

Un Artículo Técnico de Aplein Ingenieros S.A.

Medida de humedad en mantenimiento de subestaciones eléctricas

INTRODUCCIÓN

La electricidad se genera de diferentes maneras: centrales de combustión de combustible fósil, centrales hidroeléctricas, centrales nucleares, plantas solares, parques eólicos, etc. La electricidad generada tiene que ser transmitida y distribuida para su uso final. La transmisión y distribución de energía eléctrica está completamente separada de la función de generación y es llevada a cabo por compañías diferentes. Los generadores eléctricos no tienen nada que ver con la transmisión y distribución de energía, y de forma similar el personal de mantenimiento de una subestación eléctrica no tiene nada que ver con el personal de mantenimiento de una central de generación eléctrica. Aunque la medida de humedad es aplicable también en plantas de generación (para aire de instrumentos, en hidrógeno para refrigeración del generador , etc) en este documento únicamente se tratarán aplicaciones relativas a subestaciones eléctricas.

Las subestaciones están localizadas por todo el mundo y son fáciles de identificar. Agrupan transformadores, interruptores y otros componentes eléctricos. Estas subestaciones se encuentran en todos los vecindarios, ciudades, pueblos y cualquier lugar donde se utilice electricidad. El personal de mantenimiento visita las instalaciones rutinariamente para probar el correcto funcionamiento de los equipos eléctricos o eléctricos

APLICACIONES

Hay básicamente cuatro aplicaciones diferentes de medida de humedad en el mantenimiento de una subestación.

Estas son:

1.- Medida de humedad en el relleno de inte-

ruptores con Hexafluoruro de Azufre (SF6).

2.- Medida de humedad en el relleno de transformadores con Nitrógeno (N2)

3.- Medida de humedad en aire y nitrógeno durante el arranque o re-arranque de los transformadores

4.- Medida de humedad en transformadores de aceite.

Todo equipo eléctrico manipulable se rellena con algún tipo de medio aislante: aire, SF6, N2 o aceite. Los aislantes tienen que estar totalmente secos, como es bien sabido el agua y la electricidad no son buenos compañeros. La presencia de humedad puede causar fallos, cortes, explosiones y procedimientos de mantenimiento muy caros.

Medida de humedad en interruptores

Las subestaciones utilizan habitualmente Hexafluoruro de Azufre gas (SF6) en : GIS (Gas Insulated Substation), interruptores, barras aisladoras y equipo de distribución. Debido a sus propiedades, el SF6 es ideal para su utilización como aislante en equipo eléctrico de alto voltaje. Sus principales propiedades son:

- Alta resistencia dieléctrica : el voltaje de ruptura del SF6 es casi tres veces superior que el del aire a presión atmosférica, convirtiendo al SF6 en un excelente aislante.

- Excelentes propiedades de extinción de arco : Un arco eléctrico se extingue rápidamente en un entorno SF6

- Buenas propiedades para transferencia de calor: el SF6 tiene unas características comparables o mejores que el aire bajo la mayoría de condiciones.

- Buena estabilidad térmica a altas temperaturas: el SF6 no es inflamable y no se descompone en fase gaseosa a temperaturas inferiores a 500 °C.

- Baja reactividad química: El SF6 no reacciona con la mayoría del resto de materiales aislantes o conductores a temperaturas de hasta 200 °C. No produce depósitos de carbón o de otros materiales conductivos como resultado de un arco eléctrico.

- Relativamente poco tóxico: el valor límite de incertidumbre (TLV) del SF6, es de 1000 ppm por volumen (0,1 %), comparable al de otros gases inertes como el argón.

- Fácilmente licuado bajo presión a temperatura controlada: esta característica permite el almacenamiento compacto en cilindros metálicos.

El problema aparece cuando hay migración de humedad al interior del recinto de aislamiento, esta contamina al SF6, provocando su descomposición y provocando efectos tóxicos. Aquí es donde la medida de humedad se hace imprescindible y para esta medida el fabricante americano XENTAUR ofrece un equipo de medida portátil (XPDM) que garantiza la velocidad de respuesta, la portabilidad, la precisión y un consumo mínimo de gas.

Medida de humedad en el manto de nitrógeno del transformador

El aceite utilizado como aislamiento en transformadores de potencia se ve severamente afectado por la humedad. Para poder amortiguar los efectos de la expansión y contracción del aceite con la temperatura se emplea un manto de nitrógeno cubriendo el aceite. Si la humedad del entorno o del aceite, entra en el manto de nitrógeno, podría oxidar los interruptores y reducir su eficacia. El personal de mantenimiento realiza comprobaciones rutinarias del contenido de humedad en el manto de nitrógeno que

cubre el aceite de los transformadores. El equipo que forma una subestación, incluyendo interruptores y transformadores, es bastante caro, y es causa de cortes de corriente. Uno de los mayores costes del suministro de energía es el generado por mantenimiento de la subestación eléctrica, siendo el transformador una de las partes claves de la subestación.

