



Sistema de prueba para la determinación de la capacitancia y permitividad relativa en cables de bajo voltaje del tipo TW y THW

Juan Almirall Mesa
José A. Martínez Barbado
Carlos Rivero Martínez

Recibido: Septiembre del 2003
Aprobado: Noviembre del 2003

Resumen / Abstract

En los cables de baja tensión la comprobación de la calidad del material aislante de recubrimiento se efectúa a partir de la evaluación de parámetros eléctricos tales como: la resistencia de aislamiento y la capacitancia del mismo. En el presente trabajo se expone el esquema de prueba, su calibración y el análisis de la metodología de ensayo empleada, para medir la capacitancia de cables nacionales del tipo TW y THW. El esquema general de pruebas consta de dos partes fundamentales: el sistema de prueba para la medición de los parámetros eléctricos y el sistema de control de temperatura y de nivel del líquido donde se sumergen los cables para los ensayos, este último garantiza que los cambios de temperatura en el mismo se mantengan en el rango establecido por las normas. La metodología tiene en cuenta la determinación del efecto que tienen las condiciones iniciales sobre los resultados finales.

Palabras clave: Cables, permitividad relativa, capacitancia

The verification of the quality of the covering insulating material in low voltage cables is carried out beginning with the evaluation of electric parameters such as: insulating resistance and capacitance of the same. In this work, the test scheme, its calibration and the analyses of the methodology of the employed test, for measuring the national cables capacitance of the TW and THW type are exposed. The general scheme of test consist in two fundamental parts: the test system for the measure of the electric parameters and the temperature and liquid level control system where the cables are immersed for the test, the last system guarantee that the temperature changes in the same in the establish range by the standards are maintained. The methodology taking into account the determination of the effect that has the starting conditions on the final results.

Key words: Cables, relative permittivity, capacitance

INTRODUCCIÓN

Después de la fabricación de cualquier dispositivo o material que posteriormente será empleado en instalaciones eléctricas, deberá ser certificado y validado. La comprobación de la calidad del material aislante de recubrimiento, en este caso de cables eléctricos, constituye un factor de suma importancia para una operación segura y confiable del mismo. En tal sentido, se lleva a cabo una investigación,^{1,2} donde

se determinan la permitividad relativa y la capacitancia de dicho material, no a partir de probetas sino sobre el dispositivo ya terminado y por tanto después de que el material haya sido sometido a los efectos del proceso productivo.

La realización de ensayos de laboratorio, precisos y trazables proporcionan al fabricante la garantía de un producto de alta calidad, más aún si se tienen como

objetivos sustituir importaciones y proyectarse hacia un mercado internacional. Consecuentemente, el efecto económico que se alcanzaría por la producción de materiales aislantes de recubrimiento eléctrico tendría una magnitud importante para la economía del país.

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño experimental de la investigación efectuada se sustenta en dos etapas. En la primera se definen y clasifican las variables involucradas y en la segunda, la forma en que se efectúa la recogida de los datos experimentales, teniéndose como objetivo principal la determinación de la influencia del factor temperatura sobre la variable capacitancia.

Las principales variables involucradas se clasificaron de la siguiente forma:

- Variable respuesta o dependiente. Capacitancia.
- Variables independientes. Temperatura, volumen y densidad del agua, tensión de ensayo, equipamiento de ensayo, personal que realiza el ensayo.

Las variables independientes se consideraron de efectos fijos por el control que se ejerció sobre ellas. La recogida de los datos experimentales consiste en la obtención de los valores de balance del puente de Schering con que se efectúan las mediciones, a partir de los cuales se determinan la capacitancia y la permitividad al procederse sobre tres muestras de dos tipos de cable (TW y THW) y haciéndose tres lecturas: a las 24 horas, 7 días y 14 días de inmersión en agua; además, estando las mismas a las temperaturas de ensayo normalizadas 30 y 75 °C respectivamente.

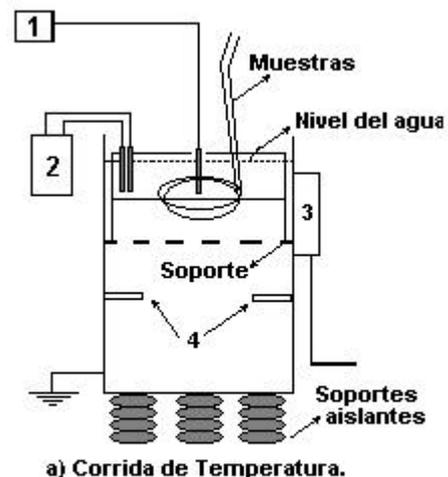
El valor de capacitancia promedio permitió calcular la permitividad relativa inicial y después de 24 horas de inmersión. Además, se obtuvieron la relación en porcentaje entre la capacitancia determinada a los 14 días y la de 1 día, y la de 14 días entre la de 7 días, de esta forma, se analiza el efecto de la temperatura sobre el material. Las condiciones iniciales de temperatura de los ensayos se controlaron según las variantes explicadas más adelante.

