

NOVIEMBRE 2010

SEPTIMAS JORNADAS DE: CAPACITACION Y ENTRENAMIENTO EN TECNICAS DE ENSAYOS, DIAGNOSTICO Y DETECCION DE FALLAS EN CABLES SUBTERRANEOS DE ENERGIA

SESION 4 TEORIA Y PRACTICAS DETECCION DE FALLAS EN CABLES SUBTERRANEOS

INTRODUCCION:

Si bien hoy en día la detección de fallas en cables subterráneos en un tema ya superado en cuanto al logro de sus objetivos, que no requiere de mayores esfuerzos mediante el uso de las técnicas y procedimientos adecuados, la presente obra constituye un resumen, orientado a la aplicación eficiente de los distintos métodos, para lograr una detección profesional, en tiempo y forma.

Por el contrario, más allá de la necesidad de detectar fallas, en la actualidad la tendencia mundial está basada en la anticipación temprana de la etapa de un siniestro, mediante la aplicación de técnicas de diagnóstico basadas, entre otras, en la medición de descargas parciales y ensayos en baja frecuencia (VLF).

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 depende siempre de los objetivos y expectativas, que en mayor medida comprenden la eliminación de problemas en el sistema, determinación del riesgo de potenciales fallas, y reducción de reclamos.

Las nuevas técnicas para el diagnóstico de cables, permiten controlar desde la recepción del mismo, el tipo de falla a futuro que tendrá dicho cable cuando se constituya como tendido subterráneo, y además analizar metro a metro el estado de degradación ascendente o estable que sufra con el paso del tiempo.

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

INTRODUCCION

Las técnicas aplicadas para la determinar la ubicación de las fallas o averías en instalaciones eléctricas subterráneas, son tan remotas como las instalaciones mismas, originándose y evolucionando en forma paralela con la distribución de la energía eléctrica.

Por muchos años, la meta mas codiciada en el rubro de la localización de fallas en cables, ha sido la de lograr un único método de medición, con el cual pueda llegar ser resueltos, todos los tipos de fallas.

Antiguamente, hasta 1950 en los países desarrollados, y hasta 1960 en los países emergentes, la localización de fallas se efectuaba por métodos clásicos, con ayuda de puentes de medida, transformadores de quemado, o precarios equipos construidos para esas emergencias.

La localización requería de horas, y a veces días, y en algunos casos no se lograba ningún resultado satisfactorio.

Actualmente, se han desarrollado instrumentos, equipos y métodos, a tal punto que la prueba de cables, y la localización de fallas, constituyan un particular campo de especialización, dentro de las empresas que explotan el servicio público de electricidad, obteniéndose resultados muy competitivos.



La premisa fundamental es, que por sobre todas las cosas, el método a utilizar para determinar la ubicación de las averías, no deberá producir nuevas fallas o degradar la aislación de las instalaciones bajo ensayo.

Este no fue un tema de gran preocupación cuando las instalaciones utilizaban exclusivamente cables con aislación de papel impregnado en aceite. Pero en los últimos años, con la aparición de cables con aislaciones secas (PE o XLPE), deben extremarse los cuidados y no sobre exigir innecesariamente al cable, para no deteriorar la aislación de los tramos buenos, induciendo a fallas prematuras.

Entre los tipos de fallas que pueden presentarse, las intermitentes y las de alta resistencias (que, por otra parte son las más frecuentes), son todavía consideradas como de muy difícil localización, y muchas veces insolubles si no se recurre al quemado o acondicionado de las mismas; este concepto, bastante generalizado, no se debe a la falta de recursos tecnológicos para resolverlas, sino más bien a las características del método utilizado – Reflectometría de alta energía – que requiere un profundo análisis de los resultados, en comparación con la reflectometría convencional tan difundida, y de muy fácil interpretación.

La inexperiencia del operador de los sistemas de ensayos es otro punto a considerar.

La investigación permanente, y la introducción de la informática en la especialidad, han posibilitado proveer a la localización, de métodos de medición que no exigen innecesariamente al cable bajo ensayo, además de agilizar notablemente la tarea, y optimizar los métodos de interpretación.

Por otra parte, la cantidad de productos disponibles en este mercado, hace que siempre exista el equipamiento ideal para todo tipo de empresas (grandes, medianas y pequeñas) con distintas estructuras de red a un costo razonable.

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.

EN CABLES SUBTERRANEOS, EN FORMA PROFESIONAL

La localización de fallas en cables de energía subterráneos, ha desafiado a los fabricantes de instrumentos y sistemas, desde el mismo momento en que los cables han sido colocados bajo tierra. Haciendo frente al desafío, tanto los usuarios como los fabricantes de equipos para ensayos, han inventado y desarrollado una variada gama de ingeniosos sistemas, y métodos de detección de fallas.

Muchas técnicas anteriores han sobrevivido por más de 50 años, ayudando a los técnicos a localizar las fallas en forma confiable.

La búsqueda de equipos y métodos nuevos, ha ido mejorando en forma continua, con la aplicación de los avances tecnológicos al tema de la localización de fallas subterráneas.

Por su propia naturaleza, algunos procedimientos clásicos de ensayos de cables, y localización de fallas, quizás tengan efecto negativo sobre cierto tipo de cables con dieléctricos sólidos, al exponerlos con altas tensiones.

Se están llevando a cabo muchas investigaciones y estudios sobre este tema. Al no tener disponibles sustitutos totalmente indestructibles en forma inmediata, los fabricantes están esforzándose por minimizar los efectos destructivos de los métodos que emplean altas tensiones, procurando desarrollar nuevas y seguras técnicas en su reemplazo.

