



Ensayos de rigidez dieléctrica a muestras de papel prensado de la fábrica de transformadores Latino

José Guillermo Sánchez
Orestes Hernández

Noviembre del 2001

Resumen / Abstract

El ensayo tiene como objetivo determinar la aptitud de las muestras de papel prensado, cuando son sometidas a un incremento de tensión alterna, y comparadas estas con niveles de tensión normalizados, en dependencia de su espesor. Se recibieron muestras de tres espesores diferentes de papel: 0,125 mm; 250 mm y 0,600 mm y se realiza en los laboratorios del Centro de Investigaciones y Pruebas Electroenergéticas (CIPEL), de acuerdo con las normas internacionales vigentes. Por los resultados alcanzados se puede inferir que los papeles de donde provienen estas muestras pueden ser utilizados, para los fines que fueron adquiridos. Para hacer una valoración de una población o lote mayor de estos materiales, sería necesario realizar un correcto plan de muestreo.

Palabras clave: rigidez dieléctrica, materiales dieléctricos, papel prensado

The test has as objective determining the aptitude of the samples of pressed paper, when they are subjected to an increased alternating tension, and compared these with normalized levels of tension, in dependence of its thickness. Samples of three different thicknesses from paper were received: 0,125 mm; 250 mm and 0,600 mm. It is carried out in the laboratories of the CIPEL in accordance with the effective international standards. For the reached results you can infer that the papers of where these samples come they can be used for the ends that were acquired. To make a valuation of a population or lot bigger than these materials, serious necessary to carry out a correct sampling plan.

Key words: electric strength, dielectric materials, pressed paper

INTRODUCCIÓN

El fomento de la industria y del sector agrícola requiere del aumento ininterumpido de la producción de energía eléctrica.

En el proceso de desarrollo y modernización de estos dos sectores desempeñan un papel primordial aquellos trabajos encaminados a lograr un mejor uso de tan valiosa energía para poder no solo explotar y mantener los equipos e instalaciones eléctricas, sino para poder utilizarla de la forma más económica y racional en el proceso productivo.

Es por eso que se hace necesario el estudio de los materiales aislantes, ya que toda falla en el

aislamiento de cualquier componente de los sistemas eléctricos conlleva una interrupción en la transmisión de energía y por tanto una afectación en el servicio. Como es conocido, uno de los elementos fundamentales a tener en cuenta en la proyección de equipos de alto voltaje es el diseño de su sistema de aislamiento, pues de este depende, en gran medida, la confiabilidad de dichos equipos.

El país ha dado importantes pasos en la reconstrucción y construcción de transformadores de distribución, pero aún existe la necesidad de seguir importando el papel electroaislante, con la agravante de no contar con un mercado estable. Esto trae como

consecuencia que a la hora de reconstruir o diseñar un equipo no se cuente siempre con el mismo tipo de material, llegando a veces a utilizar electrocartones cuyo uso específico no es para transformadores en aceite o de los cuales no se conoce con certeza sus características o propiedades.¹

La fábrica de transformadores "Latino", para garantizar la calidad en sus producciones, envía frecuentemente muestras del papel electroaislante a los laboratorios del Centro de Investigaciones y Pruebas Electroenergéticas (CIPEL).

DESARROLLO

Recepción de las muestras

Se recibieron las muestras,² apreciándose que las dimensiones de estas no son las idóneas para los ensayos a realizar, dado que estas deben ser de 300 x 300 mm. No se aprecian malformaciones en la estructura de los especímenes, por lo que se consideran aptas para ensayar con la observación de las dimensiones.

Medición y clasificación de las muestras

Los especímenes son de tres calibres distintos que se corresponden con la clasificación *presspaper* de 0,125; 0,250 y 0,600 mm de espesor promedio, respectivamente.

Preparación de las muestras para las pruebas en seco

Las muestras se secan en un autoclave ventilado durante 24 h, por ser todos de espesores inferiores a 1,500 mm. Posteriormente se enfrían en una desecadora con silicagel previamente activada y se les deben hacer las pruebas en un tiempo no mayor de 3 min de extraídas de la desecadora y en ningún caso puede excederse de 10 min.³

