

Experiencias con el diagnóstico de descargas parciales off-line en cables durante los últimos 16 años en España

Autor: “Ignacio José, Hortal Robles.

“MEGGER”

RESUMEN

La experiencia recogida durante diversas mediciones en campo y la visión global del mercado eléctrico, nos permite decir que, por ahora, el diagnóstico de descargas parciales off-line es la mejor técnica de medida eléctrica para optimizar y exprimir las redes eléctricas de cables subterráneos.

Su entrada en la red eléctrica española no ha sido un camino de rosas. Aunque su finalidad fue fácilmente entendida, no lo fue tanto su funcionamiento e implantación en las diferentes filosofías de mantenimiento existentes en la Red Eléctrica Española.

Durante los últimos 16 años, el diagnóstico de descargas parciales ha sufrido un aprendizaje en paralelo al gestor de la red. Actualmente, es una herramienta difundida en todas las distribuidoras eléctricas, donde quizás falte todavía una mejor utilización y análisis de los datos obtenidos.

Tanto en la recepción de cables nuevos como en cables ya existentes, el diagnóstico de descargas parciales ha producido sustanciales bajadas de las tasas de averías, mayor control de la calidad de la mano de obra, aumento de la calidad de los empalmes y terminaciones, inversiones más fiables y rentables, etc...

PALABRAS CLAVE

Diagnóstico descargas parciales, off-line, on-line empalme, terminación, compañía eléctrica, red eléctrica, avería, aislamiento, arborescencia eléctrica.

INTRODUCCIÓN

Nuestra alta dependencia de la energía eléctrica está ocupando un papel cada vez más importante en nuestro día a día, tanto en nuestra vida personal (uso de electrodomésticos, iluminación, etc.) como en la profesional (ordenadores, máquinas, etc..). Hasta el punto que el gobierno mediante normativas intenta regular la calidad de suministro de todos sus habitantes.

Para ello las compañías de transporte y distribución de energía eléctrica (ETD) deben gestionar adecuadamente sus activos, y uno de los más importantes es el cable. La política de un uso exclusivo del mantenimiento correctivo, basado y orientado en la corrección de los problemas paso a paso, conlleva a acelerar el deterioro del activo y provocar gastos innecesarios. A su vez, la alta competencia actual entre las distribuidoras eléctricas incrementa el deseo de adquirir una alta fiabilidad de sus cables, y por lo tanto, los gestores de mantenimiento reclaman cada vez más indicadores claros sobre el estado de sus activos.

Aunque lo comentado actualmente está más que asimilado, a finales de los años 90 no se tenía tan claro. Las mediciones que se realizaban a los cables de MT eran muy básicas. Se reducían simplemente a mediciones de continuidad de las pantallas y conductor, y medición de la resistencia del aislamiento interno (“megado”). Los datos obtenidos solo indicaban un fallo grande y existente en el cable. Lógicamente había que ir más allá.

El comienzo de la burbuja inmobiliaria en España demandó un crecimiento de la red eléctrica española muy rápida. Además paralelamente el número de averías en la red subterránea de cables jóvenes aumentó considerablemente. En este momento, surgió la búsqueda de un protocolo de mediciones que garantizara una correcta calidad de los cables nuevos incorporados a la red y un aumento del número de equipos de localización de averías.

Las mediciones de rigidez dieléctricas de CC del aislamiento interno y externo de los cables de MT se estandarizaron en la puesta en marcha de cables nuevos. Ello produjo un incremento de detección de fallos en cables antes de su puesta en servicio. Dejando dudas y reflexiones sobre cómo estaba creciendo la red y con que calidad.

¿Pero qué ocurría con los cables ya en servicio?. El mantenimiento de ellos se quedaba en manos del mantenimiento correctivo. Los cables sustituidos eran elegidos por su número de incidencias, edad, tipo de aislamiento, parecer del encargado en la localización de averías, etc..., pero no por un conocimiento real de su estado.

