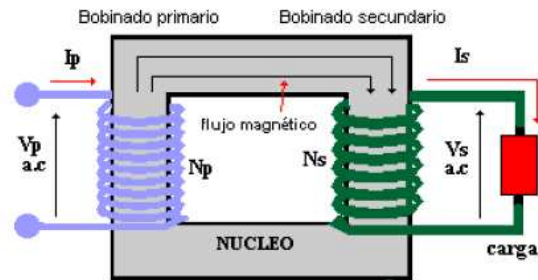


PRACTICA No. 1 EL TRANSFORMADOR

OBJETIVO. El estudiante aprenderá y conocerá físicamente las partes y características del TRANSFORMADOR, así como tomar la placa de datos como información.

El transformador es un dispositivo eléctrico estático que transfiere energía de un circuito a otro, del cual esta aislado eléctricamente, pero unido magnéticamente por un núcleo de acero laminado. Esta transferencia se hace sin cambio de frecuencia y la mayoría de las veces con cambio de voltaje y de corriente.

El circuito que recibe la energía del exterior o de la red se llama PRIMARIO y el que la entrega una vez ya transformada por efecto de inducción magnética se llama SECUNDARIO. El primario o el secundario pueden ser indistintamente el lado de alta tensión o el lado de bajo tensión.



La capacidad del aparato se mide en KVA.

Las pérdidas en el aparato están dadas por el porcentaje de impedancia, dato que debe proporcionar el fabricante. Entonces:

$$V_1 * I_1 = V_2 * I_2 + \text{Pérdidas.}$$

Las pérdidas son muy pequeñas y pueden despreciarse, entonces:

$$V_1 * I_1 = V_2 * I_2 \text{ Por lo tanto } (V_1/V_2) = (I_2/I_1)$$

Por ser una máquina estática, no tiene pérdidas mecánicas, sus pérdidas son únicamente eléctricas y pérdidas en el hierro. Por tal razón su rendimiento es extremadamente alto comparado con las máquinas eléctricas rotativas.

Los transformadores pueden dividirse en tres clases: Transformadores para Instrumentos, Transformadores de Corriente Constante y Transformadores de Potencial Constante.

Los transformadores de potencial constante se usan para sistemas de fuerza y alumbrado generalmente se dividen en dos grupos: Transformadores de Distribución y Transformadores de Potencia o de Fuerza.

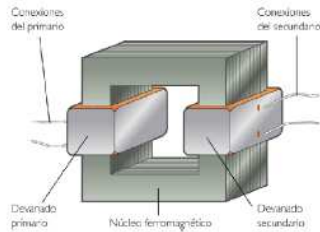
EQUIPO A UTILIZAR:

LOS TRANSFORMADORES QUE SE ENCUENTRAN EN LA PARTE DE LA SUBESTACIÓN DEL LABORATORIO Y TRANSFORMADOR DE 1000 VA 240-480/120 VOLTS, TRANSFORMADOR ITK.

PARTES DEL TRANSFORMADOR

Un transformador consta de numerosas partes, las principales son las siguientes:

- a) Núcleo magnético.
- b) Devanados, primario, secundario, terciario, etc.



a) El núcleo constituye el circuito magnético que transfiere energía de un circuito a otro. Y su función principal es la de conducir el flujo activo. Está sujeto por el herraje o bastidor, se construye de laminaciones de acero al silicio (4%) y sus gruesos son del orden de 0.0014 de pulgada (0.355mm) con un aislante de 0.001 de pulgada (0.0254mm).

b) Los devanados constituyen los circuitos de alimentación y carga, pueden ser de una, dos o tres fases y, por la corriente y número de espiras, pueden ser de alambre delgado o de barra. La función principal de los devanados es crear un campo magnético (primario) con una pérdida de energía muy pequeña y utilizar el flujo para inducir una fuerza electromotriz (secundario).

