

Unidad II

Electrodinámica

La electrodinámica es la rama del electromagnetismo que trata de la evolución temporal en sistemas donde interactúan campos eléctricos y magnéticos con cargas en movimiento.

2.1. Carga, Corriente, voltaje y potencia.

Como se sabe, las sustancias (sean simples o compuestas) que constituyen los cuerpos están formadas por moléculas, y cada molécula está formada por uno o más átomos, esto se puede apreciar, simplemente en la molécula del agua que está compuesta por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno. El átomo está formado por un núcleo central, en el cual se encuentran agrupados cierto número de protones (partículas extremadamente pequeñas con carga positiva) con un determinado número de neutrones (sin carga eléctrica, como su nombre indica), alrededor del cual giran a gran velocidad los electrones, partículas elementales de carga negativa. El número de electrones, en condiciones de equilibrio, es igual al número de los protones del núcleo; este número determina los diferentes cuerpos simples (elementos), y por lo tanto, las propiedades físicas y químicas de cada elemento.

Al ser el núcleo del átomo positivo y la corteza negativa, ese núcleo ejerce una atracción sobre los electrones, que será mayor en los de las órbitas cercanas y menor sobre los de las órbitas alejadas. A estos electrones, de las últimas órbitas, se les llama libres, por la facilidad con que se pueden escapar del átomo y siendo estos los que producen la corriente eléctrica. Si pierde electrones el átomo, se descompensa positivamente dando lugar a una carga positiva, y si gana electrones se carga negativamente al desequilibrarse con el núcleo. Definimos pues que la carga eléctrica de un cuerpo, es la cantidad de electrones que tiene de más (carga eléctrica negativa) o de menos (carga eléctrica positiva). La unidad elemental de carga eléctrica es el electrón, pero por ser demasiado pequeña se toma el Columbio que equivale a 6'2 trillones de electrones.

La corriente eléctrica es el cambio con respecto al tiempo del movimiento de cargas eléctricas. La corriente puede ser un movimiento de cargas positivas, cargas negativas o una combinación de cargas positivas y negativas, que se mueven en direcciones opuestas.

En los conductores metálicos, la corriente es un movimiento de electrones libres de la red cristalina que forman los átomos. En los gases, la corriente es un movimiento de electrones cargados negativamente en una dirección y una corriente de iones cargados positivamente en la dirección opuesta (un ion es una partícula de materia cargada eléctricamente). En soluciones salinas, la corriente es un movimiento de iones positivos y negativos en direcciones opuestas. En semiconductores, la corriente es un movimiento de electrones en una dirección y un movimiento de huecos cargados positivamente en la dirección opuesta. El fin primordial de un circuito eléctrico es mover cargas a lo largo de un camino específico. Este movimiento de cargas constituye, como hemos dicho, una corriente eléctrica, que se representa por la letra i o I , según que la magnitud dependa o no del tiempo. La corriente eléctrica representa la variación de carga con el tiempo que se produce en la sección transversal de un conductor, es decir:

$$i(t) = \frac{dq(t)}{dt} \quad \text{Ecuacion 1}$$

Desgraciadamente, antes de conocerse que la corriente en un metal era debida al movimiento ordenado de electrones, se adoptó (Benjamín Franklin) el convenio que daba a la corriente el mismo sentido que el del movimiento de una carga positiva. Como, en definitiva, es un convenio, éste se mantuvo por no tener que corregir la bibliografía ya existente, cuando se descubrió la realidad (a efectos operativos es indistinto considerar electrones moviéndose en un sentido o cargas positivas en el sentido opuesto). Para indicar el sentido de la corriente eléctrica en un conductor, se utiliza una flecha de referencia al lado de aquel, que muestra también el valor o magnitud de la corriente. Como es sabido, para que exista un movimiento ordenado de cargas, es decir, una corriente eléctrica, es preciso disponer de una fuente o generador de fuerza electromotriz (f.e.m.). De este modo se comunica energía a las cargas. Se define la diferencia de potencial (d.d.p.) o tensión entre dos puntos de un circuito, como el trabajo realizado al mover la carga unidad entre esos dos puntos:

$$v = \frac{dW}{dq} \quad \text{Ecuacion 2}$$

(siendo W el trabajo indicado). La tensión se representa por las letras v o V , según que su magnitud dependa o no del tiempo. Para que la tensión entre dos puntos A

