



Knowledge Is PowerSM
Apparatus Maintenance and Power
Management For Energy Delivery

TRADUCCION AL ESPAÑOL

Pruebas o Ensayos para Sulfuro Corrosivo en Aceite de Transformadores

Recientemente ha habido un número de fallas en transformadores de potencia y reactores donde se ha detectado la presencia de corrosión en cobre y la formación de sulfitos de cobre en los conductores y materiales aislantes. Los sulfitos de cobre son conductivos y reducen el voltaje de ruptura dieléctrica del aislamiento sólido. Esto puede resultar en una perforación a través del papel aislante. Las fallas han ocurrido en aparatos que han estado en servicio por varios años. A la temperatura normal de operación el proceso de corrosión aparenta tomar tiempo en formar cantidades críticas de sulfitos conductivos. Hasta el presente, las fallas han ocurrido sin evidencia previa de acumulación anormal de gases combustibles y por esto se entiende que el problema es difícil de detectar y manejar.

Cuales Transformadores y Reactores Deben Ser Probados

1. Unidades críticas en su sistema
2. Unidades que posean las siguientes características
 - a. Fabricadas desde el 1999 hasta el presente
 - b. Unidades que hayan fallado las pruebas de sulfuro corrosivo (ASTM D 1275B y Pruebas CCD)
 - c. Unidades que operan a altas temperaturas por largos períodos
 - d. Unidades con colchón de gas o con conservador sellado (Nota: han ocurrido unas pocas fallas en unidades con conservador de respiración libre al medio ambiente)
3. Se han detectado problemas de sulfuro corrosivo en unidades fabricadas antes de 1999, pero en mucha menor escala, por lo que se recomienda probar el aceite de las unidades más críticas al sistema como precaución.
4. La mayoría de las fallas reportadas corresponden a niveles de voltaje de sub-transmisión y transmisión, pero se han reportado fallas en unidades de distribución. El nivel de voltaje más bajo al que se han reportado fallas es 35 kV.
5. No tiene conductores esmaltados o barnizados

Pruebas Sugeridas

Doble recomienda dos pruebas primarias y una tercera prueba opcional:

1. ASTM D1275B – Sulfuro Corrosivo en Aceite – se requiere un volumen de 250 mililitros.
2. Prueba CCD Método Doble – se requiere un volumen de 60 mililitros.
Esta prueba considera dos recipientes, uno sellado y otro con respiración restringida.
3. Prueba Doble Para Compuesto de Sulfuro – se requiere un volumen de 10 mililitros.
Esta es una prueba nueva que puede ayudar a identificar una de las fuentes del sulfuro corrosivo.

La primera prueba provee información sobre cuan corrosivo el aceite es para algunos metales, como los conductores de cobre; también identifica la posibilidad de que se formen depósitos de sulfitos en los conductores.

La segunda prueba provee información sobre cuan propenso es el sulfuro corrosivo a producir depósitos de sulfitos de cobre en el papel aislante, lo cual puede reducir significativamente la rigidez dieléctrica del papel, La deposición de sulfitos de cobre en el papel parece ser el modo principal de falla por este fenómeno.

La tercera prueba es un método desarrollado por Doble que a través de cromatografía de gases identifica la concentración en aceite del compuesto “**Dibenzyl Disulfide**”, que se ha encontrado como el causante de problemas de sulfuro corrosivo en transformadores y reactores.



Knowledge Is PowerSM
Apparatus Maintenance and Power
Management For Energy Delivery

Posibles acciones a tomar para aceites que fallen las pruebas D1275B o Doble CCD

No hay suficiente información al presente para hacer recomendaciones contundentes. Doble ha iniciado un estudio de investigación colaborativo con varias empresas de energía para poder entender mejor el problema y encontrar métodos de mitigación. Cuando un aceite falla una o ambas pruebas, puede ser problemático. La prueba D1275B ayuda al usuario a determinar si existe sulfuro de cobre depositado en los conductores. Con el paso del tiempo, el depósito de sulfuro de cobre puede ser tan significativo que comience a desprenderse de los conductores, migrando hacia el aceite y el aislamiento sólido, donde dada su conductividad, puede causar una falla dieléctrica.

La prueba Doble CCD ayuda a determinar la propensión de que ocurra deposición de sulfuro de cobre en el papel. Cuando ocurre este fenómeno, se reduce la rigidez dieléctrica del papel, lo cual obviamente representa un gran problema.

Se han usado varios acercamientos para reducir el riesgo de falla en transformadores que han estado operando con aceites que han fallado cualquiera de las pruebas de sulfuro corrosivo:

1. Reemplazar el aceite con uno que pase las tres pruebas. Una cantidad significativa del aceite original permanece impregnado en el aislamiento sólido y luego se mezclará con el aceite nuevo. Las características de la mezcla final determinarán por cuanto se ha reducido el riesgo.
2. Reemplazo parcial es otra posibilidad. Dependiendo de las características de los aceites mezclados, es posible diluir el problema para reducir el riesgo.
3. Añadir un pasivador (“passivator”) puede reducir la reacción entre metales como el cobre y la plata con el sulfuro corrosivo. El pasivador también puede reducir la deposición del sulfuro de cobre en el papel. El pasivador no detiene completamente la reacción y el beneficio a largo plazo necesita ser determinado. El contenido de pasivador necesita ser monitoreado.
4. Se pueden combinar las tres opciones mencionadas en los puntos 1, 2 y 3.
5. Puede ser posible remover parte del sulfuro corrosivo del aceite. Esto requiere estudio adicional.