La localización de fallas es una parte esencial del mantenimiento de cables. Sin los métodos modernos de detección, les sería imposible a las empresas distribuidoras de energía, ofrecer un servicio confiable a la industria, y al público en general. Por esta razón, este tema merece atención, apoyo y difusión.

Este escrito es un complemento de los manuales de instrucción para operadores que utilicen equipos para localización de fallas. No está preparado para ser utilizado en forma independiente como una guía para operaciones de equipos específicos.

Los usuarios de equipos para localización de fallas en cables, deben familiarizarse con los manuales de operación que se suministren, y que contengan instrucciones e información sobre normas de seguridad específicas para los modelos que se están utilizando.

Este escrito está organizado en secciones aisladas. Puede ser utilizado como un esquema de curso tanto para principiantes como para personal altamente experimentado en la localización de fallas en cables.

El contenido detalla todos los aspectos específicos a cubrir, para establecer en forma profesional, la existencia o no de una falla, para luego pasar a su proceso de determinación puntual.

La sección II, contiene información para introducir al lector en los distintos métodos, conceptos, y tensiones de ensayos, actualmente disponibles, tendientes a evaluar el estado de aislación de un cable, tanto en Corriente Continua, como en VLF (Very Low Frequency).

El resto de las secciones, proporcionan un enfoque global y particular, sobre las distintas técnicas, que se aplican en el proceso de localización puntual de fallas en cables subterráneos

Recuerde que nunca serán excesivas las precauciones adicionales que se tomen, y el operador deberá mantener una alerta permanente sobre el aspecto SEGURIDAD.



CARACTERISTICAS DE LAS FALLAS

¿Que es una Falla?

En términos generales, se denomina falla, a la condición física que ocasiona la avería en un cable o que no permite que el mismo retenga o mantenga la tensión de servicio requerida.

FUGA NO ES LO MISMO QUE FALLA

EN UNA FALLA, EL CONCEPTO DE TENSION DE RUPTURA ENTRA EN JUEGO

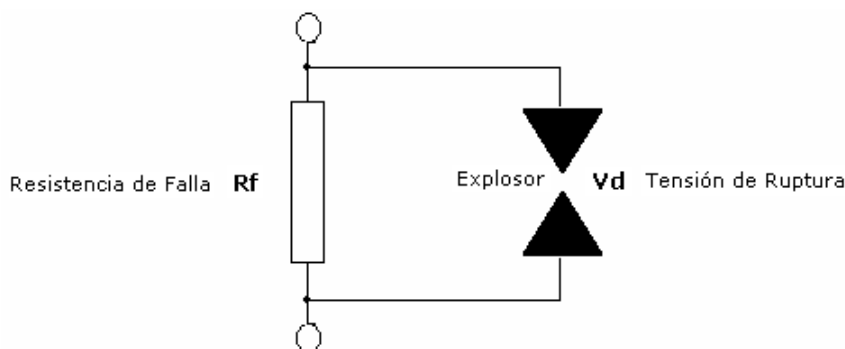
Existen muchos tipos de fallas, alta resistencia, baja resistencia, fase a fase, fase a tierra y así sucesivamente. Una falla también puede verse como una resistencia no lineal en paralelo con un espacio de arco (explosor, descargador o spark-gap).

Se usan diferentes métodos para localizar y ubicar exactamente estos distintos tipos de fallas. Aún no se ha desarrollado nada que elimine la necesidad de ubicar las fallas con exactitud, eliminando el uso de un generador de impulsos.

TIPOS DE FALLAS:

Descripción Básica General

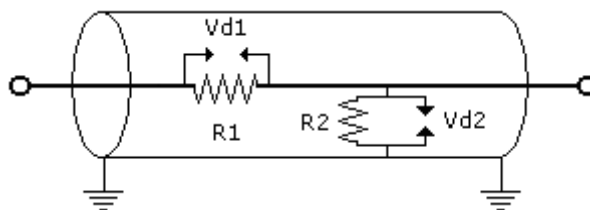
La figura muestra el circuito equivalente a una falla, formado por la propia resistencia de falla (R_f) en paralelo con un descargador (V_d).



Tanto la resistencia de falla R_f , como el descargador V_d varían mucho según sea el tipo de falla que se trate, siendo generalmente: $R_f > 1 \text{ k}\Omega$ y $V_d > 1 \text{ Kv}$.

Generalmente este tipo de fallas, se presenta en derivación entre el conductor y la pantalla, pero es posible también, cualquier otra combinación, como se muestra en el punto siguiente.

Si bien la falla en derivación es la que más comúnmente se presenta, la falla serie es también una de las posibilidades. La figura muestra ambas alternativas:



Siendo:

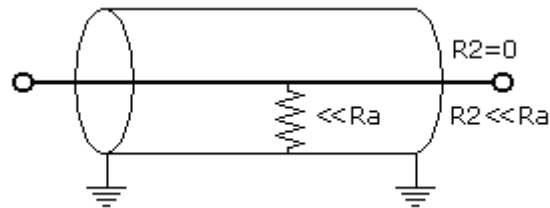
V_{d1} y V_{d2} : tensión de descarga.

R_1 y R_2 : resistencia de continuidad y de aislación a tierra.

FALLA DE BAJA RESISTENCIA

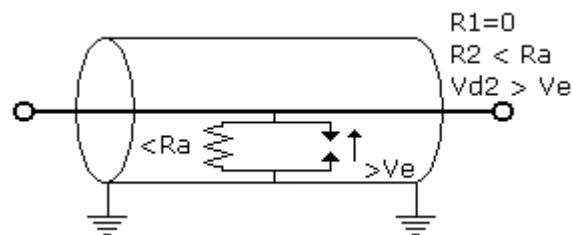
El cable bajo ensayo presenta continuidad entre sus extremos o sea que la resistencia serie:
 $R_1 = 0$

La resistencia de falla a tierra (R_2), es muy inferior a la resistencia de aislación (R_a) de un cable en buenas condiciones.



