

Los aislantes sólidos

Introducción

Los aislantes utilizados para separar conductores o equipos eléctricos respecto de tierra o de otros conductores o equipos, pueden ser de varios tipos dependiendo de los requerimientos de tensión, espacio, función y costos.

El aislamiento de aire es utilizado fundamentalmente en muchos equipos de alta tensión, (normalmente líneas aéreas y equipos de subestaciones).

Los aislamientos con gases diferentes del aire, en general, poseen alta rigidez dieléctrica y no son inflamables y aunque su disponibilidad comercial tiene un costo moderado su utilización es costosa. Tal es el caso de las subestaciones encapsuladas con hexafluoruro de azufre.

Los aisladores sólidos, (cuyo comportamiento es el tema central de este boletín) tienen la gran característica de poder proveer un soporte rígido o flexible a equipos o conductores eléctricos.

Los aislamientos con líquidos más utilizados son los aceites minerales, especialmente para transformadores y reactores.

Comportamiento de los aislantes sólidos

En los aislamientos sólidos no se presenta la regeneración total del dieléctrico después de la perforación eléctrica, tampoco una renovación constante del dieléctrico, como sucede en los aislamientos de aire y con carácter limitado, en los aislamientos líquidos y gaseosos confinados.

Lo anterior quiere decir que, para la porcelana eléctrica una vez ocurra la perforación, quedará libre el camino, por donde a un nivel de tensión inferior que la primera vez, se presentará de nuevo el arco por el interior del aislador. Es conveniente aclarar que, cuando se habla de perforación de la porcelana eléctrica, no se está refiriendo al flameo por el aire exterior al aislador, ya sea por su contorno, (distancia de fuga) o buscando la menor distancia entre los puntos que aísla, (distancia de arco), ya que en tal caso sí se recuperan sus características aislantes totalmente.

Cuando se analiza la probabilidad de perforación de un aislamiento sólido durante una determinada sobretensión, hay que tener en cuenta que ésta depende directamente de las propiedades del material aislante (combinación de

materias primas y calidad de proceso) como también de otros tipos de fenómenos como son:

1. La alteración en función del tiempo de la estructura físico química del material

Entre las alteraciones usuales sufridas por algunos materiales se pueden citar las siguientes:

1.1 Inestabilidad química

Se consideran químicamente inestables los materiales que sufren reacciones químicas, como lo son casi siempre los compuestos orgánicos. En condiciones normales, estas reacciones son muy lentas y su velocidad de ocurrencia es en general fuertemente dependiente de la temperatura, (incrementándose al aumentar esta).

En general la duración de la vida útil (t) de un aislante sólido puede ser expresada en función de la temperatura absoluta (T), ya que esta determina la alteración de sus propiedades físico-químicas como puede observarse en la siguiente ecuación.

$$t = Ae^{\beta T}$$

Donde:

t Vida útil de un aislante sólido

A y β Parámetros aproximadamente constantes y propios de cada material (orgánico)

T Temperatura absoluta

La porcelana eléctrica no sufre reacciones químicas con los cambios de temperatura naturales a que pueda ser sometida durante su trabajo, lo anterior, por no poseer materiales orgánicos y por estar diseñada para soportar condiciones extremas.

Una forma de comprobar la gran estabilidad química de la porcelana eléctrica frente a los cambios de temperatura es la prueba llamada "choque térmico" que consiste en 10 cambios sucesivos y bruscos de temperatura ente 4 y 100°C, cada uno durante 10 minutos.

Otros dos factores que afectan fuertemente la velocidad de las reacciones químicas en los aislantes sólidos son la presencia de aire y de humedad.

Una de las características más importantes de la porcelana eléctrica es que tiene "porosidad cero", la cual se logra

sometiendo la pasta al vacío y controlando que aún después de su salida del horno, no se presenten internamente “microporos o microgrietas”; la forma de chequear la porosidad, es la llamada “cámara de fucsina”, que consiste en sumergir fragmentos de porcelana (sin esmalte) en una solución de 1 gramo de fucsina básica disuelta en un litro de alcohol al 50%, en una cámara de presión a 10 kLbs/Pul² durante dos horas. Al terminar la prueba las piezas se deben secar y romper para comprobar la no penetración del colorante por pequeñas grietas.

Además el aislador de porcelana eléctrica es recubierto de un esmalte a compresión que además de mejorar sus cualidades mecánicas y apariencia física, le brinda una superficie lisa que le ayuda a su autolimpieza natural con la lluvia y el viento.

