

# DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS Y CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DE UN TRANSFORMADOR TRIFÁSICO (VACÍO, CORTOCIRCUITO, REGULACIÓN Y RENDIMIENTO)

Diana Fernanda Abril Roa, Daniel Fernando Aranda Contreras, Dairo Alexander Lobo Moreno,  
Yulieth Valentina Portilla Jaimes

Escuela E3T, Universidad Industrial de Santander

Correo electrónico: {diana2212074, daniel2221648, dairo2221123, yulieth2221136}@correo.uis.edu.co

**Resumen**—Para entender y modelar un transformador, necesitamos conocer sus impedancias (núcleo y cortocircuito), lo cual se determina con las pruebas de vacío y de cortocircuito. Estos ensayos brindan información esencial sobre potencia, tensión y corriente. Es vital comprender el rendimiento y la regulación del transformador en sus aplicaciones.

En este documento se analizan los resultados de pruebas y mediciones aplicadas a un transformador trifásico, demostrando el efecto de diferentes niveles de tensión y carga sobre su rendimiento y regulación.

**Index Terms**—Transformador, Trifásico, Pruebas Eléctricas, Vacío, Cortocircuito, Impedancia, Eficiencia, Regulación, Modelado.

## I. PROCEDIMIENTO

### I-A. Pruebas de vacío

Se realizó por el lado de baja tensión (BT) dejando el lado de alta tensión (AT) en vacío es decir, sin carga conectada



Figura 1: Placa de datos transformador

La tensión nominal por fase en el devanado de BT es 126 V, por lo tanto:

$$V_{\text{línea}} = \sqrt{3} V_{\text{fase}} = \sqrt{3} \cdot 126 \approx 218,18 \text{ V}$$

Esta tensión fue el valor aplicado en la fuente.

Datos medidos:

- Potencia

$$P_0 = 3 \text{ W}$$

- Corriente

$$I_0 = 0,18 \text{ A}$$

Con esto es posible hallar los parámetros de la rama de magnetización

$$\theta = \cos^{-1} \left( \frac{P}{\sqrt{3} V_{ac} I_{ac}} \right) = 87,4722^\circ$$

$$Y_m = \frac{I_{ac}}{V_{ac}} \angle \theta = \frac{0,18}{218,8} \angle 87,4722^\circ$$

$$Y_m = 3,638 \times 10^{-5} + j 8,242 \times 10^{-4} = G + jB$$

$$R_m = \frac{1}{G} = 2,7483 \times 10^4 \quad X_m = \frac{1}{B} = 1,2133 \times 10^3$$

## II. PRUEBA DE CORTOCIRCUITO

La **prueba de cortocircuito** permite determinar los parámetros de la impedancia equivalente del transformador. A continuación, se presentan las mediciones realizadas cuando el transformador fue alimentado por el lado de alta tensión (AT).

Cuadro I: Medidas de la prueba de cortocircuito.

Tensión (V)	Corriente (A)	Potencia (W)
4.71	19.5	150

A partir de las pruebas de cortocircuito es posible calcular los parámetros de la impedancia equivalente del transformador, tal como se muestra a continuación.

Con los resultados de las pruebas de vacío y cortocircuito ya obtenidos, se determinaron todos los parámetros esenciales

Cuadro II: Cargas del laboratorio de Máquinas Eléctricas monofásica

Carga	Posición	Elemento	Potencia
R (Resistiva)	3	350 $\Omega$	138 W
	5	150 $\Omega$	330 W
	6	120 $\Omega$	410 W
	7	97 $\Omega$	500 W
L (Inductiva)	3	0.51 H	250 VAR
	5	0.30 H	420 VAR
	6	0.255 H	500 VAR
C (Capacitiva)	3	8 $\mu$ F	146 VAR
	5	15 $\mu$ F	364 VAR
	7	28 $\mu$ F	510 VAR

para construir el **circuito equivalente**, el cual se representa en la siguiente figura:

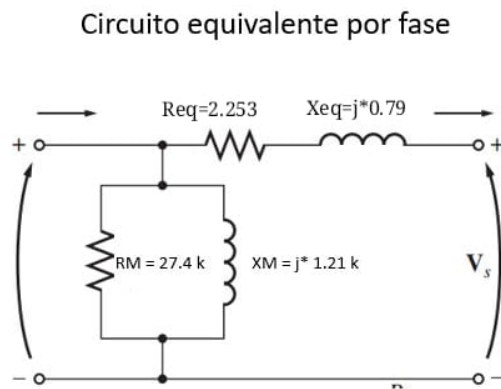


Figura 2: (Imagen del modelo del circuito equivalente)

### III. PRUEBA DE REGULACIÓN CON DIFERENTES CARGAS ELÉCTRICAS

La **regulación de voltaje** en un transformador trifásico mide la variación del voltaje secundario cuando el transformador pasa de estar sin carga (en vacío) a con carga nominal. En condiciones ideales, el transformador mantendría constante su tensión secundaria; sin embargo, debido a las caídas internas de tensión en la resistencia y reactancia de los devanados, el voltaje varía cuando se conecta una carga.

El cálculo de la regulación porcentual de voltaje se realiza mediante la expresión:

$$\text{Regulación (\%)} = \frac{V_{sc} - V_c}{V_c} \times 100 \quad (1)$$

Para las pruebas se emplearon los bancos de cargas monofásicos del laboratorio, cuyas características se resumen en la Tabla II.