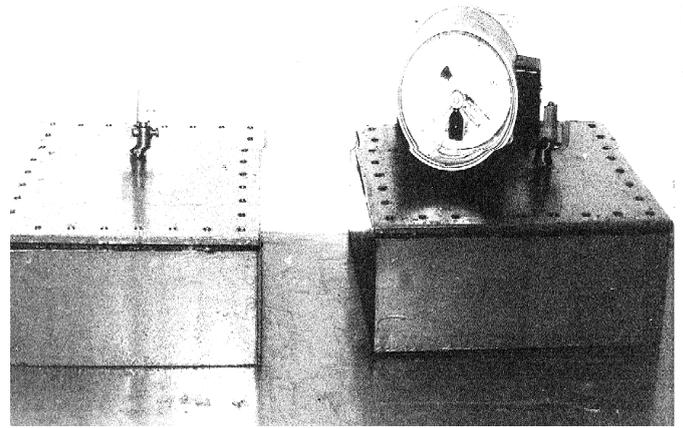
Preparación de las muestras para las pruebas en aceite dieléctrico

Después de la preparación realizada para las pruebas en seco, las muestras se colocan en una cabina al vacío (figura 1) durante 24 h a una temperatura de 105 ± 2 °C, a una presión menor a 100 Pa.

Al aceite utilizado se le verifica el cumplimiento de los requerimientos de clase II de la publicación 296 de la IEC, precalentado a 90 °C, durante 24 h.

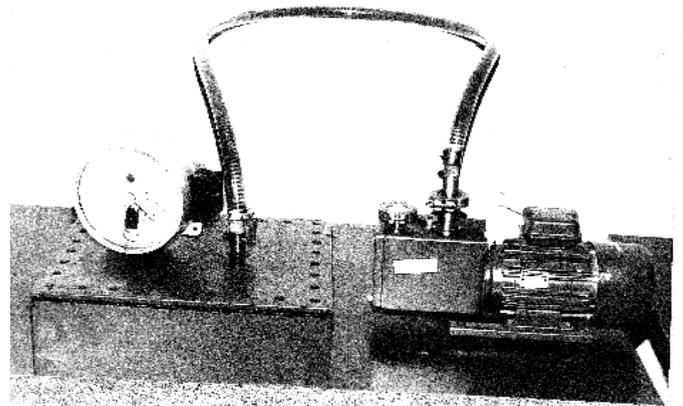
La impregnación se realiza a una velocidad que asegure una presión nunca mayor a 250 Pa.

Una vez completamente sumergidas en aceite los especímenes, el vacío se libera y las muestras permanecen sumergidas a presión atmosférica y a una temperatura controlada de 90 ± 2 °C, por un tiempo no menor a 24 h (figuras 2 y 3).



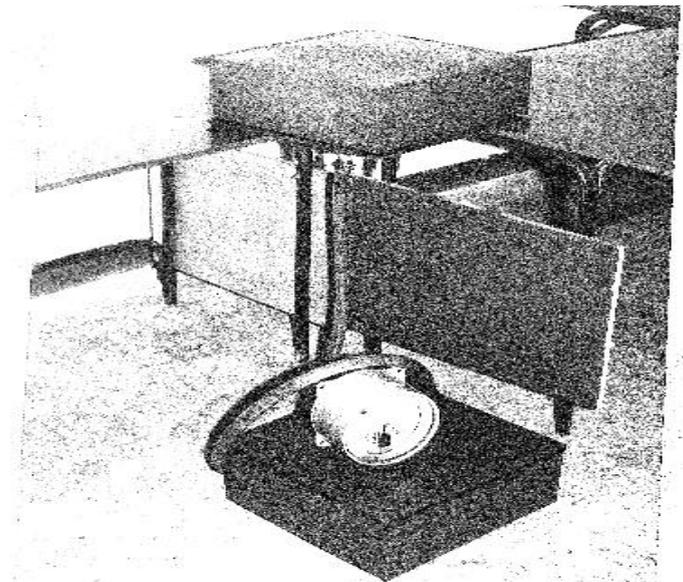
Cabinas de vacío utilizadas en la preparación de las muestras.

1



Interconexión de la bomba de vacío con la cabina, para realizar el proceso de vacío.

2



Muestra del intercambio del aceite de su cabina a la cabina que contiene las muestras en vacío.

3

Las muestras sumergidas en aceite son dejadas enfriar a una temperatura de 23 ± 2 °C y los electrodos son puestos en su posición.

