

Transformadores

Alcocer David , Arevalo Katherine y Suntaxi Juan

Resumen. – El presente documento está destinado al dar a conocer lo que es un transformador y estudiar la inductancia mutua, que es la base para la operación de transformadores.

Se utilizan transformadores en todo tipo de aplicaciones tales como fuentes de potencia, distribución de potencia eléctrica, y acoplamiento de señales en sistemas de comunicaciones.

La operación del transformador se basa en el principio de inductancia mutua.

Índice de Términos – . Coeficiente de acoplamientos, Devano primario, Devano secundario, Inductancia mutua, Relación vueltas, Transformadores.

I. INTRODUCCIÓN

Este artículo está implementado para el estudio de transformadores, se conoce que un transformador muy básico se encuentra constituido por dos bobinas de alambre (devanados) acoplados magnéticamente entre sí.

El funcionamiento del transformador se basa en el principio de inductancia mutua, si dos o más bobinas están muy cerca una de la otra, se producirá una inductancia mutua. De hecho, un transformador simple consta de dos bobinas, que están acopladas electromagnéticamente a través de su inductancia mutua. Dado que no hay contacto eléctrico entre las dos bobinas acopladas magnéticamente, la transferencia de energía de una bobina a la otra bobina se puede lograr en el caso de un aislamiento eléctrico completo. En el caso de los transformadores, se suele utilizar el término "devanado" o "bobina".

II. MARCO TEÓRICO

INDUCTANCIA MUTUA

Documento recibido el 25 de marzo de 2021. Este trabajo fue realizado de manera gratuita, mediante el uso del sitio web tinkercad.

A. D. El autor pertenece a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolquí, Pichincha, Ecuador (e-mail: dsalcocer@espe.edu.ec).

A. K El autor pertenece a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolquí, Pichincha, Ecuador (e-mail: ktarevalo@espe.edu.ec).

S. J El autor pertenece a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolquí, Pichincha, Ecuador (e-mail: jpsuntaxi1@espe.edu.ec).

Cuando se colocan dos bobinas muy cercanas entre sí, el campo electromagnético variante producido por la corriente que fluye por una bobina provocará un voltaje inducido en la segunda bobina a causa de la inductancia mutua presente entre las dos bobinas.

Si dos bobinas están acopladas de manera magnética, crean aislamiento eléctrico porque no existe conexión eléctrica entre ellas, sino sólo un vínculo magnético. Si la corriente que fluye por la primera bobina es sinusoidal, el voltaje inducido en la segunda bobina también es sinusoidal. La cantidad de voltaje inducido en la segunda bobina a consecuencia de la corriente en la primera depende de la inductancia mutua (L_M), que es la inductancia presente entre las dos bobinas. La inductancia de cada bobina y la cantidad de acoplamiento (k) entre las dos bobinas establecen la inductancia mutua. Para llevar al máximo el acoplamiento entre las dos bobinas, se enrollan en un núcleo común.

COEFICIENTE DE ACOPLAMIENTO

El coeficiente de acoplamiento, k , entre dos bobinas es la relación de las líneas de fuerza magnéticas (flujo) producidas por la bobina 1, y que enlazan la bobina 2 (Φ_{1-2}), con el flujo total producido por la bobina 1 (Φ_1).

$$k = \frac{\Phi_{1-2}}{\Phi_1}$$

FORMULA PARA INDUCTANCIA MUTUA

Con los tres factores que influyen en la inductancia mutua (k , L_1 y L_2) tenemos la fórmula:

$$L_M = k\sqrt{L_1 L_2}$$

EL TRANSFORMADOR BÁSICO

Un transformador básico es un dispositivo eléctrico construido a partir de dos bobinas de alambre (devanados) acopladas magnéticamente entre sí, de modo que existe inductancia mutua para la transferencia de potencia de un devanado al otro.