ENSAYOS ELÉCTRICOS

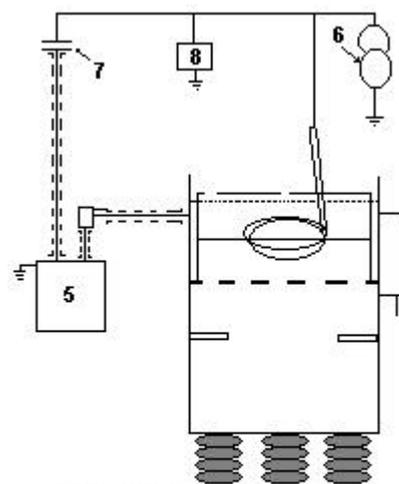
Los ensayos eléctricos se realizaron según las normas UNE 21144, la 1020 de la UL 1581, IEC 60-1 y 2.^{3,6} Se aplicaron a su vez los procedimientos para la obtención de la capacitancia y la permitividad relativa en cables de baja tensión instalados en el laboratorio de alta tensión. Se emplearon los siguientes dispositivos:

1. Dispositivos electrónicos de control automático de temperatura con censor de 0,1°C de precisión y de nivel del agua.
2. Fuente de alta tensión: Tipo WGPDF de nacionalidad alemana.
3. Puente de Schering: Tettex AG Zurich. Tipo 2801/RQ.
4. Kilovoltímetro: C19604.1 de nacionalidad rusa.

Las figuras 1a y 1b muestran el esquema de ensayo utilizado, cuya calibración se explica a continuación.



1. Control de Temperatura.
2. Control de nivel de agua.
3. Alimentación del sistema de fuerza.
4. Resistencias.



5. Puente de Schering.
6. Fuente de alta tensión.
7. Capacitor patrón.
8. Kilovoltímetro.

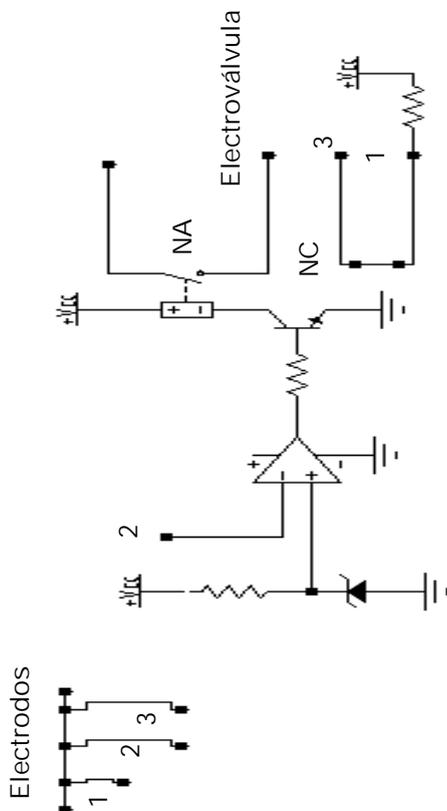
Esquema de ensayo de cables de baja tensión: a) control de temperatura y nivel de agua; b) arreglo para el ensayo de alta tensión.

Circuito de control del nivel del agua

La figura 2 muestra el circuito diseñado para el control del nivel de agua en la cuba. Su configuración se basa en tres electrodos de carbón^{1,3}; además de un relé con un contacto normalmente abierto (NA) y otro normalmente cerrado (NC), mediante el cual se controla una electroválvula, con una histéresis entre la conexión y la desconexión. Tanto el mando como los electrodos son polarizados a 12 V.

Calibración del esquema de ensayo

Antes de introducir las muestras en el agua, se lleva a cabo una corrida del ensayo en vacío durante 24 horas donde se verificará el correcto funcionamiento del sistema automático de control de temperatura, el cual se calibra para mantener las temperaturas de ensayo especificadas según corresponda. La lectura del dispositivo de control de temperatura se contrasta con la de un termómetro cuya diferencia entre ambos nunca excedió los 0,3 °C. Además, el sistema de control automático de nivel del agua opera de tal forma que nunca el nivel del agua descendió por debajo de la marca de referencia de las muestras. Ambos dispositivos fueron diseñados y construidos en el propio centro.



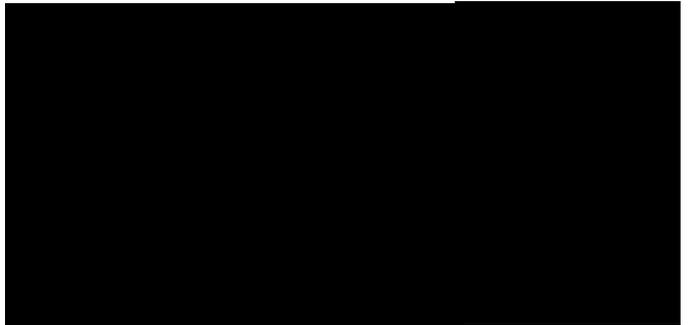
Circuito automático de control de nivel de agua.

