

CASO de negocio 1

Evaluación del estado de un cable de servicio antiguo: ventaja de tener los cuatro ases

Como parte de la estrategia de mantenimiento de la empresa, se realizó una evaluación del estado de un cable de alimentación de servicio antiguo. Esto incluyó la medición de pérdida dieléctrica (tangente delta) para evaluar el estado del aislamiento y detectar la posible degradación. También se realizó una prueba de descarga parcial (PD), utilizando el rango completo de las tensiones de excitación (DAC, CR/pendiente de VLF y onda sinusoidal de VLF de 0,1 Hz) para identificar defectos de aislamiento en diferentes condiciones de estrés.

Estas pruebas de diagnóstico proporcionan información fundamental sobre el desgaste del cable y los posibles riesgos de fallas. Los datos respaldan la planificación de mantenimiento informado, lo que ayuda a prolongar la vida útil de los activos, minimizar el tiempo de inactividad y garantizar la confiabilidad del sistema.

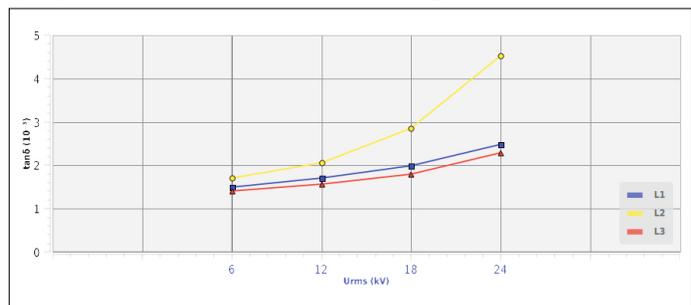
Diagnóstico de tangente delta y descarga parcial con 3 tensiones de excitación:

- Datos del cable: Cable XLPE de 12/20 kV del 2007, de 995 metros, el número y la ubicación de las uniones se desconocen
- Fuente de tensión de prueba utilizada: versión montada en camioneta de TDM4540 con acoplador de PD interno

Mediciones de pérdida dieléctrica

La medición de pérdida dieléctrica reveló pérdidas elevadas en todas las fases, con resultados que se consideran graves según el Anexo I de la IEEE 400.2-2014, lo que indica la necesidad de una investigación más profunda. En particular, la fase L2 exhibió pérdidas significativamente mayores en comparación con las otras dos fases, lo que indica un problema localizado, como una falla en una unión o un terminal.

Debido a que la medición de pérdida dieléctrica proporciona solo una evaluación global del estado del cable, no se puede localizar el problema con precisión. Para identificar la falla, se recomienda una medición de descarga parcial (PD) o una prueba de resistencia. Se debe tener en cuenta que una prueba de resistencia solo identificará el problema si el defecto es lo suficientemente grave como para causar una falla inmediata durante la prueba.



Cable XLPE operativamente antiguo	L1 [10 ⁻³]	L2 [10 ⁻³]	L3 [10 ⁻³]
Desviación estándar a 1,0 U ₀	0,00	0,06	0,06
Tangente delta del diferencial (de 2,0 U ₀ a 1,0 U ₀)	0,80	2,40	0,70
Tangente delta a 2,0 U ₀	2,50	4,50	2,30

Factores clave de tangente delta para la evaluación de estado según el Anexo I de IEEE 400.2.
La codificación por colores indica el estado de la condición.

Medición de descarga parcial

La empresa de servicio públicos decidió realizar una medición de PD en el cable mediante tres tensiones de excitación para aprovechar por completo las capacidades de su unidad de TDM. En la serie de gráficos 1, se muestran las asignaciones de PD en el voltaje nominal de U_0 para DAC, CR/pendiente de VLF y la tensión de excitación de la onda sinusoidal de VLF de 0,1 Hz. Tanto la DAC como la CR/pendiente de VLF identificaron un defecto en la fase L2 a aproximadamente 280 m, lo que se alinea con la anomalía observada antes a partir de la medición de pérdida dieléctrica, lo que probablemente indica un problema en una unión.