1.2 Oxidación

Algunos materiales, en presencia del aire, y especialmente en presencia de ozono, sufren reacciones de oxidación (combinación con el oxígeno), con la consecuente alteración de sus propiedades mecánicas y eléctricas. Es el caso, normalmente, de los aislamientos derivados del petróleo (como sucede con el polietileno), la reacción de oxidación es acelerada si el material se encuentra expuesto a la acción de radiaciones electromagnéticas, como las originadas por la luz intensa.

1.3 Hidrólisis

Algunos materiales en presencia de humedad y a temperaturas relativamente elevadas, sufren reacciones de hidrólisis (descomposición de ciertos compuestos por acción del agua), con consecuente alteración de sus propiedades eléctricas y mecánicas. Es el caso, normalmente, de algunos poliésteres.

1.4 Migración de sustancias químicas activas

En algunas sustancias aislantes, a temperaturas relativamente elevadas, ocurre una migración de sustancias químicas activas para la superficie, donde, en consecuencia ocurren reacciones químicas con alteración de propiedades eléctricas.

Por ejemplo, en algunos tipos de vidrio con elevada proporción de sodio, a temperaturas altas y en presencia de humedad, ocurre un proceso de este tipo, con una rápida degradación de las propiedades aislantes.

1.5 Contaminación

El contacto de algunas sustancias aislantes con otras sustancias, provoca efectos que aceleran las reacciones y conducen a una degradación de las propiedades eléctricas y mecánicas.

Por ejemplo, el petróleo y el polipropileno se degradan muy rápidamente a temperaturas elevadas, en contacto con conductores de cobre; y la celulosa (cuerpo sólido, blanco, insoluble en el agua, formado por la membrana envolvente

de las células vegetales) se degrada muy rápidamente en presencia de pequeñas cantidades de sustancias ácidas.

1.6 Deterioro electroquímico

Algunas sustancias aislantes contienen iones, resultantes de la ionización de impurezas o de una pequeña ionización de la propia sustancia aislante. En presencia de un campo eléctrico los iones son alineados por los electrodos, siguiendo un proceso de electrólisis, (descomposición a nivel atómico de un cuerpo por medio de la electricidad), donde estos pierden la carga eléctrica y se originan reacciones químicas del material de los electrodos con las sustancias aislantes, lo anterior puede conducir al deterioro de las propiedades mecánicas y eléctricas del material aislante.

Esta degradación es, en general, muy importante en corriente continua donde se mantiene la orientación del campo. Con corriente alterna una parte de las reacciones de electrólisis es parcialmente compensada a lo largo del ciclo, lo que reduce, comparativamente con sistemas de corriente continua, sus efectos.

La concentración de iones en el aislante es aumentada fuertemente por algunas impurezas introducidas en el dieléctrico durante su proceso de fabricación y durante su montaje. Normalmente la velocidad de las reacciones de electrólisis aumenta rápidamente con la temperatura.

A temperaturas muy elevadas, los iones son móviles en el seno del material, esto se cumple en aislantes inorgánicos como el vidrio y materiales cerámicos.

Las sustancias aislantes constituidas por moléculas polares, esto es, no simétricas, son fuertemente afectadas por pequeñas cantidades de sustancias contaminantes.

La acción electroquímica y el proceso básico de deterioro de algunos dieléctricos, normalmente de condensadores con aislamiento de papel, se detiene cuando se logra evitar la formación de arcos en cavidades.

El proceso de electrólisis puede ser atenuado, juntando al material pequeñas cantidades de sustancias que actúen como captadores de los hidrogeniones liberados por electrólisis. Los hidrogeniones liberados por electrólisis se agrupan preferiblemente con esas sustancias (impregnante del papel).

En muchos casos, se consigue un aumento importante de la vida útil del dieléctrico juntando pequeñas cantidades de sustancias que “absorban” las impurezas iónicas presentes inicialmente en el dieléctrico, o resultantes de la acción electroquímica sobre el dieléctrico.

El proceso de degradación electroquímica es muchas veces relativamente lento, no siendo detectado en los ensayos de duración (relativamente cortos). Normalmente, en el caso de los dieléctricos usados en condensadores, este mecanismo es muy importante y es necesario tomar precauciones especiales en el ensayo para asegurar que la vida útil del equipo no es condicionada por el deterioro electroquímico. Algunas veces, pequeñas cantidades de impurezas iónicas resultantes de los materiales usados en la fabricación de los equipos, conducen a una reducción muy importante de su vida útil.