Las Partes auxiliares son:

- A) Tanque, recipiente o cubierta.
- B) Boquillas terminales.
- C) Medio refrigerante.
- D) Conmutadores auxiliares.
- E) Indicadores.



A) El tanque o recipiente es un elemento indispensable en aquellos transformadores cuyo medio de refrigeración no es el aire, sin embargo, puede prescindirse de él en casos especiales. Su función es la de radiar el calor producido en el transformador.

B) La boquilla permite el paso de la corriente a través del transformador evita que haya un escape indebido de corriente y con la protección contra flameo.

C) El medio refrigerante debe ser un buen conductor del calor, puede ser líquido (como la mayoría de transformadores de gran potencia) sólido, o semisólido.

D) Los conmutadores, cambiadores de derivaciones o taps, son órganos destinados a cambiar la relación de voltajes de entrada y salida, con objeto de regular el potencial de un sistema o la transferencia de energía activa o reactiva entre los sistemas interconectados. Existen dos tipos de ellos: El Sencillo, de cambio sin carga, y el perfeccionado, de cambio con carga por medio de señal, o automático.

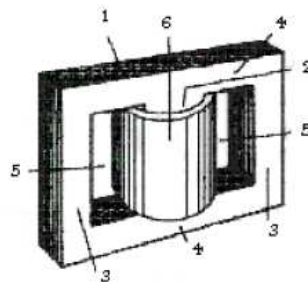
E) Los indicadores son aparatos que nos señalan el estado del transformador. Por ejemplo marcan el nivel del líquido, la temperatura, la presión, etc.



- 1 Boquillas de alta tension A.T.
- 2 Boquillas de baja tension B.T.
- 3 Valvula de muestreo de aceite
- 4 Cambiador de ajuste en taps
- 5 Radiadores de enfriamiento
- 6 Asas de levantamiento
- 7 Tanque conservador
- 8 Conector a tierra
- 9 Placa de datos

De acuerdo con su construcción a seguir los transformadores se distinguen de dos tipos que son: Tipo Columna y Tipo Shell o Acorazado.

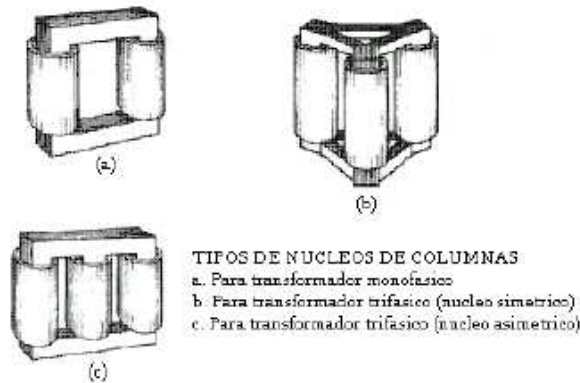
El tipo shell son aquellos cuyo núcleo va colocado envolviendo las bobinas o devanados. Este tipo se conocen como de circuito magnético envolvente.



NUCLEO ACORAZADO

1. Nucleo.
2. Columna central.
3. Piernas laterales.
4. Yugos superior e inferior.
5. Ventana.
6. Devanado.

El tipo columna son aquellos cuyas bobinas o devanados van colocados envolviéndose el núcleo de hierro. Este tipo se conocen como de circuito eléctrico envolvente.



Todo transformador necesita de un medio refrigerante siendo los principales el aire, el aceite y algunos líquidos inertes.

Por el tipo de enfriamiento pueden ser:

Clase AA. Tipo Seco, no contiene aceite ni otros líquidos para enfriamiento, son usados en voltajes nominales menores de 15 KVA.

Clase AFA. Tipo Seco con enfriamiento por aire forzado.

Clase OA. Sumergido en aceite o sumergido en líquido aislante con enfriamiento propio.

Clase OA/FA. Sumergido en aceite con enfriamiento propio y por medio de aire forzado, para aumentar la capacidad de disipación de calor.

