

Estudio de diferentes configuraciones de transformadores

Bryan Alejandro Berbesi Capacho¹, Nicolas Mantilla Molina², Santiago Andrés Montes Camacho³

Abstract

En la presente práctica de laboratorio, se llevó a cabo un análisis de la relación de los voltajes en el primario y el secundario de un transformador. Para ello, se hallaron las relaciones de transformación tanto en modo elevador como reductor y se comprobó un error extremadamente bajo en comparación con los valores teóricos, cumpliendo la ley de transformación.

En la segunda fase de la práctica, se estudiaron las diferencias de potencia y las pérdidas de esta en el circuito, variando las cargas (lámparas en serie y en paralelo). Los resultados demuestran que a medida que aumentan las lámparas en paralelo y disminuyen aquellas en serie, la diferencia de potencia ΔP aumenta, mientras las pérdidas de energía varían entre el 16.55% y el 25.79%, dependiendo de la carga en el circuito pero sin una dependencia aparente de si están en serie o paralelo. Esto apunta a que es importante y necesario conocer las configuraciones de las cargas en un circuito que implemente transformadores, con el fin de controlar la potencia disipada a lo largo del mismo.

1. Introducción

”La energía eléctrica es la fuerza que mueve el mundo” afirmaba Thomas Edison. Y es cierto, la energía eléctrica es una fuerza esencial que impulsa la

¹Email: bryan2210701@correo.uis.edu.co Cod: 2210701

²Email: nicolas2210707@correo.uis.edu.co Cod: 2210707

³Email: santiago2210718@correo.uis.edu.co Cod: 2210718

mayoría de las actividades diarias, desde la iluminación de nuestras casas hasta el funcionamiento de la industria. Para lograr esto, se utilizan transformadores que permiten la generación de energía eléctrica a baja tensión y su posterior transformación a niveles más altos, reduciendo las pérdidas y mejorando la seguridad en su transmisión.

El funcionamiento de los transformadores se basa en el principio de que cualquier variación de flujo magnético en un circuito cerrado genera una corriente inducida, y que esta corriente se mantiene mientras el flujo magnético se mantiene constante. Por esta razón, la corriente alterna se emplea en los transformadores, ya que es más eficiente y permite una mejor transmisión de la energía. La relación de transformación es un aspecto clave de los transformadores, ya que establece la relación entre la tensión de entrada y la tensión de salida. Por lo tanto, se plantean las siguientes preguntas de investigación: ¿Cómo se comporta un transformador real en su funcionamiento? ¿En qué consiste la relación de transformación y cómo influye en el funcionamiento del transformador?

2. Objetivos

2.1. Objetivo General

Determinar las relaciones de transformación y la potencia disipada en diferentes configuraciones de transformadores.

2.2. Objetivos específicos

- Medir el voltaje introducido en el primario y el producido en el secundario para hallar las relaciones de transformación en los transformadores.
- Mensurar el voltaje y la corriente a lo largo de diferentes circuitos de transformadores para encontrar la potencia disipada.

3. Marco Teórico

El transformador[1] es un dispositivo que modifica la tensión de corriente alterna que entra y sale, ya sea para aumentarla o disminuirla. El transformador se compone de dos o más bobinas de material conductor, devanadas sobre un núcleo cerrado de material ferromagnético, pero aisladas entre sí eléctricamente. La única conexión entre las bobinas es el flujo magnético común que se establece en el núcleo.

El núcleo generalmente es fabricado de hierro o láminas apiladas de acero eléctrico, una aleación adecuada para optimizar el flujo magnético. El devanado es un hilo de cobre enrollado a través del núcleo en uno de sus extremos, recubierto por una capa aislante. Este conjunto de vueltas se llama bobinas, y se denominará "primario" a la que recibe la tensión de entrada y "secundario" a aquella que dona la tensión transformada.

La relación de vueltas del hilo de cobre entre el primario y el secundario indica la relación de transformación, la cual se representa matemáticamente mediante la ecuación

$$\frac{n_{secundario}}{n_{primario}} = \frac{V_{secundario}}{V_{primario}} = \frac{I_{primario}}{I_{secundario}}. \quad (1)$$

El nombre de primario y secundario es totalmente simbólico, ya que dependiendo del uso que se le quiera dar al transformador, se puede aplicar la tensión de entrada y obtener la tensión de salida en cualquiera de las bobinas.

