

Septiembre 2012

Versión corregida, Diciembre 2013

### TÍTULO

**Equipos eléctricos sumergidos en aceite**

**Toma de muestras de gases para el análisis de gases libres y disueltos**

**Líneas directrices**

*Oil-filled electrical equipment. Sampling of gases and analysis of free and dissolved gases. Guidance.*

*Matériels électriques immergés. Echantillonnage de gaz et analyse des gaz libres et dissous. Lignes directrices.*

### CORRESPONDENCIA

Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN 60567:2011, que a su vez adopta la Norma Internacional IEC 60567:2011.

### OBSERVACIONES

Esta norma anulará y sustituirá a la Norma UNE-EN 60567:2006 antes de 2014-11-24.

### ANTECEDENTES

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 207 *Transporte y distribución de energía eléctrica* cuya Secretaría desempeña UNESA.

## EXTRACTO DEL DOCUMENTO UNE-EN 60567

## ÍNDICE

	Página
PRÓLOGO .....	8
INTRODUCCIÓN.....	10
1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN.....	12
2 NORMAS PARA CONSULTA.....	12
3 TOMA DE MUESTRAS DE GASES EN LOS RELÉS DE PROTECCIÓN (BUCHHOLZ).....	13
3.1 Generalidades .....	13
3.2 Toma de muestras de gases libres con jeringa .....	13
3.2.1 Material para la toma de muestra .....	13
3.2.2 Procedimiento para toma de muestras .....	14
3.3 Toma de muestras de gases libres por desplazamiento de aceite .....	15
3.4 Toma de muestras bajo vacío de gases libres.....	16
3.5 Toma de muestras de aceite en equipos rellenos de aceite.....	17
4 IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS DE GAS.....	17
5 TOMA DE MUESTRAS, ETIQUETADO Y TRANSFERENCIA DEL ACEITE EN LOS EQUIPOS SUMERGIDOS EN ACEITE.....	17
5.1 Toma de muestras y etiquetado del aceite.....	17
5.2 Transferencia del aceite para análisis de gases disueltos (DGA).....	18
5.2.1 Generalidades .....	18
5.2.2 Transferencia desde las jeringas de aceite .....	18
5.2.3 Transferencia desde las ampollas.....	18
5.2.4 Transferencia desde las botellas metálicas flexibles .....	18
5.2.5 Transferencia desde las botellas de vidrio y de metal rígido .....	18
6 PREPARACIÓN DE PATRONES DE GAS EN ACEITE.....	18
6.1 Generalidades .....	18
6.2 Primer método: preparación de un gran volumen de patrón de gas en aceite.....	19
6.2.1 Equipo .....	19
6.2.2 Procedimiento .....	19
6.2.3 Cálculos .....	22
6.3 Segundo método: preparación de patrones de gas en aceite en jeringa o vial .....	22
6.3.1 Material.....	24
6.3.2 Procedimiento .....	24
7 EXTRACCIÓN DE LOS GASES DEL ACEITE.....	25
7.1 Generalidades .....	25
7.2 Método de extracción con vacío con múltiples ciclos utilizando una bomba Toepler ....	25
7.2.1 Generalidades .....	25
7.2.2 Aparato de extracción con bomba Toepler .....	25
7.2.3 Procedimiento de extracción .....	28
7.3 Extracción a vacío por el método de desgasificación parcial.....	29
7.3.1 Generalidades .....	29
7.3.2 Aparato de desgasificación parcial .....	29
7.3.3 Procedimiento de extracción .....	30
7.4 Método de extracción por borboteo de gas .....	31

