

Después de la inundación

Cómo prevenir interrupciones del suministro y fallas futuras después de haber reparado el daño inmediato

Introducción

Las lecciones aprendidas del huracán Sandy -también conocido como ciclón tropical Sandy- se aplican a todo tipo de daños causados por inundaciones en equipos eléctricos. Si bien la energía puede restaurarse rápidamente, pueden haberse desarrollado desperfectos ocultos que, si permanecen inadvertidos, llevarán a fallas futuras.

El huracán Sandy se desató sobre la costa este de los EE. UU. en octubre de 2012. Causó daños por miles de millones de dólares y dejó a millones de personas sin energía. Casi todas las instalaciones dañadas volvieron a funcionar rápidamente, y la mayoría de los conjuntos y componentes eléctricos inundados se reemplazaron o se reacondicionaron en campo. Pero este no es de ningún modo el fin de la historia para los operadores de equipos eléctricos, dice EA Technology.

Aparte de la publicación de la Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos (*National Electrical Manufacturers Association*, NEMA) de los EE. UU. [Guía gratuita para la evaluación de equipos eléctricos dañados por agua](#), no hay abundancia de información disponible que trate sobre las medidas de recuperación relacionadas con equipos eléctricos dañados por inundaciones, y todavía menos información (si la hay) relacionada con los posibles daños que continúan y que pueden reducir la vida útil de los equipos y causar fallas inesperadas.



Las pruebas post-inundación sobre la actividad de descarga parcial en forma de emisiones superficiales (ultrasónicas) e internas (tensiones de tierra transitorias [Transient Earth Voltage, TEV]) son importantes.

Este artículo examina las consecuencias de los daños por inundación en relación con el desarrollo de desperfectos de corto y largo plazo, en base a las observaciones reales obtenidas de la experiencia previa. También explica la manera en que las verificaciones internas con los métodos de prueba suministrados por EA Technology pueden utilizarse para asegurar una confiabilidad continua.

Consideraciones generales

El agua por sí sola puede ser muy perjudicial para los equipos eléctricos, pero el agua de inundación puede ser aún más dañina porque contiene diversos desperdicios, sales, metales, ácidos, barro y muchos otros elementos en solución o en suspensión. Los componentes inundados necesitarán una limpieza minuciosa inmediata y luego un secado. Cuanto antes se pueda hacerlo, mejor será. De otro modo, los daños empeorarán.

No solo es necesario secar los componentes mismos, sino que también es necesario secar bien la sala en la que están instalados los equipos porque, de lo contrario, las condiciones de alta humedad ambiente pueden hacer que los componentes secos reabsorban la humedad indeseable. En cualquier sala eléctrica, el secado del ambiente y el mantenimiento de una atmósfera de baja humedad son esenciales.

A los efectos de tratar las consideraciones generales sobre las acciones de recuperación necesarias ante los daños por inundación, consideremos los equipos eléctricos de una manera simple. Los equipos eléctricos están constituidos por componentes que funcionan simplemente como conductores o aisladores: están diseñados para favorecer o coartar la circulación de la corriente eléctrica. Luego tenemos componentes estructurales, que pueden ser estrictamente apoyos para los conductores y aisladores, o bien los aisladores mismos pueden actuar también como componentes estructurales. Finalmente, tenemos mecanismos que principalmente permiten que se produzcan acciones mecánicas. Cada uno de estos grupos de componentes debe considerarse por separado en relación con sus daños específicos.

Conductores

Los conductores mismos pueden por lo general tratarse de una manera relativamente simple, con solo limpiar profundamente sus superficies y luego secarlos antes de que pueda tener lugar algún tipo de corrosión. La corrosión superficial menor también puede quitarse con cuidado, siempre que no sea muy profunda, pero debe procurarse no quitar ningún revestimiento metálico (enchapado). Asegúrese de que la sala permanezca seca ya que, de lo contrario, la corrosión puede volver. Los daños más profundos requieren el desarme y la reconstrucción de los revestimientos metálicos.

Las interfaces, es decir las superficies en las que los conductores hacen contacto con los aisladores, pueden presentar desafíos más difíciles de resolver. Estas interfaces pueden retener contaminantes en forma de película o de depósitos de sedimentos, que pueden provocar en el futuro corrosión o daños al aislamiento. En estas interfaces existen gradientes de potencial mayores, y en equipos de media tensión estas ubicaciones de alto esfuerzo son a menudo los lugares en los que se origina la actividad de descarga parcial. Se debe hacer todo lo necesario para asegurar que estas zonas se limpien profundamente, y es posible que se necesite desarmarlas.