Los departamentos que gestionan las redes eléctricas comenzaron a ver, sobre los años 1.999-2.000, de forma clara, que los ensayos eléctricos proporcionaban una reducción de averías y ayudan a conocer la calidad del tendido del cable (ensayo de rigidez dieléctrica de la cubierta). Pero incomprensiblemente todavía había averías en cables que habían pasado los ensayos de puesta en marcha, y por otro lado, había que buscar una solución que mostrara el estado del aislamiento del cable durante su vida en la red. Todo un desafío en ese momento para los fabricantes de equipos de ensayo y diagnóstico eléctrico.

IMPLEMENTACIÓN

La búsqueda del ensayo y/o diagnóstico fue muy diferente en cada zona de España, pero el fin era el mismo, reducir el número de averías conociendo los puntos débiles del cable antes de que ocurrieran.

Los dos principales mediciones que compitieron inicialmente fueron el diagnóstico de DP off-line y la tangente delta. Aunque ya existían en el sur de España experiencias con mediciones de RVM (retorno de la tensión) e IRC (corriente de relajación isotérmica) 5 años antes.

La tangente delta, al ser un método de medida bien conocido, su comprensión fue muy fácil y se introdujo de forma muy rápida. Pero no cumplió con dos requisitos muy importantes: decir la ubicación del punto débil del cable y la imposibilidad de obtener datos válidos en cables mixtos. En cambio, el inicio del diagnóstico de descargas parciales off-line fue totalmente distinto. Su comprensión era difícil al ser una medida desconocida en campo. Pero sí cumplía con los requisitos de indicar la ubicación del punto débil del cable y la posibilidad de obtener datos válidos en cables mixtos.

Numerosos proyectos se abrieron en los siguientes años para estudiar la fiabilidad y viabilidad del diagnóstico de descargas parciales off-line. Todos ellos vieron una

herramienta que aumentaba considerablemente la detección de defectos en los cables. En cables puestos en servicio no se detectó que causarían ningún estrés al aislamiento, siempre y cuando, los valores de tensión no fueran superiores a $2U_0$, aunque esto dependía del tipo de onda y frecuencia de CA que se utilice durante la medición como fuente de alta tensión.

Como consecuencia todas las empresas de transporte y distribución eléctrica introdujeron esta técnica de medida en sus normativas de ensayo de cables. Unos años más tarde la norma UNE 211006 introduce el diagnóstico de descargas parciales off-line.

	Técnica utilizada				
	Frecuencia industrial			Muy baja frecuencia	Onda oscilante
Tensión asignada cable (kV)	inferior o igual a 87/150 (170)	127/220 (245)	220/400 (420)	inferior o igual a 87/150 (170)	inferior o igual a 87/150 (170)
Tensión máxima (kV)	Según tabla 1	190	260	3 U_0	$\sqrt{2} \sqrt{3} U_0$ (*)
Tensión de medida (kV)	1,5 U_0	según tabla 2		3 U_0	$\sqrt{2} 1,5 U_0$ (*)

Figura 1: Tabla tensiones aplicables al diagnóstico DP UNE 21106

16 AÑOS TRABAJANDO CON LA RED

El diagnóstico de descargas parciales fue pensado inicialmente para realizar mediciones en campo de cables puestos en explotación, pero ha calado fuertemente en el protocolo de ensayo de cables nuevos. Esto se explica por la alta sensibilidad que posee para detectar defectos por campos eléctricos no deseados dentro del cable, que las pruebas de rigidez dieléctrica, con un fin pasa-no pasa, no tienen. El diagnóstico de DP muestra la existencia de problemas en puntos específicos del cable y que en su mayoría coinciden con los accesorios del cable.

Estos eran abiertos e inspeccionados visualmente, mostrando suciedad, restos de semiconductor, cortes de navaja, manguitos de unión incorrectos por su tamaño o manera de presionarlos con el conductor, campos de control mal ubicados, distancias incorrectas, falta de aceite, etc... Estos defectos no eran detectados por el ensayo de rigidez dieléctrica, sino eran de un grado excesivo, por lo que muchos cables eran aceptados e incorporados a la red y, por lo tanto, fallando antes de su vida útil. Aunque también hay defectos que no son detectados en la puesta en servicio con el diagnóstico de DP, una vez en servicio y pasado un tiempo, sí producen una actividad de DP detectable.