En algunos materiales aislantes, normalmente papel impregnado de aceite, se da la ionización del material para campos eléctricos elevados (inferiores a los que conducen a una disrupción rápida). Una vez desencadenada la ionización y eventualmente en presencia de una sobretensión, la ionización persiste, aunque la tensión se reduzca a los valores normales de servicio.

En presencia de la ionización y aplicando la tensión normal de servicio, puede verificarse un aumento gradual de ionización, que conduce a una disrupción eléctrica relativamente lenta. Para esos materiales la tensión de servicio debe ser suficientemente baja para que, en el caso de la máxima sobretensión a que pueda estar sometida, el campo eléctrico no alcance el valor correspondiente al inicio de la ionización. Es básicamente un condicionamiento de este tipo, el que limita, por ejemplo el campo eléctrico de los condensadores constituidos por papel impregnado en aceite.

En algunos materiales aislantes, por ejemplo, papel impregnado con difenil clorinado, al aplicarles una sobretensión se ionizan, luego se les reduce la tensión a valores normales y con esto la ionización se atenúa en vez de aumentar. De esta forma, el campo eléctrico en el dieléctrico en servicio, deja de ser limitado por la condición de ocurrir ionización para la más alta tensión posible, lo que permite, en principio, utilizar este material con campos eléctricos más elevados.

2 Heterogeneidades

Normalmente pequeñas cavidades existentes en las condiciones iniciales del material o formados a lo largo de su vida útil, dan origen a heterogeneidades del campo eléctrico, que puede conducir a la formación de pequeñas descargas, con el consecuente deterioro progresivo del material a su alrededor.

Lo anterior podría también ocurrir cuando existen malos contactos entre el material aislante y el material conductor.

3 Envejecimiento de los materiales aislantes

Trae como consecuencia la conductividad del propio material aislante, con el consecuente aumento de las pérdidas dieléctricas. Por ejemplo, en el caso de que el material sea sometido a una tensión elevada a frecuencia industrial de larga duración, hace que aumenten las pérdidas, con el correspondiente aumento de la temperatura. Para algunos materiales el aumento de la temperatura trae un aumento de las pérdidas eléctricas por conductividad, lo que agrava el aumento de la temperatura resultante de la sobretensión.

Inclusive puede ocurrir que la temperatura, por vía de la conjugación de los dos efectos referidos, tienda a

aumentar indefinidamente ocurriendo una “inestabilidad térmica” y por lo tanto, deterioro dieléctrico.

4. Envejecimiento de los materiales aislantes por envejecimiento de los materiales conductores del equipo

La ocurrencia de sobretensiones intensas de muy corta duración (de origen atmosférico) o la presencia de cortocircuitos con corrientes muy elevadas y de muy corta duración, traen como consecuencia el envejecimiento de los conductores y de igual manera el envejecimiento de los materiales aislantes en contacto con los mismos, con la consecuente alteración de las propiedades eléctricas y de la estructura físico-química del dieléctrico.

Para evitar esto con la porcelana eléctrica y sus herrajes (cuando los tiene), se les coloca una capa de pintura bituminosa que además de servir al herraje de protección contra el cemento, proporciona una junta de expansión entre éste y la porcelana eléctrica.

5. Aclaraciones finales

Debemos aclarar que algunos de los fenómenos referidos, aparentemente colaterales o secundarios, son dominantes en el condicionamiento del comportamiento de los aislante sólidos. Normalmente los campos eléctricos máximos en los que es viable utilizar los dieléctricos sólidos son, en muchos casos, de un orden de magnitud bastante inferior al campo eléctrico que soportaría el mismo material en condiciones ideales de uniformidad de campo eléctrico, normalmente sin heterogeneidades ni cavidades y con campo eléctrico uniforme.

La porcelana eléctrica se construye sin heterogeneidades ni cavidades (porosidad cero), además su forma es simétrica con el fin de mantener uniforme el campo eléctrico, lo cual le permite ser utilizado con campos eléctricos mucho mayores.

Bibliografía

“Sobretensiones y coordinación del aislamiento”. Volumen 1, 1983, Brasil. Ing. Carlos Portela.

Si desea cambiar su dirección electrónica, suscribir a un colega, solicitar ediciones anteriores o borrarse de la lista de distribución, envíenos un mensaje a:

carango@gamma.com.co

Atn Ing. Claudia Arango Botero.

Visítenos en nuestra

<http://www.gamma.com.co>

página

Web: www.corona.com.co