Clase OA/FA/FOA. Sumergido en aceite, con enfriamiento propio y por medio de aire forzado, con adición de ventiladores y bombas para la circulación del aceite.

Clase OW. Tipo sumergido en aceite y enfriado con agua. El agua de enfriamiento es conducida por serpentines, los cuales están en contacto con el aceite aislante del transformador que circula por convección natural.



TIPO OA/FA/FOA

PRACTICA No. 2 MEDICION DE LA RESISTENCIA OHMICA.

OBJETIVO: El estudiante aprenderá a determinar el valor de la resistencia óhmica de cada uno de los devanados del transformador.

Es necesario conocer el valor de la resistencia óhmica de cada uno de los devanados del transformador para poder determinar:

- ✓ Perdidas por efecto joule(I^2R)
- ✓ Elevación de temperatura en el cobre

Una prueba que generalmente es de las últimas que se efectúan, es la de temperatura, y consiste en hacer trabajar el transformador a plena carga durante un tiempo prolongado con el objeto de provocar el calentamiento que inevitablemente ocurrirá durante su operación, debido a las diferentes pérdidas que se producen en los elementos eléctricos y magnéticos.

La medida de la resistencia óhmica juega un doble papel en esta prueba, como ya se mencionó, y es evaluar las pérdidas por el efecto joule dentro del conjunto de pérdidas que se determinan, estimar la temperatura de los embobinados, ya que no es posible medirla directamente con instrumentos sensores de temperatura. Para este último cálculo, se vuelve a medir la resistencia óhmica al término de la prueba, y valiéndonos de coeficiente térmico de resistividad, conociendo cuál ha sido la variación en la resistencia podemos determinar la correspondiente variación en la temperatura.

No obstante mencionamos que la prueba de temperatura es de las últimas en efectuarse, es recomendable medir la resistencia óhmica en frío antes que ninguna otra prueba, para garantizar que no ha habido causas de precalentamiento de los embobinados, y si al valor medido corresponderá a la del transformador.

Es por tanto necesario verificar para la primera medición que el transformador.

- No ha sido excitado durante un tiempo de cuatro u ocho horas (de acuerdo al tamaño del transformador) antes de la prueba.
- Este situado en un área donde la fluctuación de temperatura sea mínima.

Para la medición de la resistencia óhmica se recomiendan dos métodos:

- Método de la caída de potencial (ley de ohm)
- Uso del puente de kelvin. (no se emplea en esta sección)

1.- METODO DE LA CAIDA DE POTENCIAL

Este método consiste en hacer circular por el devanado una corriente directa cuyo valor se mide con la mayor precisión, e igualmente se mide la caída de potencial entre los extremos de la bobina.

Aplicando la ley de ohm, se determina la resistencia correspondiente.

EQUIPO A UTILIZAR:

Transformador 1 KVA 240-480/120 Volts

Amperímetro 0-20 C.D.

Voltímetro 0-200 V.C.D.

Fuente de Voltaje Variable ITK

Cables de Conexión.

Es necesario tener en cuenta que bajo condiciones de corriente directa en estado estable no existe la reactancia del devanado; la única limitante al paso de la corriente es la resistencia óhmica cuyo valor es muy pequeño (desde fracciones de ohm hasta unos cuantos ohms, de acuerdo al embobinado), y por lo tanto la tensión aplicada debe ser muy pequeña, de modo que la corriente circulante no exceda el 15% de la nominal, de manera que se evite en lo posible el calentamiento del devanado.

Haga las operaciones indicadas para el transformador y el equipo de medición.

Si la fuente de corriente directa tiene un voltaje elevado, se incluye en el circuito un reóstato limitador.