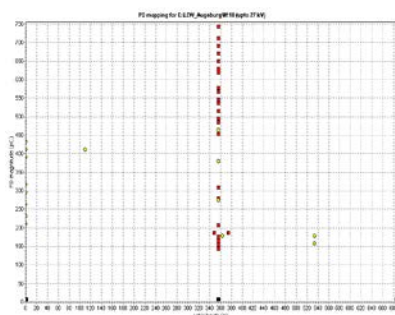
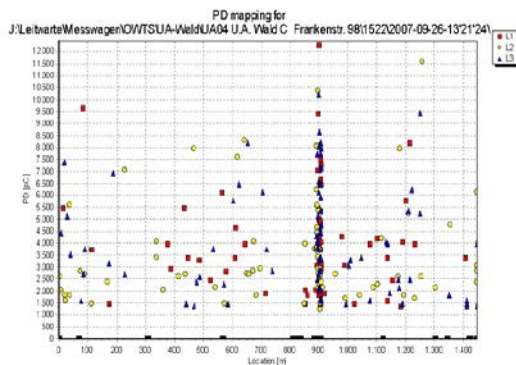


Figura 2: DP superficiales en el interior de un empalme

Por lo tanto, los departamentos de mantenimiento disminuyen la posibilidad de incluir en su red un “un cable enfermo” y les permite exigir la eliminación de los defectos sin repercutir gasto alguno en su presupuesto. Consecuentemente, aumenta la fiabilidad de la red de suministro eléctrico y se disminuyen los costos que ocasionaría el cable una vez estuviera incorporado a la red.

En cables secos (XLPE y HEPR) la mayoría de los defectos detectados se producen en empalmes y terminaciones, y no en el resto del cable. Esto ha permitido quitar la idea inicial de que las DP provenían de vacuolas como consecuencia de un mal secado del cable por parte del fabricante. La principal causa es una mala ejecución del accesorio insertado en el cable por parte del operario que lo ha realizado.

Pero no sólo las tecnologías de ensayo evolucionan, también los fabricantes de accesorios durante los últimos 16 años han incorporado nuevos empalmes y terminaciones más baratas y fáciles de montar. En determinadas ocasiones, estos causaron fallos sistemáticos en su introducción inicial en el mercado y que no han sido corregidos hasta que fue detectado el problema y comunicado al fabricante. Un ejemplo claro, ha sido la introducción del conector de unión por tornillo fusible en empalmes, donde el montador del empalme debía decidir que manguito utilizar. En muchas ocasiones el manguito era más grande de lo necesario y, por lo tanto, se creaba un punto débil en el cable. En distribuidoras donde el diagnóstico de DP es un requisito imprescindible para la puesta en marcha del cable, los defectos por diseño o fabricación de estos elementos han sido detectados muy rápidamente y seguidamente corregidos por parte del fabricante de accesorios, evitando así la incorporación de miles de puntos débiles a la red eléctrica. Sorprendentemente algunos de estos accesorios han aguantado con actividad de DP más de 5 o 10 años en la red, pero siempre por debajo de su vida útil estimada.



un empalme por manguito incorrecto

Una vez que el cable ha sido incorporado en la red, el diagnóstico de DP necesita que los datos que se obtienen sean gestionados por un gestor con experiencia y conocimiento de la red. Pero si no tiene un concepto de la técnica del diagnóstico de DP, puede que el gestor de la red no sepa interpretar el informe de datos recibidos y no se realice ninguna acción correctora o ésta sea incorrecta. Como consecuencia, no se obtendrá el fin buscado, que es una mejora en la calidad de suministro eléctrico y, por tanto, no se entenderá la realización del diagnóstico y correrá el riesgo de no ser utilizado más.

La red eléctrica ahora puede ser renovada con criterios eléctricos sostenibles. El ahorro, sobre todo en obra civil, ha aumentado considerablemente, y con “menos dinero se ha podido hacer más”. Pero todavía la realización del descargo del cable

sigue siendo un proceso incómodo. Por lo tanto, se están buscando momentos donde éste sea lo menos costoso y produzca el mínimo impacto en la red.