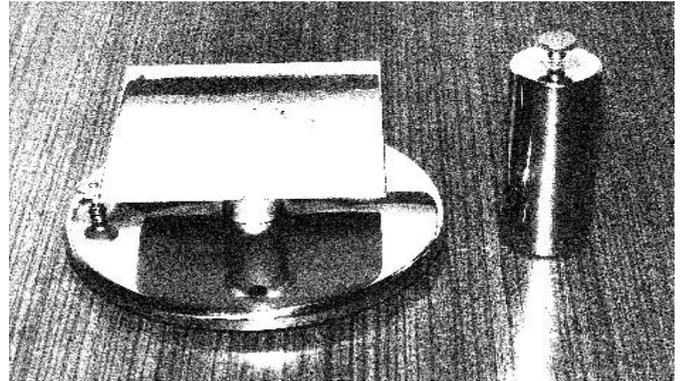
En ningún momento, entre la impregnación y las pruebas, las muestras deben ser expuestas a la atmósfera.³

Medición de la rigidez dieléctrica en seco e impregnadas en aceite

Las normas internacionales plantean que los electrodos para estas pruebas, deben ser una placa inferior de 150 mm por cada lado y un electrodo superior cilíndrico de 50 mm de diámetro con una curvatura de su arista de 3 ° (figura 4), las muestras deben ser cortadas a 300 x 300 mm y cada una debe ser dividida en 9 partes iguales, aplicándosele nueve perforaciones, el voltaje de ruptura será el valor promedio de estas nueve mediciones.

Procesamiento de la información

Se obtuvo el valor promedio del voltaje de ruptura, el valor de rigidez dieléctrica promedio, así como los valores mínimos y máximos de voltajes de ruptura y rigidez dieléctrica para cada espécimen.



Electrodos utilizados en los ensayos.

4

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS

Resultados de las pruebas en seco

En las tablas 1, 2 y 3 se muestran los resultados de los ensayos en seco para cada espesor de papel.

Resultados de las pruebas en aceite

En las tablas 4, 5 y 6 se muestran los resultados de los ensayos en aceite para cada espesor de papel.

PROCESAMIENTO DE LOS RESULTADOS

En las tablas 7 y 8 se muestran los valores representativos por tipo de muestra de los ensayos en seco y aceite respectivamente.

Tabla 1
Medición de la rigidez dieléctrica en seco a muestras de 0,125 mm

No.	V. ruptura mín. (kV)	V. ruptura máx (kV)	V. ruptura prom. (kV)	Rig. diel. mín. (k-V/mm)	Rig. diel. máx. (kV/mm)	Rig. diel.prom. (kV/mm)
1	1,80	2,30	2,07	14,40	18,40	16,56
2	1,37	2,24	1,99	10,96	17,92	15,94
3	1,98	2,30	2,13	15,84	18,40	17,07
4	1,70	2,32	2,12	13,60	18,56	16,96

Tabla 2
Medición de la rigidez dieléctrica en seco a muestras de 0,25 mm

No.	V. ruptura mín. (kV)	V. ruptura máx. (kV)	V. ruptura prom. (kV)	Rig. diel. mín. (kV/mm)	Rig. diel. máx. (kV/mm)	Rig. diel. prom. (kV/mm)
1	3,40	3,80	3,53	13,60	15,20	14,11
2	3,00	3,60	3,30	12,00	14,40	13,20
3	2,70	3,40	3,19	10,80	13,60	12,76
4	3,10	3,60	3,34	12,40	14,40	13,38

Tabla 3 Medición de la rigidez dieléctrica en seco a muestras de 0,60 mm						
No.	V. ruptura mín. (kV)	V. ruptura máx. (kV)	V. ruptura prom. (kV)	Rig. diel. mín. (kV/mm)	Rig. diel. máx. (kV/mm)	Rig. diel. prom. (kV/mm)
1	4,30	4,70	4,56	7,17	7,83	7,59
2	4,20	4,90	4,58	7,00	8,17	7,63
3	4,30	4,80	4,59	7,17	8,00	7,65
4	4,50	4,90	4,64	7,50	8,17	7,74

Tabla 4 Medición de la rigidez dieléctrica en aceite a muestras de 0,125 mm						
No.	V. ruptura mín. (kV)	V. ruptura máx. (kV)	V. ruptura prom. (kV)	Rig. diel. mín. (kV/mm)	Rig. diel. máx. (kV/mm)	Rig. diel. prom. (kV/mm)
1	8,80	10,00	9,23	70,40	80,00	73,84
2	8,80	10,80	9,91	70,40	86,40	79,31
3	9,40	10,80	10,25	75,20	86,40	82,00
4	9,60	11,40	10,26	76,80	91,20	82,20

