

Utilización de Tecnología TDR (Time Domain Reflectometers) para la Detección de Intervención en Acometidas (Bypass)

Julián Castañeda, Nelson Beltrán Celis / CODENSA S.A. E.S.P., Colombia

jcastaneda@codensa.com.co • nbeltranc@codensa.com.co

Artículo destacado en el CIERTEC: Gestión de Pérdidas, Eficiencia Energética y Protección de Ingresos en el Sector Eléctrico, realizado en Alagoas, Brasil del 28 al 31 de agosto de 2005.

Índice

- Introducción
- Descripción del problema
- Principio de funcionamiento
- Utilización TDR
- Caso de estudio
- Conclusiones
- Bibliografía

RESUMEN

Los TDRs son instrumentos utilizados normalmente en el campo de las comunicaciones para localizar e identificar fallas en cables: conductores rotos, derivados o cortocircuitados.

Su principio de operación es similar al de un radar, se emite un pulso de energía y éste es reflejado al instrumento cuando encuentra un cambio de impedancia.

El TDR mide el tiempo de viaje del pulso en función de la velocidad de propagación y mediante la interpretación de un oscilograma lo informa en su display como distancia.

Una de las anomalías más comunes y de difícil localización es la intervención de acometidas mediante derivaciones efectuadas a la misma. Es allí donde el uso de los reflectómetros resulta de gran utilidad para la reducción de pérdidas no técnicas.

La variable principal a configurar en el TDR es la velocidad de propagación (VOP) del pulso de energía a través del cable. La VOP (porcentaje de la velocidad de la luz en vacío) el cual

varía en función de la impedancia del conductor y principalmente de su capacitancia.

La mayoría de proveedores de equipos que trabajan con estas tecnologías, proporcionan tablas estandarizadas para conductores utilizados en telefonía, televisión y redes de cableado estructurado con geometrías bien conocidas, mas no para conductores utilizados en redes y acometidas. Debido a lo anterior es necesario identificar las VOP de los conductores más utilizados en acometidas eléctricas de baja tensión, las cuales dependen básicamente del tipo de material aislante utilizado.

Para determinar estos factores, se utilizó la prueba de variar la VOP en el TDR para conductores de longitud conocida simulando siempre un cortocircuito en el final.

Esto originaba que en el oscilograma presentado coincidiera con la longitud del mismo.

La técnica se hace extensiva a clientes con medida indirecta, acoplando el TDR en el punto de entrada de la conexión de los TCs a la acometida. En este punto se observó que la impedancia del transformador no tuvo efecto apreciable sobre el oscilograma cuando se detectaba una derivación de acometida, validándose su utilización en dicho tipo de conexiones.

El uso de este tipo de herramientas contribuye a las distribuidoras a detectar subregistros de energía de alto grado de sofisticación por intervención de acometidas, las cuales no son apreciables a simple vista.

Dado que es un equipo con cierta complejidad en su manejo, su uso requiere de personal experto en la operación e interpretación de los equipos.

Introducción

Una vez establecidos planes de control de pérdidas de energía a nivel de régimen, resulta cada vez más común el encontrar fraudes o intervenciones que presentan alto grado de sofisticación técnica y que a la postre son de difícil localización por parte de las empresas distribuidoras. Surge entonces la necesidad de implementar tecnologías que se encuentren a la vanguardia y que propendan a la detección de irregularidades intencionales. Tal es el caso de la intervención o derivación de acometidas antes de su paso por el medidor, lo cual viene distinguiéndose como uno de los mecanismos de defraudación más comunes en nuestro medio.

Este documento pretende abordar de una forma práctica las experiencias y dificultades exhibidas en la implementación de los TDR para la detección de intervenciones en acometidas con conexión en baja tensión.

Descripción del Problema

Identificada la necesidad y la tecnología a implementar en la solución, resultó imperativo seleccionar un dispositivo del tipo ecómetro o reflectómetro (TDR) que se ajustara a la identificación de fallas en conductores de longitud relativamente corta, ya que en el mercado predominan los dispositivos de uso en comunicaciones y que se destinan a la identificación de fallas en tramos de gran distancia que corresponden a cientos de metros. No es así en el caso de las acometidas que llegan a los predios, ya que estas no superan en promedio los 30 metros de longitud y su parte no visible (en donde se presumen la existencia de la intervención) no supera los cinco metros.