Actualmente las situaciones más utilizadas son:

- Descargos programados.
- Después de la localización de una avería.
- Cambio del transformador o celda
- Introducción de un centro de transformación en la red.

Si el cable es nuevo, su evaluación es más fácil, éste no debería tener actividad ninguna. Pero si el cable no es nuevo, éste debe ser analizado en función de su aislamiento, edad, importancia, ubicación de la actividad DP, PDIV (tensión de inyección), PDEV (tensión de extinción), valor de las DP y su concentración a lo largo del cable. La obsesión inicial fue conocer siempre el valor crítico en pC que se puede soportar, pero el tiempo ha dictaminado que el estudio de la concentración en un punto es igual o más determinante. Al ser las PDIV y PDEV datos muy importantes, estos deben ser comparable con las que ocurren a frecuencias de 50 Hz.

El tipo de aislamiento es una característica clave a la hora de dar un dictamen, puesto que reaccionan de forma distinta ante la actividad de DP. Los cables secos (XLPE / HEPR) son mucho más sensibles ante la actividad de DP que los cables de papel-aceite, por lo que los valores críticos de DP en cables secos son mucho más bajos. En cables de papel-aceite aparecen defectos que no existen en los cables secos. El aceite al ser un aislamiento “vivo” migra con mucha facilidad dentro del cable y no siempre rellena totalmente el volumen a aislar. Esto produce huecos vacíos dentro del cable produciendo una actividad de DP mucho mayor, tanto en su valor en pC como en número de eventos y una “autocuración” a volverse a rellenar esos huecos. El crecimiento de las arborescencias eléctricas suele contaminar numerosos metros de la longitud del cable. Por lo tanto, cuando estamos en cables mixtos las secciones con aislamiento seco y aceite suelen ser fácilmente detectadas.

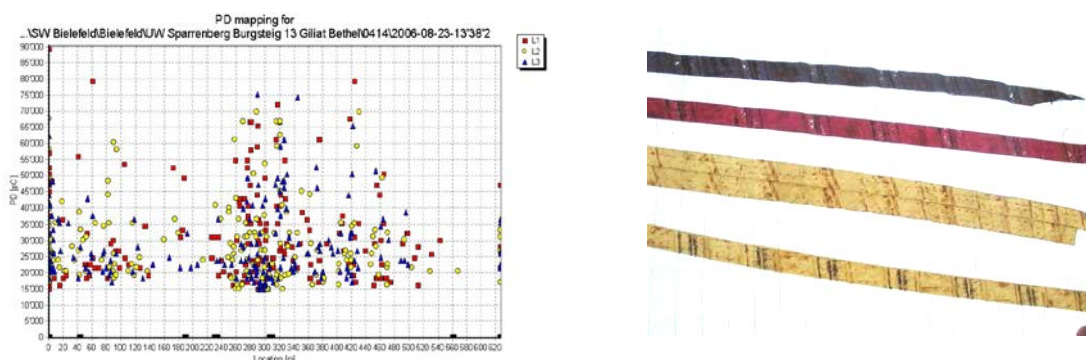


Figura 3: DP en cables de papel aceite

Es bien conocido que la arborescencia acuosa no es detectable, solo sus consecuencias, y no causa actividad de DP hasta su fase final donde se convierte en una arborescencia eléctrica que acabará en una avería en cuestión de horas o días. Una vez se ha producido la disrupción en el cable y realizado su “autopsia”, el defecto producido físicamente es muy reconocible. Las autopsias de cables con actividad de DP es vital para poder entender la causa de ella. La gran mayoría de los defectos son difícilmente o poco visibles exteriormente.

Los equipos y accesorios de medición deben ser prácticos, sencillos y rápidos para enfrentarse a las necesidades, configuración de la red y tecnologías de terminaciones existentes. Poder dar una evaluación en campo, posibilita un ahorro considerable de dinero.

