

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN TRANSFORMADOR ELÉCTRICO

Daniel Fernando Aranda Contreras, Carlos Fernando Torres Ferrer
Escuela E3T, Universidad Industrial de Santander
Correo electrónico: {daniel2221648, carlos2221116 }@correo.uis.edu.co

Index Terms—Transformador Tensión, Bobinado, Relación de transformación, Aislante, Fusibles, Corriente, Potencia, Diseño, Construcción.

Resumen—For this activity, "Design and Construction of an Electrical Transformer, in the subject Electrical Machines I, which aims to improve ABET student outcome 6: Ability to develop and conduct appropriate experiments, analyze and interpret data, and use engineering judgment to draw conclusions." The objective is to construct a transformer model that will be evaluated against rubric. Therefore, the following report will detail the transformer design, including its dimensions, coil gauge, number of turns in each winding, etc. The details and results of voltage, current, and power obtained through short-circuit and open-circuit tests in the High Voltage laboratories will also be specified.

I. INTRODUCCIÓN

Los transformadores se han convertido en parte esencial de nuestro día a día, los podemos encontrar en muchos lados, incluso en nuestras casas, estos dispositivos permiten hacer el cambio de tensión para facilitar el manejo de esta, podemos encontrarlo en cargadores cuya función es reducir la tensión para el correcto funcionamiento y evitando el daño del dispositivo a cargar, se encuentran también en las ciudades donde su función es disminuir la tensión para el uso comercial o para el uso doméstico, así como el transformador puede ser un reductor también puede ser elevador, este transformador es principalmente utilizado en el principio de la cadena de producción de energía eléctrica, su función es elevar la tensión a cierto punto en el cual permite la transmisión de energía disminuyendo en gran medida sus pérdidas.

II. RESUMEN

Para esta actividad "Diseño y construcción de un transformador eléctrico" de la asignatura máquinas eléctricas I que tiene como finalidad mejorar el student outcome 6 del ABET: "Capacidad para desarrollar y llevar una experimentación adecuada, analizar e interpretar datos y usar juicios de ingeniería para sacar conclusiones.", se requiere como finalidad construir un modelo de transformador que será evaluado con respecto a una rúbrica, por lo cual, en el siguiente informe se detalla a fondo el diseño del transformador, como lo son sus dimensiones, el calibre de sus bobinas, el número de vueltas de cada bobinado, etc. Así como también se va a especificar los detalles y resultados

de tensión, corriente y potencia, los cuales fueron obtenidos por medio de las pruebas de corto circuito y de circuito abierto en los laboratorios de Alta Tensión.

III. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Si bien en el diseño no se tiene un transformador ideal, es importante entender el principio de funcionamiento de un transformador ideal, ya que este nos permite acercarnos a el funcionamiento del transformador real y de allí pasar al diseño del transformador.

III-A. Transformador ideal

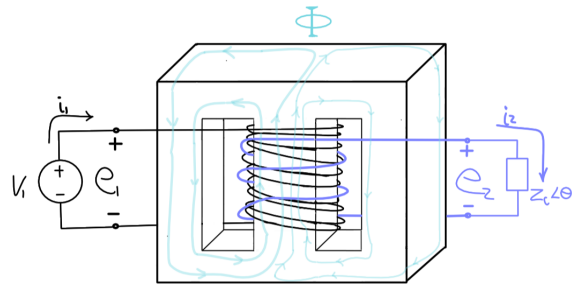


Figura 1: Modelo de transformador ideal.

A partir de la ley de Faraday-Lenz, se establece que la fuerza electromotriz (fem) inducida en un circuito es proporcional a la rapidez de cambio del flujo magnético a través de él. Resultado para una bobina La ecuación que describe esta relación es la siguiente:

$$e_1 = N_1 \cdot \frac{d\Phi}{dt} \quad (1)$$

e	F.e.m inducida en la bobina.
N	Número de vueltas de la bobina.
Φ	Flujo magnético a través de la bobina.

Si se tiene que la fuente es una senoide, el flujo magnético es:

$$\Phi = \Phi_m \cdot \sin(\omega t) \quad (2)$$

Puesto que es un transformador ideal, la f.e.m. inducida en el primario es igual a la tensión de entrada, por lo que se puede escribir la ecuación 1 como:

$$V_1 = N_1 \cdot \frac{d\Phi}{dt} = N_1 \cdot \frac{d}{dt}(\Phi_m \cdot \sin(\omega t))$$

$$\begin{aligned}
&= N_1 \cdot \Phi_m \cdot \omega \cdot \cos(\omega t) [V] \\
V_1 &= \frac{N_1 \cdot \Phi_m \cdot \omega}{\sqrt{2}} [V_{rms}] \\
V_1 &= N_1 \cdot \Phi_m \cdot \frac{f \cdot 2\pi}{\sqrt{2}} [V_{rms}] \quad (3)
\end{aligned}$$

Tenemos la ley de Gauss para campo magnético, que establece que el flujo magnético a través de una superficie cerrada es igual a la integral de la densidad de flujo magnético a través de esa superficie. La ecuación que describe esta relación es la siguiente:

$$\Phi = \int_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{S} \quad (4)$$

Como la sección transversal del núcleo es cuadrada, se puede escribir la ecuación 4 como: $\Phi = B \cdot S$. Finalmente de la ecuación 4 en 3 despejando para N se obtiene:

$$N_1 = \frac{V_{1rms}}{\Phi_m \cdot f \cdot \frac{2\pi}{\sqrt{2}}} = \frac{V_{1rms}}{B \cdot S \cdot f \cdot \frac{2\pi}{\sqrt{2}}} [\text{vueltas}] \quad (5)$$

f	frecuencia de la fuente.
V_{1rms}	Tensión eficaz en el primario.
Φ	Flujo magnético a través del arrollamiento.
B	densidad de flujo magnético.
S	Sección transversal del núcleo.

