

Funcionamiento eléctrico de un transformador de distribución de media tensión

Transformador trifásico de 200 kVA

Introducción

El transformador de distribución es uno de los equipos más importantes en los sistemas eléctricos de potencia, ya que permite **adaptar los niveles de tensión** desde media tensión hasta baja tensión para su uso seguro en instalaciones industriales, comerciales y de servicios.

En este documento se explica el **funcionamiento eléctrico de un transformador de distribución**, utilizando como ejemplo un **transformador trifásico de 200 kVA**, típico en redes de media tensión, con un enfoque claro pero con fundamento en ingeniería eléctrica.

¿Qué es un transformador de distribución?

Un transformador de distribución es un dispositivo eléctrico estático que transfiere energía eléctrica de un circuito a otro mediante **inducción electromagnética**, sin cambiar la frecuencia de la energía, pero modificando el nivel de tensión y corriente.

En aplicaciones típicas:

- El **lado de media tensión** recibe la energía desde la red de distribución.
- El **lado de baja tensión** suministra energía a cargas industriales o comerciales.



Principio físico de funcionamiento

El funcionamiento del transformador se basa en la **ley de inducción electromagnética de Faraday**.

Cuando una corriente alterna circula por el devanado primario:

- Se genera un **flujo magnético alterno** en el núcleo.
- Este flujo se enlaza con el devanado secundario.
- El flujo variable induce una tensión en el secundario.

La relación entre tensiones depende directamente de la **relación de vueltas** entre los devanados:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

Donde:

- V_1 = tensión en el primario (volts)
- V_2 = tensión en el secundario (volts)
- $N_1 = N_2$ = número de vueltas de cada devanado

Ejemplo de transformador de 200 kVA

Consideremos un transformador trifásico de distribución con las siguientes características típicas:

- **Potencia nominal:** 200 kVA
- **Tensión primaria:** 13.2 kV (media tensión)
- **Tensión secundaria:** 480/277 V o 220/127 V
- **Frecuencia:** 60 Hz
- **Tipo:** En aceite, refrigeración natural (ONAN)

El tipo "En aceite, refrigeración natural (ONAN)" se refiere a un método de enfriamiento de transformadores que usa Aceite Natural por Aire Natural (Oil Natural Air Natural), donde el calor se disipa por convección natural del aceite caliente que sube y el aire circundante que enfría, sin bombas ni ventiladores, siendo un sistema simple y confiable para transformadores pequeños a medianos.

Relación entre potencia, tensión y corriente

La potencia aparente de un transformador trifásico se expresa como:

$$S = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_L$$

Esto nos permite calcular las corrientes nominales.

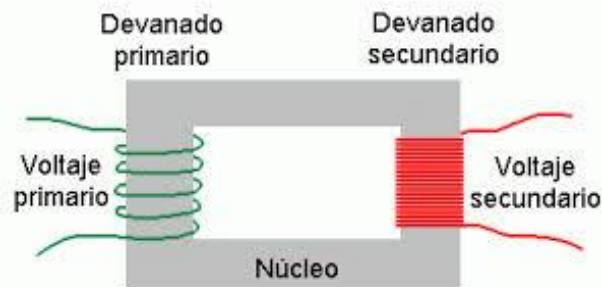
- ◆ **Corriente en el lado de media tensión**

$$I_{MT} = \frac{200,000}{\sqrt{3} \cdot 13,200} \approx 8.75 \text{ A}$$

- ◆ **Corriente en el lado de baja tensión (480 V)**

$$I_{BT} = \frac{200,000}{\sqrt{3} \cdot 480} \approx 240 \text{ A}$$

Esto muestra un principio clave del transformador: al bajar la tensión, la corriente aumenta, manteniendo aproximadamente la misma potencia.



Papel del núcleo magnético

El núcleo, generalmente fabricado de **acero al silicio laminado**, tiene como función:

- Confinar el flujo magnético
- Reducir pérdidas por corrientes parásitas
- Mejorar la eficiencia del acoplamiento magnético

Las laminaciones reducen las **pérdidas en el hierro**, que están presentes incluso cuando el transformador está energizado sin carga.

Pérdidas eléctricas en el transformador

En un transformador real existen pérdidas inevitables:

◆ Pérdidas en el núcleo

- Histéresis
- Corrientes parásitas
- Dependen del voltaje y la frecuencia

◆ Pérdidas en los devanados

- Efecto Joule (I^2R)
- Aumentan con la carga

En un transformador de distribución bien diseñado, la eficiencia puede superar el **98%** cerca de su carga nominal.

Regulación de voltaje

La **regulación de voltaje** indica cuánto cambia la tensión secundaria cuando el transformador pasa de vacío a plena carga.

Una buena regulación es fundamental para:

- Proteger equipos
- Mantener estabilidad en la red
- Evitar caídas excesivas de tensión

Por eso los transformadores de distribución están diseñados para operar de forma estable bajo variaciones normales de carga.

Importancia de la conexión del transformador

Las conexiones más comunes (Delta–Estrella, Estrella–Estrella, etc.) determinan:

- Nivel de tensión
- Manejo de neutro
- Comportamiento ante fallas
- Calidad de energía

En distribución, es común usar **Delta–Estrella aterrizada**, ya que ofrece estabilidad y facilita la protección del sistema.

Conclusión

Un transformador de distribución de 200 kVA es un equipo clave que permite llevar la energía eléctrica desde la media tensión hasta niveles utilizables de forma segura y eficiente.

Su funcionamiento se basa en principios fundamentales de la ingeniería eléctrica, como la inducción electromagnética, la conservación de la potencia y el control del flujo magnético.

Comprender su operación permite:

- Diseñar instalaciones más seguras
- Seleccionar correctamente protecciones
- Operar sistemas eléctricos con mayor confiabilidad



© Electrical HMO

Documento técnico original elaborado por Electrical – Proyectos y Construcción.

