

**PRUEBA DE DESCARGAS PARCIALES EN TABLERO DE DISTRIBUCIÓN
EN LABORATORIO Y CAMPO**

Neil DAVIES

EA Technology Ltd. – Reino Unido
neil.davies@eatechnology.com

Simon GOLDTHORPE

EA Technology Ltd. – Reino Unido
simon.goldthorpe@eatechnology.com**RESUMEN**

Durante los últimos 30 años han sido desarrollado instrumentos de mano que permiten la detección de actividades de descarga parcial en plantas eléctricas durante su servicio normal. El desafío continuo de hacer mediciones significativas en el terreno de descarga parciales es relacionar la gravedad de cualquier descarga parcial con el riesgo de fallas del equipo bajo prueba.

El riesgo será una función de factores tales como la ubicación dentro del equipo de prueba, temperatura del ambiente, condiciones materiales, gravedad de la actividad, y la historia de fallas (si alguna). Este documento describe algunas de las experiencias sobre el terreno ganado y uso de este equipo y también presenta los resultados de laboratorio en pruebas de envejecimiento acelerado en un tablero 11kV que emplea resina fundida en material de aislamiento y la actividad de descarga parcial donde fue observado desde el inicio de la falla.

INTRODUCCION

Hay una tendencia general Entre Servicios Públicos de Electricidad y los operadores privados de las grandes redes eléctricas de extender los intervalos entre mantenimiento intrusivo en conductores de AT/MT. Esto trae consigo la necesidad de evaluación del estado provisional y la aplicación de técnicas de diagnóstico a fin de dar confianza en la continua seguridad y fiabilidad de los equipos. Hay una serie de técnicas disponibles para la evaluación de la condición de aislantes, el uso adecuado de estas herramientas proporciona datos valiosos que pueden efectivamente enfocar mantenimiento y garantizar que los recursos se utilicen de forma eficiente durante período de interrupción.

La actividad de descarga parcial se ha aceptado desde hace mucho tiempo como una de las principales causas de fallas en conductores de AT/MT [1& 2]. Referencia [1] afirma que "Mediciones de DP son un método ideal para evaluar aparatos conductores que no tienen restablecimiento automático". Durante un temporal exceso de voltaje, durante una prueba de alto voltaje, bajo condiciones de tensión transitoria durante operación, descargas parciales puede ocurrir en aislamiento de este tipo, incluyendo gas, líquido, y materiales sólidos. Si las descargas parciales son constantes debido a materiales de mala calidad, diseño, o y debido a inclusiones ajenas en el aislamiento, degradación lo que puede ocurrir posible fallas del aislamiento estructural."

Técnicas tradicionales para la detección de descarga parcial incluye poner plantas fuera de servicio y dinamizar a través de una descarga libre de la fuente de alimentación y la medición de las señales utilizando los condensadores y acoplamiento de detectores DP convencionales por ejemplo, de acuerdo con IEC 60270. Mientras que este método práctica y beneficia las pruebas de aceptación de fábrica o trabajo de investigación, este tipo de pruebas por su naturaleza no es adecuada para una amplia gama de aplicaciones sobre el terreno. En su lugar, los dueños y operadores de redes de distribución y transmisión de electricidad se han dirigido a emplear instrumentos de detección de mano de forma no-intrusiva de los efectos de descarga parcial tanto para la evaluación de su estado como la seguridad del operador [3] donde el costo puede ser justificado y el uso de más opciones de control permanente se están ampliando a medida que las soluciones de monitorizaciones adicionales son introducidas en el mercado [4].

DESCARGA PARCIAL EN CONMUTADORES

En práctica, la descarga parcial en aislamientos de AT/MT puede considerarse que toma dos formas, descarga parcial superficial y descarga parcial interna. Descarga parcial superficial está presente cuando se produce a través de la superficie del aislamiento que se ve exacerbado por contaminación del aire y la humedad que conduce a la erosión del aislamiento. Se produce una descarga parcial interna dentro de la mayor parte de los materiales de aislamiento y es causado por la edad, materiales de mala calidad o mala calidad en los procesos de fabricación. Sí se permite que continúen sin freno, cualquiera de los mecanismos de estrés normal de trabajo conducen al deterioro del sistema de aislamiento potencialmente resultante en una falla catastrófica del equipo.

