

Propiedades dieléctricas y secado de la madera

(y II)

Por: Pedro Muñoz Díaz
Dr. Ingeniero de Montes

y Santiago Vignote Peña
Dr. Ingeniero de Montes

Propagación de Corriente en los Dieléctricos.

Cuando se coloca un dieléctrico entre las armaduras de un condensador, entre las cuales existe un campo dieléctrico, se pueden presentar dos casos según sean las moléculas polares o no.

En el caso de que las moléculas del dieléctrico no sean polares, es decir, cuando el centro de gravedad de las cargas positivas coincide con el de las negativas, bajo la acción del campo eléctrico, los centros de gravedad de dichas cargas se desplazarán de su posición de equilibrio y por lo tanto dejan de coincidir, constituyendo un dipolo eléctrico, desapareciendo éste cuando cesa el campo.

La separación entre cargas eléctricas de distinto signo se hace más acentuada cuanto mayor sea la diferencia de potencial de las armaduras del condensador.

Si la diferencia de potencia crece llega un momento en que los desplazamientos de los electrones son tan grandes que se separan de sus átomos con lo que se crea una corriente de gran intensidad. A este valor de la diferencia de potencial se le llama "tensión disruptiva" y es característica de la rigidez dieléctrica de cada material.

Si las moléculas son polares en el equilibrio, es decir sin la presencia de un campo eléctrico, las moléculas poseen un momento dipolar eléctrico. Su comportamiento, en presencia de un campo eléctrico ya que tienden a orientarse los dipolos en el sentido del campo eléctrico, es análogo al de una aguja imantada en presencia de un campo magnético.

El desplazamiento de las cargas eléctricas, dentro de un campo, constituye un trabajo que produce un desprendimiento de calor y cuando desaparece el campo eléctrico las cargas vuelven a sus posiciones iniciales. Este desprendimiento de calor es tanto mayor cuanto lo sea la resistencia que se presenta al desplazamiento de las cargas. El tiempo necesario para que el átomo desequilibrado vuelva a su posición de equilibrio es característico de cada material y depende del tiempo de relajación de la molécula.

Cuando el material es heterogéneo, es decir compuesto de varios tipos de materiales con constantes dieléctricas distintas, cada una de las partes puede asimilarse a un condensador en paralelo con una resistencia. Si el compuesto está situado en un campo eléctrico se produce sobre las caras en contacto de cada condensador elemental una diferencia de potencial que da lugar a una corriente, la cual provoca un calentamiento. Por otra parte, estas partículas pueden estar

insertadas de impurezas de tipo iónico, que bajo los efectos del campo eléctrico entran en movimiento y producen un calentamiento más o menos importante según la resistencia que se opone al citado movimiento.

La formación de energía calorífica aparece por consiguiente bajo las formas siguientes:

- En el seno del átomo por deformación de las órbitas electrónicas
- En el seno de las moléculas, en este caso por el momento dipolar
- Entre las partículas de un material heterogéneo

La energía suministrada a la madera y transformada en calor se puede calcular aproximadamente con las fórmulas siguientes:

Si el material está en contacto con los electrodos:

$$P = 0,55 f \epsilon_r \operatorname{tg} \delta \left(\frac{U}{e}\right)^2 \times 10^{-12} \text{ W/cm}^3$$

en donde

- f = frecuencia en MHz
- ϵ_r = constante dieléctrica
- δ = ángulo de pérdida
- U = tensión en KV
- e = espesor del material en cm

Si el material no está en contacto con los electrodos:

$$P = 0,55 f \epsilon_r \operatorname{tg} \delta \left(\frac{U}{e}\right)^2 \frac{1}{\left(\frac{1+\epsilon_r dL}{e}\right)^2} 10^{-12} \text{ W/cm}^3$$

en donde dL es el espesor de la capa de aire en cm.

De lo anterior se deduce que si la frecuencia, la tensión y el espesor del material se mantienen constantes, la energía transformada en calor varía en función del producto

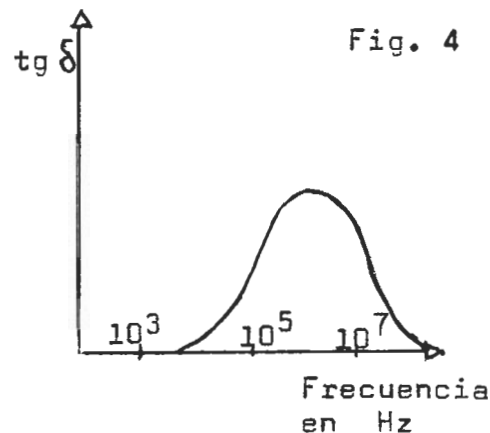
$$\epsilon_r \operatorname{tg} \delta$$

Variación del
Ángulo de Pérdida.