Los conectores separables utilizados en aplicaciones de sistemas de cables de media tensión están diseñados para no permitir la entrada de agua, por lo que las conexiones de empalmes y terminaciones no deberían dañarse. Los conectores macho y hembra para cable deben desarmarse e inspeccionarse para confirmar que no se haya producido contaminación dentro de la interfaz. Si no se observan problemas, estos componentes deben volver a armarse con la aplicación de grasa fresca. Si se encuentran problemas, estos componentes deben reemplazarse.



La humedad y la contaminación pueden hacer que los problemas empeoren mucho tiempo después de haberse solucionado los daños inmediatamente evidentes de la inundación.

Los cables y alambres necesitan una consideración más detenida. Los extremos abiertos de los cables pueden permitir el ingreso de humedad, y la humedad puede propagarse por todo el largo del cable. En algunos casos el cable puede secarse con el tiempo y, en casos más severos, purgar los cables con nitrógeno ha dado buenos resultados. Esta práctica ya ha sido satisfactoria para cables de media tensión en los que los niveles de humedad en el aislamiento eran mucho más críticos. Otra opción para los cables de media tensión puede ser considerar la utilización de un proceso que inyecte en los cables un líquido a base de silicona. Este proceso tiene la ventaja adicional de que mejora potencialmente defectos de aislamiento previos a la inundación, y extiende la vida útil. La preocupación por todos los cables son los daños potenciales de largo plazo debidos a la corrosión que se origina en los residuos que se dejaron, dado que la limpieza de la porción interna del cable es muy difícil o imposible. En muchos casos, reemplazar los cables puede ser la mejor solución.

El cableado secundario de los elementos de maniobra también requiere una atención especial. La experiencia ha demostrado que los terminales de conexión de baja tensión que han estado sumergidos en agua de inundación continuarán corroyéndose aún después de la limpieza, en especial los que tienen polaridad positiva. Esto se ha atribuido al efecto sobre el metal de los depósitos de materiales ácidos, que no fueron eliminados durante el lavado. La reacción entre el ácido, el metal y el aire, junto con la acción electrolítica, ha dado como resultado la producción de sales corrosivas. Esta reacción traerá problemas en el futuro. Los contaminantes provenientes del agua de inundación probablemente se propagarán por todo el cableado de control de conductores de cobre multifilares por acción capilar, lo que puede llevar en el largo plazo a la corrosión del cobre y la ruptura del aislamiento. Las conexiones a tierra también deben limpiarse para prevenir la corrosión futura.

Aisladores

Dado que el agua de inundación es conductora, puede tener un efecto muy perjudicial sobre el aislamiento. Algunos tipos de aislamiento, como la porcelana, no absorben el agua, y una limpieza simple que elimine los residuos es todo lo que se necesita para volver a ponerlos en servicio.



La corrosión inducida por la inundación puede continuar desarrollándose en muchos componentes.

Otros tipos de aislamiento, como el epoxi, pueden tener un acabado brillante natural o estar recubiertos con un compuesto contra descargas superficiales para inhibir el ingreso de humedad. A menudo la inspección visual puede proporcionar una buena indicación de la probabilidad de que el aislamiento haya absorbido agua y, en muchas ocasiones, una prueba básica de resistencia de aislamiento es efectiva para reconocer el aislamiento húmedo. Se han logrado resultados satisfactorios mediante el uso de aire circulante cálido y seco para eliminar la humedad de los aislamientos a la vez que se monitorea la mejora de la resistencia de aislamiento. Asegúrese de consultar las normas relevantes sobre resistencia de aislamiento, a fin de garantizar que se alcancen resultados de prueba mínimos aceptables antes de energizar los componentes.

El aislamiento de celulosa que se encuentra en muchos transformadores secos, en transformadores de alimentación de control y en muchas bobinas absorbe fácilmente la humedad, pero también puede secarse del mismo modo que los otros aislamientos. Sin embargo, es probable que queden contaminantes en todo el volumen del aislamiento; estos contaminantes pueden crear una actividad de descarga parcial que reducirá la vida útil operacional.

Mecanismos

Los mecanismos son el corazón de todos los interruptores automáticos, y su desempeño mecánico óptimo es esencial para la seguridad y la protección del sistema. Los mecanismos constan de muchas piezas móviles, como cojinetes, pasadores, anillos, cilindros y trabas, que funcionan de manera concertada para proporcionar una aceleración efectiva de los contactos móviles.