De amplia gama de pruebas en cuadros de seguimiento con descarga parcial en toda la superficie del aislamiento que se ha observado con frecuencia, la actividad de descarga superficial baja amplitud pero de muy alta tasa de descarga. Un ejemplo de esto se puede ver en la Fig.1 donde se producen descargas en la superficie del aislamiento polimérico de un disyuntor 11kV.

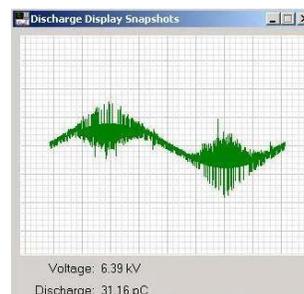


Fig. 1: DP actividad superficial en un 11kV disyuntor. Descarga baja amplitud, alta tasa de descarga

Debido a la baja amplitud de descargas superficiales uno de los métodos más adecuados para su detección es aplicando técnicas ultrasónica [2 & 3].

En contraste a las descargas superficiales, las descargas internas a medida que se desarrollan tienen consistentemente altos niveles de amplitud pero se obtiene mucho menos tasas de descarga. Fig.2 muestra un ejemplo de medición de DP en un molde de resina de un tablero CT en funcionando a 10 kv).

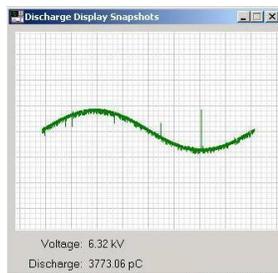


Fig. 2: DP actividad interna de 10kV transformador de corriente. Alta amplitud, baja tasa de descarga

Uno de los métodos más comunes utilizados para la detección de este tipo de descarga interna es a través técnicas electromagnéticas y la detección de Voltajes Transitorios de Tierra (TEV) producido en el rango de 3 - 80MHz de frecuencia [2&3].

Para problemas de descargas parcial internas, ha sido encontrado que el nivel de estas señales TEV es proporcional a la condición del aislamiento de tableros del mismo tipo y modelo, medido en el mismo punto. Esto produjo una poderosa técnica comparativa de forma no invasiva para chequear el estado de los interruptores del mismo tipo y fabricante. Desde 1983, EA Technology ha reunido, con la cooperación con las empresas de electricidad en el REINO UNIDO, una base de datos de descarga parciales en subestaciones, los resultados de la encuesta cuenta con más de 15,000 entradas en todos los diferentes fabricantes, tipos de tableros MT, y equipos asociados.

Esto significa que algún tipo de cuantificación de riesgos se pueden llevar a cabo a través de mediciones TEV, tomando en cuenta el tipo de equipo, medio aislante, historial de fallas y el aumento de los niveles de magnitud y severidad (función de la magnitud y la tasa de descarga). Sin embargo, para la detección ultrasónica de actividad de descarga superficial, es mucho más incierto saber el perfil de la descarga ya que el aislamiento se deteriora hacia la falla del equipo.

También es cierto que los problemas con descargas superficiales han sido cada vez más en la población de tableros de distribución de control como el incremento en la introducción de tableros aislados de aire con dimensiones más reducidas en las redes de distribución. También, fabricantes de tableros se han mudado de utilizar materiales cerámicos para aislamiento sólido a materiales poliméricos. Aunque por lo general, materiales poliméricos ofrecen buenas propiedades de aislamiento eléctrico, son más

propensos al envejecimiento a la superficie y los procesos de degradación y cualquier actividad eléctrica en la superficie de estos materiales puede causar el seguimiento de los daños.