No hay que olvidar que un diagnóstico es un método para determinar la presencia de elementos o síntomas anormales de acuerdo a los parámetros comúnmente aceptados como normales, y conocer si así se decidiera, su evolución. Por lo tanto, debe existir un procedimiento claro y actualizable de la toma de datos en campo, para poder realizar comparaciones en el tiempo entre medidas.

Las cajas de los cruzamientos de pantallas (cross-bonding) deben ser fácilmente accesibles para eliminar el cruzamiento de forma sencilla. Igual ocurre con las celdas GIS, su diseño debe avanzar para permitir de forma rápida y sencilla quitar los transformadores de medida y conectar al cable.

El método de diagnóstico de descargas parciales mediante técnicas on-line ha evolucionado considerablemente y no debería ser utilizado como un sustituto del diagnóstico off-line, sino como una herramienta complementaria. Su utilización de forma portátil puede detectar previamente la presencia o no de actividad de DP, ayudando así a seleccionar cables que deberían ser diagnosticados a posteriori de forma off-line para ubicar el defecto con mayor precisión. Estudiar la actividad de DP en los rangos de frecuencia UHF y RF en puntos concretos y de fácil acceso del cable es bastante interesante, por ejemplo, en terminaciones.

CONCLUSIÓN

El diagnóstico de descargas parciales es una herramienta contratada, fiable y eficaz para el control y mantenimiento de la gestión de activos de la red.

Los datos obtenidos nos están permitiendo:

- Controlar el estado de los cables nuevos que se incorporan a la red.
- Controlar la calidad de nuevas tecnologías de cables y accesorios que se desean incorporar.
- Obtener información valiosa para las actividades necesarias en el mantenimiento y rentabilizar los presupuestos disponibles.
- Evaluar la realización de la reparación o modificaciones en cables (empalmes y terminaciones).

La utilización de diagnóstico de DP está causando una reducción de las averías en algunos puntos de España del 30-50%.

Los fabricantes de las celdas y conectores deberían avanzar sus diseños para facilitar la realización de medidas eléctricas al cable.

El conocimiento de la técnica de medición tanto para el operario que está midiendo como para el gestor de la red debe ser lo más óptimo posible. Una formación inicial y periódica lo asegura.

BIBLIOGRAFÍA

1. Hoff, G.; Optimierung und Grenzen der technischen Diagnostik am Beispiel der Alterungsbestimmung polymerisolierter Mittelspannungskabel, Dissertation, BUGH Wuppertal, 2003.
2. R.Plath,W.Kalkner,I.Krage; Vergleich von Diagnosesystemen zur Beurteilung des Alterungszustandes PE/VPE-isolierter Mittelspannungskabel Elektrizitätswirtschaft J.96 (1997).
3. F.Petzold; "PD Diagnosis on Medium Voltage Cables using Oscillating Voltage" CIRED Asia Pacific Conference on MV Power Cable Technologies, Kuala Lumpur Malaysia; Sept.2005.
4. F.Petzold; M.Beigert; E.Gulski; "Experiences with PD Offline Diagnosis on MV Cables" CIRED Asia Pacific Conference on T&D Asset Management; Kuala Lumpur Malaysia; Nov.2006.
5. DED002 – 1º y 2 edición. Procedimiento para la diagnosis de cables de media tensión por descargas parciales
6. MT 2.33.15. Red subterránea de AT y BT Comprobación de cables subterráneos
7. Norma UNE 211006-Marzo2010; Ensayos previos a la puesta en servicio de sistemas de cables de alta tensión en corriente alterna.
8. Laboratorio Central Oficial de Electrotecnia y Fundación para el Fomento de la Innovación Industrial; Jornadas técnicas de medida de descargas parciales.
9. Partial Discharge Measurements. IEC 60270, Third Edition 1998-06
10. V.Colloca,A.Fara, M.d.Nigris,G.Rizzi; Comparison among different diagnostic systems for medium voltage cable lines ; Paper CIRED 2001 Paris
11. E.Gulski,J.J.Smit,P.N.Seitz;PD Measurements On-site using Oscillating Wave test