganado por sus amplias ventajas en el campo de la investigación predictiva de defectos.

El cumplimiento básico de la IEEE Std400-2001, establece que la tensión de ensayo a aplicar en VLF, debe ser de 2 a 3 veces la tensión fase a tierra del cable bajo prueba., durante 15 a 60 minutos, pero expresada en valores picos.

ENSAYOS DE CABLES EN CORRIENTE CONTINUA – FRECUENCIA INDUSTRIAL Y VERY LOW FREQUENCY (VLF)

Por muchos años, la tradición de utilizar Corriente Continua en los ensayos de cables de media tensión, para evaluar su estado de aislación, ha sido indiscutiblemente aceptada. Fabricantes de cables y de equipos de pruebas, han coincidido en las ventajas y beneficios que ofrece este método, especialmente sobre los cables de papel aceite tipo **PILC** (Paper- and oil-Insulated, Lead-Covered).

A partir del año 1994, con el advenimiento de las nuevas aislaciones termoplásticas extruídas, estos beneficios comenzaron a ser puestos bajo sospecha. Recientes estudios y publicaciones están aún tratando de unificar criterios para determinar cuales serían los motivos –causas y consecuencias que la aplicación de una corriente continua de prueba, produciría sobre los cables del tipo XLPE (Cross-Linked Polyethylene).

El *Electric Power Research Institute* (EPRI), trabajando sobre historiales de cables XLPE y EPR (Ethylene Propylene Rubber), ha logrado hasta el momento solo publicar dos escritos (TR-101245 y EL-6902), con las siguientes conclusiones, referidas únicamente a cables XLPE:

A) Las pruebas realizadas con corriente continua, sobre cables de media tensión XLPE ya instalados y degradados por el por el paso del tiempo, reducen su vida útil.

B) Las pruebas de corta duración realizadas con C.C., sobre cables de M.T. XLPE, nuevos o recién instalados (prueba de instalación -antes de su energización), no causan reducción de su vida útil.

La confusa situación ha lleado a ser la siguiente:

- 1) Algunas normas descartan totalmente la utilización de la CC en los ensayos de mantenimiento (cables instalados con años en servicio);
- 2) Otras en cambio aceptan la aplicación de C.C. en cables instalados, pero con no más de cinco años en servicio.
- 3) Otras admiten el ensayo, pero limitan la duración del mismo, de 5 a 15 minutos solamente.
- 4) Ninguna acepta el ensayo de C.C. como ensayo de fábrica sobre cables XLPE.
- 5) Todas aceptan la aplicación de CC en los ensayos de cables recién instalados.
- 6) A todo esto, y para agregar un poco mas de incertidumbre al tema, la norma IEEE400-2001, expresa que durante los ensayos de cables (específicamente XLPE), ya degradados por el tiempo y bajo entornos húmedos, la aplicación de corriente continua "**podría causar**" (cita textual), que dichos cables fallen luego de ser retornados al servicio.

LOS ENSAYOS DE CABLES Y SUS CATEGORIAS

IEEE Std400-2001 establece seis tipos de ensayos en campo para cables de energía con pantalla, que pueden ser resumidos en dos categorías, según los fines que se pretendan de los mismos:

1° CATEGORIA: Ensayos de tensión resistida (withstand tests): Son aquellos ensayos en que las conclusiones son del tipo "*pasa / no pasa*" (pass/fail – go/no go), sin producir conclusiones sobre el estado del aislamiento.

Están basados en el siguiente principio: Si durante la realización del ensayo, los cables soportan o resisten una determinada sobre tensión, entonces los mismos serán considerado como aceptados; esto es equivalente a arrojar un determinado elemento frágil al suelo, y si no se rompe, entonces será considerado como resistente a la caída, sin tener en cuenta que estado de deterioro interno posee (diagnostico), ya que esto último no está considerado dentro del alcance de este ensayo.

En esta categoría se destacan los siguientes ensayos:

- a) Corriente Continua.
- b) **Very Low Frequency.**
- c) Ondas Oscilatorias.
- d) Frecuencia Industrial.



2° CATEGORIA: Ensayos predictivos o de evaluación de estado
(*condition assessment testing*)

A diferencia de la categoría anterior, estos ensayos están basados en determinar o medir las características de la aislación, y en que grado de deterioro se halla la misma.

En esta categoría se destacan los siguientes ensayos

- a) Ensayos de Descargas Parciales
- b) Ensayos de Factor de Disipación (tangente delta).

De todas formas, la realización de muchos de estos ensayos, requieren también de la aplicación de una sobre tensión, que puede conducir a la ruptura de la aislación, durante el procedimiento de prueba.

LA NORMA IEEE Std400.2-2004 Y LOS EQUIPOS VLF PARA ENSAYOS DE CABLES:

Los slogans publicitarios y la rigurosidad de las normas no siempre conciben con la realidad. La promoción comercial actual de equipos de VLF para ensayos de cables, tomando como base o fundamento el cumplimiento de la norma IEEE Std400.2-2004; como toda tecnología que busca su mercado, merece una interpretación particular.

