

AC 14 46

Corrientes inducidas. En los años siguientes, el descubrimiento de Ørsted de que la corriente eléctrica lleva asociado un campo magnético, se sospechó que existía el efecto inverso que haría posible originar una corriente eléctrica por medio de un campo magnético. En 1831, Faraday en Inglaterra e independientemente Henry en los Estados Unidos observaron que al moverse un conductor en un campo magnético era asiento de una fuerza electromotriz.

Este descubrimiento constituye el fundamento de las máquinas con las que podemos convertir grandes cantidades de energía mecánica en eléctrica e invertir el proceso de conversión de energía eléctrica en mecánica. Los generadores, motores, transformadores y otros muchos dispositivos utilizan fuerzas electromotrices inducidas. Supongamos una bobina conectada a un galvanómetro.

Si en la bobina se introduce el polo norte de un imán recto, el galvanómetro se desviará, indicando una corriente momentánea en la bobina. A esta corriente se le da el nombre de corriente inducida y al proceso de generación de dicha fuerza electromotriz se le conoce con el nombre de inducción electromagnética. Mientras el imán permanezca en reposo dentro de la bobina, no se produce corriente alguna.

En cambio, si se saca rápidamente el imán del interior de la bobina, el galvanómetro señalará una corriente en sentido contrario a lo observado anteriormente. Faraday encontró que se induce una fuerza electromotriz siempre que varíe el flujo magnético abrazado por el conductor. También puede inducirse una fuerza electromotriz en una bobina al variar el campo magnético asociado a una corriente variable que circule por un circuito próximo.

Por ejemplo, imaginemos una bobina M conectada a una batería a través de un interruptor. Próxima a ella tenemos una segunda bobina N conectada a un galvanómetro. Cuando se cierra el interruptor del primer circuito, creando una corriente en la bobina M, en la bobina N se induce una corriente momentánea en un sentido opuesto al de la corriente en M. Si se abre el interruptor, en N aparecerá una corriente momentánea que tiene sentido contrario a la producida anteriormente.

En uno y otro caso, por el circuito N sólo circula corriente mientras la corriente en M está variando. También se puede apreciar que una corriente constante en M acompañada de un movimiento de M relativo a N induce en N una corriente. Y en general, observamos que en todos los casos en que se induce una corriente en el circuito N varía también el flujo magnético que lo atraviesa.

A continuación, expondremos una de las leyes fundamentales de los fenómenos de inducción electromagnética. Se trata de la ley de Faraday para la fuerza electromotriz inducida. Esta ley dice que el valor de la fuerza electromotriz inducida en un circuito depende del número de espiras del circuito y de la velocidad de variación del flujo magnético abrazado por el circuito.

Según esta ley, el valor de la fuerza electromotriz media está dada por ϵ igual a menos N por incremento de Φ partido por incremento de T . La fuerza electromotriz media inducida es igual a menos el número de espiras multiplicado por el incremento del flujo magnético y dividido por el incremento del tiempo. En esta expresión se obtiene la fuerza electromotriz en voltios si se expresa el flujo en Weber y el tiempo en segundos. El signo menos se introduce en la ecuación anterior para expresar el hecho de que la fuerza electromotriz inducida tiene un sentido tal que se oponga por su acción magnética a la variación que la originó.

Este hecho se explica posteriormente con más detalle. Otra forma de expresar la ley de Faraday para la fuerza electromotriz inducida es referirla a su valor instantáneo. En este caso su expresión es la siguiente, ϵ es igual a menos la derivada del flujo con respecto al tiempo.

Es decir, la fuerza electromotriz inducida en un circuito cerrado en presencia de un flujo magnético variable en el tiempo es igual a la derivada temporal del flujo a través de una superficie abierta limitada por el circuito. Otra de las leyes fundamentales de los fenómenos de inducción electromagnética es la ley de Lenz. Esta ley dice que siempre que se induce una fuerza electromotriz la corriente inducida tiene un sentido tal que se opone por su acción magnética a la variación inductora de la corriente.

La ley de Lenz es una manifestación del principio de conservación de la energía. Veamos por qué. Una corriente inducida puede producir calor o realizar un trabajo químico o mecánico.

La energía debe provenir del trabajo realizado para inducir la corriente. Cuando la inducción se debe al movimiento de un imán o de una bobina se realiza trabajo. Por tanto, al movimiento debe oponerse una fuerza.

La fuerza de oposición proviene de la acción del campo magnético de la corriente inducida. Cuando una variación de la intensidad de la corriente que circula por un devanado primario induce una fuerza electromotriz en un devanado secundario próximo, la corriente del secundario tendrá un sentido tal que requiera un gasto adicional de energía en el primario para mantener la corriente. Digamos también, como propiedad más característica del campo eléctrico inducido por un campo magnético variable en el tiempo, que sus líneas de fuerza son siempre cerradas, a diferencia de las líneas de fuerza del campo electrostático, que son siempre abiertas.

En consecuencia, en el caso de las líneas de fuerza de un campo eléctrico inducido no existen fuentes o sumideros de dichas líneas de fuerza. Debido a esta propiedad, para un campo eléctrico inducido no tiene sentido aplicar la noción de potencial eléctrico usada en el campo electrostático. Un caso importante de fuerza electromotriz inducida es el que se produce en una bobina que gira con velocidad angular constante en un campo magnético uniforme.

Al girar en el campo, la bobina corta el flujo magnético de una manera variable. Esto trae como consecuencia que alternativamente pasa por posiciones que correspondan a un valor cero de la fuerza electromotriz inducida y a un valor máximo de la misma. En esta variación sinusoidal de

la fuerza electromotriz, ésta sufre alternancias invirtiendo su sentido dos veces en cada rotación de la bobina.