4. Metodología

Este proyecto de investigación se centrará en el estudio de los transformadores, con el objetivo de comprender su funcionamiento y características. Para ello, se utilizará el método inductivo, que se basa en la observación sistemática y el registro de múltiples datos. Se dividirá en dos fases metodológicas,

cada una de las cuales se enfocará en un aspecto específico.

La primera fase se dedicará a determinar la relación de transformación del transformador, es decir, la relación entre la tensión de entrada y la tensión de salida (Ecuación 1). Para ello, se medirá experimentalmente la tensión en ambas bobinas y se calculará la relación.

En la segunda fase se analizará la potencia disipada del transformador, es decir, la cantidad de energía que se pierde en el dispositivo durante su funcionamiento. Se medirá experimentalmente la corriente y la tensión en ambas bobinas, y se calculará la potencia disipada para 5 diferentes cargas en el circuito:

- 3 Lámparas en serie.
- 2 Lámparas en serie.
- 1 Lámpara.
- 2 Lámparas en paralelo.
- 3 Lámparas de paralelo.

Por último, se sintetizarán los resultados obtenidos en un informe, donde se compararán los datos experimentales con la teoría para evaluar la validez de los mismos. Se analizará el rendimiento del transformador y se discutirán las implicaciones prácticas de los hallazgos. En general, se busca entender mejor el funcionamiento de los transformadores.

5. Tratamiento de datos

Durante la práctica se realizaron tres tomas de datos para ambas fase. En la primera fase se midieron el voltaje de entrada y de salida del transformador manteniendo la relación $N_s > N_p$, es decir, transformador elevador. Seguidamente se realizó la misma medición, esta vez manteniendo la relación $N_s < N_p$,

es decir, transformador reductor (ver Anexo A). Para la segunda fase se midieron voltaje y corriente de entrada y salida en 5 diferentes circuitos con diferentes cargas (ver Anexo B). Cabe destacar que, para la primera fase se realizaron 5 medidas variando el voltaje en cada caso, mientras que en la segunda se realizó una sola medición para cada configuración estudiada con un valor fijo de voltaje.

En primera instancia, se aplicaron modelos lineales para describir la relación entre el voltaje de entrada y de salida en los casos planteados para la fase uno, de los cuales, luego de hallar la relación de transformación experimental mediante la pendiente de la regresión, se compara esta con el valor de la relación teórica obtenida de la cantidad de vueltas en los embobinados principal N_p y secundario N_s (Ecuación 1) para de esta forma verificar cómo se relacionan las tensiones en los circuitos unidos por el transformador, hallando errores porcentuales y verificando la calidad de la regresión mediante el error MSE (error del promedio de las diferencias cuadradas)[2] con el fin de dar confianza a los valores hallados.

En segundo lugar, para la segunda fase, mediante los voltajes y corrientes de entrada y salida, se calculan los valores de potencia en el circuito primario, con la fuente y el secundario, con las cargas. De esta forma, se procede a calcular tanto los valores correspondientes de las relaciones de transformación en cada caso, así como la potencia disipada en el circuito, siendo esta la diferencia entre la potencia inicial y la final. Finalmente, se calcula el porcentaje de pérdida de cada sistema, para poder comparar entre estas configuraciones.

6. Análisis y resultados

Como se describió anteriormente, en la primera parte de la fase uno se visualizó la relación entre voltaje en el primario y en el secundario mediante una gráfica y se planteó un modelo lineal como el mostrado en la figura 1.

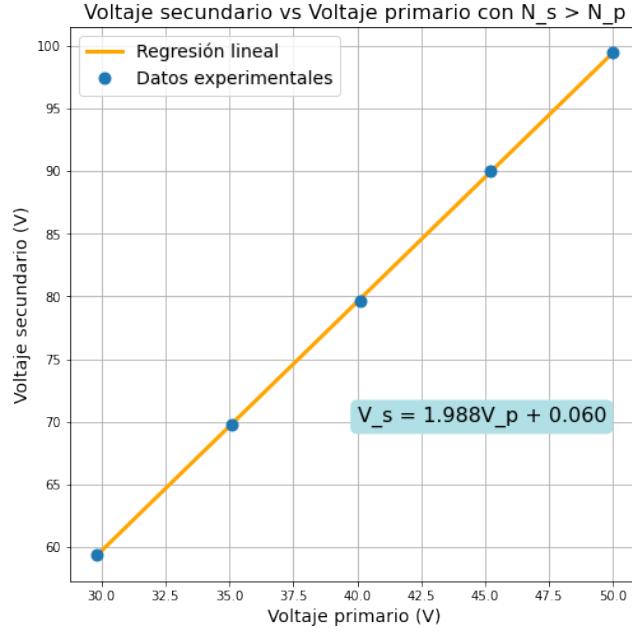


Figure 1: Voltaje secundario en función del primario para el transformador en modo elevador. En este caso, $N_s = 500$ es mayor a $N_p = 250$. La pendiente representa la relación de transformación.