y B quede completamente especificada, se debe señalar su función $v(t)$ y unos signos $+$ y $-$ que se colocan en dichos puntos. También, para describir la d.d.p. entre dos puntos, se utiliza una notación con doble subíndice, así $V(AB)$ representa la d.d.p. entre A y B (o de A respecto de B), de forma que $V(AB) = V(A) - V(B)$. En muchos casos se prefiere describir la tensión entre A y B en términos de caídas o elevaciones de tensión. En términos energéticos, se tiene una caída de tensión entre A y B, cuando la carga unidad desarrolla un trabajo al moverse de A hasta B; o al contrario, se tiene una elevación de tensión entre A y B cuando se requiere un trabajo externo para mover la carga desde B hasta A. Como sabemos, la potencia eléctrica es el trabajo realizado por unidad de tiempo. De ese modo, y usando las ecuaciones (1) y (2), se puede escribir:

$$p(t) = \frac{dW}{dt} = \frac{dW}{dq} \frac{dq}{dt} = v(t) \cdot i(t)$$

Ecuacion 3

Como quiera que la potencia eléctrica depende de dos variables, tensión y corriente, habrá que tener en cuenta los sentidos de referencia de ambas magnitudes para obtener el sentido de la potencia.

2.2. Resistencia.

Se le llama resistencia eléctrica a la igualdad de oposición que tienen los electrones para desplazarse a través de un conductor. La unidad de resistencia en el Sistema Internacional es el ohmio, que se representa con la letra griega omega (Ω), en honor al físico alemán [George Ohm](#), quien descubrió el principio que ahora lleva su nombre. La resistencia está dada por la siguiente fórmula:

$$R = \rho \frac{\ell}{S}$$

En donde ρ es el coeficiente de proporcionalidad o la [resistividad](#) del material.

La resistencia de un material depende directamente de dicho coeficiente, además es directamente proporcional a su longitud (aumenta conforme es mayor su longitud) y es inversamente proporcional a su sección transversal (disminuye conforme aumenta su grosor o sección transversal)

Descubierta por [Georg Ohm](#) en 1827, la resistencia eléctrica tiene un parecido conceptual a la [fricción](#) en la física mecánica. La unidad de la resistencia en el [Sistema Internacional de Unidades](#) es el [ohmio](#) (Ω). Para su medición, en la práctica existen diversos métodos, entre los que se encuentra el uso de

un [ohmnímetro](#). Además, su cantidad recíproca es la [conductancia](#), medida en [Siemens](#).

Además, de acuerdo con la [ley de Ohm](#) la resistencia de un material puede definirse como la razón entre la diferencia de potencial eléctrico y la corriente en que atraviesa dicha resistencia, así:¹

$$R = \frac{V}{I}$$

Donde R es la resistencia en [ohmios](#), V es la [diferencia de potencial](#) en [voltios](#) e I es la [intensidad de corriente](#) en [amperios](#).

También puede decirse que "la intensidad de la corriente que pasa por un conductor es directamente proporcional a la longitud e inversamente proporcional a su resistencia"

Según sea la magnitud de esta medida, los materiales se pueden clasificar en [conductores](#), [aislantes](#) y [semiconductor](#). Existen además ciertos materiales en los que, en determinadas condiciones de temperatura, aparece un fenómeno denominado [superconductividad](#), en el que el valor de la resistencia es prácticamente nulo.

2.3. Ley de Ohm.

La ley de Ohm establece que la intensidad de la corriente que circula entre dos puntos de un circuito eléctrico es proporcional a la tensión eléctrica entre dichos puntos. Esta constante es la conductancia eléctrica, que es la inversa de la resistencia eléctrica.

La intensidad de corriente que circula por un circuito dado es directamente proporcional a la tensión aplicada e inversamente proporcional a la resistencia del mismo. Cabe recordar que esta ley es una propiedad específica de ciertos materiales y no es una ley general del electromagnetismo como la ley de Gauss, por ejemplo.

La ecuación matemática que describe esta relación es:

$$I = \{G\} \{V\} = \frac{\{V\}}{\{R\}}$$

Donde, I es la corriente que pasa a través del objeto en amperios, V es la diferencia de potencial de las terminales del objeto en voltios, G es la conductancia en siemens y R es la resistencia en ohmios (Ω). Específicamente, la

ley de Ohm dice que R en esta relación es constante, independientemente de la corriente.¹

Esta ley tiene el nombre del físico alemán Georg Ohm, que en un tratado publicado en 1827, halló valores de tensión y corriente que pasaba a través de unos circuitos eléctricos simples que contenían una gran cantidad de cables. Él presentó una ecuación un poco más compleja que la mencionada anteriormente para explicar sus resultados experimentales. La ecuación de arriba es la forma moderna de la ley de Ohm.

Esta ley se cumple para circuitos y tramos de circuitos pasivos que, o bien no tienen cargas inductivas ni capacitivas (únicamente tiene cargas resistivas), o bien han alcanzado un régimen permanente (véase también «Circuito RLC» y «Régimen transitorio (electrónica)»). También debe tenerse en cuenta que el valor de la resistencia de un conductor puede ser influido por la temperatura.