Transformador ideal: Transformador real:

Sin pérdidas	Con pérdidas
Sin resistencia	Con resistencia
Sin reactancia	Con reactancia
Sin saturación	Con saturación
Sin fuga de flujo	Con fuga de flujo

IV. DISEÑO

IV-A. Núcleo

El transformador es construido con láminas en forma de E y de I, el transformador se construye con 68 láminas de E y con 66 láminas de I, las cuales al ser acomodadas comprenden una sección transversal de $22 \cdot 38 [mm^2]$, la cual es la misma sección transversal de nuestro carrete. En la figura 3 se muestra las dimensiones de las laminas E además de la I del núcleo.

Como último paso cuando se tienen las vueltas alrededor del carrete, se posicionan las laminas como se muestra en la imagen 2.

IV-B. Carrete

El carrete comprende una sección transversal de $22 \cdot 38 [mm^2]$ y una altura de 33 [mm], estos datos son necesarios para poder hacer los cálculos del número de vueltas requeridas para el bobinado primario y el bobinado secundario. En la figura 3 se muestra las dimensiones de la sección transversal del carrete.

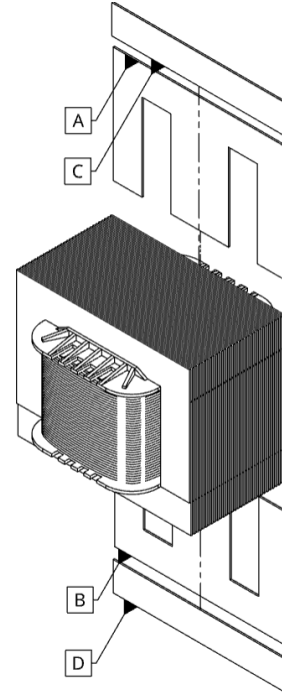


Figura 2: Plano de disposición de las laminas en el núcleo primero se alterna entre el paso A y B sucesivamente hasta que se tenga apretado el carrete y posterior se alterna entre el paso C y D.

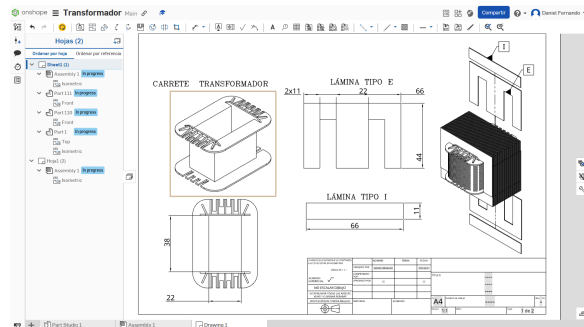


Figura 3: Plano con aspectos constructivos.

IV-C. Relación de transformación

Para la relación de transformación elegimos los voltajes de 120 [V] a 50 [V], al realizar la relación de transformación nos queda de la siguiente manera:

IV-D. Número de vueltas

IV-E. Bobinado primario

Teniendo el número de vueltas requerido para el lado primario es de 385, hacemos los cálculos de cuánta corriente podría pasar por el conductor según el voltaje seleccionado 120 [V] y la potencia que queremos 50 [W], seleccionamos un conductor adecuado el cual es cobre esmaltado de calibre — que permite el paso de una corriente de —.

IV-F. Bobinado secundario

Para hallar el número de vueltas que se requiere en el lado secundario lo despejamos de la fórmula de relación de transformación, al aplicarlo tenemos que la cantidad de vueltas será de 160, para este lado secundario también analizamos la corriente que pasará con un voltaje de 50 [V] y una potencia de 50 [W], seleccionamos un conductor de cobre esmaltado de calibre AWG 22 que permite el paso de una corriente de 0.92 A (amperios) a 1.5 A .

IV-G. Aislante

Se envolvió entre ambos bobinados una capa de papel aislante, el cual ayuda a cubrir ambos bobinados y separarlos entre ellos.

IV-H. Fusibles

Se agregaron dos fusibles, uno en cada borne de alimentación del transformador, es decir, uno de 2 [A] en el lado de tensión secundario y uno de 5 [A] en el lado de tensión primario, esto para prevenir posibles quemaduras o fallas en el dispositivo.

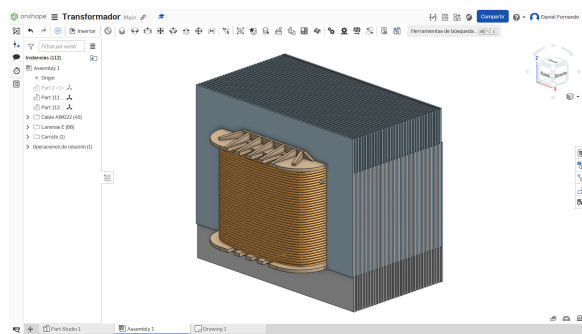


Figura 4: Resultado final del transformador (ocultando los fusibles y el papel aislante).