Todas estas acciones remediales están bajo estudio. Es importante entender que ninguna de estas acciones removerán el sulfuro de cobre que esté depositado ni corregirán el daño que ya haya ocurrido. Reemplazo de aceite, adición de pasivador y combinaciones de ambas ya han sido utilizadas en transformadores en servicio.

Para determinar si ha ocurrido deposición de sulfuro de cobre en el aislamiento celulósico (sólido), Doble ha desarrollado pruebas de “tip-up” a altos voltajes (“tip-up” se define como la característica de las pruebas de factor de potencia como función del voltaje de pruebas). Los resultados obtenidos hasta el presente son prometedores y estas pruebas se ofrecen como un servicio a los clientes interesados.

Preparado por: Lance Lewand, Doble Engineering

Fecha: 24 de Julio de 2006



Knowledge Is PowerSM
Apparatus Maintenance and Power
Management For Energy Delivery

ORIGINAL ENGLISH VERSION

Testing for Corrosive Sulfur in Transformer Oil

Recently there have been a number of failures of power transformers and reactors where there are indicators of copper corrosion and formation of copper sulfides on conductors and insulating materials. The conductive copper sulfide reduces the dielectric breakdown voltage of the solid insulation. This can result in a dielectric puncture through the paper insulation. The failures have occurred after the apparatus have been in service for some years. At normal operating temperatures the corrosion process appears to take this time to form critical amounts of conductive sulfides. To date the failures have occurred without prior evidence of abnormal gassing behavior and therefore it appears that this problem is difficult to detect and manage.

Which Transformers and Reactors to Test

- 1) Critical Units to Your System
- 2) Units that have the following characteristics
 - a) Manufactured from 1999 to present
 - b) Have oils that fail the corrosive sulfur tests (ASTM D 1275B and CCD tests)
 - c) Operate at high temperatures over long periods time
 - d) Are either gas blanketed or have a sealed conservator system (a few failures have occurred with free-breathing conservators)
- 3) Corrosive sulfur problems have been known to occur in units older than 1999, but to a much lesser extent. Test the ones that are most critical to your system first. The lowest voltage class transformer known to have failed due to corrosive sulfur is 35 kV but most failures have been above distribution voltages.

Suggested Testing

Doble now recommends two primary tests to be performed and an optional third test:

1. D1275B, Corrosive Sulfur in Oil, required volume is at least 250 mL
2. Doble CCD Test required volume is at least 60 mL, the test is performed in two vessels one sealed and one that has restricted breathing.
3. Doble test for sulfur compound – this is a new test that can help identify one of the sources of corrosive sulfur

The first test provides information on how corrosive the oil is to some metals such as the copper conductor and if sulfide deposits are likely to occur on the conductor. The second test provides information on the propensity of the corrosive sulfur to produce copper sulfide deposits on the paper, which can significantly reduce its dielectric strength. Copper sulfide deposition in the paper appears to be the main failure mode for this phenomenon. There is one sulfur compound that has been found to create some of the corrosive sulfur problems in transformers and reactors. Doble has developed a test to determine the concentration of this compound by gas chromatography, the test is listed as follows: Dibenzyl disulfide in oil, Doble Method, required volume is 10 mL.

Possible actions for oil that fails the D 1275B or Doble CCD test

There is not enough information at this time to make strong recommendations. Doble has a collaborative research project underway to better understand the problem and methods of mitigation. Failure of an oil to pass either or both tests is troublesome. The D 1275B test aids the user in determining if copper sulfide will build up on the conductor. Given enough time, the copper sulfide buildup may become so significant that it starts to flake off into the bulk oil and solid insulation where, because of its conductivity, it can cause a dielectric failure. The Doble CCD test aids in determining if the copper sulfide deposition in the paper is likely to occur. Copper sulfide in the paper reduces its dielectric strength. Practically speaking, the deposition of copper sulfide in the paper is the bigger problem. There are several approaches that have been used to try and reduce the risk of failure for transformers that have been operating with oil that fails the corrosive sulfur tests:



Knowledge Is PowerSM
*Apparatus Maintenance and Power
Management For Energy Delivery*

1. Replace the oil with one that passes these tests. A significant amount of oil will remain in the solid insulation that will then mix with the replacement oil. The characteristics of the blend will determine how much the risk has been reduced.
2. Partial oil replacement is another possibility. Depending on the characteristics of blended products it might be possible to dilute out the problem to reduce the risk.
3. Adding a passivator can reduce the reaction between metals such as copper and silver and corrosive sulfur. The passivator can also reduce deposition in the paper insulation. The passivator does not completely stop the reactions and the long-term benefits need to be determined. The passivator content needs to be monitored.
4. Combinations of action 1 or 2 with 3 can be used.
5. It might be possible to remove some of the corrosive sulfur compounds from the oil. This requires further study.

All of these remedial actions are under study. It is important to note that none of these remedial actions will remove copper sulfide that has deposited or correct damage that has already occurred. Oil replacement and passivation and combinations of these have already been used with in-service transformers.

To determine if deposition has occurred in the cellulosic materials such as paper and pressboard Doble has developed a high-voltage power factor tip-up test. Preliminary results have been promising and this testing is now being offered as a service.

Prepared by: Lance Lewand
Date: July 24, 2006