FALLA DE ALTA RESISTENCIA

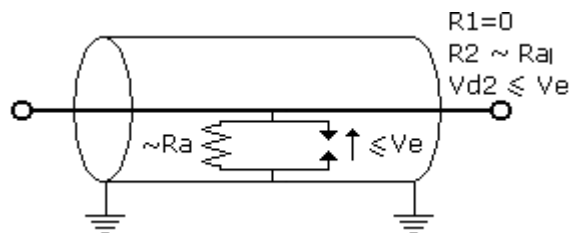
Al igual que en el caso anterior, el cable a ensayar presenta continuidad entre sus extremos ($R_1 = 0$). La tensión de cebado de la falla a tierra, es mayor que la tensión continua de ensayo, lo que implica que al aplicar al cable, la tensión V_e , no se producirán descargas disruptivas en la falla, pero la corriente medida de pérdida (i_p), toma valores que indican que la resistencia de falla a tierra (R_2), es menor que la resistencia de aislación (R_a).



FALLA INTERMITENTE

Estos tipos de fallas, también son conocidos como tipo "flash". El cable presenta continuidad entre sus extremos ($R_1 = 0$). Al someterse al cable a la tensión de ensayo (V_e), la corriente de pérdidas medida (i_p), es pequeña, lo que hace que $R_2 \cong R_a$.

Pero a un tiempo (t_1), menor que el tiempo de ensayo (t_e) mínimo exigido por la norma, se producen descargas en la zona de falla, que hacen que aumente bruscamente (i_p), y caiga V_e a un valor próximo a cero.



Luego de la primera descarga, el cable puede volver a las condiciones iniciales del ensayo, y producir otras descargas muy espaciadas en el tiempo, o que la primer descarga modifique el (t_1), y se produzca un aumento brusco de (i_p), cada vez que la tensión de ensayo llega al valor de cebado de V_{d2} . (ruptura).

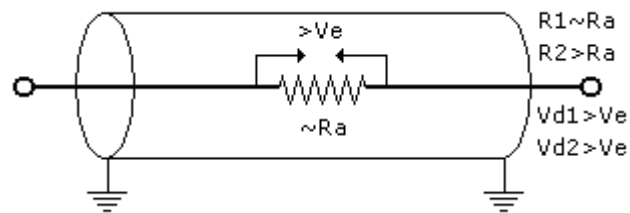
CABLE CORTADO

Esta falla está caracterizada por la falta de continuidad entre los extremos del conductor a ensayar, es decir que: $R_1 \sim R_a$.

La resistencia de falla a tierra (R_2), es mayor que la resistencia de aislación (R_a), y tanto V_{d1} como V_{d2} , son mayores que la tensión de ensayo.

Los valores de los elementos del circuito equivalente, en las figuras anteriores, pueden variar mucho, siendo totalmente independientes uno del otro.

Esto hace que si bien los tipos de fallas puedan clasificarse en cuatro posibles, una combinación de esta puede presentarse en un caso real:



INTRODUCCION A LOS METODOS DE LOCALIZACION DE FALLAS EN CABLES

RESEÑA DE LOS MÉTODOS DE LOCALIZACIÓN DE FALLAS EN CABLES

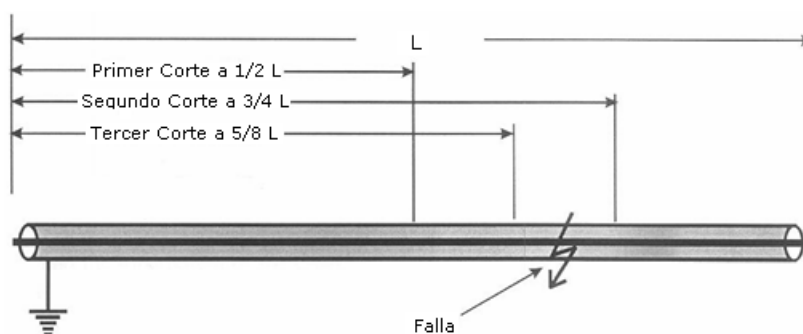
Hay dos categorías bien diferenciadas de métodos de localización de fallas en cables: La pre-localización, y la ubicación exacta. La pre-localización, generalmente se utiliza para identificar, ya sea una sección de un cable subterráneo con fallas, o la localización aproximada (entorno) de la falla. Los métodos de ubicación precisa, se utilizan para identificar en forma exacta una falla en un cable subterráneo, con el fin de excavar y hacer la reparación; este proceso es denominado puntualización. Algunos de los métodos específicos que entran dentro de estas dos categorías, han sido utilizados durante muchos años, y probablemente continuarán siendo utilizados por muchos años más. Las técnicas tales como radar de alta tensión, son mucho más recientes y probablemente sean utilizadas en forma más extensiva en el futuro, aún con posibles mejoras.

ANTIGUOS METODOS DE LOCALIZACION DE FALLAS

Los métodos de pre-localización, proporcionan una distancia estimada hasta una falla. En algunas situaciones, tales como con cable en conductos, la distancia aproximada es todo lo que se necesita. En otros casos, tales como los circuitos de distribución residenciales subterráneos, enterrados en forma directa, la localización debe ser seguida por un método adecuado de ubicación exacta. Algunos de los antiguos métodos de localización, son los siguientes:

SECCIONALIZACION

El método de seccionalización más antiguo, ha sido llamado el "Método de Acercamiento a Mitad de Camino", el "Método de Cortar y Probar", o el "Método de Prueba y Error". La seccionalización era una de las primeras técnicas a ser utilizadas para la localización de fallas en cables enterrados en forma directa. Su uso, hoy en día está limitado al de un último recurso. Ver figura 1.



