

Unidad VII: Electromagnetismo

7.1 Definiciones

El electromagnetismo es una rama de la física que estudia y unifica los fenómenos eléctricos y magnéticos en una sola teoría, cuyos fundamentos fueron sentados por Michael Faraday y formulados por primera vez de modo completo por James Clerk Maxwell. La formulación consiste en cuatro ecuaciones diferenciales vectoriales que relacionan el campo eléctrico, el campo magnético y sus respectivas fuentes materiales (corriente eléctrica, polarización eléctrica y polarización magnética), conocidas como ecuaciones de Maxwell.

7.2 Campo magnético terrestre

El campo magnético terrestre (también llamado campo geomagnético), es el campo magnético que se extiende desde el núcleo interno de la Tierra hasta el límite en el que se encuentra con el viento solar; una corriente de partículas energéticas que emana de Sol. Su magnitud en la superficie de la Tierra varía de 25 a 65 μT (microteslas) ó (0,25-0,65 G). Se puede considerar en aproximación el campo creado por un dipolo magnético inclinado un ángulo de 10 grados con respecto al eje de rotación (como un imán de barra). Sin embargo, al contrario que el campo de un imán, el campo de la Tierra cambia con el tiempo porque se genera por el movimiento de aleaciones de hierro fundido en el núcleo externo de la Tierra (la geodinamo). El polo norte magnético se desplaza, pero de una manera suficientemente lenta como para que las brújulas sean útiles en la navegación. Al cabo de ciertos periodos de duración aleatoria (con un promedio de duración de varios cientos de miles de años), el campo magnético de la Tierra se invierte (el polo norte y sur geomagnético permutan su posición). Estas inversiones dejan un registro en las rocas que permiten a los paleomagnetistas calcular la deriva de continentes en el pasado y los fondos oceánicos resultado de la tectónica de placas.

7.3 Trayectoria de las cargas en movimiento dentro de un campo magnético

La fuerza magnética que actúa sobre una partícula cargada que se mueve en un campo magnético es siempre perpendicular a la velocidad de la partícula. De esta propiedad se sigue que:

El trabajo realizado por la fuerza magnética es cero ya que el desplazamiento de la carga es siempre perpendicular a la fuerza magnética. Por lo tanto, un campo magnético estático cambia la dirección de la velocidad pero no afecta la rapidez o la energía cinética de la partícula cargada.

7.4 Fuerzas magnéticas entre corrientes

La fuerza magnética es la parte de la fuerza electromagnética total o fuerza de Lorentz que mide un observador sobre una distribución de cargas en movimiento. Las fuerzas magnéticas son producidas por el movimiento de partículas cargadas, como electrones, lo que indica la estrecha relación entre la electricidad y el magnetismo.

Las fuerzas magnéticas entre imanes y/o electroimanes es un efecto residual de la fuerza magnética entre cargas en movimiento. Esto sucede porque en el interior de los imanes convencionales existen microcorrientes que macroscópicamente dan lugar a líneas de campo magnético cerradas que salen del material y vuelven a entrar en él. Los puntos de entrada forman un polo y los de salida el otro polo.

7.5 Leyes de electromagnetismo

LEY DE GAUSS

Esta ley establece que el flujo eléctrico neto, Φ , a través de cualquier superficie gaussiana (superficie cerrada), es igual a la carga neta dentro de la superficie dividida por ϵ_0 :

$$\Phi = \oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A} = q_{enc} / \epsilon_0$$

Donde q_{enc} = carga eléctrica cerrada por la superficie gaussiana.

La ley de Gauss se utiliza para determinar la intensidad de campo eléctrico debido a distribuciones de carga eléctrica con alto grado de simetría. Esta ley es una de las ecuaciones fundamentales del electromagnetismo.

7.6 Ley de Ampere

En física del magnetismo, la ley de Ampère, modelada por André-Marie Ampère en 1831,¹ relaciona un campo magnético estático con la causa que la produce, es decir, una corriente eléctrica estacionaria. James Clerk Maxwell la corrigió posteriormente y ahora es una de las ecuaciones de Maxwell, formando parte del electromagnetismo de la física clásica.

La ley de Ampère explica, que la circulación de la intensidad del campo magnético en un contorno cerrado es igual a la corriente que lo recorre en ese contorno.

El campo magnético es un campo angular con forma circular, cuyas líneas encierran la corriente. La dirección del campo en un punto es tangencial al círculo que encierra la corriente.

El campo magnético disminuye inversamente con la distancia al conductor.

7.7 Inductancia magnética

En electromagnetismo y electrónica, la inductancia (L), es una medida de la oposición a un cambio de corriente de un inductor o bobina que almacena energía en presencia de un campo magnético, y se define como la relación entre el flujo magnético (Φ) y la intensidad de corriente eléctrica (I) que circula por la bobina y el número de vueltas (N) del devanado:

$$L = \frac{\Phi N}{I}$$

La inductancia depende de las características físicas del conductor y de la longitud del mismo. Si se enrolla un conductor, la inductancia aumenta. Con muchas espiras se tendrá más inductancia que con pocas. Si a esto añadimos un núcleo de ferrita, aumentaremos considerablemente la inductancia.

El flujo que aparece en esta definición es el flujo producido por la corriente I exclusivamente. No deben incluirse flujos producidos por otras corrientes ni por imanes situados cerca ni por ondas electromagnéticas.

Esta definición es de poca utilidad porque es difícil medir el flujo abrazado por un conductor. En cambio se pueden medir las variaciones del flujo y eso sólo a través de la Tensión Eléctrica V inducida en el conductor por la variación del flujo. Con ello llegamos a una definición de inductancia equivalente pero hecha a base de cantidades que se pueden medir, esto es, la corriente, el tiempo y la tensión:

$$V_L = L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

7.8 Energía asociada con un campo magnético

La energía necesaria para crear un campo magnético puede calcularse en dos formas: en función de las corrientes en las espiras de alambre o como una integral de la densidad de energía sobre el campo entero.

Si no se registran pérdidas (como las debidas a histéresis), la energía utilizada para crear el campo magnético puede recuperarse cuando sea apagado, de modo que representa la energía de él.

La potencia de las perdidas por histéresis es proporcionada a la superficie de la espira de las histéresis y a las frecuencias.

El concepto de energía de la auto inductancia indica que puede representarse como una suma de la energía asociada a campo extremo a la región con la corriente(inductancia externa), y de la relacionada con el campo dentro de la región de corrientes (inductancia interna).

En las espiras den corriente en el vacío, siempre es posible calcular la fuerza magnética, pero a veces es difícil. Podría ser más sencillo el método basado en la energía utilizada en tal caso.

En particular, si hay materiales magnéticos, puede calcularse mediante fórmulas basadas de conversión de la energía en el campo magnético.

7.9 Densidad de energía magnética

La densidad de energía representa la cantidad de energía acumulada en un sistema dado o en una región del espacio, por unidad de volumen en un punto. El concepto de unidad de energía se utiliza abundantemente en relatividad general y en cosmología, pues interviene implícitamente en las ecuaciones que determinan el campo gravitacional (las ecuaciones de Einstein), y está igualmente presente en la mecánica de medios continuos y en el campo del electromagnetismo.

7.10 Aplicaciones.