Las variaciones de la constante dieléctrica y del ángulo de pérdida en función de la frecuencia se explican por la resistencia que ofrecen a su desplazamiento las cargas eléctricas. Cuando el período es superior o igual al tiempo de relajación, el desplazamiento de las cargas no puede efectuarse totalmente y presenta un cierto retraso con relación al impulso originario.

El ángulo de pérdida pasa por un máximo figura 4, y corresponde a la frecuencia dada por

$$f = \frac{1}{2\pi t} \quad \text{siendo "t" el tiempo de relajación.}$$



Relación entre la
Constante Dieléctrica,
la Densidad y Humedad.

La madera es un material heterogéneo compuesto esencialmente de materia leñosa, aire y agua. Las proporciones de estas diferentes materias, así como la orientación de los tejidos leñosos influyen sobre las propiedades dieléctricas de la madera. La determinación de las propiedades dieléctricas de la madera, mediante la medida de la constante dieléctrica y del ángulo de pérdida, no conduce a resultados satisfactorios fuera del intervalo de humedad del 0 al 20 %.

J. Vodor ha elaborado un procedimiento que permite determinar el comportamiento dieléctrico de una madera con una humedad inicial, mediante la determinación de la velocidad de calentamiento de dicha madera cuando está situada en un campo eléctrico de alta frecuencia.

La constante dieléctrica es sensiblemente proporcional a la densidad de la madera. Teniendo en cuenta que la constante dieléctrica del aire es 1 y la de la madera seca del orden de 4'5, la constante dieléctrica será función de la proporción de aire y materia leñosa de la especie considerada.

Análogamente, ocurre que la constante dieléctrica del agua es 80, por lo que para una madera determinada el valor de la constante

dependerá del contenido de humedad de la madera, figura 5 y 6.

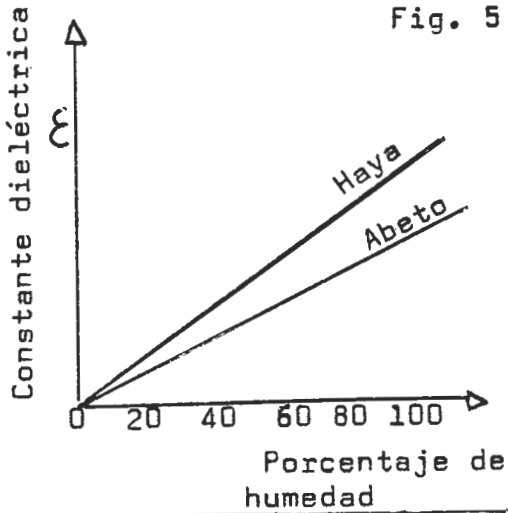


Fig. 5

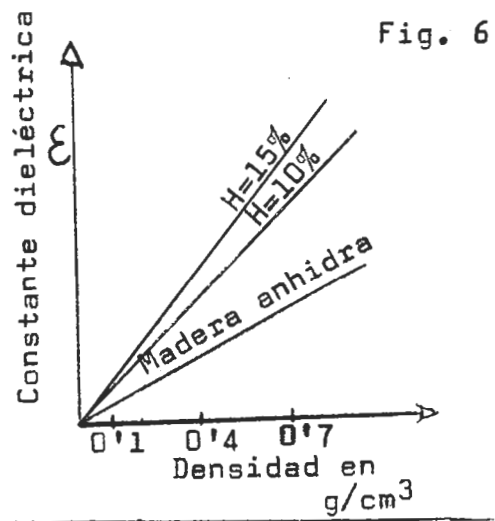


Fig. 6

Skaar ha determinado para una madera seca la siguiente relación: $\epsilon_r \approx \epsilon_t \approx 1,3 \epsilon_l$

es decir, para la madera seca, la constante dieléctrica, cuando el campo eléctrico es paralelo a la dirección axial, es del orden de 1,3 veces superior, a cuando el campo eléctrico es paralelo a la sección transversal de la madera.

En cuanto a la tangente del ángulo de pérdida, aunque es independiente de la densidad si varía con la humedad y depende la frecuencia, como se ve en la figura 4.

Además el ángulo de pérdida está muy influenciado por la dirección del campo eléctrico. Así, la tangente del ángulo de pérdida es del orden del doble cuando la dirección del campo eléctrico es paralelo a la dirección axial de la madera, que cuando la dirección del campo es perpendicular a la citada dirección axial.