TRABAJO DE LABORATORIO

Por lo que se decidió llevar a cabo algunos trabajos de laboratorio en un pedazo de tablero con el objetivo principal de crear un perfil de actividades de descargas superficiales hasta lograr la falla usando equipos de medición directa y detectores ultrasónicos.

Por lo general, se aceptado durante muchos años pruebas de descarga parcial en lugares abiertos utilizando una serie de instrumentos y técnicas la cual para el medio ambiente local es un factor importante determinar la probabilidad de la presencia y severidad de actividades de descarga parcial superficiales. El objetivo secundario del trabajo fue investigar más esta relación.

Pruebas de Laboratorio

Un entorno de prueba fue construido en un laboratorio la cual consistió de un interruptor de 11kV dentro de un cabina cerrada de metal. El interruptor fue suministrado por una empresa de energía eléctrica encargada de la subestación donde había estado en servicio por aproximadamente 15 años y es de un diseño que es ampliamente instalado en la red de distribución en el Reino Unido y donde se sabe que son más propensos a actividades de descarga parciales sobre todo en malas condiciones ambientales.

El interruptor utiliza una interrupción de medio vacío y, esencialmente, tres botellas al vacío montado sobre un molde de resina mono-bloque extraíble que forma una "carretilla". La carretilla puede ser retirada, y el interruptor bloqueado en la posición de tierra para mantenimiento o para cualquier otro fin.

Se instaló un detector de descargas parciales Robinsón DD5 con un registrador de datos para observar el nivel de la actividad de descarga parcial. Además, se empleó un monitor ultrasónico usando cinco micrófonos ultrasónicos funcionando a 40kHz y estratégicamente alrededor del interruptor para observar y registrar el nivel de actividad ultrasónica resultante de descarga parcial superficial. Se colocaron otros registradores de datos con sensores integrales para medir la temperatura y la humedad relativa dentro de la parte delantera de la cabina del interruptor, dentro de la caja de cable abierta y a distancia del interruptor para proporcionar lecturas de fondo ambiental para su comparación. Finalmente, cubiertas de metacrilato transparente fueron colocadas alrededor de la parte delantera de la cabina del interruptor y se instaló una unidad de humidificación dentro de las cubiertas para aumentar y controlar la humedad relativa. Además, se instaló un pequeño ventilador para asegurar un flujo de aire uniforme.

Antes de la iniciación del período de pruebas cada una de las fases fue probada en las posiciones de apertura y cierre. La tensión se controla desde una fuente variable y aumenta hasta un máximo de 10 kV ac fase a tierra. En las fases amarillas y azules se encontró libre de descargas al 10 KV. Mientras que la fase roja se encontró 100 pC de descarga en la posición cerrada con un voltaje de 7,5 kV). No hubo evidencia visual de niveles significativos de la actividad de descarga parcial en el interruptor.

El interruptor fue activado bajo condiciones controladas en tres fases usando un transformador de prueba libre de descargas con tensión nominal de trabajo de 11kV (6,35 kV fase a tierra) con el equipo de monitoreo instalado en la fase roja del equipo de prueba. Aparte que en ocasiones se desactivo para fines de prueba y observación, el equipo estuvo en funcionamiento continuo hasta su eventual fracaso unos 27 meses desde del inicio de las pruebas.

Resultados

Cuando el interruptor fue activado por primera vez no se realizó mediciones de descarga parcial utilizando el equipo de medición directa o instrumentos de medición no intrusivos. Para iniciar actividades de descarga durante el trabajo de tensión, el nivel de humedad fue incrementado y en 5 minutos la actividad de descarga parcial fue medida a 30pC, y a 200pC después de otros 30 minutos. Mediciones TEV registraron 14 dBmV con una tasa de recuento de 679 (aproximadamente 7 pulsos por ciclo) y la luz del indicador de ultrasonidos UltraTEV se mostró roja – esta indicación ultrasónica se hizo evidente en el nivel de descarga 30pC.