Era deseable que el dispositivo pudiese ser conectado a una línea energizada de forma que su utilización no requiriese de la interrupción del servicio de energía.

Adicionalmente el dispositivo debería ser de fácil interpretación por parte de los operarios destinados comúnmente al desarrollo de inspecciones de control de pérdidas.



Figura 1: Pulso emitido y reflejado

Principio del Funcionamiento

La teoría alrededor de la propagación de señales electromagnéticas resulta muy compleja y una completa explicación de la misma se encuentra más allá del alcance del presente documento. Los dos aspectos principales a ser tenidos en cuenta en el funcionamiento de los ecómetros son la velocidad de propagación (VOP) y las características de impedancia del conductor bajo prueba. El número VOP de un cable es básicamente determinado por el material dieléctrico que lo aísla.

Cuando un pulso es aplicado a un cable, el mismo viajará a lo largo de este con una velocidad conocida como velocidad de

propagación (VOP) y que una vez conocida permite interpretar medidas obtenidas como representaciones de distancia. Los localizadores de fallas del tipo reflectómetros o ecómetros aprovechan el fenómeno físico de que las señales eléctricas son reflejadas desde el lugar donde existe alguna irregularidad de impedancia o falla (Figura - 1). De acuerdo con la configuración de este lugar y dependiendo de la distancia desde el punto en el cual el impulso es inyectado, el fenómeno de la reflexión cambia considerablemente.

Al hacerse visibles los pulsos de reflexión, la forma de las imágenes obtenidas y el conocimiento de la VOP proporcionan indicaciones útiles para definir la distancia a la cual se encuentra la falla, la cual para el

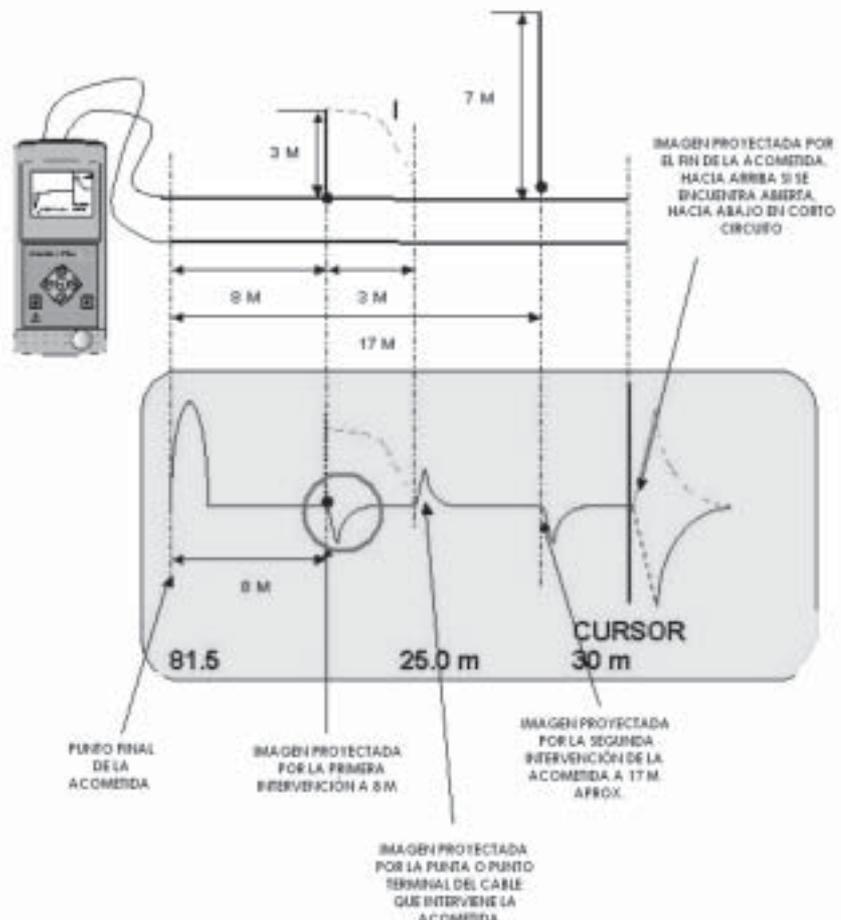


Figura 2: Utilización del TDR

caso de acometidas intervenidas corresponderá a un evento de derivación o empalme. La velocidad de propagación es propia de cada tipo de conductor.

