



Técnica de análisis en materiales aislantes eléctricos

Luis C. Bassani, Ricardo García, Lucas Di Lillo
Centro de Investigaciones y Desarrollo en Física (CEFIS)

1.- INTRODUCCION

Muchos de los equipos utilizados en el área eléctrica como transformadores de potencia, cables, etc. contienen compuestos de papel y aceite. Debido a que los compuestos se deterioran con el transcurrir del tiempo y pueden causar fallas, es necesaria la implementación de métodos para detectarlas y prevenirlas. Una de las técnicas utilizadas es el análisis de la corriente de carga de dichos equipos. Este método consiste en la aplicación de un escalón de tensión y en la medición de la corriente, la cual tiene una dependencia funcional del tipo $I=kt^m$, donde m varía según el dieléctrico [1]. Otra de las técnicas utilizadas es la denominada Tensión de Recuperación, o Recovery Voltage Method (RVM) [2] [3] [4]. Este método consiste en la aplicación de una tensión continua sobre el dieléctrico durante un tiempo de carga t_c para producir la polarización del mismo y luego cortocircuitarlo durante un tiempo t_{cc} con el fin de que se produzca la relajación de los dipolos. Posteriormente se elimina el cortocircuito y, debido a las cargas ligadas en el dieléctrico, se establece una diferencia de potencial en el mismo llamada tensión de recuperación. La máxima tensión alcanzada, como así también el tiempo en el que alcanza dicho valor, son los parámetros relevantes para la caracterización de la aislación.

El objetivo del presente trabajo consiste en mostrar la equivalencia entre los dos ensayos mencionados. Con este fin, se realizaron ensayos en un capacitor patrón de mica $1\mu F$, y, a partir de resultados obtenidos, se diagramó un circuito eléctrico equivalente. Para ello se descompuso la corriente de carga en funciones exponenciales (físicamente en circuitos RC conectados en paralelo), y se estudió teóricamente su comportamiento frente a un escalón de tensión. Una comparación entre los resultados experimentales y los hallados en forma teórica muestran una gran concordancia, indicando que los dos ensayos analizados son equivalentes.

2.- ARREGLO EXPERIMENTAL

En la Figura 1 se muestra el arreglo experimental para la medición de la tensión de recuperación. El mismo está constituido por el dieléctrico que se desea analizar, una llave conmutadora, una fuente de tensión y un voltímetro de alta impedancia de entrada.

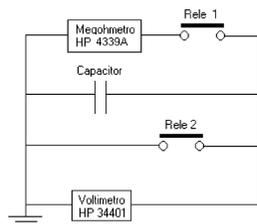


Figura 1: Esquema del circuito utilizado para la medición de la tensión de recuperación

El ensayo se desarrolla en cuatro etapas

- 1) El primer paso consiste en la apertura de los dos relés.
- 2) Seguidamente se aplica una tensión constante entre los terminales del dieléctrico (se cierra el relé 1) durante un tiempo denominado tiempo de carga t_c . Comienza el proceso de polarización.
- 3) Finalizado el periodo de carga t_c , la fuente de tensión es desconectada y el dieléctrico es cortocircuitado (se abre el relé 1 y se cierra el relé 2) durante un tiempo denominado tiempo de cortocircuito t_{cc} . En ese momento comienza el proceso de despolarización.
- 4) El proceso de descarga se suspende (se abre el relé 2) una vez transcurrido el tiempo t_{cc} y se conecta un voltímetro de alta impedancia entre los terminales del capacitor. Se mide la tensión de recuperación

A continuación se muestran dos de los ensayos realizados sobre un capacitor patrón de mica de $1\mu F$, con distintos tiempos de carga y descarga.

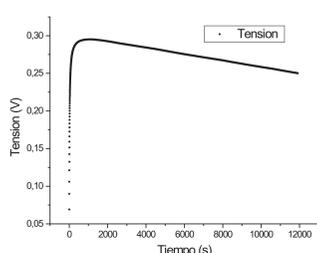


Figura 2: Tensión de recuperación para un capacitor de mica de $1\mu F$. Tensión=100VCC, $t_c=10s$, $t_{cc}=5s$.