Si los mecanismos no han estado sumergidos en agua de inundación, deben inspeccionarse profundamente, y se debe considerar que una sala que se ha mojado permanecerá muy húmeda y también puede ocasionar problemas de corrosión. Si los mecanismos han estado sumergidos, habrá que limpiarlos profundamente. Sin embargo, mientras que esto puede quitar la contaminación más evidente, es muy difícil eliminar todos los residuos, y hay una alta probabilidad de que la lubricación, que es tan crítica para una operación correcta, conserve vestigios de barro o de sedimentos. Aún pequeñas cantidades de estos contaminantes traerán problemas. Probablemente, el desmontaje y rearmado completos sean la única solución posible si esto ocurre y, en el largo plazo, probablemente sea necesario reemplazar el mecanismo o incluso el aparato completo.



Efectos de la corrosión sobre un interruptor automático, 26 meses después de la contaminación con humedad. Los daños por descarga parcial superficial llevan indefectiblemente a la falla.

Los relés protectores y de control, ya sean electrónicos o electromecánicos, muy probablemente se verán afectados por el agua de inundación, y se los deberá reemplazar.

También deberá examinarse el gabinete del equipo. Los equipos encerrados en recintos metálicos están diseñados con recubrimientos de pintura protectora para condiciones ambientales normales, pero no están diseñados para soportar la naturaleza corrosiva del agua de inundación. Todos los metales estructurales que forman parte del montaje de los equipos eléctricos también deben limpiarse profundamente, y es posible que sea necesario repintarlos. Esto probablemente será necesario tanto en las superficies internas como en las externas.

Después de energizar

Restaurar la energía es un logro importante en el tedioso proceso de la recuperación de una inundación, pero el próximo paso debe ser el empleo de una serie de estrategias de pruebas no invasivas para asegurar que las luces permanezcan encendidas.

Inmediatamente después de la aplicación de la energía, todos los equipos de media tensión deben inspeccionarse para comprobar si hay presencia de actividad de descarga parcial. Para ello, se utilizan sensores ultrasónicos que detecten problemas superficiales, y sensores de tensiones de tierra transitorias (TEV) para detectar desperfectos internos de componentes o aparatos. Debe realizarse una inspección de DP por semana durante el primer mes, y

trimestralmente durante el primer año. Para equipos más críticos, se debe considerar la posibilidad de instalar equipos de monitoreo permanente.

Mientras que las pruebas de DP son muy beneficiosas para asegurar la integridad del aislamiento, deben realizarse inspecciones infrarrojas para asegurar que no haya ningún problema relacionado con los conductores. En condiciones ideales, el equipo de restauración post-inundación tendría la oportunidad de instalar aberturas para observación con dispositivos infrarrojos en paneles de gabinete, para permitir la realización de inspecciones termográficas periódicas con mayor eficiencia y seguridad.



La continua medición, ubicación, registro y análisis de la actividad de descarga parcial ayudará a identificar defectos post-inundación que podrían intensificarse hasta convertirse en fallas. El UltraTEV Locator™ (izquierda) y el UltraTEV Monitor™ (derecha) miden humedad relativa, así como descargas superficiales e internas.

Los interruptores automáticos también deben inspeccionarse periódicamente con instrumentos de cronometración del primer disparo y otras tecnologías, para asegurar un funcionamiento correcto y probar los mecanismos.

Un técnico experimentado está entrenado para detectar rápidamente las señales tempranas de anomalías, por lo que debe adoptarse la realización de inspecciones visuales periódicas para determinar si se observa corrosión en los equipos, incluidos el cableado secundario, los conductores, los componentes estructurales y los gabinetes.

Una consecuencia fundamental de los daños por inundación en los equipos eléctricos es que la vida útil del equipo muy probablemente se reducirá. Este factor hará necesario que el propietario acelere su estrategia de planeamiento de inversiones de reemplazo o de reconstrucción. En algunos casos, la vida útil restante del equipo ha sido evaluada como la mitad de la que habría tenido antes del evento de la inundación.



Este trabajo constituye la base de un artículo publicado en la edición de febrero de 2013 de la revista Electrical Construction & Maintenance. Vea el artículo publicado en:

<http://ecmweb.com/test-amp-measurement/testing-flood-damaged-electrical-equipment?page=1>