TUTORIAL MATERIALES CONDUCTORES

Un conductor es una región del espacio en la que las cargas son libres de moverse bajo la influencia de un campo eléctrico. Ejemplos hay muchos, pero el ejemplo más clásico y utilizado en la industria es el de los Metales.

METALES

Los metales son sustancias de apariencia brillante, y que presentan buena conductividad del calor y la electricidad. A nivel de constitución se trata de un sólido, es decir, una retícula cristalina o disposición ordenada tridimensional de átomos.

Ahora bien, en su caso particular las unidades que ocupan los puntos reticulares no son neutros, sino iones positivos. Por tanto, en los metales existe una nube de electrones libre, no unidos a ningún átomo en particular que se encuentran deslocalizados por todo el cristal.

Esos electrones libres son los que caracterizan sus buenas propiedades a nivel de conductividad térmica o eléctrica, pues presentan importante movilidad para la transmisión de ambas fuentes de energía. También el brillo de los metales es debido a esa nube de electrones puesto que absorben y reflejan la energía lumínica que irradia su superficie.

CARGA DE UN CONDUCTOR

Se debe suponer que se tiene un único conductor en el espacio para realizar la modelización, pues en ausencia de posibles interacciones se tiene una situación de **equilibrio electrostático**. Por tanto, limitando el análisis al espacio físico del conductor diremos que:

- **El campo es Nulo**.

  Campo eléctrico es la Fuerza recibida por Unidad de Carga.

  Llamando τ al volumen de conductor se tendría que $\overrightarrow{E(P)} = \overrightarrow{0}\ \forall\ P\ \in\ \tau$

- **El potencial eléctrico es Constante**.

  Potencial eléctrico es Trabajo por Unidad de Carga. (Campo = Gradiente (Potencial), o variación del potencial).

  Llamando τ al volumen de conductor se tendría que $\overrightarrow{E(P)} = \overrightarrow{0}\ \forall\ P\ \in\ \tau$

  (en este caso τ se refiere al volumen del sólido equipotencial)

EN LA SUPERFICIE

Ahí no se tiene porque verificar la condición de nulidad en el campo puesto que puede estar a un potencial respecto a tierra, que se llamará V_0. En esos puntos superficiales lo que sí se cumple es que no existe componente tangencial pues ello implicaría existencia de campo en el conductor.

Es decir:

- Si se llama ɲ a la superficie del conductor podemos afirmar que:

$$\overrightarrow{E(P)} = \overrightarrow{E_n} + \overrightarrow{E_t} \ \forall P \in ɲ$$

$$\overrightarrow{E_n} \neq \vec{0} \ y \ \overrightarrow{E_t} = \vec{0} \ \forall P \in ɲ$$

$$V_0(P) = cte \ \forall P \in ɲ$$

VALOR CARGA

Teorema de Gauss

Teorema básico de la electrostática por el que para cualquier superficie Σ interior al conductor (con η el volumen que queda en su interior) se cumple que:

$$\iiint_{\eta} div\, \vec{E}\ dv = \oint\!\!\oint_{\Sigma} \vec{E} * \overrightarrow{ds}$$

siendo el operador div igual a la divergencia, operador matemático que actúa sobre un vector devolviendo un escalar, y que físicamente se refiere al flujo de campo vectorial que existe a través de una superficie cerrada cuando esta se hace infinitamente pequeña.

Por tanto, este teorema viene a decir que el flujo de campo en todo un volumen (lado izquierdo de la ecuación) es igual a la suma del campo creado por cada diferencial de superficie en la superficie del conductor (lado derecho de la ecuación).

Su demostración matemática es sencilla a partir de la propia definición del concepto de divergencia.