El ahorro que supondría un correcto mantenimiento predictivo de fallos en grandes transformadores (MVA : Megavoltio-amperio) se estima en millones de euros.

Puesta en marcha de transformadores

Cuando tenemos un transformador preparado para ser puesto en servicio, hay que realizar una purga previa de la sección de venteo del transformador, utilizando inicialmente aire y posteriormente nitrógeno. Típicamente se aplica un vacío al transformador durante 24 horas.

a.- Algunas plantas miden la humedad en la corriente de vacío para determinar el tiempo de vaciado, aunque la mayoría vacía el transformador durante un tiempo predeterminado y no se molesta en medir la humedad en este punto. Existe una gran superficie interior, aislamientos de devanados etc que deben permanecer secas. Esta es una aplicación intermitente, pero al tratarse de una medida de tiempo prolongado, un equipo portátil no es muy útil en esta ocasión, debiendo utilizar un equipo de medida en continuo.

b.- Entre los devanados de los transformadores hay aproximadamente unos 400 kg de papel conteniendo altos niveles de humedad ambiente. Durante el secado y evacuación del aire ambiente con nitrógeno se extraen unos 115 litros de agua del transformador. Se tarda aproximadamente unas 24 horas en secar el sistema y

otras 12 horas en estabilizarlo. El transformador se rellena entonces con nitrógeno y se deja estabilizando. En este punto se realiza una medida de humedad (con un equipo portátil) para comprobar el correcto secado del transformador.



c.- Una vez se ha evacuado el sistema, se ha verificado el punto de rocío y se ha estabilizado a aproximadamente -40°C , el sistema está preparado para el relleno con aceite. El transformador se rellena entonces con aceite nuevo o reacondicionado. Muchas plantas llevan a cabo esta operación en campo utilizando un camión preparado con bombas, filtros, calefactores y equipo de medida.



Aceite de transformador

Como se ha discutido anteriormente, el relleno de transformadores con aceite para su aislamiento, debe ser precedido con una purga de secado con aire y nitrógeno. Cuando se ha completado esta purga, el transformador se encuentra en condiciones de alto vacío y puede rellenarse con aceite. El nuevo aceite se introduce en el transformador a razón de 75 l/m, y se calienta a una temperatura de 90°C para remover todos los gases y humedad existentes. Regularmente la planta toma una muestra del aceite y lo manda a laboratorio (propio o subcontratado) para realizar un análisis valorativo tipo Karl Fischer (KF), generalmente esto supone un problema por la dificultad de remitir muestras no contaminadas al laboratorio, por lo que es preferible realizar el análisis en continuo en la misma planta. Para este propósito se emplean sondas de líquido para medir la humedad en el aceite del transformador.

El aceite de aislamiento se emplea también en los reguladores de carga que van unidos a los transformadores. El ajuste del regulador asegura el correcto voltaje del transformador. Requieren un mantenimiento constante dado que se ventean a atmósfera. El regulador de carga de aceite es revisado rutinariamente para eliminar la presencia de humedad. Se realiza en campo por medio de un filtro tal y como se muestra en la imagen.



La medida con un transmisor calibrado con un valorador Karl Fischer evita las recogidas de muestra y su transporte a laboratorio.

SOLUCIONES APLEIN INGENIEROS, S.A. XENTAUR

Aplein Ingenieros, S.A. y el fabricante americano de medidores de humedad XENTAUR han llegado a un acuerdo exclusivo de distribución de sus equipos en España y Portugal.

Para las diferentes aplicaciones comentadas XENTAUR dispone de soluciones fiables, probadas y económicas que facilitan las tareas de mantenimiento de las subestaciones eléctricas.

Modelo portátil XPDM Xentaur

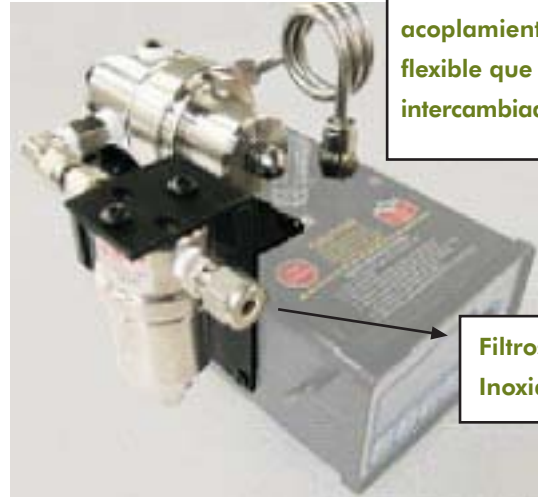
Recomendado para las aplicaciones de medida de humedad en el relleno de interruptores con Hexafluoruro de Hidrógeno (SF₆), en el manto de relleno de Nitrógeno del transformador donde el operador purga una pequeña muestra de nitrógeno a través del instrumento, esperando 1 ó 2 minutos de estabilización y procediendo a la medida,

El modelo XPDM de Xentaur ofrece ventajas significativas sobre otros medidores de punto de rocío a causa de su velocidad de respuesta, portabilidad y mínimo consumo de gas.