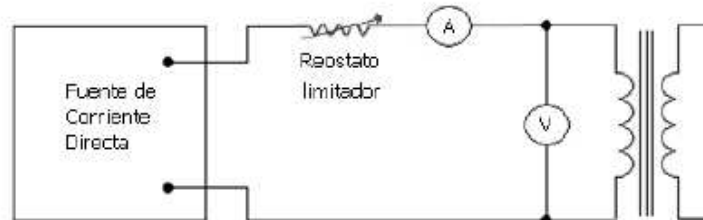


Diagrama de circuito para la medición de la resistencia de aislamiento por caída de potencial

Anote el valor de la corriente _____ A.

Anote el valor del voltaje _____ V.

Aplique la Ley de ohm y encuentre el valor de la resistencia del arrollamiento medido.

Resistencia obtenida: _____ Ohms.

PRACTICA No. 4 DETERMINAR POLARIDAD

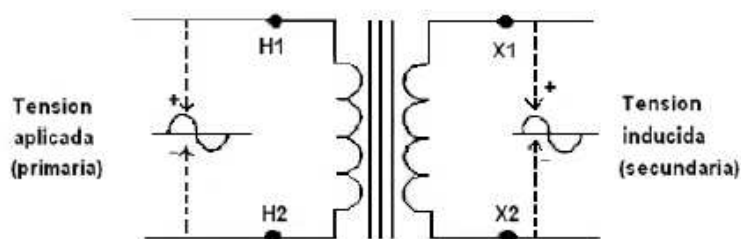
OBJETIVO. El estudiante aprenderá y determinará la correspondencia entre las terminales de las espiras de un transformador, para conectarlo correctamente, conocer su polaridad.

Cuando se aplica a un devanado un voltaje de C.A. en el otro devanado se induce otra onda proporcional a la aplicada. La onda aplicada o la inducida prácticamente se encuentran en fase. De manera que habrá una terminal de alta tensión y una de baja tensión que en cualquier instante tengan siempre la misma polaridad.

Estas terminales se identifican en los diagramas con un punto y en las terminales del transformador con los mismos subíndices.

En todos los casos es importante efectuar las conexiones respetando la polaridad de los devanados. Es por tanto necesario que definamos en esa parte el concepto de polaridad.

Cuando se aplica a un devanado una onda senoidal de voltaje, en el otro devanado se induce otra onda proporcional a la aplicada. La onda aplicada y la inducida prácticamente se encuentran en fase, de manera que habrá una terminal de alta tensión y una de baja tensión que en cualquier instante tengan siempre la misma polaridad. Estas terminales se identifican en los diagramas con un punto, y en las terminales del transformador con mismos subíndices.



Identificación de las terminales de misma polaridad

Para verificar la polaridad de los transformadores se recomiendan los siguientes métodos:

1. Método de los dos voltímetros
2. Método de la descarga inductiva

MÉTODO DE LOS DOS VOLTÍMETROS.

Este método consiste en aplicar al devanado de alta tensión un voltaje alterno de valor nominal o menor.

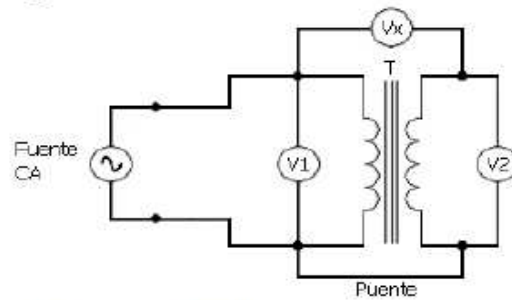
El observador, colocado frente a las terminales de baja tensión, debe puentear previamente las dos terminales de su izquierda y colocar 2 voltímetros, uno entre las terminales de alta tensión y otro entre las terminales de su derecha como se muestra en la figura.

El voltímetro colocado en alta tensión dará una lectura V_H (V_1) y el voltímetro colocado entre la alta y la baja tensión dará la suma algebraica de voltajes. V (V_x).

EQUIPO A UTILIZAR:

- 1 Transformador 1000 VA 480-240/120 Volts
- 1 Fuente 220 Volts Variable ITK
- 2 Voltímetros 0-220 - 750 Volts.
- Cables de Conexión Varios.