Como es fácil apreciar, los puntos se ven muy bien descritos mediante la regresión lineal planteada, aún así, para cuantificar esta determinación de los puntos sobre la regresión se calculó $MSE = 0.014$, lo cual da un nivel alto de confianza para la regresión como representación de la relación. Siendo así, podemos obtener el valor experimental de la relación de transformación tomando la pendiente de la regresión (debido al bajo valor del intercepto, este es despreciable). En este sentido, la relación obtenida es 1.988, la cual tiene un error relativo respecto al teórico de 0.6%.

De forma muy similar, se procede para la segunda parte, donde $N_s < N_p$. Así, la regresión se observa en la figura 2.

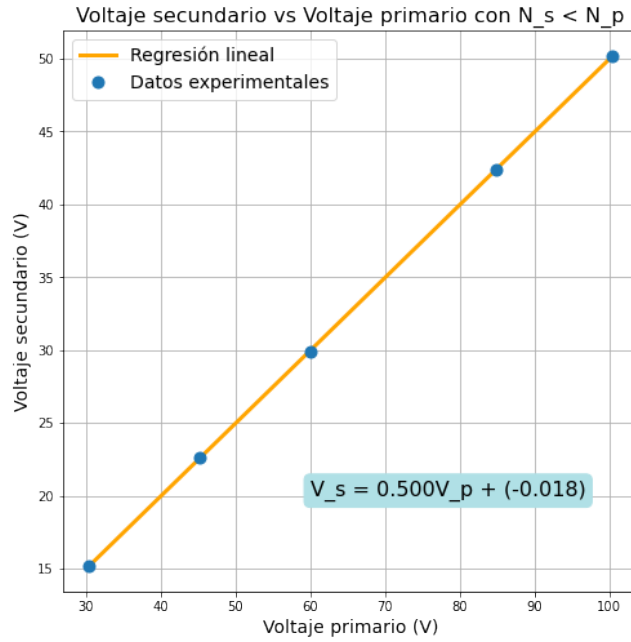


Figure 2: Voltaje secundario en función del primario para el transformador en modo reductor. En este caso, $N_s = 250$ es menor a $N_p = 500$. La pendiente representa la relación de transformación.

De esta forma, para este caso se obtuvo un valor de error para la regresión $MSE = 0.002$, dando confianza sobre su validez. De aquí se extrae el valor de la pendiente, el cual resulta ser 0.500, el cual, para la incertidumbre de tres decimales con el que dispone, mantiene un error del 0%.

En la segunda fase se procedió a calcular los distintos valores de la relación de transformación del voltaje r_V y la corriente r_I , los cuales, por conservación de la potencia, deberían mantener una relación inversa (Ecuación 1). Además, se calcularon tanto la diferencia de potencial ΔP como la representación porcentual de esta pérdida respecto a la potencia de entrada P_p ; estos valores se registraron en la tabla 1.

Carga en el circuito	r_V	r_I	$\Delta P[W]$	Pérdidas [%]
3 Lámparas en serie	1.960	0.396	5.97	22.31
2 Lámparas en serie	1.957	0.379	7.57	25.79
1 Lámpara	1.933	0.412	8.19	20.27
2 Lámparas en paralelo	1.844	0.453	11.34	16.55
3 Lámparas de paralelo	1.647	0.464	24.86	23.52

Table 1: Valores de las relaciones de transformación de voltaje r_V y corriente r_I , así como la diferencia de potencia en el circuito primario y el secundario ΔP ; y el porcentaje del mismo respecto a la potencia de entrada P_p . Se evidencia un aumento en la diferencia al variar en el orden presentado las cargas que consumen la potencia.