En el reflectómetro se genera un pulso eléctrico de magnitud y ancho determinados, el cual es inyectado a la acometida y la cual la recorre como pulso emitido. Al encontrarse cualquier irregularidad en el cable (p.ej. un cortocircuito) este pulso es reflejado, regresando al reflectómetro en forma de una ondulación. Sobre la pantalla del reflectómetro o ecómetro el oscilograma aparece conjuntamente con el pulso emitido, pero se encuentra desplazado en proporción al tiempo utilizado para el recorrido de ida y vuelta.

Si el extremo opuesto del cable queda abierto, entonces la indicación en la pantalla permanece positiva (encima del eje horizontal de tiempo). La diferencia de tiempo entre las imágenes de emisión y de reflexión es la consecuencia del intervalo que el pulso gasta para recorrer el conductor en las direcciones ida y vuelta, o sea hacia y desde el lugar de la falla o intervención.

Al conocer la longitud de la acometida es posible determinar la velocidad individual de propagación en el respectivo conductor, y con estos parámetros conocer la distancia a la cual se encuentra la irregularidad.

Aunque la impedancia teórica del conductor no siempre llegará a valores extremos como cero o infinito que evidencien un evento sensible en el pulso emitido, cualquier variación de impedancia debida a una derivación será representada en la pantalla del ecómetro en forma de una ondulación.

De esta manera es posible localizar empalmes, derivaciones y cambios en los calibres y tipos de conductores que conforman la acometida.

Algunos equipos disponen de una compensación a la atenuación que sufre el pulso al desplazarse a lo largo del conductor debido a la resistencia eléctrica del mismo, lo cual no es apreciable para los calibres y longitudes y tipos de conductores usados corrientemente en las acometidas.

Utilización TDR

El dispositivo TDR seleccionado permite conexión directa a acometidas energizadas de hasta 440V, valiéndose para ello de un filtro de aislamiento que permite la utilización del equipo sin afectar su integridad ni la del operario que lo utiliza.

TIPO DE CABLE VOP	
2x8AWGTHW, "Concentrico"	0,67
2x6AWGTHW, "Concentrico"	0,67
2x8 + 1x8AWGTHW "Plano"	0,66
3x8 + 1x10AWGTHW, "Encauchetado"	0,67
3x4 + 1x6AWGTHW, "Encauchetado"	0,72
1/0AWGTHW, "Monopolar"	0,66
12x12AWGTHW, "Multiconductor"	0,61

Tabla 1: Resultados obtenidos en la determinación de VOP

De acuerdo con las prácticas efectuadas, la técnica se hace extensiva a clientes con conexión en medida indirecta, esto es clientes que se miden a través de transformadores de corriente, acoplado para ello el TDR en el punto de entrada de la conexión de los transformadores de corriente (TC) a la acometida. En este punto se observó que la impedancia del transformador no tuvo efecto apreciable sobre el oscilograma cuando aguas arriba se detectaba una derivación de acometida, validándose por tanto su utilización para este tipo de conexiones.

Los TDR´s son equipos de medición muy precisos, pero la características propias de los conductores a medir pueden afectar su exactitud para la localización de fallas.

Luego con el fin de minimizar el error, es necesario determinar la VOP para el tipo de conductor bajo estudio. Por ejemplo un conductor con una VOP de 0,65 puede transmitir el pulso una velocidad del 65% de la velocidad de la luz en vacío.