Tabla 5 Medición de la rigidez dieléctrica en aceite a muestras de 0,25 mm						
No.	V. ruptura mín. (kV)	V. ruptura máx. (kV)	V. ruptura prom. (kV)	Rig. diel. mín. (kV/mm)	Rig. diel. máx. (kV/mm)	Rig. diel. prom. (kV/mm)
1	13,00	14,80	13,93	52,00	59,20	55,70
2	13,20	15,00	14,10	52,80	60,00	56,40
3	13,60	15,00	13,97	54,40	60,00	55,87
4	15,00	17,00	16,00	60,00	68,00	64,00

Tabla 6 Medición de la rigidez dieléctrica en aceite a muestras de 0,60 mm						
No.	V. ruptura mín. (kV)	V. ruptura máx. (kV)	V. ruptura prom. (kV)	Rig. diel. mín. (kV/mm)	Rig. diel. máx. (kV/mm)	Rig. diel. prom. (kV/mm)
1	18,00	24,00	20,30	30,00	40,00	33,83
2	18,50	25,00	22,50	30,83	41,67	37,50
3	18,50	23,00	21,50	30,83	38,83	35,83
4	18,50	24,00	20,41	30,83	40,00	34,03

Tabla 7 Valores representativos por tipo de muestras en seco						
Cal. (mm)	V. ruptura mín. (kV)	V. ruptura máx. (kV)	V. ruptura prom. (kV)	Rig. diel. mín. (kV/mm)	Rig. diel. máx. (kV/mm)	Rig. diel. prom. (kV/mm)
0,125	1,37	2,30	2,08	10,92	18,56	16,63
0,250	2,70	3,80	3,34	10,80	15,20	13,36
0,600	4,20	4,90	4,59	7,00	8,17	7,65

Tabla 8 Valores representativos por tipo de muestra en aceite						
Cal. (mm)	V. ruptura mín. (kV)	V. ruptura máx. (kV)	V. ruptura prom. (kV)	Rig. diel. mín. (kV/mm)	Rig. diel. máx. (kV/mm)	Rig. diel. prom. (kV/mm)
0,125	8,80	11,40	9,92	70,40	91,20	79,34
0,250	13,00	17,00	14,50	52,00	68,00	57,99
0,600	18,00	25,00	21,18	30,00	41,67	35,30

CONCLUSIONES

Como conclusiones se pueden plantear las siguientes:

1. Todas las muestras probadas están aptas para brindar el servicio para el que están destinadas.
2. Los voltajes de ruptura suben a medida que aumenta el espesor de las muestras, pero no de forma proporcional a este. Por el contrario, la rigidez dieléctrica disminuye en esa misma dirección como es de esperar. Todo esto es debido al efecto del mecanismo de ruptura térmica.
3. Las relaciones de voltaje de ruptura y rigidez dieléctrica promedio de los materiales impregnados en aceite a los materiales secos es: 4,77, para las muestras de 0,125 mm de espesor, 4,34, para las de 0,250 mm y 4,61, para las 0,600 mm de espesor, es decir, en todos los casos mayor que 4,00, lo cual indica un buen nivel de absorción de aceite.
4. La dispersión de los valores de las mediciones es mínima, lo cual indica una buena homogeneidad en las estructuras de los especímenes.
5. Los valores de rigidez dieléctrica en seco son, en todos los casos, superiores a 7,00 kV/mm. Este es un valor adecuado para este tipo de material.

6. Para las muestras impregnadas, los valores de rigidez dieléctrica son en todos los casos, superiores a 30 kV/mm, lo que también es un resultado satisfactorio.

REFERENCIAS

1. Barzaga Arbelo, Olimpo: "Determinación de las características de rigidez dieléctrica a frecuencia de potencia e impulso de electrocartones", Trabajo de Diploma, CIPEL, Ciudad de La Habana, 1988.
2. *IEC 243: 1967 Recommended Method of Test for Electric Strength of Solid Insulating Materials at Power Frequencies, 1967.*
3. *UNE-EN 60641-2: Especificaciones para papel y cartón comprimidos para usos eléctricos. Parte 2: Métodos de ensayos.*

AUTORES

José Guillermo Sánchez Glean
Ingeniero Agroindustrial y Electricista, Grupo de Alta Tensión, Centro de Investigaciones y Pruebas Electroenergéticas (CIPEL), Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (ISPJAE)

Orestes Hernández Areu
Ingeniero Electricista, Doctor en Ciencias Técnicas, Investigador Titular, CIPEL, ISPJAE, Ciudad de La Habana
e-mail: orestes@cipel.ispjae.edu.cu