Los devanados de un transformador se forman alrededor del núcleo. Éste proporciona tanto una estructura física para colocar los devanados como una trayectoria magnética par

magnético se concentre cerca de las bobinas. Existen tres categorías generales de material de núcleo: aire, hierro, y ferrita.

RELACIÓN DE VUELTAS

Un parámetro de transformador que es útil para entender cómo funciona un transformador es la relación de vueltas. En este texto, la relación de vueltas (n) se define como la relación del número de vueltas que hay en el devanado secundario (N_{sec}) al número de vueltas presentes en el devanado primario (N_{pri}).

$$n = \frac{N_{sec}}{N_{pri}}$$

DIRECCIÓN DE LOS DEVANADOS

Otro importante parámetro de un transformador es la dirección en la cual se colocan los devanados alrededor del núcleo. El sentido de los devanados determina la polaridad del voltaje a través del devanado secundario (voltaje secundario) con respecto al voltaje del devanado primario (voltaje primario). En los símbolos esquemáticos ocasionalmente se colocan puntos sobre las fases para señalar polaridades.

TRANSFORMADORES ELEVADORES Y REDUCTORES

Un transformador elevador tiene más vueltas en su devanado secundario que en el primario y se utiliza para incrementar voltaje de ca. Un transformador reductor tiene más vueltas en su devanado primario que en el secundario y se utiliza para reducir voltaje de ca.

EL TRANSFORMADOR ELEVADOR

Un transformador donde el voltaje secundario es más grande que el voltaje primario se llama transformador elevador. La cantidad en que se eleva el voltaje depende de la relación de vueltas.

La relación del voltaje secundario (V_{sec}) al voltaje primario (V_{pri}) es igual a la relación del número de vueltas presente en el devanado secundario (N_{sec}) al número de vueltas que haya en el devanado primario (N_{pri}).

$$\frac{V_{sec}}{V_{pri}} = \frac{N_{sec}}{N_{pri}} \rightarrow V_{sec} = nV_{pri}$$

EL TRANSFORMADOR REDUCTOR

Un transformador donde el voltaje secundario es menor que el voltaje primario se llama transformador reductor. La cantidad en que se reduce el voltaje depende de la relación de vueltas.

La formula $V_{sec} = nV_{pri}$ también es aplicable para un transformador reductor. La relación de vueltas de un transformador reductor siempre es menor que 1 porque el número de vueltas en el devanado secundario siempre es menor que el número de vueltas en el devanado primario.

AISLAMIENTO DE CORRIENTE ALTERNA

Si a través del primario de un transformador fluye corriente directa, en el secundario no sucede nada. La razón es que se requiere de corriente variante en el tiempo en el devanado primario para inducir voltaje en el devanado secundario. El transformador aísla el circuito secundario de cualquier voltaje de cd presente en el circuito primario. Un transformador que se utiliza estrictamente para aislamiento tiene una relación de vueltas de 1.

Se puede utilizar un transformador pequeño para evitar que el voltaje de cd a la salida de una etapa del amplificador afecte la polarización de cd de la siguiente etapa del amplificador.

CARGA DEL DEVANADO SECUNDARIO

Al conectar una resistencia de carga en el circuito secundario se obtiene una corriente en el mismo. Esto se debe al que voltaje ha sido inducido a la bobina secundaria. Tal como se puede hacer una relación entre el voltaje primario y el secundario también se lo puede hacer con las corrientes primaria y secundaria. Y de la misma manera, esta relación es igual al número de vueltas.

$$\frac{I_{prim}}{I_{secun}} = n$$

De donde obtenemos la siguiente expresión para encontrar la corriente en el devanado secundario:

$$I_{secun} = \left(\frac{1}{n}\right) I_{prim}$$

Transformador Elevador

En un transformador elevador, n es mayor que 1. Por lo cual la corriente en el devanado secundario será menor que en el primario.

Transformador Reductor

En un transformador reductor, n es menor que 1, entonces la corriente primaria es menor que la secundaria.