Método de Seccionalización

Después de aislar ambos extremos del cable bajo prueba, se conecta un ohmetro o un megóhmetro entre el conductor y el neutro o tierra. Un cable con fallas tendrá una resistencia de aislación más baja que un cable sin falla. Para un ensayo confiable de cables, se recomienda utilizar un analizador de Aislación, tales como los rectificadores de alta tensión en vez de un Megger.

La tensión de ensayo más alta, que posee un probador de aislación, va a acentuar la aptitud o no de la aislación, y su mayor sensibilidad proporcionará información más útil sobre su estado.

Después de medir la resistencia de la falla, se cavará un pozo a mitad del camino del largo de la sección de cable. El cable se cortará en ese lugar, y se hará una medición de resistencia de aislación, en cada una de las mitades del cable.

La mitad "mala" del cable, conteniendo la falla, tendrá una resistencia de aislación menor, que la mitad "buena", y el valor de la resistencia de aislación en la mitad "mala", deberá ser el mismo que la resistencia de aislación de la falla, medida anteriormente en toda la longitud del cable.

Luego se cavará un segundo pozo en la mitad de la distancia de la mitad "mala". Nuevamente se cortará el cable, y se hará una medición de la resistencia de aislación, en cada nueva sección, para identificar la parte "mala" de la sección restante.

Esta técnica, a pesar de la lamentable necesidad de cortes y empalmes repetidos, por lo menos no expone al sistema de cables, a las altas tensiones de ensayo, potencialmente dañinas.

RESISTENCIA PROPORCIONAL

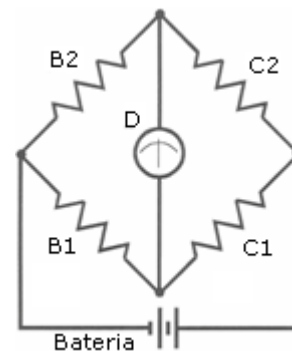
A menudo llamado el método Puente, esta variante popular y de larga trayectoria (vigencia) del Puente Wheatstone, es un claro ejemplo de los métodos de resistencia proporcional. Ver Figura.

Al utilizar un Puente Wheatstone, B1, B2 y C2 representan a las resistencias conocidas.

C1 representa a la resistencia desconocida.

En equilibrio, típicamente por ajuste de los valores de resistencia de B1 y B2, y cuando el detector D de nulidad (cero central) indique cero: $C1/C2 = B1/B2$

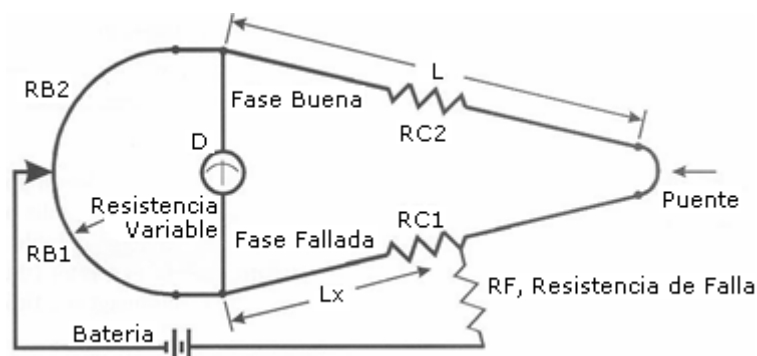
Por lo tanto, $C1 = (C2 \times B1) / B2$



Puente Wheatstone Básico

Una variación del Puente Wheatstone, es el Puente Lazo Murray. La figura muestra que puede lograrse que las resistencias adyacentes, RC, de un cable fallado, en un lazo con RC, de un cable bueno, representen C1 y C2 del Puente Wheatstone. En forma similar, puede lograrse que las porciones correspondientes de un resistor móvil RB1 y RB2, representen las resistencias B1 y B2. En el Puente de Lazo Murray, en equilibrio, $RC1/RC2$ es igual a $RB1/RB2$.

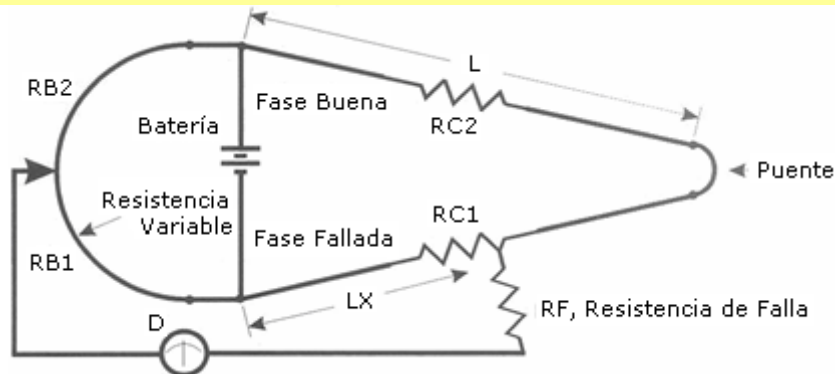
Suponiendo que la resistencia de un conductor uniforme, es linealmente proporcional a su longitud, y la longitud total de la sección de cable testado es L; la distancia hasta la falla, Lx, se calcula como sigue: $Lx = 2L RB1/RB2$



Aplicación del Puente Lazo Murray Clásico

La performance como localizador de fallas de cables, se mejora intercambiando la batería y el detector de nulidad, creando un Puente Lazo Murray invertido, como se muestra en la Figura.