Respecto a estos valores, cabe destacar que, primero, cada vez se aprecia un empeoramiento de r_V respecto al valor teórico $N_s/N_p = 2$, mientras que r_I mejora respecto a su valor $N_p/N_s = 0.5$. De igual forma, ΔP aumenta su valor para cada carga. Todas estas tendencias se observan al disminuir la cantidad de lámparas en serie y aumentar las lámparas en paralelo una vez se llega a una sola lámpara. Finalmente, es en Pérdidas [%] en donde no se encuentra una tendencia para el orden mencionado, ni para algun otro orden lógico, por lo que solo cabe destacar que el menor porcentaje de pérdidas se encuentra en el circuito con 2 lámparas en paralelo y mayor con 2 lámparas en serie, con 16.55[%] y 25.79[%], respectivamente.

Cabe destacar que los cálculos pertinentes así como los archivos de datos tomados en la práctica se pueden encontrar en el repositorio⁴ en el que se alojan los proyectos de laboratorio de física 2, en los cuales, los datos fueron analizados en un Notebook de Jupyter, entorno de desarrollo de Python.

7. Conclusiones

Primeramente es importante resaltar la linealidad de los voltajes en el primario y el secundario, lo que permitió hallar las relaciones de transformación

⁴Repositorio en Github: Click aquí.

para el transformador en modo elevador y reductor, los cuales, a su vez, dieron un error extremadamente bajo respecto al teórico dentro de la incertidumbre que se puede analizar con las herramientas empleadas, satisfaciendo la ecuación 1.

Así mismo, en la segunda fase, se analizaron las diferencias de potencia en las dos partes del circuito para diferentes configuraciones de cargas (lámparas en serie y en paralelo), cuyo análisis destaca que ΔP aumenta al disminuir las lámparas en serie y al aumentar las lámparas en paralelo, pasando por una sola lámpara; además, las pérdidas de potencia se presentan en un porcentaje que varía de 16.55 a 25.79, dependiendo de la carga en el circuito pero sin dependencia aparente de si está en serie o en paralelo. Todo esto indica la importancia de tener en cuenta la carga en el circuito a la hora de diseñar un sistema eléctrico y optimizar su eficiencia energética.

Finalmente, cabe resaltar la importancia de la practica en el laboratorio, con el fin de mejorar las habilidades experimentales en los estudiantes, entendiendo de manera práctica y evidencial cómo las nociones y conceptos usualmente empleados en ciencia se relacionan entre sí.

8. Referencias

- [1] Bauer, W. and Westfall, G. D. (2011). *University physics*. McGraw-Hill New York, NY.
- [2] Miguel, A. H. M. and Jose, M. (2009). *Laboratorio de fisica*. Pearson Prentice Hall.

9. Anexos

9.1. Anexo A

	1	2	3	4	5
$V_p[V]$	50	45.2	40.1	35.1	29.8
$V_s[V]$	99.5	90	79.6	69.8	59.4

Table 2: Valores de voltaje de entrada V_p y salida V_s en el transformador donde el embobinado primario $N_p = 250$ tiene menor cantidad de vueltas que el secundario $N_s = 500$. De la tabla se puede inferir que la relación de transformación aparente es dos.

	1	2	3	4	5
$V_p[V]$	100.4	84.9	60.0	45.2	30.4
$V_s[V]$	50.2	42.4	29.9	22.6	15.2

Table 3: Valores de voltaje de entrada V_p y salida V_s en el transformador donde el embobinado primario $N_p = 500$ tiene mayor cantidad de vueltas que el secundario $N_s = 250$. De la tabla se puede inferir que la relación de transformación aparente es 0.5.

9.2. Anexo B

Carga en el circuito	$V_p[V]$	$I_p[A]$	$P_p[W]$	$V_s[V]$	$I_s[A]$	$P_s[W]$
3 Lámparas en serie	50.5	0.53	26.76	99.0	0.21	20.79
2 Lámparas en serie	50.6	0.58	29.35	99.0	0.22	21.78
1 Lámpara	50.5	0.80	40.40	97.6	0.33	32.21
2 Lámparas en paralelo	50.0	1.37	68.50	92.2	0.62	57.16
3 Lámparas de paralelo	50.1	2.11	105.71	82.5	0.98	80.85

Table 4: Valores de voltaje y corriente de entrada V_p , I_p y salida V_s , I_s , así como la potencia calculada a partir de $P = I \times V$ para cada carga en el circuito con el transformador en modo elevador ($N_s > N_p$). Es fácil notar como hay variaciones entre la potencia a un lado del transformador y al otro, así como un aumento de esta misma diferencia.