7.4.1	Generalidades .....	31
7.4.2	Aparato de borboteo .....	31
7.4.3	Generalidades del procedimiento.....	34
7.5	Método de espacio en cabeza .....	35
7.5.1	Principio del método .....	35
7.5.2	Símbolos y abreviaturas.....	35
7.5.3	Aparato de extracción por espacio en cabeza .....	36
7.5.4	Procedimiento de extracción por espacio en cabeza.....	40
7.5.5	Calibración del extractor de espacio en cabeza .....	44
8	<b>ANÁLISIS DE LOS GASES POR CROMATOGRAFÍA DE GASES.....</b>	<b>46</b>
8.1	Generalidades .....	46
8.2	Resumen de métodos adecuados utilizando la tabla 4.....	47
8.3	Aparatos .....	48
8.3.1	Cromatógrafo de gases.....	48
8.3.2	Columnas .....	50
8.3.3	Gas portador.....	50
8.3.4	Detectores.....	50
8.3.5	Metanizador.....	50
8.3.6	Trampa fría.....	50
8.3.7	Integrador y registrador .....	50
8.4	Preparación del aparato .....	51
8.5	Análisis .....	51
8.6	Calibración del cromatógrafo .....	51
8.7	Cálculos .....	52
9	<b>CONTROL DE CALIDAD.....</b>	<b>52</b>
9.1	Validación del sistema analítico completo.....	52
9.2	Límites de detección y cuantificación .....	53
9.3	Repetibilidad, reproducibilidad y exactitud .....	54
9.3.1	Generalidades .....	54
9.3.2	Repetibilidad.....	54
9.3.3	Reproducibilidad .....	54
9.3.4	Exactitud .....	54
10	<b>INFORME DE RESULTADOS .....</b>	<b>55</b>
<b>ANEXO A (Informativo) CÁLCULO DE LA CORRECCIÓN POR EXTRACCIÓN INCOMPLETA DE GAS CON EL MÉTODO DE LA DESGASIFICACIÓN PARCIAL .....</b>		<b>57</b>
<b>ANEXO B (Informativo) VERSIONES DE LOS MÉTODOS DE EXTRACCIÓN NORMALIZADOS SIN MERCURIO Y POR ENSAYO DE AGITACIÓN .....</b>		<b>59</b>
<b>ANEXO C (Informativo) PREPARACIÓN DE PATRONES SATURADOS DE AIRE .....</b>		<b>61</b>
<b>ANEXO D (Informativo) CORRECCIÓN PARA LAS BURBUJAS DE GAS EN JERINGAS Y EL VOLUMEN DE AIRE EN BOTELLAS RÍGIDAS.....</b>		<b>62</b>
<b>ANEXO E (Informativo) MÉTODO DE COMPARACIÓN DE LAS MEDIDAS DE LOS MONITORES DE GAS CON RELACIÓN A LOS RESULTADOS DE LABORATORIO .....</b>		<b>63</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>		<b>65</b>

<b>Figura 1 – Toma de muestras de gas con jeringa .....</b>	<b>14</b>
<b>Figura 2 – Toma de muestras de gases libres por desplazamiento del aceite.....</b>	<b>15</b>
<b>Figura 3 – Toma de muestras de gases libres con vacío.....</b>	<b>16</b>
<b>Figura 4 – Primer método de preparación de patrones de gas en aceite.....</b>	<b>21</b>
<b>Figura 5 – Segundo método de preparación de patrones de gas en aceite.....</b>	<b>23</b>
<b>Figura 6 – Ejemplo de un aparato de extracción mediante bomba Toepler .....</b>	<b>27</b>
<b>Figura 7 – Tipos de borboteadores de vidrio .....</b>	<b>32</b>
<b>Figura 8 – Borboteador de acero inoxidable.....</b>	<b>33</b>
<b>Figura 9 – Esquema de montaje para adaptar un borboteador a un cromatógrafo de gases.....</b>	<b>34</b>
<b>Figura 10 – Representación esquemática del muestreador de espacio en cabeza.....</b>	<b>35</b>
<b>Figura 11 – Vial lleno con agua.....</b>	<b>37</b>
<b>Figura 12 – Mesa giratoria .....</b>	<b>39</b>
<b>Figura 13 – Esquema de montaje del cromatógrafo de gases.....</b>	<b>49</b>
<b>Figura B.1 – Representación esquemática de los métodos del anexo B.....</b>	<b>60</b>
<b>Tabla 1 – Información necesaria para las muestras de gas .....</b>	<b>17</b>
<b>Tabla 2 –Ejemplos de condiciones de trabajo del espacio en cabeza.....</b>	<b>40</b>
<b>Tabla 3 – Coeficientes de reparto en espacio en cabeza a 70 °C en aceites minerales aislantes .....</b>	<b>45</b>
<b>Tabla 4 – Ejemplos de las condiciones operativas de la cromatografía de gases .....</b>	<b>47</b>
<b>Tabla 5 – Límites de detección requeridos en aceite .....</b>	<b>53</b>
<b>Tabla 6 – Ejemplos de exactitud de métodos de extracción.....</b>	<b>55</b>
<b>Tabla A.1 □ Ejemplos de coeficientes de solubilidad <math>a_i</math> (a 25 °C) Informe por CIGRE</b>	
<b>TF D1.01.15.....</b>	<b>57</b>
<b>Tabla C.1 – Ejemplos de valores de solubilidad de aire en diferentes tipos de aceite .....</b>	<b>61</b>
<b>Tabla C.2 – Ejemplos de variaciones de la solubilidad del oxígeno y del nitrógeno en aceite mineral con la temperatura.....</b>	<b>61</b>