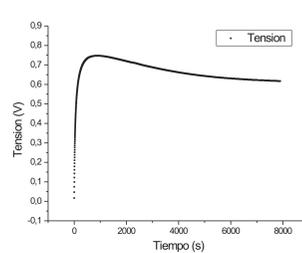


Figura 3: Tensión de recuperación para un capacitor de mica de $1\mu F$. Tensión=100VCC, $t_c=100s$, $t_{cc}=10s$.

3.- DISEÑO DEL CIRCUITO EQUIVALENTE

Se descompuso la corriente en funciones exponenciales mediante

$$\int G(\omega)e^{-\omega t} d\omega = At^{-1+k} \quad (1)$$

Aplicando la antitransformada de Laplace para hallar $G(\omega)$, y trabajando en el espacio temporal (en lugar del espacio de las frecuencias), se llega a la expresión

$$F(\tau) = K\Gamma(k)\tau^{k-2} \quad (2)$$

Como la corriente es de la forma $I = \sum \frac{V_0 e^{-t/R_i C_i}}{R_i} = K' \sum \frac{V_0 e^{-t/R_i C_i}}{R_i}$ entonces,

escribiendo una ecuación equivalente a la (1) en forma discreta, se puede escribir una expresión para las resistencias involucradas en cada rama del circuito de la forma

$$R_i = \frac{K^m}{\tau^{k-2} \Delta\tau} \quad (3)$$

Para la confección del circuito, se establecieron tiempos característicos $\tau=0.1s, 1s, 10s, 50s, 100s, 500s, 1000s, 5000s$ y $10000s$.

En la Figura 4 se muestra el circuito equivalente para un capacitor de mica de $1\mu F$. La tensión aplicada fue de 100VCC. La capacidad que se encuentra en paralelo representa la capacidad geométrica del sistema.

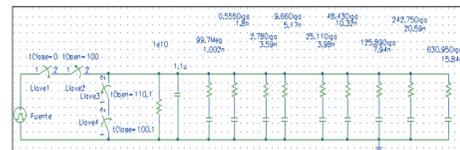


Figura 4: Esquema del circuito eléctrico equivalente

En la Figura 5 se muestra un gráfico comparativo entre la corriente de carga obtenida (para distintas temperaturas) a partir del circuito equivalente y los datos experimentales. En la Figura 6 se muestra un gráfico comparativo entre la tensión de recuperación experimental y la tensión de recuperación hallada por medio del circuito equivalente.

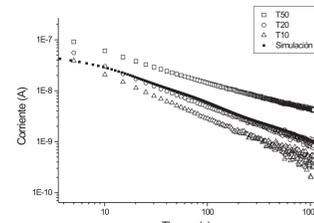


Figura 5: Comparación entre datos de la corriente experimental y de simulación.

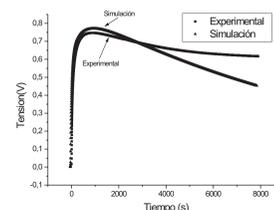


Figura 6: Tensión de recuperación teórica y experimental para un capacitor de mica de $1\mu F$ el cual fue cargado con 100VCC durante 100s y descargado durante 10s.

4.- CONCLUSIONES

- 1) Se estableció un método para poder representar la corriente de carga y la tensión de recuperación por medio de un circuito eléctrico equivalente compuesto de resistores y capacitores. Para ello, se obtuvo la expresión para el valor de las resistencias involucradas en cada rama del circuito dependiente de los tiempos de relajación utilizados.
- 2) Se concluye también que **solamente** a partir de los datos experimentales de la corriente de carga (ensayo que es necesario realizar sólo una vez), se puede diseñar el circuito eléctrico equivalente
- 3) Se muestra, asimismo, la equivalencia entre los ensayos de medición de la corriente de carga y el método de tensión de recuperación.

REFERENCIAS

- [1] L.D.Di Lillo, L.C. Bassani, "About a thermodynamical approach for capacitor relaxation current" Electrostatics 1999, Vol 163, March 1999
- [2] P.R.S.Jota et al, "Modeling the polarization spectrum in composite Oil/Paper Insulation System", IEEE Transaction on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol 6, N°2, April 1999
- [3] R. Coelho et al, "On The return-Voltage buildup in insulating Materials", IEEE Transaction on Electrical Insulation, Vol EI-22, N°6, December 1987
- [4] C. Iorga, "Compartmental Analysis of Dielectric Absorption in Capacitors", IEEE Transaction on Electrical Insulation, Vol 7 N°2, April 2000