En cuanto a la relación entre los voltajes y las corrientes de ambos devanados. Cuando el voltaje del secundario es mayor que la del primario, la corriente del secundario será menor. Y cuando el voltaje en el primario es mayor que el voltaje en el secundario la corriente en el primario será menor.

Potencia

Al conectar una resistencia de carga al devanado secundario, la potencia que se transfiere a dicha carga no debe ser mayor que la potencia presente en el devanado primario.

En el caso de un transformador ideal, la potencia entregada al devanado primario es igual a la potencia que ha sido entregada a la carga, por el devanado secundario. Esto ocurre independientemente de la relación de vueltas.

Las pérdidas de potencia se dan debido a que esta ha sido disipada en el transformador, mas no en la carga. Por lo cual, la potencia en la carga siempre será menor que en el devanado primario. Y en el transformador nunca podrá incrementarse la potencia, lo que indica que si el voltaje se incrementa la corriente se reduce, o viceversa.

CARGA REFLEJADA

Carga reflejada es la resistencia (R_{prim}) que la fuente del circuito primario percibe. El valor de esta resistencia viene dado por la relación de vueltas (n) y el valor de la resistencia de carga (R_L). La carga esta conectada al secundario, sin embargo, a causa del transformador se fleja en el primario, es por esto que recibe el nombre de “reflejada”.

$$R_{prim} = \left(\frac{1}{n}\right)^2 R_L$$

En un transformador elevador, donde n es mayor que 1, la resistencia reflejada es menor que la resistencia real.

En un transformador reductor, donde n es menor que 1, la resistencia reflejada es mayor que la resistencia real.

IGUALACIÓN DE IMPEDANCIA

La impedancia es la oposición a la corriente que se presenta en un circuito conformado por una resistencia y un capacitor, tomando en cuenta el efecto que la resistencia y la capacitancia tienen sobre el mismo.

Igualación de impedancia es hacer que la resistencia reflejada parezca tener el mismo valor de la fuente conectada en el circuito primario. Cuando esto ocurre el transformador tomara el nombre de transformador de igualación de impedancia o transformador igualador, donde también se transforman reactancias e impedancias.

Para lograr que la resistencia reflejada (R_{prim}) sea igual a la resistencia interna de la fuente (R_{int}), lo que se debe hacer es lograr el valor de la relación de vueltas (n) adecuado para que en los cálculos se obtenga la igualación deseada. Para lo cual se utiliza la ecuación:

$$n = \sqrt{\frac{R_L}{R_{prim}}}$$

CARACTERÍSTICAS DE UN TRANSFORMADOR NO IDEAL

Resistencia de devanado: El devanado primario y secundario tiene una resistencia de devanado ,resulta en menos voltaje a través de la carga secundaria

Pérdidas en el núcleo: Existen una conversión que aparece como calentamiento se genera en el hierro y ferrita se lo conoce como perdida por histéresis y el resto es corriente parasita.

Dispersión de fujo magnético :En un transportador no ideal las líneas de flujo magnético se escapan del núcleo y pasan a través del aire

Capacitancia de un devanado :Existen capacitancias parasitas ,tiene muy poco efecto en la operación del transformador a baja frecuencia

Potencia no nominal de un transformador :Se genera una potencia aparente

Eficiencia de un transformador :Se provoca una pérdida de potencia

La eficiencia: Mide el porcentaje de la potencia de entrada suministrada a la de salida

TRANSFORMADORES CON TOMAS

Toma central :Equivale a dos devanados secundarios con la mitad del voltaje total para cada uno

Transformadores con múltiples devanados: consta por lo general de dos devanados primarios los cuales pueden estar en serie o paralelo

Autotransformadores: es cuando el devanado sirve como primario o secundario.

No existe aislamiento eléctrico entre el devanado primario y secundario.

Son más pequeños y livianos.