Nuevamente, suponiendo que la resistencia de un conductor uniforme es linealmente proporcional a su longitud, y la longitud total de la sección de cable ensayado es L, la distancia a la falla, Lx, se calculará como sigue: $Lx = 2L RB1/RB2$



Aplicación en forma clásica del Puento Lazo Murray Invertido.

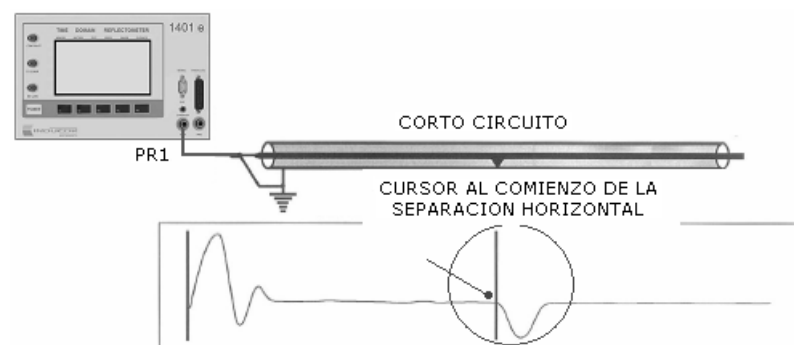
Al usar los métodos de Lazo Murray o Lazo Murray Invertido, la resistencia de la serie, y la longitud de la fase buena, y de la fase fallada, deben ser idénticas. Si las resistencias de la serie, son distintas, como sería el caso si una fase contiene un empalme, y la otro no, la precisión resultante estará afectada drásticamente. Recordar que este es un método de pre-localización, y no de ubicación exacta.

MODERNOS METODOS DE LOCALIZACION DE FALLAS

REFLECTOMETRIA CONVENCIONAL

El Reflectómetro de Dominio de Tiempo, a menudo llamado TDR, ecómetro, o simplemente reflectómetro, fue desarrollado hace más de 25 años, como una técnica para localizar fallas en líneas telefónicas.

Sólo en los últimos años ha sido usado también en los cables de energía, pero con la desventaja de no poder mostrar fallas del tipo derivación, de alta resistencia, mayores de aproximadamente 200 ohms. En el mundo real, las fallas de cables de energía, son generalmente mucho más altas que este valor, limitando la utilidad de los TDRs. Ver Figura.



Aplicación de TDR en Cables de Energía

En funcionamiento, el TDR transmite, pulsos de baja tensión y alta frecuencia por el cable. Los cambios en las impedancias, causan reflexiones de los impulsos transmitidos que aparecen en una pantalla. Simplemente, un aumento en la impedancia causa una reflexión ascendente y una disminución en la impedancia causa una reflexión descendente.

Si se conoce la velocidad de propagación, o la velocidad a la que viajan estos pulsos por el cable, posicionando marcadores o cursores, se podrá medir la distancia entre dos puntos. De esta forma, el TDR puede ser usado para medir distancias aproximadas, hasta algunas fallas, y otros cambios de impedancia en un cable, tales como extremos y empalmes.

Sobre una base práctica, la exactitud de estos instrumentos es de aproximadamente 1 % en los mejores casos, entonces, la medida nunca será lo suficientemente precisa para determinar la ubicación exacta. Además, los pulsos del TDR, viajan cada metro de cable, sin importar cual es su ruta, e incluyendo todos los lazos. Ya que las mediciones de longitud son realizadas a nivel del suelo, deben hacerse estimaciones por todo el largo adicional que está escondido bajo tierra.

La velocidad del pulso que viaja a través del cable, o velocidad de propagación, puede llegar a estimarse en forma confiable, pero no se conoce con precisión, para todos los distintos tipos de cable.

Para tendidos de cable en conductos o caños, la distancia aproximada es suficiente para identificar la sección con falla a ser extraída entre bocas de inspección. Para cables subterráneos, deben utilizarse técnicas adicionales para ubicar con exactitud una falla, antes de cavar un pozo, o antes de seccionar un cable.

REFLECTOMETRIA DE ALTA ENERGIA

Debido a que el TDR, por sí solo, no es capaz de identificar las fallas de alta resistencia, su efectividad como un localizador de fallas en cables de energía es limitada. Cuando se utiliza en un sistema de "radar de alta tensión" con generadores de impulso, filtros o acopladores, el TDR puede mostrar tanto fallas de alta y de baja resistencia.

Durante los últimos 15 años, tres sistemas básicos de reflectometría fueron desarrollados: reflexión de arco, reflexión de impulso y reflexión de decaimiento.

REFLEXION DE ARCO Y REFLEXION DE ARCO DIFERENCIAL

Por lejos, la más exacta y fácil de usar, la Reflexión de Arco y su extensión, la Reflexión de Arco Diferencial, se han transformado en los métodos preferidos para la localización de fallas subterráneas. Estos métodos no sólo muestran fallas, sino que también muestran la ubicación de puntos de referencia, tales como empalmes, proporcionando lo que a menudo se denomina: un mapa eléctrico del cable bajo ensayo.

La Reflexión de Arco permite que el TDR muestre trazas del "antes" y el "después". La traza "antes" es el registro que no muestra la reflexión descendente de una falla de alta resistencia. El rastro "después", es el registro que incluye la falla, aún cuando la resistencia de la falla pueda ser mayor que 200 Ohms.