La mayoría de proveedores proporcionan tablas estandarizadas para conductores utilizados en telefonía, televisión y redes de cableado estructurado, mas no para redes y acometidas de potencia. Debido a lo anterior fue necesario determinar las VOP a utilizar en los conductores más comunes en acometidas eléctricas de baja tensión utilizados en el medio.

La prueba utilizada fue la de variar la VOP en el TDR para conductores de longitud conocida, haciendo que el registro coincidiera con la longitud del mismo. En la tabla-1 se presentan los resultados obtenidos y la forma de conexión del TDR.

Una vez determinada la VOP a utilizar, es importante conocer las caracterizaciones de los diferentes fallos que se pueden encontrar en un conductor.

En la figura 3 se muestran los tipos de onda que grafica el TDR de acuerdo con el tipo de falla.

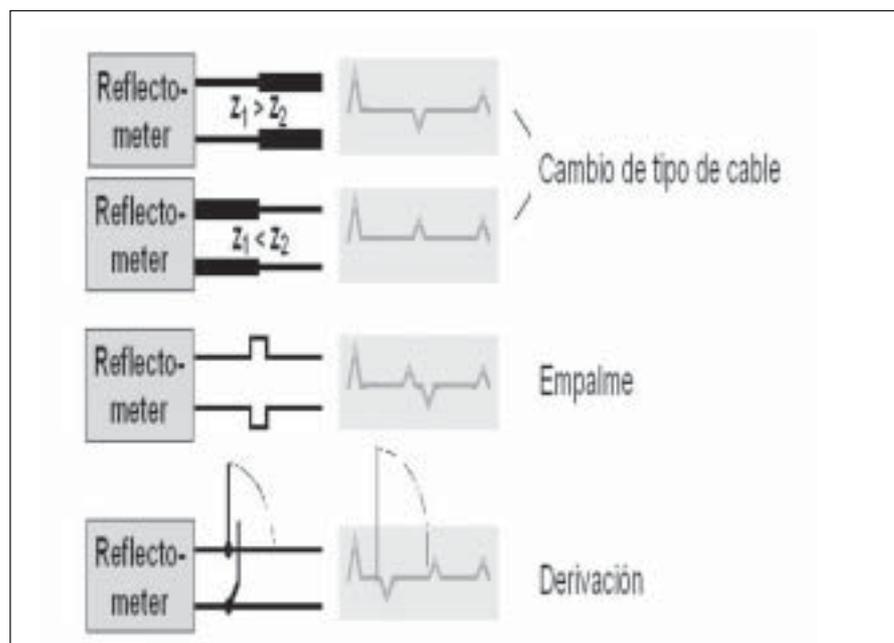


Figura 3: Formas de onda típicas

Su implementación en proceso de detección de fraudes en acometidas domiciliarias permite reducir los tiempos de inspección, ya que no se requiere desmontar la acometida del predio para su verificación, solamente se desconecta el medidor de energía para proceder a la verificación de cada uno de los conductores de la acometida, ya sean fases o neutro.

Caso de Estudio

Con el fin de validar y realizar las pruebas en terreno con ayuda del TDR´s para la detección de subregistros de energía, se identificaron los clientes objetivo con base en las presunciones de existencia de anomalías y el histórico de inspecciones. A los clientes en observación se les instaló medición en bornes de baja tensión del transformador de distribución que los alimenta, esto con el objeto de evidenciar desbalances de energía respecto del medidor de contraste o aumento del consumo como resultado de la presencia vigilante del equipo (Figura 4).

Para el Cliente cuyos consumos se presentan en la figura 4 y una vez evidenciado el aumento de consumo como resultado de la conexión del equipo de contraste al exterior de su predio (Macromedidor), se procedió a efectuar una inspección exhaustiva en su acometida empleando para ello el TDR, el cual se ajustó con una VOP de 0.67, que se derivó de las mediciones de prueba previamente efectuadas a cables típicos de acometidas en baja tensión y que se reportan en la tabla 1.

Para este caso se encontró la presencia de una derivación de la acometida a 1.8 metros del punto de conexión de los transformadores de corriente (punto al cual se conectó el equipo TDR), lo cual se evidencia en el oscilograma como un valle. Los resultados del oscilograma se presentan en la figura 5.