LOCALIZACIÓN DE FALLAS

Fallas comunes

Apertura en el devanado primario o secundario

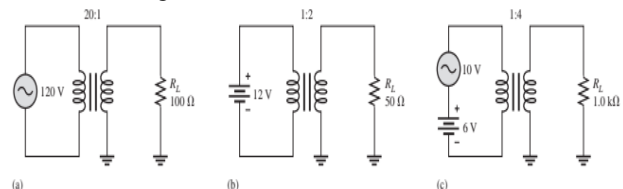
Apertura en el devanado primario: No hay corriente en el devanado primario por lo cual no genera corriente o voltaje secundario

Apertura en el devanado secundario: Proporciona una corriente primaria muy pequeña que puede ser prácticamente cero

Devanados en corto circuitos :Son fallas muy difícil de localizar y muy raras

III. DESARROLLO

¿Cuál es el voltaje a través de la carga en cada uno de los circuitos de la figura?



Para el circuito (a) tenemos la relación:

$$20 : 1 \rightarrow n = \frac{1}{20} \rightarrow n = 0.05$$

Tenemos la fórmula:

$$V_{sec} = nV_{pri} \rightarrow V_{sec} = 0.05 \cdot 120\ \text{V}$$

$$\therefore V_{sec} = 6 V$$

Para el circuito (b) tenemos la relación:

$$1 : 2 \rightarrow n = \frac{2}{1} \rightarrow n = 2$$

Tenemos la fórmula:

$$V_{sec} = nV_{pri} \rightarrow V_{sec} = 2 \cdot 12 V$$

$$\therefore V_{sec} = 24 V$$

Para el circuito (c) tenemos la relación:

$$1 : 4 \rightarrow n = \frac{4}{1} \rightarrow n = 4$$

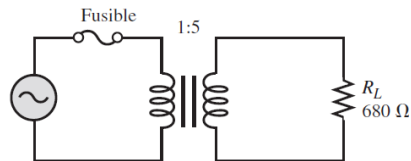
Tenemos la fórmula:

$$V_{sec} = nV_{pri} \rightarrow V_{sec} = 4 \cdot 6 V$$

$$\therefore V_{sec} = 24 V$$

¿Cuál es la resistencia en la carga vista por la fuente en la figura 14-47?

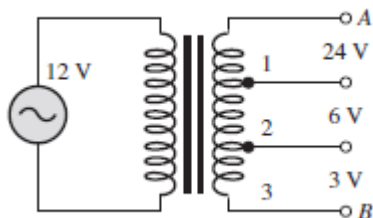
► FIGURA 14-47



$$n = \frac{5}{1} = 5$$

$$R_{prim} = \left(\frac{1}{n}\right)^2 R_L = \left(\frac{1}{5}\right)^2 680 = 27.2 \Omega$$

Con los voltajes indicados en la figura 14-52, determine la relación de vueltas de cada sección de toma del devanado secundario al devanado primario.



$$V_{A1} = n_{A1}V_{prim}$$

Despeje de la formula y se procede a obtener la relación de vueltas.

$$n_{A1} = \frac{V_{A1}}{V_{prim}} = \frac{24}{12} = 2$$

$$n_{A2} = \frac{V_{A2}}{V_{prim}} = \frac{6}{12} = 0.5$$

$$n_{3B} = \frac{V_{3B}}{V_{prim}} = \frac{3}{12} = 0.25$$

IV. CONCLUSIONES

Al conectar una carga en el devanado secundario se obtendrá una corriente y con el voltaje que ha sido inducido devanado se podrá calcular la potencia suministrada a la carga, esta potencia será igual a la entregada por la fuente en el primario, lo cual nos permite conocer la potencia del transformador. La potencia en un transformador nunca podrá incrementarse, por su dependencia del voltaje y corriente.