Si V_x es mayor que V_1 la polaridad es aditiva



Si V_x es menor que V_1 la polaridad es sustractiva

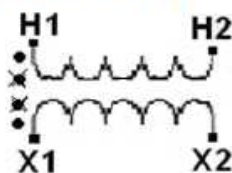
En la figura anterior hemos supuesto desconocidos los subíndices en la identificación de baja tensión.

Después de efectuada la prueba, debe identificarse la posición de estos subíndices de acuerdo a la siguiente regla de aplicación.

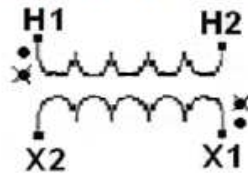
Cuando el observador se coloca frente a las dos terminales de B.T., si H_1 queda a su izquierda y X_1 a su derecha se dice que el transformador tiene polaridad aditiva, y si H_1 y X_1 quedan a su izquierda se dice que tiene polaridad sustractiva. (H_1 y X_1 son terminales de la misma polaridad). Si la suma algebraica medida en V_x es mayor que la lectura entre terminales H y X la polaridad será aditiva.

Si la suma algebraica medida en V_x es menor que la lectura entre terminales H y X la polaridad será sustractiva.

POLARIDAD SUSTRACTIVA



POLARIDAD ADITIVA

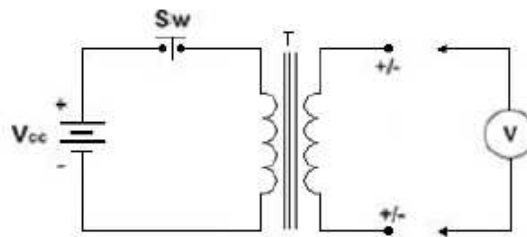


MÉTODO DE LA DESCARGA INDUCTIVA

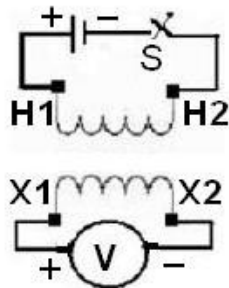
Este método consiste en aplicar C.D. a uno de los devanados cuidando de no exceder el valor nominal. Se debe realizar un pequeño cálculo supervisado por el instructor. El observador, colocado frente a las dos terminales de baja tensión, por medio de un voltímetro de C.D. debe averiguar la polaridad de la tensión aplicada, de acuerdo a las conexiones del diagrama.

EQUIPO A UTILIZAR:

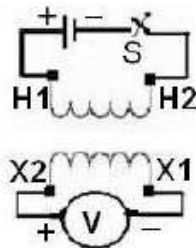
- 1 Transformador 1000 VA 480-240/120 Volts
- 1 Fuente 12 Volts CD Variable ITK o en su caso Bateria de 9 Volts.
- 1 Voltímetro 0-10 Volts CD. Analógico.
- Cables de Conexión Varios.
- 1 Interruptor de 1 polo 1 tiro (opcional).



Si al cerrar el interruptor, el voltímetro marca dentro de la escala, significa que le fue aplicado a su borne, (+) una tensión cuya polaridad era positiva con relación a su otro borne, esto quiere decir que la terminal del transformador conectado al borne (+) del voltímetro es la correspondiente, a la terminal del devanado excitado, conectado al borne (+) de la batería (polaridad sustractiva o colineal).



Una deflexión en sentido contrario a la escala nos indicara que el borne (-) del voltímetro le fue aplicado un voltaje (+) luego la terminal conectada a este borne será la correspondiente a la terminal (+) del devanado excitado (polaridad aditiva o diagonal).



Anote los resultados de sus pruebas efectuadas:

PRACTICA No. 5 RELACION DE TRANSFORMACIÓN

OBJETIVO: El estudiante aprenderá a determinar la Relación de Transformación a transformadores, con diferentes Pruebas y Equipos.

