

DP VLF de 0,1 Hz en comparación con la tecnología Factory Grade® de IMCORP

HECHOS RELEVANTES

Visión general

- Los resultados de funcionalidad del método DP VLF y de la tecnología Factory Grade® se comparan en el campo y en el laboratorio.

DESAFÍO

- Varios especialistas de la industria no creían en los resultados de las evaluaciones hechas con la tecnología Factory Grade®.

RESULTADOS

- Está comprobado que la funcionalidad de la tecnología Factory Grade® es totalmente eficaz y que el método DP VLF a 0,1 Hz se desacreditó por completo.

Visión general

Preocupado por la cantidad de cortes de energía en los sistemas colectores puestos en marcha recientemente, un desarrollador líder en sitios de energía renovable incluyó en sus especificaciones el uso de la tecnología Factory Grade® de IMCORP, con su inigualable sensibilidad en el campo de 5 pC, como parte de su proceso de puesta en marcha de los sitios. Después de identificar varios defectos en los cables, el contratista cuestionó la validez de la evaluación de IMCORP y volvió a hacer pruebas en los segmentos de cable subestándar usando la prueba de descarga parcial (DP) con fuente de alimentación a muy baja frecuencia (VLF). Se llevó a cabo una investigación formal de un laboratorio independiente con la tecnología Factory Grade® y la técnica de análisis de disección para confirmar que todos los defectos identificados tenían su origen en el incumplimiento de las normas establecidas para las pruebas de control de calidad por el fabricante de los cables. En contraste, el método de DP VLF no detectó ninguno de esos defectos en los mismos segmentos analizados.

Desde entonces, el desarrollador adoptó una especificación que exige la evaluación de DP a 50/60 Hz, con una sensibilidad mínima de 5 pC, una decisión que muy probablemente evitará cientos de miles de dólares en pérdida de producción de energía.

Desafío

Los sistemas de cable fallan debido al proceso de erosión asociado con la actividad de DP que puede originarse durante la fabricación, el transporte, la construcción, la instalación de accesorios y el envejecimiento de los sitios de producción. El costo de los cortes de energía que ocurren directamente después de la puesta en marcha de sistemas colectores recién instalados pueden producir un gran impacto al propietario del sistema en términos de pérdida de producción de energía, y las garantías por problemas de mano de obra y fabricación normalmente no ofrecen recuperación de ese costo durante el tiempo improductivo. Encuestas realizadas recientemente han permitido llegar a la conclusión de que el costo típico de una falla en un parque de energía solar o de energía eólica está entre \$30 000 y \$100 000 por cada incidente. Además, el índice anual compilado por IMCORP desde 2006, que mide la clasificación de calidad de sistemas de cable (CSQR) en sitios de energía renovable de proveedores de servicios públicos en Norteamérica, ha revelado que el 15 % de los sistemas colectores trifásicos tienen al menos un componente subestándar que requiere acciones complejas de reparación. IMCORP realiza evaluaciones en el campo de los sistemas de cable usando las mismas normas que utilizan los fabricantes de cables y de accesorios. Todos los cables y componentes que se fabrican en nuestras plantas deben cumplir normas de instituciones como la ICEA (Asociación de ingenieros de cables aislados) y el IEEE (Instituto de ingenieros eléctricos y electrónicos). Estas pruebas para control de calidad de los fabricantes exigen hacer diagnósticos de DP a 50/60 Hz y a niveles elevados de voltaje, con una sensibilidad mayor que 5 o 10 pC [Tabla 1].

Norma para componentes	Frecuencia de prueba	Umbral* Sensibilidad Voltaje
Terminaciones IEEE 48	50/60 Hz	5pC ≤1.5 Uo**
Empalmes IEEE 404	50/60 Hz	5pC ≤1.5 Uo
Conectores separables IEEE 386	50/60 Hz	3pC ≤1.3 Uo
Cable MV extruido ANSI/ICEA S-97/94-682/649	50/60 Hz	5pC ≤4.0 Uo*
Cable HV/EHV extruido ANSI/ICEA S-108-720	50/60 Hz	5pC ≤2.0 Uo

* No deben observarse descargas parciales por encima del umbral de sensibilidad hasta el umbral de voltaje.
**Uo es el voltaje RMS del sistema entre línea y tierra.
* 200 V/mil

Tabla 1: Normas de fabricantes



Muestra 1: Sin continuidad en la capa semiconductora exterior



Muestra 2: Daños durante la instalación



Muestra 3: Contaminantes introducidos durante la fabricación



Muestra 4: Abultamiento en la capa semiconductora exterior

Resultados

La comparación se realizó durante la puesta en marcha de un parque eólico de 161 MW con 87 turbinas, ubicado en el estado de Texas. Las evaluaciones iniciales se realizaron usando la tecnología Factory Grade® de IMCORP y se identificó la presencia de actividad DP en varios segmentos de cable. Negándose a creer en los resultados, el contratista del sitio volvió a probar los mismos segmentos usando la tecnología de prueba DP VLF a 0,1 Hz. Como medida de seguridad, los mismos segmentos se evaluaron por segunda vez usando la tecnología de IMCORP, y los resultados indicaron de nuevo la misma actividad de DP en las mismas ubicaciones en las que se detectó en la primera evaluación.