## 1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma internacional trata de las técnicas de toma de muestras de gases libres en los relés de protección de los transformadores de potencia. Se describen tres métodos de toma de muestras de los gases libres.

Las técnicas de toma de muestras de aceite en los equipos sumergidos en aceite, tales como los transformadores de potencia y de medida, las reactancias, los aisladores pasantes, los cables rellenos de aceite y los condensadores de tipo de tanque relleno de aceite, no están cubiertos por esta norma pero se describen en el apartado 4.2 de la Norma IEC 60475:2011.

Antes de analizar los gases disueltos en aceite, deben primeramente extraerse del aceite. Se describen tres métodos básicos para ello; uno utiliza la extracción a vacío (Toepler y desgasificación parcial), otro el desplazamiento de los gases por borboteo del gas portador a través de la muestra de aceite (*stripping*), y el último por reparto de los gases entre la muestra de aceite y un pequeño volumen de gas portador (espacio en cabeza). El análisis cuantitativo de los gases se realiza, después de la extracción, por cromatografía en fase gaseosa, para lo que se describe un método de análisis. Los gases libres de los relés de protección se analizan sin tratamiento previo.

El método preferido para comprobar el correcto funcionamiento de la extracción de gases y el equipo de análisis, considerados ambos como un solo sistema, consiste en extraer los gases de muestras de aceite preparadas en el laboratorio y que contienen concentraciones de gases conocidas (muestras patrón de gas en aceite), y analizar cuantitativamente los gases extraídos. Se describen dos métodos para la preparación de muestras patrón de gas en aceite.

Para las calibraciones diarias del cromatógrafo es conveniente utilizar una mezcla de gas patrón, de concentración conocida de cada uno de los gases a analizar, en proporción similar a las proporciones comunes entre los gases extraídos de aceites de transformador.

Las técnicas descritas tienen en cuenta, por una parte, los problemas específicos del análisis durante los ensayos de recepción en fábrica, en los cuales el contenido en gases es generalmente muy bajo y, por otra, los problemas de los análisis de los equipos en campo, para los cuales puede que el transporte de las muestras se haga por medio aéreo no presurizado o donde pueden existir diferencias importantes de temperatura ambiente entre la instalación y el laboratorio de análisis.

## **2 NORMAS PARA CONSULTA**

Las normas que a continuación se indican, en todo o en parte, son indispensables para la aplicación de esta norma. Para las referencias con fecha, sólo se aplica la edición citada. Para las referencias sin fecha se aplica la última edición de la norma (incluyendo cualquier modificación de ésta).

IEC 60296 *Fluidos para aplicaciones electrotécnicas. Aceites minerales aislantes nuevos para transformadores y aparata de conexión.*

IEC 60475:2011 *Método de toma de muestras de líquidos aislantes.*

IEC 60599 *Equipos eléctricos impregnados en aceite en servicio. Guía para la interpretación de los análisis de gases disueltos y libres.*

ISO 5725 (todas sus partes) *Exactitud (veracidad y precisión) de resultados y métodos de medición.*

ASTM D2780 *Método patrón de ensayo de la solubilidad de gases fijados en líquidos.*