Las pruebas continuaron durante los próximos 12 meses y las actividades de descarga variaron entre cero y 800pC dependiendo en gran medida de las condiciones ambientales. Sin embargo, aunque no hay correlación, no hay una relación directa entre la magnitud de las actividades de descarga en pC, la magnitud del ruido ultrasónico y el porcentaje de Humedad Relativa (%RH) en la atmósfera. Dieciséis meses después dentro del ensayo, la actividad de descarga parcial se transformó audible la cual el interruptor fue desactivado y la carretilla fue inspeccionado para ver si había presencia de signos de actividad de descarga parcial, Fig. 3.



Fig. 3: Seguimiento del interruptor 16 meses en pruebas Polvo blanco, terciopelo verde y cantidades significativas de seguimiento.

Puede verse fácilmente en la parte superior de la botella de la fase roja y del lugar más cercano a la caja metal a tierra. La zona de descarga se conservó intacta y el interruptor fue puesto de nuevo en servicio y re-energizado.

Algo sorprendente, Fig.4 muestra que después de los exámenes donde el interruptor se dejó secar y la humedad dentro del entorno de prueba fue permitida continuar con su perfil natural, el nivel de actividad de descarga medida en pC descendió a niveles muy bajos y a veces hasta cero.

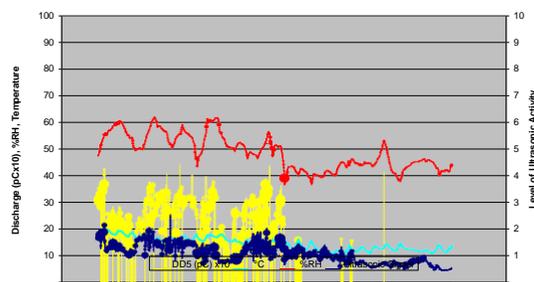


Fig. 4: Perfil de Descarga 16 a 17 meses en las pruebas

El nivel de actividad ultrasónica en consecuencia decayó con la reducción en descarga parcial conforme al decaimiento de la humedad natural y se mantuvo por debajo del 50%RH; a pesar del estado evidente de deterioro del aislamiento primario como se muestra en la Fig. 3. Nota, en la Fig. 4 La línea de base de actividad ultrasónica no detectable es de un nivel de 0.5 en la y-axis secundaria.

La prueba continua por otros doce meses y, una vez más, el interruptor fue abierto y examinado visualmente. Durante este examen, el molde de resina mono-bloque apareció mojado, con humedad que posteriormente fue descubierta en el ácido nítrico con un nivel de pH de 3. El camino avanzado del desarrollo de descarga parcial durante el 'servicio o en vivo' y la abrazadera más cercana puesta a tierra se pueden volver a ver en la Fig. 5. La comparación de la Fig. 3 Y Fig. 5 Revela cómo las raíces y el seguimiento avanzo desde 'vivo' hacia 'tierra' y 'tierra' hacia 'vivo'.



Fig. 5: Seguimiento del interruptor 26 meses en pruebas.

Veintisiete meses después del inicio de la prueba, el interruptor fue desactivado. Cuando se re-energiza un poco más tarde, fallo produciendo una cantidad considerable de humo y un gran depósito de carbono y otros materiales dentro del recinto, Fig 6. Cuando se inspecciono, estaba claro que fue causado o una baja resistencia conductiva y corto circuito permitiendo la liberación de energía de falla.



Fig. 6: Falla a los 27 meses en prueba

Discusion de Resultados

Los objetivos de este proyecto es del registro del perfil de actividades de descargas superficiales como una pieza del tablero a través de la avería progresiva, y tratar de cuantificar la creencia de muchos años de pruebas del campo y otros plantas de subestación que las condiciones ambientales juegan un papel importante en la creación y desarrollo de actividades de descarga parcial.