Para verificar los resultados de cada procedimiento de evaluación, se identificaron cuatro segmentos de cable que se extrajeron y fueron evaluados por un laboratorio independiente. En cada uno de los cuatro casos, la evaluación de IMCORP detectó actividad de DP en los segmentos de cable, mientras que la prueba de VLF a 0,1 Hz indicó que no había DP en ninguno de los segmentos. IMCORP aplicó su tecnología de coincidencia de ubicación para determinar la ubicación de los puntos de DP y se siguió un riguroso proceso de recuperación para extraer cada segmento. Se estableció una estricta cadena de custodia que se mantuvo durante los procesos de extracción y transporte. Se siguió un procedimiento de documentación detallada con etiquetas, marcas y fotografías mientras las cuadrillas auxiliares extraían cada segmento de cable. Como una medida de seguridad adicional, se usó cinta de alta seguridad en las cajas de envío para evitar la posible manipulación de las secciones de cable entre el sitio del colector y el laboratorio.

En el laboratorio de pruebas independiente, se realizaron pruebas de DP a cada segmento de cable en un salón blindado diseñado para cumplir con las normas de los fabricantes [Tabla 1]. En los resultados de las pruebas de DP a 60 Hz en los cuatro cables, se reveló el mismo comportamiento electrónico de DP que la tecnología Factory Grade® de IMCORP había identificado en el campo. Finalmente, los resultados de la disección en el laboratorio para los cuatro cables verificaron la existencia de graves defectos en el aislamiento en cada punto de DP, reafirmando los resultados suministrados por las evaluaciones en el campo realizadas por IMCORP.

La tecnología de IMCORP para la evaluación en el campo de sistemas de cable se ha usado en más de 250 sitios de energía renovable en todo el mundo para evaluar más de 90 000 pies de sistemas de cable, de 5 kV a 500 kV, proporcionando un aumento considerable en la fiabilidad no solo de los sistemas nuevos sino también de sistemas más antiguos.

Resumen de las cuatro muestras y de la caja de envío que se enviaron usando un procedimiento de alta seguridad al laboratorio independiente

Muestra	Alimentador	De	A	Ubicación	Loc. (pies)	PDIV Uo	pC promedio
1	1	JBOX SC1-3	JBOX SC1-2	Cable, fase C	2772	1.0	424
2	6	Subestación	JBOX SC6-1	Cable, fase B	2366	1.0	31
3	6	Subestación	JBOX SC6-1	Cable, fase C	116	1.55	157
4	7	JBOX SC7-5	JBOX SC7-4	Cable, fase C	267	1.7	110

Conclusión

En resumen, los defectos en los sistemas de cable generan un impacto grave para los suministradores de energía renovable, porque el tiempo improductivo afecta los ingresos y egresos en términos de pérdida de ingresos y de costos de reparación. Este costo por fallas puede evitarse si se realizan pruebas en el campo del cumplimiento de las normas de los fabricantes en los sistemas de cable durante la puesta en marcha y durante los cortes de energía para realizar los mantenimientos planificados.

Además:

- › Los sistemas colectores de cable que funcionan bajo tensiones más altas (35 kV frente a 5 y 15 kV) son fabrican normalmente mediante instaladores con poca experiencia, y se instalan en configuraciones que aumentan la vulnerabilidad de largas porciones del sitio a los cortes de energía.
- › Los costos de los cortes de energía en un sistema colector de energía renovable son normalmente del orden de \$30 000 a \$100 000.
- › Un sitio promedio de energía renovable de 100 MW tiene aproximadamente 15 componentes inferiores que requieren acciones significativas para su reparación.
- › Los sistemas de cable fallan como respuesta a las sobrecargas de voltaje y al proceso de erosión asociado a la descarga parcial (PD) en ubicaciones discretas en las que existen defectos de instalación, fabricación y envejecimiento.
- › Los transientes de voltaje son la causa primaria de las DP y de la degradación asociada del material aislante.
- › Las pruebas DP VLF miden la DP a un nivel de sensibilidad que es al menos de un orden de magnitud menor que el establecido en las normas de los fabricantes (5 pC). A estos niveles reducidos de sensibilidad, es posible que más de la mitad de los puntos con actividad de DP no sean detectados.
- › Las normas de los fabricantes exigen la detección de PD a una frecuencia de potencia de 50/60 Hz para simular correctamente las condiciones reales de funcionamiento del sistema. Las soluciones VLF que se desvían de la frecuencia de potencia tienen poca probabilidad de generar los eventos de DP que normalmente ocurrirían en condiciones reales de funcionamiento.