Una rotación completa de la bobina origina un ciclo de la fuerza electromotriz que origina a su vez un ciclo de corriente en todo circuito conectado entre los terminales. Al número de ciclos por segundo se le llama frecuencia. El proceso que resumidamente hemos expresado es el fundamento de los generadores de corriente eléctrica, tanto de corriente alterna como de corriente continua y también de los motores eléctricos.

El valor máximo de la fuerza electromotriz inducida depende del número de espiras de la bobina, del área limitada por ésta, de la densidad del flujo del campo y de la velocidad angular de rotación. $E_{\text{sub m}} = n \cdot b \cdot a \cdot \omega$. El generador de corriente alterna más sencillo consta de una bobina que gira en un campo magnético uniforme.

A esta bobina en la que se induce la fuerza electromotriz se le da el nombre de inducido. En este tipo de generador se obtiene una tensión elevada devanando a la bobina sobre un núcleo de hierro con lo que se aumenta el flujo abrazado por la bobina. También se obtiene teniendo un gran número de espiras.

En el lugar donde gira la bobina se conectan sus extremos a unos anillos circulares llamados anillos colectores. Sobre ellos se hallan frotando unas escobillas de grafito que están en conexión con el circuito exterior. Así pues, los elementos fundamentales de un generador de corriente alterna son un imán de campo para la excitación, el inducido, los anillos colectores y las escobillas.

Describamos ahora el fundamento de un generador de corriente continua. Como funciona con los mismos elementos fundamentales que el generador de corriente alterna, veamos cómo se consigue la corriente continua. En la bobina no se puede formar una corriente inducida de un solo sentido.

Pero es posible tener este tipo de corriente en el circuito exterior invirtiendo las conexiones con él en el mismo instante en que la fuerza electromotriz cambia su sentido en la bobina. Esto se consigue con un conmutador. Este dispositivo no es más que un anillo partido, cada uno de cuyos lados se haya conectado al extremo correspondiente de la bobina.

Las escobillas se apoyan sobre el conmutador cuando gira la bobina, ajustando su posición de manera que se deslicen de un segmento del conmutador al otro en el instante en que la fuerza electromotriz cambia su sentido de la bobina giratoria. En los generadores de corriente eléctrica que hemos descrito, la energía eléctrica se obtiene a partir de la energía mecánica aplicada. El proceso contrario tiene lugar en los motores eléctricos.

A estos se les aplica una corriente, es decir, una energía eléctrica con objeto de obtener una energía mecánica. El fundamento de los motores eléctricos es que cuando a una bobina por la que pasa una corriente eléctrica se la coloca bajo la influencia de un flujo magnético, se origina

un par de fuerzas que produce el movimiento giratorio de la bobina. Este movimiento giratorio se realiza mientras el plano limitado por la bobina no sea perpendicular al campo magnético.

La fórmula para el momento del par de fuerzas que origina el movimiento de la bobina es la siguiente. L es igual a N por I por A por B por coseno de α . El momento del par de fuerzas es igual al número de espiras de la bobina por la intensidad de la corriente, por el área limitada por la bobina, por la densidad del flujo magnético inductor y por el coseno del ángulo formado por el plano de la bobina con el campo magnético.

Expliquemos, a modo de ejemplo, algunos detalles del funcionamiento de un motor de corriente continua. Como ya se ha dicho, el empuje lateral que experimenta un conductor que transporta una corriente en un campo magnético constituye la base del funcionamiento del motor. En construcción, el motor es análogo a la dinamo o generador de corriente continua, es decir, consta de un campo magnético de excitación, un conmutador y un inducido.

Cuando se mantiene una corriente en el devanado del inducido, la fuerza que se ejerce sobre los conductores crea un par de fuerzas que tiende a hacer girar el inducido. En este caso, la finalidad del conmutador es invertir el sentido de la corriente que circula por la bobina en el instante adecuado para originar un par de fuerzas continuas. Hemos visto al principio de esta exposición que una variación de la intensidad de la corriente que circula por una bobina genera una fuerza electromotriz en otra bobina próxima a ella.

La fuerza electromotriz inducida y, por tanto, la corriente inducida pueden aumentarse mucho devanando las dos bobinas sobre un núcleo de hierro laminado cerrado. Esta combinación de dos bobinas y un núcleo de hierro constituye un transformador. Supongamos que en el primario del transformador se mantiene una corriente alterna.

La intensidad de esta corriente varía constantemente. Por tanto, el flujo magnético en el núcleo de hierro variará también periódicamente, produciendo, en consecuencia, una fuerza electromotriz alterna en el secundario. Como la velocidad de variación del flujo es casi la misma en primario y secundario, se deduce que las fuerzas electromotrices respectivas son directamente proporcionales a los correspondientes números de espiras de uno y otro.

Por tanto, tendremos la siguiente fórmula. ϵ_p partido por n_p igual a ϵ_s partido por n_s . Es decir, la razón entre la fuerza electromotriz y el número de espiras en el primario es igual a la misma razón en el secundario.

El rendimiento de un transformador comercial es muy elevado. Por tanto, la potencia entregada al primario es casi igual a la potencia que se saca del secundario. V_p por I_p es igual a V_s por I_s .

El producto de la tensión por la intensidad en el primario es igual al producto de la tensión por la intensidad en el secundario. Dicho de otra forma, las intensidades de las corrientes son inversamente proporcionales a las tensiones respectivas.