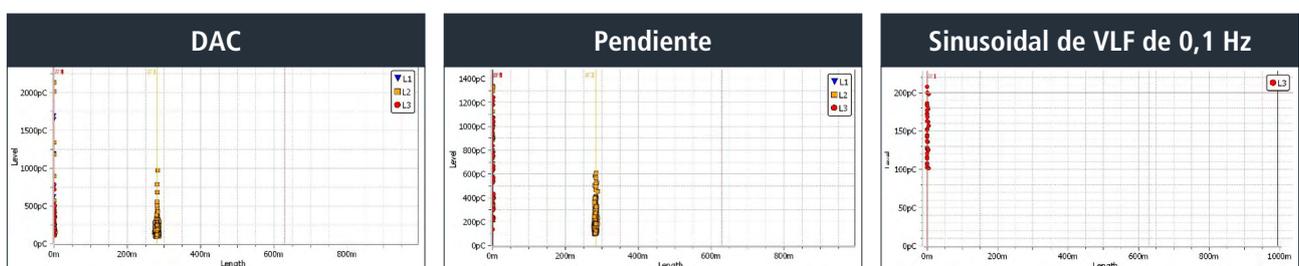
Curiosamente, este punto débil no se detectó con la tensión de excitación de la onda sinusoidal de VLF de 0,1 Hz, lo que resalta las diferencias de sensibilidad entre los métodos de prueba individuales.



Asignación de descarga parcial para todas las tensiones de excitación (DAC, CR/pendiente de VLF y onda sinusoidal de VLF de 0,1 Hz) en la tensión nominal de U_0 . El eje X es la longitud del cable, el eje Y es la altura de descarga.

En la serie de gráficos 2, las asignaciones de PD se muestran a una tensión de prueba de 1,7 veces la tensión nominal U_0 , la tensión de prueba máxima estándar para mediciones de PD en cables de tensión media. Como se esperaba, la concentración e intensidad de PD en el punto débil localizado (~280 m) aumentó con la DAC y la CR/pendiente de VLF en comparación con las mediciones en tensión nominal.

Sin embargo, incluso en $1,7 U_0$, el punto débil identificado por la DAC y la CR/pendiente de VLF permanece sin ser detectado con la onda sinusoidal de 0,1 Hz de VLF, lo que resalta una diferencia significativa en las capacidades de detección entre los métodos de prueba.