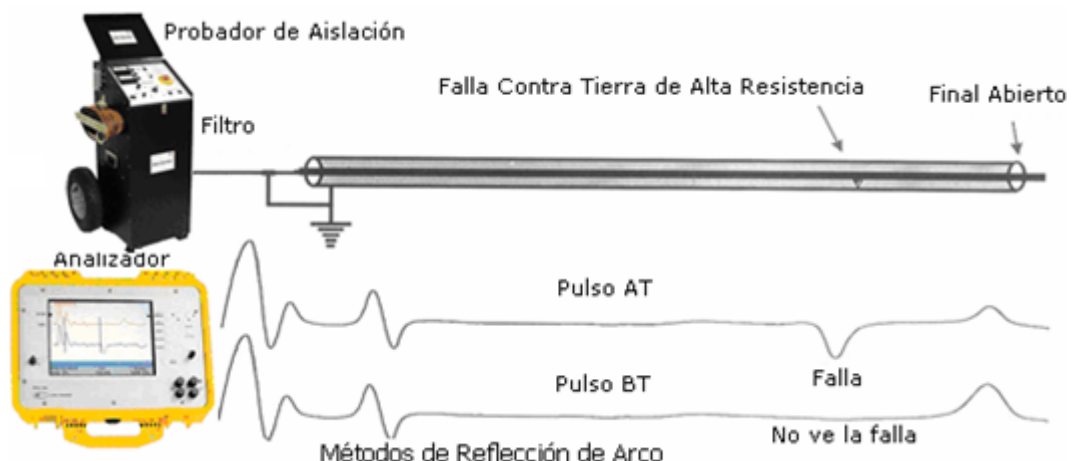
Esta contradicción aparente, ocurre porque un arco en la falla, producido por el generador de impulsos, creará momentáneamente, un lazo de cortocircuito.

Durante este período de tiempo, los pulsos del TDR son reflejados desde el arco, y proporcionarán una reflexión descendente en la traza. Cuando un TDR es del tipo digital, el display congelará la traza que ha sido digitalizada, y los cursores podrán ser ubicados con facilidad, para leer la distancia hasta la falla de alta resistencia.

La Reflexión de Arco Diferencial, es una extensión del método de Reflexión de Arco. Con esta técnica, se provee una segunda pantalla que muestra solamente la diferencia algebraica entre las trazas de baja y la de alta tensión.

Si las dos trazas son idénticas hasta la falla, aparecerá en el display de reflexión de arco diferencial, una línea totalmente plana, y la falla, será la primera reflexión descendente.

Esto simplifica la localización de fallas, particularmente si la reflexión de la falla no está bien definida.



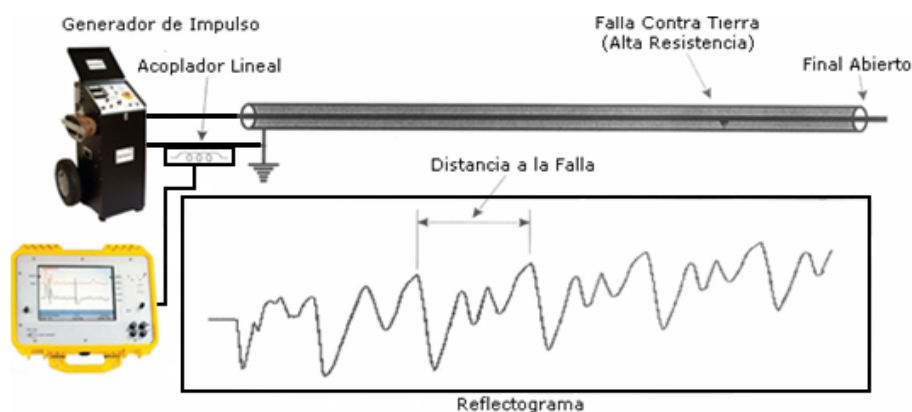
REFLEXION DE IMPULSOS

El Método de Impulsos, localizará a la mayoría de las mismas fallas que pueden ser ubicadas utilizando reflexión de arco, pero generalmente reducirá la exactitud y la confiabilidad.

Otra desventaja del método, es la mayor dificultad en la interpretación del gráfico mostrado, y la carencia de puntos de referencia en las trazas. Afortunadamente, el Método de Impulsos tiene un valor compensatorio, ya que localizará algunas fallas bastantes comunes, que no se evidenciarían usando reflexión de arco. En este método, se conecta un generador de impulsos, directamente al cable, sin el uso de un filtro, que puede limitar tanto la tensión como la corriente aplicada a la falla. Algunas fallas, tales como aquellas con agua o aceite en la cavidad de falla, requieren más corriente de ionización, y una mayor tensión. La reflexión de arco puede proporcionar estos parámetros.

Con el Método de Impulsos, el generador de ondas de choque, transmite un pulso de alta tensión que recorrerá el cable bajo prueba, haciendo que se produzca un arco en la falla. El arco produce una reflexión de energía de retorno al generador de impulsos, en forma cíclica, de ida y vuelta entre la falla y el generador, hasta que toda la energía se agote.

El pulso de alta tensión, produce reflexiones similares a los de un TDR. Un acoplador de corriente, capta las sucesivas reflexiones periódicas, que son capturadas y mostradas como una traza o reflectogramas en la pantalla. Ver Figura.



Para determinar la ubicación de una falla, se posicionan los cursores, en dos picos sucesivos de la traza. El analizador medirá el tiempo entre ambos, y calculará la distancia hasta la falla, usando la velocidad de propagación.

Para la traza mostrada arriba, hay poca dificultad para determinar la distancia hasta la falla. De todos modos, en muchos casos, la interpretación de la forma de onda, puede ser extremadamente difícil, debido a las reflexiones adicionales que pueden producirse por los empalmes.

La exactitud del pulso también es afectada, debido a los distintos cambios en la velocidad de propagación. A pesar de sus desventajas, este método proporciona una herramienta alternativa para localizar algunas fallas, que de otro modo serían mucho más difíciles de localizar.