En la Tabla III, Tabla IV y Tabla V se presentan los resultados obtenidos en el laboratorio para las pruebas de regulación del transformador trifásico, utilizando cargas resistivas, resistiva-inductiva y resistiva-capacitiva, respectivamente. En cada caso se muestran las tensiones medidas con y sin carga,

Cuadro III: Regulación carga R

Pos.	Tensión con carga (V)	Tensión sin carga (V)	Reg. (%)
3	365.8	368.6	0.76
5	362.9	368.6	1.57
7	358.0	368.6	2.96

Cuadro IV: Regulación carga RL (Paralelo)

Pos.	Tensión con carga (V)	Tensión sin carga (V)	Reg. (%)
3	364.6	368.6	1.10
5	360.9	368.6	2.13
6	357.3	368.6	3.16

así como el porcentaje de regulación calculado mediante la ecuación (1).

Los resultados obtenidos evidencian que la regulación del transformador aumenta conforme se incrementa la carga aplicada, lo cual coincide con el comportamiento teórico esperado. En todos los casos, los valores de regulación se mantuvieron bajos, entre 0.7 % y 4 %, indicando un buen desempeño del transformador y una impedancia interna reducida.

Además, se observa que las cargas inductivas presentan una ligera mayor variación respecto a las resistivas y capacitivas, debido al efecto del desfase entre corriente y tensión que incrementa la caída de tensión interna. No obstante, las diferencias entre los tres tipos de carga son pequeñas, lo cual puede atribuirse a que las potencias aplicadas no alcanzaron niveles muy altos y a que el transformador posee una buena capacidad de regulación. En general, los resultados muestran un comportamiento estable y coherente con la teoría, confirmando que la regulación depende directamente del tipo y la magnitud de la carga conectada.

### IV. RENDIMIENTO ( $\eta$ ) O EFICIENCIA

El rendimiento de un transformador se define como la relación entre la potencia total de salida ( $P_{out}$ ) y la potencia total de entrada ( $P_{in}$ ), expresado en porcentaje:

$$\eta = \frac{P_{out\_total}}{P_{in\_total}} \times 100 \%$$

#### IV-A. Condiciones de la Prueba y Datos de Potencia

La prueba se realizó con los siguientes voltajes de línea:

- **Voltaje de Línea de Entrada ( $V_{in}$ ):** 218 V
- **Voltaje de Línea de Salida ( $V_{out}$ ):** 360 V

Los valores de potencia activa medidos en cada fase (u, v, w) bajo estas condiciones son:

#### IV-B. Cálculo de Potencias Totales

##### IV-B1. Potencia Total de Salida ( $P_{out\_total}$ ):

$$P_{out\_total} = 419 \text{ W} + 417 \text{ W} + 421 \text{ W} = 1257 \text{ W}$$

Cuadro V: Regulación carga RC (Paralelo)

Pos.	Tensión con carga (V)	Tensión sin carga (V)	Reg. (%)
3	362.2	368.6	1.77
5	358.5	368.6	2.82
7	354.6	368.6	3.95

Cuadro VI: Potencias de Salida y de Entrada por Fase

Fase	Potencia de Salida $P_{out}$ [W]	Potencia de Entrada $P_{in}$ [W]
u	419	449
v	417	448
w	421	433

*IV-B2. Potencia Total de Entrada ( $P_{in\_total}$ ):*

$$P_{in\_total} = 449 \text{ W} + 448 \text{ W} + 433 \text{ W} = 1330 \text{ W}$$

*IV-C. Cálculo del Rendimiento ( $\eta$ )*

Sustituyendo los valores totales en la fórmula de eficiencia:

$$\eta = \frac{1257 \text{ W}}{1330 \text{ W}} \times 100 \%$$

$$\eta \approx 0,9451 \times 100 \%$$

$$\eta \approx 94,51 \%$$

*IV-D. Pérdidas del Transformador ( $P_{perd}$ )*

Las pérdidas totales bajo estas condiciones de voltaje y carga son:

$$P_{perd} = P_{in\_total} - P_{out\_total}$$

$$P_{perd} = 1330 \text{ W} - 1257 \text{ W} = 73 \text{ W}$$

El rendimiento del transformador trifásico bajo estas condiciones de operación es del **94,51 %**.

CONCLUSIONES

- Los resultados experimentales de la prueba de vacío coinciden con el comportamiento teórico del transformador, ya que la corriente medida es muy pequeña y el ángulo de desfase es elevado. Esto ocurre porque, al estar sin carga, predomina la componente reactiva (magnetizante) y las pérdidas activas en el núcleo son mínimas.
- La prueba de cortocircuito resultó ser un método fundamental y efectivo para determinar la resistencia equivalente ( $R_{eq}$ ) y la reactancia equivalente ( $X_{eq}$ ) del transformador. Estos parámetros son clave para la construcción del circuito equivalente, el cual es esencial para el modelado y análisis del rendimiento y del comportamiento transitorio de la máquina dentro del sistema eléctrico.
- Se comprobó que al conectar y aumentar la carga, la tensión en el secundario del transformador disminuye, lo que se refleja en un incremento del porcentaje de regulación y evidenciando que los valores obtenidos fueron bajos, refleja un buen comportamiento del transformador y su capacidad para mantener la tensión dentro de límites adecuados bajo distintas condiciones de carga.