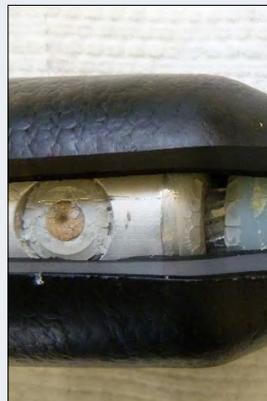


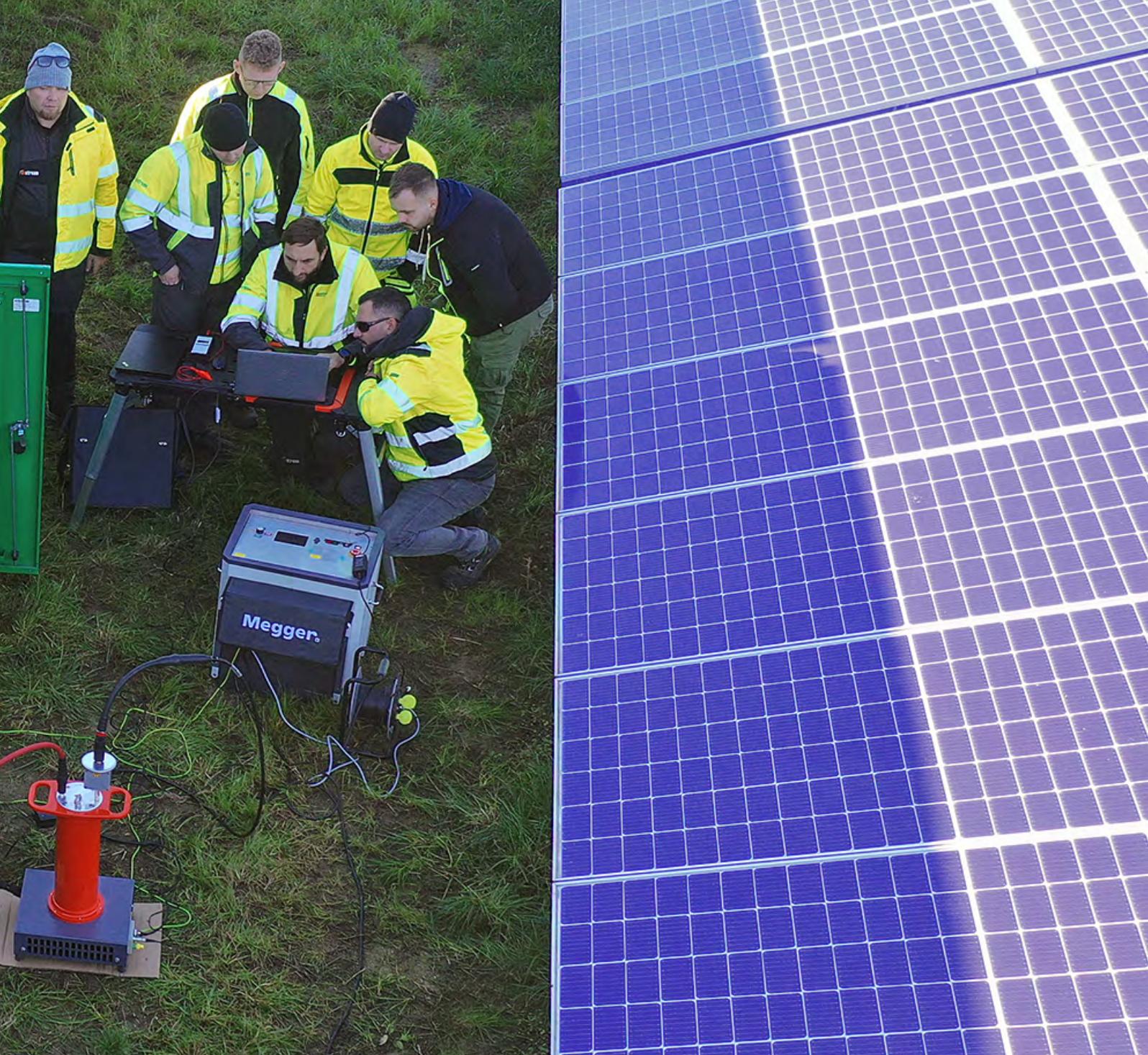
Asignación de descarga parcial para todas las tensiones de excitación (DAC, CR/pendiente de VLF y onda sinusoidal de VLF de 0,1 Hz) a tensión nominal de $1,7xU_0$. El eje X es la longitud del cable, el eje Y es la altura de descarga.



Después de los resultados de las mediciones de pérdida dieléctrica y PD, la empresa de servicios públicos tomó la decisión de abordar el punto débil ubicado a aproximadamente 280 m, que se identificó como una unión defectuosa. Tras la disección, se descubrieron problemas relacionados con la mano de obra, específicamente el uso insuficiente de pasta de montaje y cinta flexible para llenar las cavidades, como se muestra en las imágenes.

Después de reemplazar la unión, se realizó una medición de PD de seguimiento, lo que confirma que el punto débil se había eliminado satisfactoriamente y que el cable ahora se encuentra en condiciones óptimas.





Conclusión:

Este caso de negocio demuestra la eficacia de combinar las mediciones de pérdida dieléctrica y PD para identificar y localizar problemas graves de cables, como la unión defectuosa descubierta en este caso. Mediante el uso de DAC y CR/pendiente de VLF, la medición de la descarga parcial identificó con éxito el punto débil que ya mostraba actividad de descarga parcial a la tensión nominal U_0 , lo que llevó a la decisión proactiva de sustituir la unión antes de que se produjera una falla.

Fundamentalmente, la tensión de excitación de la onda sinusoidal de VLF de 0,1 Hz no pudo detectar este defecto grave, lo que destaca las limitaciones de confiar en este método para las mediciones de PD. En este caso, se enfatiza la importancia de seleccionar las herramientas de diagnóstico adecuadas para garantizar una detección precisa de las fallas y mantener la integridad de los sistemas de cables.