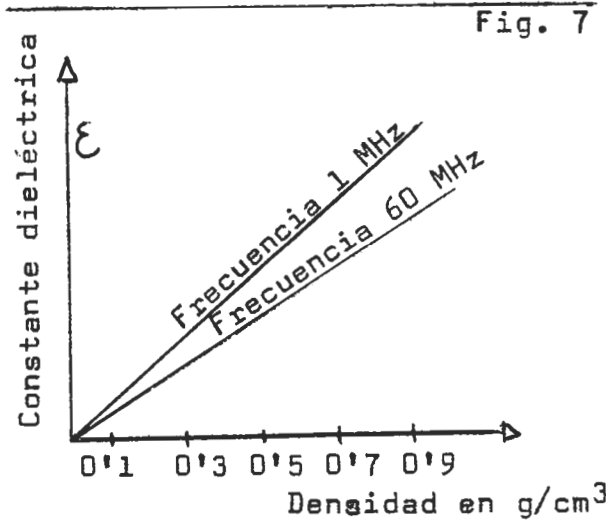


Fig. 7

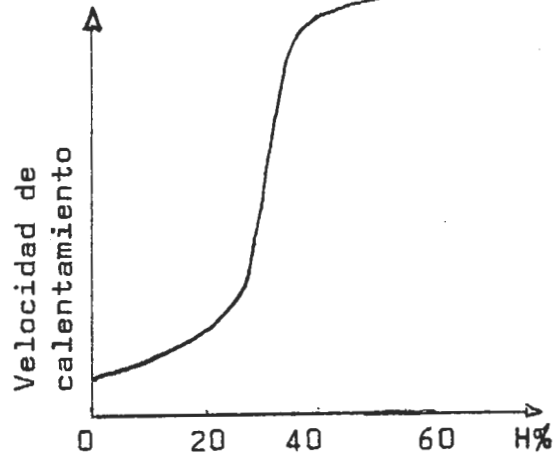
Constante Dieléctrica y Frecuencia.

La constante dieléctrica varía en razón inversa de la frecuencia y, esta variación, se hace mayor a medida que la densidad de la madera aumenta, figura 7.

Variación con la Dirección del Campo Eléctrico.

El valor de la constante dieléctrica varía según la dirección del campo eléctrico con respecto a las fibras.

Fig. 8



Relación entre la Velocidad de Calentamiento y la Humedad.

Según se hizo referencia, cuando más humedad esté la madera se produce mayor cantidad de calor, al colocar la misma entre las armaduras de un condensador con corrientes de alta frecuencia. Sin embargo la velocidad de calentamiento crece con la humedad de una manera irregular. Así para una humedad inferior al 20 % la velocidad es proporcional a la humedad. Entre 20 y 30 % (punto de saturación de las fibras) la variación es exponencial, comportándose de una manera lineal para humedades superiores, figura 8. En ella se ve que, entre el 20 y 30 % de humedad, la velocidad de calentamiento se incrementa rápidamente, y ello es debido a que, en esa zona, la influencia de la conductividad es muy superior a la de

$$\epsilon_r \text{ y } \text{tg } \delta$$

También se ha de considerar el hecho de que la velocidad de calentamiento varía según la dirección en la madera para una humedad determinada.

Así, si el campo está dirigido en sentido radial para una humedad superior al 20 %, la velocidad es superior a la existente en la dirección axial, y la obtenida en sentido tangencial es la más pequeña.

Otro factor a considerar es la estructura interna a la madera.

Así, en maderas como el roble con zonas porosas en su interior, el campo eléctrico no es uniforme en sentido radial y la humedad existente en el interior tiene que vencer, durante el secado, una cierta presión para llegar a la superficie.

Teniendo en cuenta que la capacidad de un condensador plano es

$$C = \frac{A \epsilon 10^{-12}}{11,3 d}$$

donde:

A: superficie de la placa
d: distancia entre placas
e: constante dieléctrica

y llevado el valor de C a la exposición que nos

da la energía, por unidad de tiempo, que se transforma en calor en el dieléctrico.

$$P = 2 \times 3,14 f E^2 C \text{ tg } b$$

$$P = 0,55 f e \text{ tg } b E^2 \frac{A}{d} 10^{-12} \text{ Watios}$$

donde:

f: frecuencia
b: ángulo de pérdida
E: tensión
A: superficie de la placa
d: espesor de la madera

En el caso de que la madera no se coloque directamente en contacto con los electrodos y suponiendo que entre ambos y la madera exista un espacio de aire de espesor total 1, se tiene:

$$P = 0,55 f e \text{ tg } b E^2 \times \frac{A}{e \cdot l + d} \text{ Watios}$$

De las expresiones anteriores se deduce que se pueden obtener grandes potencias caloríficas utilizando tensiones elevadas, cuyo límite viene marcado por las tensiones disruptivas que pueden llegar incluso a quemar la madera.

También se observa que interesa trabajar con frecuencias elevadas, aunque con el aumento de la frecuencia disminuye el rendimiento del generador de alta frecuencia.

BIBLIOGRAFIA

“SECHAGE DES BOIS”

A. Viliere
6ª edición
Dunod. París, 1966

“O. ONEILL”

Constantes dieléctriques du bois

“REVUE DU BOIS ET DE SES APLICATIONS
(1975)”

Propietes dieléctriques du bois et chauffage par courants haute frequence. Por D. Aleon.