Cálculo de la Carga

Si se aplica el teorema anterior a una superficie en el interior del conductor tendremos que:

$$\iiint_{\eta} div\, \vec{E}\ dv = \oint\!\!\oint_{\Sigma} \vec{E} * \overrightarrow{ds} = 0$$

puesto que el campo era 0 en el interior. Ahora bien se puede demostrar que:

$$div\vec{E} = \frac{\rho_e}{\varepsilon}$$

$$\varepsilon \ es\ igual\ a\ la\ constante\ dieléctrica, \rho_e\ densidad\ volumétrica\ de\ carga$$

Nota: *los dieléctricos se forman cuando se orientan las partículas cargadas del medio que circunscribe al conductor por la presencia del campo eléctrico.*

Por tanto:

$$\iiint_{\eta} div\ \vec{E}\ dv = \iiint_{\eta} \frac{\rho_e}{\varepsilon}\ dv = \frac{q}{\varepsilon} = 0, por\ lo\ que\ q = 0$$

Con lo que:

$$\boldsymbol{q = 0\ \ \forall\, P\ \in\ \tau}$$

es decir que cualquiera que sea la carga en el conductor, **toda ella se concentra en la superficie**.

CAMPO EN LA SUPERFICIE DE UN CONDUCTOR

Aplicando el teorema de Gauss, con carga únicamente en la superficie, obtendremos que:

$$\iiint_{\eta} div\ \vec{E}\ dv = \oiint_{\Sigma} div\ \vec{E} ds == \oiint_{\Sigma} \frac{\sigma}{\varepsilon_0} ds$$

donde $\sigma = densidad\ superficial\ de\ carga$; el campo E es normal en todo momento a la superficie por lo que el valor de $div\vec{E}$ es constante en la sueprficie:

$$div\ \vec{E} \oiint_{\Sigma} ds == \frac{\sigma}{\varepsilon_0} \oiint_{\Sigma}\ ds$$

Además $div\vec{E} = E$, pues el valor del flujo es el propio campo al ser normal a la superficie (no se generan componentes de flujo en la superficie) con lo que:

$$\boldsymbol{E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}}$$

Es decir, el valor del campo en un conductor es directamente proporcional a la densidad de carga e inversamente proporcional a su constante dieléctrica.

CAPACIDAD

Se define la capacidad como el cociente entre la carga y el potencial:

$$C = \frac{Q}{V}$$

Vamos a ver qué características tiene este valor. Recordamos que:

$$\oiint_S \vec{E}\,\overrightarrow{ds} = \frac{q}{\varepsilon_0}$$

Si tenemos la superficie exterior a un potencial $V_0 \; o \; V_0^{'}(= \lambda V_0)$:

$$q = \varepsilon_0 \oiint_S \vec{E}\,\overrightarrow{ds} = (campo\ normal\ superficie) = \varepsilon_0 \oiint_S E_n ds$$

El campo es igual al gradiente del potencial (con signo – delante) luego:

Caso 1 V_0

$$q_0 = \varepsilon_0 \oiint_S -\frac{dV}{dn} ds$$

Caso 2 $V_0^{'}$

$$q_0^{'} = \varepsilon_0 \oiint_S -\frac{dV^{'}}{dn} ds = \varepsilon_0 \oiint_S -\lambda \frac{dV}{dn} ds$$

Luego la relación entre las cargas es similar a la relación entre potenciales (λ). Esa constante de proporcionalidad es la capacidad. Su valor:

$$C = \lambda = \frac{-\varepsilon_0 \oiint_S \frac{dV}{dn} ds}{V_0}$$

Teniendo en cuenta que V_0 y ε_0 dependen del material se puede decir que **C depende de la geometría de la superficie.**

APLICACIONES

Pues esta es la teoría de Campos aplicable a los conductores eléctricos.

Las aplicaciones de esta teoría son notables pero una de ellas muy ligada al portal:

TEST DE MOTORES OFFLINE

Se realizan pruebas de capacidad, desde luego que sí, para evaluar el estado del aislamiento cargándose un conductor, circuito estatórico, con un potencial (lo que era antes V_0) constante.

$$C = \frac{\varepsilon_0 * Geometría}{V_0}$$

Se trata de un valor que se suele recomendar seguir temporalmente por lo que, suponiendo que la geometría del conductor no cambia (puede ser mucho suponer), nos está indicando el comportamiento como dielétrico del conductor, o lo que es lo mismo la posible presencia de partículas extrañas (suciedad) en su superficie.

Por eso cuando el nivel de capacidad baja es indicativo de que el aislamiento no aisla bien, puesto que implica un aumento de su constante dieléctrica ε_0, siempre baja para elementos aislantes.

Esta una de las aplicaciones pero hay muchas más. Por eso te espero en el próximo tutorial.