Las principales características de este equipo son:

- Analizador portátil
- Analizador más ligero y pequeño del mercado
- Bajo consumo de gas de muestra
- Tiempo de respuesta para 10 ppmV (-60°C dp) : < 1 minuto
- Construcción robusta
- Resistente a la contaminación debido a su cámara interna desecante
- Opciones: maleta de transporte, diferentes conectores, regulador, filtro

Regulador de presión en Acero Inoxidable con acoplamiento metálico flexible que actúa como intercambiador de calor.



Filtros en Acero Inoxidable

XPDM con opción de filtro y regulador

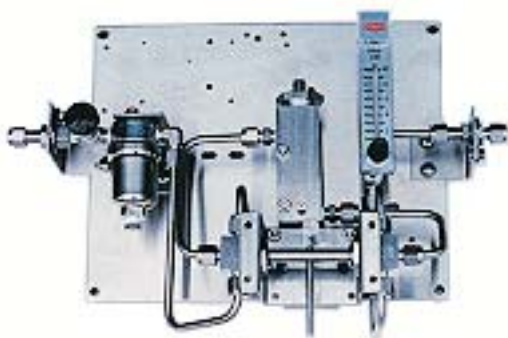
**Modelo Self Drying ESS Xentaur**

Recomendado para aplicaciones de puesta en marcha de transformadores.

El Sistema Extractivo de Muestra (ESS) tiene un diseño modular, y puede configurarse para acomodar casi cualquier requerimiento de medida. Fabricado con materiales de alta calidad, el sistema cumple todos los estándares de planta. El sistema se acompaña de un sensor de humedad que permanece totalmente seco durante los periodos de inactividad del equipo.

Lleva un cartucho desecante de fácil sustitución en campo que permite la eliminación de contaminantes no deseados y humedad prácticamente sin mantenimiento.

El sistema es ideal para aplicaciones en planta o aplicaciones móviles. Con este sistema podemos reducir significativamente los tiempos de evacuación, ahorrando energía y recursos. La técnica de muestreo es única por lo que evita largos tiempos de recuperación, derivas y fallos prematuros del sensor.



Modelo HDT Xentaur para líquidos (aceite de transformadores)

El transmisor híbrido de punto de rocío, modelo HDT, es un transmisor HART autoalimentado por lazo que puede ser utilizado para todas las aplicaciones de aceites en transformadores con su nuevo sensor para medida en líquido.

Xentaur dispone en sus instalaciones de un laboratorio para líquidos en el cual se ha estudiado y desarrollado los sensores para la medida de vapor de agua en líquidos.

El principio primario estándar para medida de contenido de vapor de agua en líquidos es la valoración Karl-Fisher (KF). Aplein Ingenieros, S.A. y Xentaur comercializan también este tipo de valoradores para laboratorio.



Xentaur utiliza un método de medida secundario basado en tecnología de Al₂O₃ para la medida de humedad en aceites de transformadores, estos sensores miden los cambios en la presión parcial del vapor de agua. La presión parcial del vapor de agua está directamente relacionada con la concentración en partes por millón peso (ppm w), a través de la constante adimensional de proporcionalidad de Henry. En los transformadores de aceite la constante de Henry es esencialmente independiente de la temperatura. Cuando sube la temperatura, aumenta la capacidad del aceite para disolver agua, pero la concentración de humedad permanece igual.

Otros fabricantes de sensores con tecnología de Al₂O₃ ignoran el coeficiente de temperatura del sensor, un problema bien conocido de los sensores de Al₂O₃, lo que obliga a tener un profundo conocimiento de las curvas de saturación de temperatura para poder obtener resultados en ppm w. Xentaur elimina el coeficiente de temperatura del sensor y los complicados cálculos matemáticos calibrando los sensores por medio de un valorador KF estándar. El sensor HDT controla simplemente la respuesta de la presión de vapor de agua y de temperatura reportando concentración de humedad en ppm w.

Pedro Fernández
Licenciado en Químicas
APLEIN INGENIEROS, S.A.
www.apleiningenieros.com