Al realizar una comparación de los valores de los componentes presentes en el primario y el secundario se observa que la potencia es igual en ambos independientemente de la relación de vueltas. Mientras que en la comparación entre la resistencia reflejada y la de carga sus valores difieren, una de las razones siendo la directa influencia de n .

Para diversas aplicaciones es necesario lograr una transferencia de potencia máxima, para lo cual la resistencia interna de la fuente en el primario debe ser igual a la resistencia reflejada. Esto se consigue manipulando la relación de vueltas. Una vez alterado n el transformador viene a ser uno igualador o de igualación de impedancia.

Al conectar una carga en el devanado secundario se obtendrá una corriente y con el voltaje que ha sido inducido devanado se podrá calcular la potencia suministrada a la carga, esta potencia será igual a la entregada por la fuente en el primario, lo cual nos permite conocer la potencia del transformador. La potencia en un transformador nunca podrá incrementarse, por su dependencia del voltaje y corriente.

Al realizar una comparación de los valores de los componentes presentes en el primario y el secundario se observa que la potencia es igual en ambos independientemente de la relación de vueltas. Mientras que en la comparación entre la resistencia reflejada y la de carga sus valores difieren, una de las razones siendo la directa influencia de n .

Para diversas aplicaciones es necesario lograr una transferencia de potencia máxima, para lo cual la resistencia interna de la fuente en el primario debe ser igual a la resistencia reflejada. Esto se consigue manipulando la relación de vueltas. Una vez alterado n el transformador viene a ser uno igualador o de igualación de impedancia.

Finalmente, un transformador

Los transformadores están compuestos por diferentes elementos entre los que destacan como principales el núcleo y los devanados (primario y secundario). Existen fallas que

son fácil de percibir como muy difícil de detectar entre las fallas más comunes encontramos de los devanados estén abiertos o que el dispositivo esté funcionando en condiciones que sobre pasan los parámetros por lo cual se debe generar un análisis para los transformadores y con el uso de multímetros observar el comportamiento que se da la sea en el devanado primario como secundario

Katherine Arevalo Aguilar nació en Ibarra, Ecuador el 1 de abril de 1999. Cursando la carrera de ingeniería mecatrónica en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

Juan Suntaxi Naula nació en Sangolquí, Ecuador el 16 de agosto de 1999. Estudiante de Ingeniería Mecatrónica en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

V. RECOMENDACIONES

Tener conocimiento previo de que es un transformador y como trabaja el mismo.

Tener presente que devanado es el que se va a estudiar.

En lo que es localización de fallas tener presente que falla es la que se está generando internamente.

APÉNDICE

Proteus es una aplicación para la ejecución de proyectos de construcción de equipos electrónicos en todas sus etapas: diseño del esquema electrónico, programación del software, construcción de la placa de circuito impreso, simulación de todo el conjunto, depuración de errores, documentación y construcción.

Tinkercad es un software gratuito online creado por Autodesk es una sencilla aplicación en línea de diseño impresión 3D que todos pueden usar. El objetivo de tinkercad es ofrecer una herramienta online de diseño e impresión 3D de manera fácil. Una de sus ventajas es la interfaz de trabajo ya que es intuitiva y atractiva para el usuario. Una desventaja del software es que no se puede trabajar si el usuario no cuenta con una conexión a internet.

RECONOCIMIENTO

D.A. agradece al Sr. Ingeniero Edwin Alulema por impartir las clases de Fundamentos de Circuitos Electrónicos procurando la plena comprensión de los estudiantes.

K.A. agradecimientos del autor para el ingeniero por facilitar su conocimiento sobre el tema.

REFERENCIAS

- [1] Floyd, Thomas L., (2007). *Principios de circuitos eléctricos*. México. PEARSON EDUCACIÓN.

Biografía Autor(es)

David Alcocer Ojeda, nació en Quito, Ecuador el 4 de julio de 1998. Actualmente está estudiando la carrera de Ingeniería en Mecatrónica en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.