2

En otro sentido y tomando como punto de partida las estimaciones calculadas de capacitancia (C_x) y corriente de carga (I_c), se realiza el ajuste del puente de Schering fijándose los valores de balance de este, esto garantizaba que al realizarse el ensayo de alta tensión a las muestras se alcanzara un rápido valor de lectura de capacitancia evitándose por tanto una exposición prolongada de las muestras a la alta tensión.

CARACTERÍSTICAS DE LAS MUESTRAS DE CABLES

Las características generales de los cables en ensayo son las que se muestran en la tabla 1.



PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

Se llevan a cabo dos variantes de ensayo:

- Obtención de la capacitancia y cálculo de la permitividad relativa inicial de las muestras, después de que se ha alcanzado la temperatura normalizada, pues la cuba se encontraba inicialmente a la temperatura ambiente.
- Obtención de la capacitancia y cálculo de la permitividad relativa inicial de las muestras, inmediatamente después de introducidas en la cuba de ensayo, teniendo esta la temperatura normalizada.

Las tablas 2, 3 y 4 muestran los resultados obtenidos en las corridas de temperaturas en las que se determinaron los valores de capacitancia y permitividad relativa.

Tipo de cable	Variantes	ϵ_R inicial	ϵ_R 24h
TW (1)	26 °C	5,01	7,01
TW (2)	30 °C	4,98	6,67
THW (1)	27 °C	5,8	7,56
THW (2)	75 °C	5,75	7,35

ϵ_R : Permitividad relativa.

Tabla 3 Capacitancia promedio			
	Capacitancia promedio (pF)		
Tipo de cable	1 día	7 días	14 días
TW (1)	1 448	1 523	1 568
TW (2)	1 610	1 657	1 668
THW (1)	2 533	2 447	2 768
THW (2)	2 444	2 665	2 701

Tabla 4 Razón de capacidad en porcentaje (%)		
	Razón de capacidad (%)	
Tipo de cable	* C14d/C1d	*C14d/C7d
TW(1)	8,29	2,95
TW (2)	3,6	0,7
THW (1)	9,28	4,6
THW (2)	10,5	1,3

* C14d/C1d:Relación entre las capacitancias de 14 días y 1 día.

* C14d/C7d:Relación entre las capacitancias de 14 días y 7 días.

CONCLUSIONES

A partir de la tabla 2 se puede apreciar que:

1. La permitividad relativa del material no se ve afectada por las condiciones iniciales de temperatura del líquido de la cuba en la que se introdujeron las muestras para la medición.

2. Las muestras de cables sometidas a ensayo cumplen en sentido general con lo establecido por las normas.

REFERENCIAS

1. Taréiev, M.: *Física de los materiales dieléctricos*, Ed. Mir, Moscú, 1988.
2. Bogodoróitski, N. P.: *Materiales electrotécnicos*, Ed. Mir, Moscú, 1988.
3. *Cables Eléctricos*, UNE 21144/mayo, 1997.
4. *Norma 1020 de la UL 1581*.
5. *IEC 60-1 High- Voltage Test Techniques, Part 1: General Definitions and Test Requirements*.
6. *IEC 60-2. Measuring devices. Application Guide for Measuring Devices*.

AUTORES

Juan Almirall Mesa

Ingeniero Electricista, Doctor en Ciencias Técnicas, Profesor Auxiliar, Centro de Investigaciones y Pruebas Electroenergéticas (CIPEL) Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Cujae, Ciudad de La Habana, Cuba
e-mail:almirall@cipel.cujae.edu.cu

José A. Martínez Barbado,

Ingeniero Electricista, Doctor en Ciencias Técnicas, Investigador Agregado, CIPEL, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Cujae, Ciudad de La Habana, Cuba
e-mail:jamb@cipel.cujae.edu.cu

Carlos Rivero Martínez

Ingeniero Electricista, Instructor, CIPEL, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Cujae, Ciudad de La Habana, Cuba
e-mail:carlosmr@cipel.cujae.edu.cu

**CENTRO DE OPERACIONES
LUIS FELIPE ALMEIDA OBE
CIUDAD DE LA HABANA**



Nuestro Centro Territorial de Producción, siempre dispuesto a satisfacer las necesidades del cliente, le oferta un grupo de producciones y servicios, para lo que cuenta con una reconocida experiencia

Contáctenos:

Empresa Eléctrica Ciudad de La Habana
Ave. Independencia km 6 ½, Boyeros
Ciudad de La Habana, Cuba
Teléfono:45 1357 /Fax: 45 1679 /e-mail:colfa@abech.cu