Al seleccionar un equipo para ensayo de cables con sistemas VLF, se deberá tener presente los siguientes conceptos, con el fin de no cometer errores:

La IEEE Std 400.2-2004 es precisamente una Norma o Standard de vigencia actual que define entre otros los procedimientos de ensayos con VLF

IEEE Std 400.2-2004, establece que la tensión de ensayo a aplicar en VLF, debe ser de 2 a 3 veces la tensión fase a tierra (Uo) del cable bajo prueba, expresada en valores PICOS.

Según las ecuaciones de la IEEE Std400.2-2004, la tensión de prueba (V) a utilizar para ensayar un determinado cable nuevo, acorde a su tensión de servicio, será de:

$$V(pk) = 3Uo \quad \text{INSTALACION}$$

Siendo:

V: Tensión de VLF a aplicar (valor pico).

Vo: Tensión fase a tierra del cable a ensayar (RMS) = V (fase –fase) / 1,71

Lo cual arrojaría los siguientes resultados para nuestra red: (Tabla I)

Cable tipo (KV fase a fase)	13,2	27	33
Tensión Fase/Tierra (Uo) [Kv RMS]	7,71	15,72	19,3
Tensión de Prueba VLF (3x Uo) [Kv PICO]	23,2	46,76	57,15
Tensión de Prueba VLF (3x Uo PICO /1,41) [KvRMS]	16,60	33,16	40,41



Tabla I: Valores de tensiones de prueba expresadas en RMS y PICO.

INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS DE UN ENSAYO EN CABLES USANDO VLF

INTRODUCCION:

La alternativa de utilizar VLF para ensayos de cables, sugiere primero situarnos en un nuevo o diferente concepto de evaluación de resultados.

Dejando de lado los conceptos predictivos, la utilización de VLF requiere de un análisis de la situación en que podrá quedar el sistema luego de realizar el ensayo:

CONCEPTOS:

a) El uso simple del VLF para ensayos de aislamiento en cables, es considerado como una prueba de *resistencia o de soporte* de una determinada tensión aplicada, (withstand test), y no como ensayo de diagnóstico (ensayo predictivo).

Al igual que en corriente alterna o en corriente continua, el ensayo es considerado como destructivo (Pto 8.1, IEEE Std.400-2001).

b) Para los cables instalados con extensas zonas de ramificaciones de descargas por humedad (water trees), o por ionización, el ensayo de VLF por si solo, no ofrece conclusiones (Pto.8.3.3.2 *disadvantages*)

c) El VLF, aplicado en forma de ensayo de aislación, no ofrece resultados predictivos, ya que sus conclusiones serán simplemente *“pass or fail”*.

CONCLUSIONES

El principio de aplicación del VLF, dice que si un cable soporta la tensión de prueba de $3 U_0$ durante 15 a 60 minutos, puede ser puesto en servicio, de lo contrario y de todas formas, se quemará durante la realización del ensayo.

Dicho de otra forma, durante el ensayo de VLF, un defecto es forzado a la ruptura.

Esto es así por que mediante la aplicación de VLF a 0,1 Hz, y a $V=3 U_0$, el radio de crecimiento de las ramificaciones de descargas internas de un cable (trees) es de 10,9 a 12,6 mmh (milímetros por hora); lo cual es casi cinco veces mayor que el mismo realizado a 50Hz.

Al momento de decidir la utilización del VLF para ensayar un cable, el operador debe tener presente la finalidad del mismo, y las consecuencias posibles cuando los resultados no lleguen a ser satisfactorios.

Ante la pregunta común que hacen los lectores acerca de si el ensayo VLF es destructivo o no, estas podrian ser las respuestas, tomadas en base a lo expresado anteriormente:

Las normas señalan que si un cable no soporta la aplicación de los $3U_0$, es un cable que de de todas formas fallará (hoy, mañana o alguna vez), y que por lo tanto de esta manera, se obtiene la ventaja de que la falla (o futura ruptura) es forzada a exponerse ahora, y no en forma imprevista.

Los $3U_0$, producen un stress en el cable bajo prueba que tiende al *forzamiento* de las fallas incipientes a exponerse, Si las fallas incipiente no existieran, el cable superaría las pruebas, pero como la mayoría de los cables envejecidos poseen fallas incipientes, la elección de uso del VLF debe estar sujeta a un análisis mas amplio, teniendo en cuenta las consecuencias de una imposible puesta en servicio luego del ensayo.

La conclusión de que el radio de crecimiento de las ramificaciones de descargas (nivel de evolución de un defecto) sean 5 veces mayores a las de aplicar 50Hz, es tomado como una ventaja para determinados fines de análisis de estados de cables; pero para ensayos de mantenimiento, esta condición fuerza a la ruptura de fallas incipientes o de puntos de máxima concentración de descargas parciales dentro del cable.

La alternativa de utilizar VLF para ensayos de cables, sugiere primero situarnos en un nuevo o diferente concepto para evaluar los resultados.

Cuando se habla de ensayos del tipo destructivos, no significa que la muestra se destruya por una simple aplicación del ensayo, si no que se debe interpretar como que por la aplicación del mismo, la muestra tal vez no logre superar el esfuerzo de la prueba, por exposición de un defecto preexistente, o simplemente por mala calidad de materiales / degradación/ /o error de manufactura; y precisamente para eso, están las pruebas.



FUENTE: **INDUCOR INGENIERIA S.A.**
Cable Testing Division
Diagnostico de Cables Subterráneos
Localización / Detección de Fallas en Redes de Energía
www.inducor.com.ar