Los niveles de humedad relativa, en particular, cuando condensa en las superficies del interruptor, conduce a un casi instantáneo aumento en los niveles de descarga parcial en superficie registrada y es notable observar cómo las actividades de descarga parcial podría ser durante los períodos secos, incluso durante las etapas más avanzadas de daños en el molde de resina aislante. También se observa un claro nivel absoluto de actividad registrada ultrasónica, no muestra una evidente tendencia alta tal como la degradación creciente aunque se observó correlación entre los niveles de humedad relativa y la presencia y magnitud de descarga parcial.

A corto plazo se observaron correlaciones entre la magnitud de actividades de descarga en pC y el nivel de ruido ultrasónico registrado pero no fueron directamente reproducibles a largo plazo, por ejemplo en intervalos a corto plazo mayores pC lo que significaba un mayor ruido ultrasónico pero a más largo plazo el mismo nivel registrado en pC no necesariamente producen el mismo nivel de ruido. Es evidente que durante la ejecución de esta prueba no existe una relación directa entre el nivel de descarga en pC con la vida del aislamiento cuando la descarga parcial estaba causando la raíz o daños de seguimiento en la superficie del aislamiento.

CONCLUSIONES

La detección no intrusiva de actividades de descargas internas tipo void se puede lograr por medio de la detección de Voltajes Transitorios de Tierra (TEV). La comparación de las mediciones TEV con las pruebas anteriores y resultados registrados en una base de datos ayudan a medir y cuantificar la severidad y probabilidad de fallas en equipos. Para actividades de descargas de superficie, las técnicas ultrasónicas son a menudo las más sensibles debido a la baja amplitud de seguimiento de actividades de descargas a través de la superficie del aislamiento.

El trabajo controlado de laboratorio de una red de distribución ha puesto de manifiesto dos puntos serios para su consideración.

(i). Para la actividad de descargas en la superficie no hay ninguna correlación entre la amplitud de actividades de descarga medidas en pC, el grado de daños en el aislamiento y la proximidad a la falla.

(II). No es posible deducir la relación sólida entre la amplitud de la medición ultrasónica de actividad descargas, el grado de daños en el aislamiento y la proximidad a la falla.

Atentar a buscar tendencias de actividad ultrasónica y tratando de relacionarlos con la gravedad potencial de descarga parcial en la superficie o final de vida del equipo no es válido y podría dar lugar a conclusiones erróneas. Se puede afirmar con confianza que, a raíz de la detección de actividad ultrasónica un examen visual siempre es necesario para cuantificar la gravedad de la descarga.

Un vínculo claro entre las condiciones ambientales de las subestaciones y la posible presencia de actividades de descarga parcial y, por consiguiente, condiciones de distribución. La velocidad relativa de la degradación de los materiales modernos de aislamiento tal cual como el molde de resina bajo condiciones ambientales óptimas es muy rápida. En una subestación medio ambiente, la tasa de degradación debe ser suficiente para permitir las inspecciones anuales con detectores de descarga parcial que detectan cualquier actividad de descargas parciales en la superficie (o interna). Esto debería dejar tiempo suficiente para comprobar visualmente cualquier actividad y llevar a cabo las reparaciones necesarias.

REFERENCES

- [1] IEEE Standard 493-1997, "IEEE Recommended Practice for Design of Reliable Industrial and Commercial Power Systems – Gold Book", IEEE Inc New York, NY, 1998.
- [2] C.J. Lowsley, N. Davies and D.M. Miller, 2006, "Effective Condition Assessment of MV Switchgear" 21st AMEU Technical Convention, South Africa.
- [3] N. Davies, J Tang, and P Shiel, 2007, "Benefits and experiences of non-intrusive partial discharge measurements on MV Switchgear". Cired 19th Int Conference on Electricity Distribution, Paper 0475.
- [4] S Holmes, J Caruana, S Goldthorpe, 2009, "Low Cost Monitoring of Partial Discharge Activity in MV Substations", Cired 20th International Conference on Electricity Distribution, Paper 0836.