La ley de Ohm es una ley empírica, válida para muchos materiales en cierto rango de diferencias de potenciales. Empíricamente se ha observado que la ley de Ohm es válida en un amplio rango de escalas de longitud. A principios del siglo XX, se pensaba que la ley de Ohm debía fallar a escala atómica, pero los experimentos no han confirmado esta sospecha. En 2012, por ejemplo varios investigadores mostraron que la ley de Ohm es aplicable a cables de silicio formado por sólo un puñado de cuatro átomos de ancho.

Sin embargo, no todos los materiales la obedecen, los materiales no óhmicos no la siguen, y eventualmente cualquier material sufre disrupción eléctrica para un campo eléctrico suficientemente grande, y en ese régimen la ley de Ohm no se cumple. Los materiales no óhmicos que no siguen la ley de Ohm tienen interés tecnológico para ciertas aplicaciones de ingeniería electrónica.

2.4. Leyes de Kirchhoff y aplicaciones.

La configuración, forma o topología de la red va a establecer una relación entre las variables involucradas.

Definiciones:

- NODO (o NUDO): punto en un circuito en el que dos o más elementos se conectan entre sí.
- RAMA: cualquier elemento de la red de dos terminales (situado entre dos nodos).

- LAZO: conjunto de ramas que forman una trayectoria cerrada de la red, conectando cada nodo únicamente dos ramas consecutivas.



Aplicación interactiva de lazos y nodos

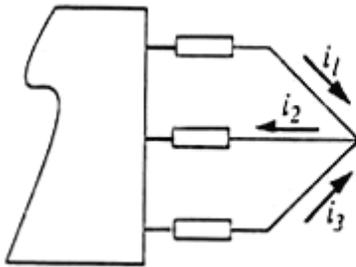
Esta aplicación interactiva permite visualizar los nodos y los lazos existentes en un determinado circuito.

[Aplicación interactiva.](#)



2. Ley de Corrientes de Kirchoff (L.C.K.)

En cualquier instante de tiempo, la suma algebraica de las corrientes de rama en un nodo es cero, consideradas todas entrantes o todas salientes. O bien, la suma de las corrientes de rama entrantes a un nodo es igual a la suma de corrientes salientes, en cualquier instante de tiempo.



$$i_1(t) + i_3(t) = i_2(t)$$



3. Ley de Voltajes de Kirchoff (L.V.K.)

La suma algebraica de los voltajes de rama alrededor de un lazo es cero en todo instante de tiempo, considerados todos subidas o todos bajadas. O bien, en todo instante de tiempo, la suma de las subidas de voltaje alrededor de un lazo es igual a la suma de caídas de voltaje.



4. Referencias

[1] *Teoría de circuitos*. Segunda edición. Lawrence P. Huelman. Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A.

[2] *Circuitos eléctricos*. Tercera edición. Joseph A. Edminister. Mahmood Nahvi. Mc Graw-Hill.

[3] *Circuitos eléctricos*. Cuarta edición. James W. Nilsson. Addison-Wesley Iberoamericana, Argentina 1995.

2.5. Energía Eléctrica y Potencia.

La potencia eléctrica es la relación de paso de energía de un flujo por unidad de tiempo; es decir, la cantidad de energía entregada o absorbida por un elemento en un tiempo determinado. La unidad en el Sistema Internacional de Unidades es el vatio (*watt*).

Cuando una corriente eléctrica fluye en cualquier circuito, puede transferir energía al hacer un trabajo mecánico o termodinámico. Los dispositivos convierten la energía eléctrica de muchas maneras útiles, como calor, luz (lámpara incandescente), movimiento (motor eléctrico), sonido (altavoz) o procesos químicos. La electricidad se puede producir mecánica o químicamente por la generación de energía eléctrica, o también por la transformación de la luz en las células fotoeléctricas. Por último, se puede almacenar químicamente en baterías.

La energía consumida por un dispositivo eléctrico se mide en vatio-hora (Wh), o en kilovatio-hora (kWh). Normalmente las empresas que suministran energía eléctrica a la industria y los hogares, en lugar de facturar el consumo en vatios-hora, lo hacen en kilovatios-hora (kWh). La potencia en vatios (W) o kilovatios (kW) de todos los aparatos eléctricos debe figurar junto con la tensión de alimentación en una placa metálica ubicada, generalmente, en la parte trasera de dichos equipos. En los motores, esa placa se halla colocada en uno de sus costados y en el caso de las bombillas de alumbrado el dato viene impreso en el cristal o en su base.