DECAIMIENTO

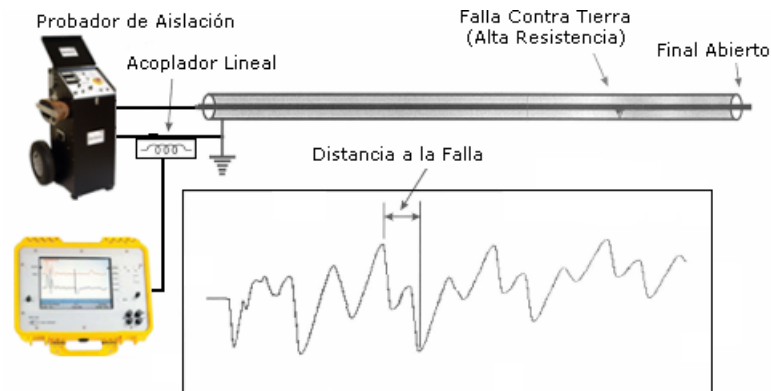
El decaimiento es usado primariamente para localizar fallas en cables de transmisión, que requieren tensiones de ruptura (breakdown) mayores a las que proveen los generadores de impulsos típicos.

Pueden necesitarse equipos de ensayo de aislación con corriente continua, con capacidad de salida de hasta 160 kV para descomponer la falla, y para capturar el transitorio, usando un acoplador y un analizador. Ver Figura. (Reflectómetro de alta energía).

Este método prescinde del empleo de un generador de impulsos. Al aplicarse una elevada tensión de ensayo (C.C.) al cable bajo prueba, su capacitancia se carga.

La tensión será aumentada gradualmente, hasta que la falla de alta resistencia se descomponga.

Al descomponerse, la capacitancia del cable se descarga a través de la falla, y esto generará un pulso que viajará de regreso al equipo de ensayo, donde se reflejará nuevamente hacia la falla.



Método de Decaimiento

Cuando el pulso llega a la falla, su polaridad será invertida, y nuevamente viajará de regreso al equipo de ensayo. Estas reflexiones continuarán hasta que se disipe la energía contenida en la onda.

Un acoplador de corriente captará los transitorios, y las sucesivas reflexiones periódicas, serán capturadas y mostradas como una traza reflectométrica en la pantalla.

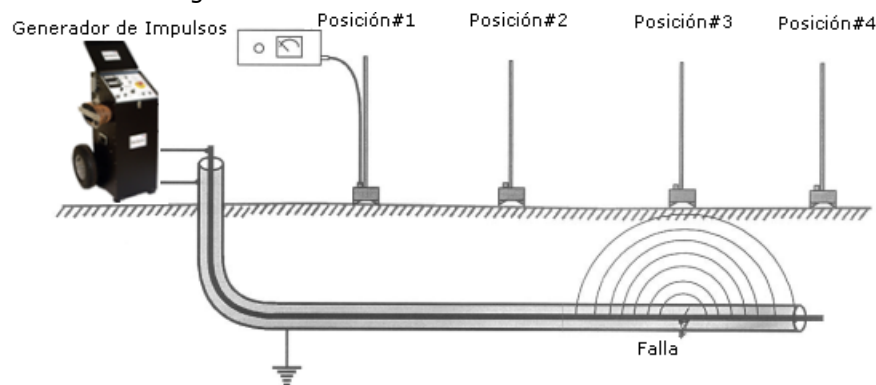
Para determinar la localización de la falla, se posicionan cursores en un pico y valle, sucesivos de la traza.

El analizador medirá el tiempo, y calculará la distancia a la falla, utilizando la velocidad de propagación programada.

MÉTODOS MODERNOS DE PUNTUALIZACION

DETECCION ACUSTICA DE IMPULSOS

La detección acústica, utilizando un generador de impulsos, y un detector acústico, ha dominado la ubicación exacta de fallas por los últimos 50 años. Su mayor valor es su récord prácticamente perfecto de éxito, en la tarea de ubicación exacta de cables subterráneos. En general, limitando a solo una, el número de excavaciones. Ver figura.



Posición # 1 – No se detecta sonido. Fuera de rango.

Posición # 2 – A una distancia de aprox. 6 metros, se detecta un nivel bajo de sonido.

Posición # 3 – Directamente sobre la falla, se detecta el nivel de sonido más alto.

Posición # 4 – Después de la falla. El nivel de sonido decrece.

Detección de Impulso Acústica

Método Para Ubicar con Exactitud, Fallas en Cables Subterráneos

Esta técnica ha sido utilizada desde que los generadores de impulsos fueron desarrollados por primera vez en 1950. La idea básica es la de crear un "thump" (ruido) en la falla, que pueda ser escuchado a nivel del suelo. El fundamento de un determinado generador de impulsos, es que cuanto mayor sea la tensión utilizada, mayor será el ruido. Cuanto mayor sea el ruido, más fácil será la determinación del lugar de la falla.

Los detectores acústicos amplificados, que han estado disponibles por muchos años, ayudan en este proceso. Si se gasta suficiente tiempo recorriendo la ruta del cable, y con una señal sonora lo suficientemente fuerte, la falla será encontrada. El empleo de este método ha sido cuestionado por el efecto posiblemente dañino que produce el pulso de alta tensión, sobre los cables de polietileno reticulado (XLPE).

La tendencia hoy en día es minimizar el nivel de tensión, y reducir la extensión del tiempo en que el impulso es utilizado, empleando métodos de pre-localización, y sistemas de ubicación exacta. Los puentes fueron los localizadores más antiguos, seguidos por la reflectometría de baja tensión y la reflectometría de alta energía.

En la actualidad, la industria todavía depende mucho del "thumping" de alta tensión para ubicar exactamente en forma acústica las fallas en cables subterráneos, y localizar las secciones falladas, mediante la detección de impulso electromagnético en cables bajo conductos. Probablemente pasarán muchos años antes que el uso del generador de impulsos, pueda ser eliminado por completo. El profesionalismo en la detección de falla, significa reducir el tiempo de aplicación del mismo.