Una vez indicado por el TDR la presencia de una derivación, se procedió a efectuar el seguimiento de la acometida al interior del predio, encontrando la anomalía que se presenta en la figura 6, la cual era accionada a voluntad mediante un interruptor.

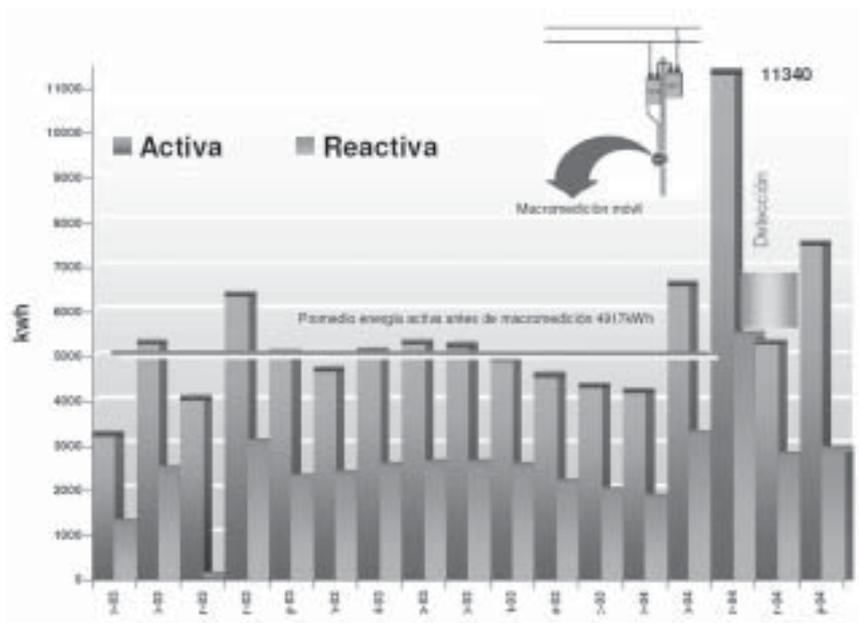


Figura 4: Consumo para caso de estudio



Figura 5: Oscilograma caso de estudio



Figura 6: Acometida intervenida

Conclusiones

El uso de este tipo de herramientas contribuye a las distribuidoras a detectar subregistros de energía de alto grado de sofisticación debidos a la intervención de acometidas, las cuales no son apreciables mediante los procedimientos convencionales de inspección.

Una vez identificada las características VOP de los conductores y definida una metodología de utilización, se implementó el uso de TDR's como herramientas de apoyo para la detección de bypass (acometidas intervenidas antes del medidor) en clientes con medición en baja tensión, encontrando que con el uso de esta técnica durante cuatro meses se incrementó el índice de detección para este tipo de anomalías en un 44% respecto de meses anteriores.

La inversión para la implementación de este método esta alrededor de los US\$3,000 por equipo (TDR), inversión que es fácilmente recuperable con la detección y regularización de un Cliente que en nuestro medio presente características de consumo superiores a los 4,000 Kwh/mes.

En el mercado existen diferentes tipos de equipos de detección de irregularidades en conductores que trabajan bajo el principio del TDR, los cuales están usualmente destinados al uso en comunicaciones. Para el caso de detección de derivaciones en acometidas resulta importante que la precisión del equipo sea fiable a cortas longitudes, ya que como se presentó en el documento es allí en donde se tiene la mayor posibilidad de intervención.

Es deseable que los equipos seleccionados sean lo suficientemente robustos y de fácil interpretación a fin de que estos sean operados por el personal que efectúa corrientemente las inspecciones de control de pérdidas en las empresas distribuidoras.

Resulta conveniente que los equipos TDR dispongan de un filtro de aislamiento que permita su utilización en redes energizadas, haciéndolos sigilosos y seguros en su utilización por parte de los operarios.

Bibliografía

- [1] <http://www.tscm.com>
- [2] <http://www.sebakmt.com>