DETECCION ACUSTICA/ ELECTROMAGNETICA DE IMPULSOS

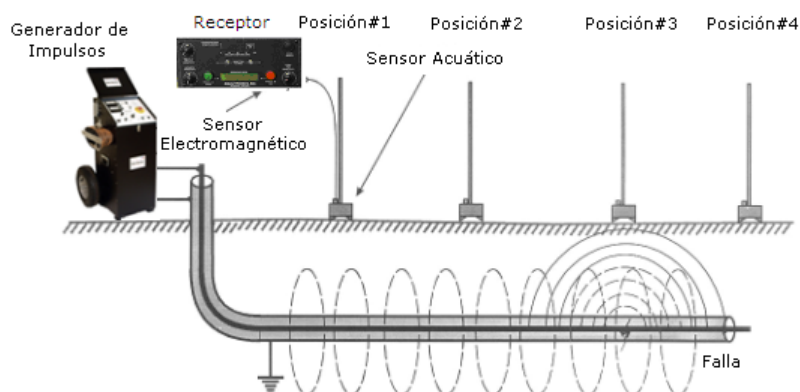
Se han logrado adelantos recientes en los instrumentos para la ubicación exacta, que ayudan a reducir la exposición a las altas tensiones del cable ensayado. Los detectores acústicos más viejos, estaban orientados solamente a la detección del sonido.

Cuando la sensibilidad incorporada al detector era demasiado elevada, los sonidos de fondo enmascaraban el "thump" producido en la falla.

Cuando la sensibilidad era demasiado baja, el sonido producido en la falla, no se escuchaba en absoluto. Los diseños recientes, detectan el pulso de corriente desde el generador de impulsos, y el ruido producido en la falla.

De mayor importancia aún, esta técnica logra medir el tiempo entre el impulso de corriente y el sonido producido en la falla. Cuando esta medición de tiempo está en un mínimo, la falla está directamente debajo de la unidad de recepción.

Al utilizar receptores duales, las señales recibidas son procesadas a símbolos direccionales, que señalan la dirección de la falla. El empleo de este tipo de aparatos de ubicación exacta, aumentan la eficiencia del proceso, y reducen la exposición del cable a altas tensiones.



Ubicación Exacta Acústica/ Electromagnética en Cables Subterráneos con 1 Sensor Acústico (Geófono).

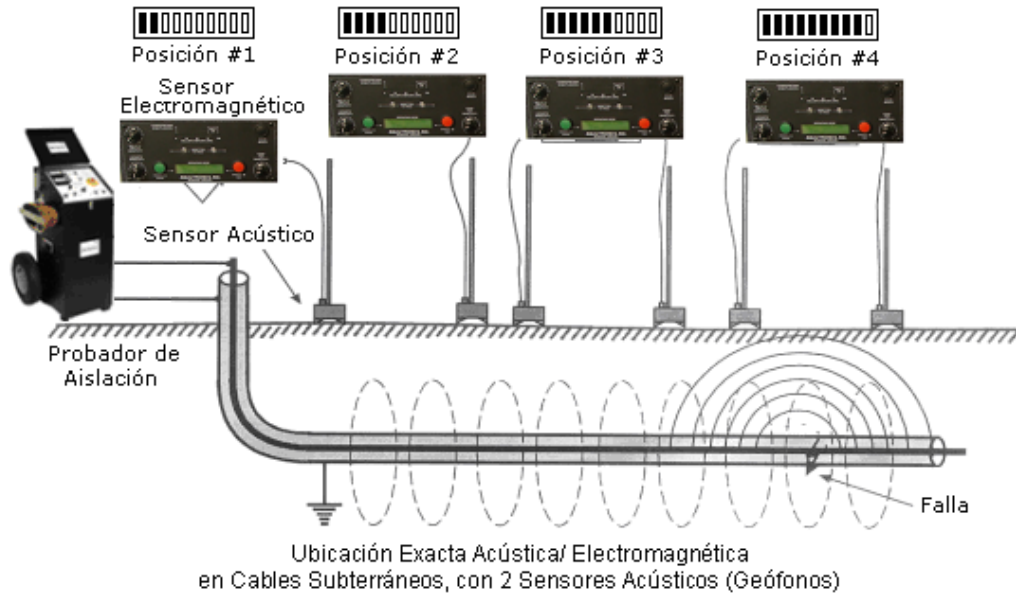
Posición # 1 Se detecta la señal electromagnética producida por el impulso (descarga). Todavía no se ha detectado sonido. Fuera de rango.

Posición # 2 Se detecta sonido débil con frecuencia seleccionada para discriminar mejor el sonido. La recepción de sonido comienza cuando está a una distancia de 12 m de la falla.

Se detecta diferencial de tiempo elevado.

Posición # 3 Se recibe sonido más fuerte. Se detecta diferencial de tiempo más corto.

Posición # 4 Se recibe el sonido más fuerte de todos. Se detecta el diferencial de tiempo más corto de todos.



Posición # 1 Un sensor acústico. Aún no se ha detectado sonido. Fuera de rango. Se detecta señal electromagnética producida por el impulso (descarga).

Posición # 2 Un sensor acústico. Se detecta sonido débil cuando está a una distancia de aproximadamente 12 metros. Se detecta diferencial de tiempo grande.

Posición # 3 Dos sensores acústicos. En la pantalla, una flecha apunta al sensor que está más cerca de la falla.

Posición # 4 Dos sensores acústicos. En la pantalla, las flechas se apuntan entre sí cuando los dos sensores están cerca el uno del otro y montan la falla que está directamente debajo.