La relación de transformación puede definirse en función de las características de construcción o en función de las variables de operación.

En función de las características de construcción es la razón del número de vueltas del devanado de alta tensión al número de vueltas del devanado de baja tensión.

$$a = NH / NX$$

Desde el punto de vista de pruebas de laboratorio, la segunda definición es la que nos interesa.

$$a = VH / VX$$

En esta definición incluimos la necesidad de que el transformador se excite en vacío, es decir, sin carga, puesto que si existiera corrientes en los devanados, las tensiones que mediríamos no serían iguales a las fuerzas electromotrices inducidas, debido a que se producirían caídas de voltaje en las resistencias y reactancias de dispersión.

Para determinar la relación de transformación en laboratorio existen tres métodos:

- Método de los voltímetros.
- Método del transformador patrón (no se emplea en esta sección).
- Método del potenciómetro de resistencia (no se emplea en esta sección).

Básicamente, los tres métodos consisten en aplicar a uno de los devanados una tensión alterna, y detectar el valor del voltaje inducido en el otro devanado. Los artificios para llevar a cabo estas operaciones son los que dan las tres variantes fundamentales.

MÉTODO DE LOS DOS VOLTÍMETROS

Consiste en aplicar a uno de los devanados del transformador una tensión alterna, incluyendo un voltímetro para medir la alta tensión (VH) y otro para medir la baja tensión (VX).

La razón de la alta tensión a la baja tensión nos dará la relación de transformación.

$$a = VH / VX$$

EQUIPO A UTILIZAR:

1 Transformador 1000 VA 480-240/120 Volts u otro similar del Laboratorio.

1 Fuente 0-220 Volts Variable ITK

2 Voltímetros 0-220 - 750 Volts.

Cables de Conexión Varios.

Por razones de confiabilidad, se recomienda tomar ocho pares de lecturas, divididas en dos grupos de cuatro.

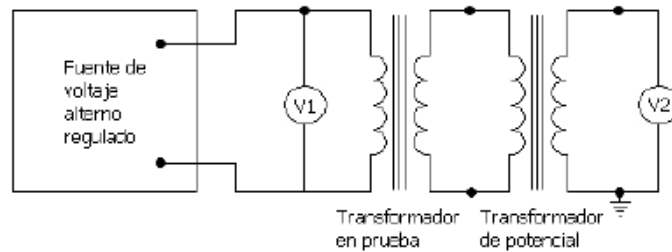
- Lectura a voltaje nominal.
- Lectura al 90% del voltaje nominal.
- Lectura al 80% del voltaje nominal.
- Lectura al 70% del voltaje nominal.

Posteriormente se intercambian los voltímetros para compensar errores de los aparatos, y se repite la serie de cuatro lecturas.

La frecuencia de prueba debe ser la nominal o mayor.

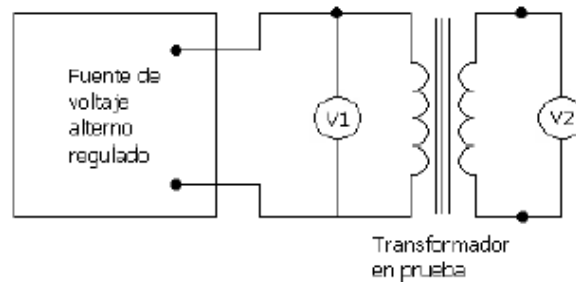
Cuando la relación por comprobar es de valor elevado, de tal manera que no se puedan conectar directamente voltímetros de la misma escala, debe incluirse un transformador de potencial, pues es requisito que los aparatos sean iguales para poderse intercambiar.

Diagrama de circuito para el método de dos voltímetros con transformador de potencial.



La relación se calcula para cada par de lecturas. Si los resultados no difieren más del 1%, la prueba es aceptable y se toma como relación de transformación, el promedio de todos los resultados.

Diagrama de circuito para el método de dos voltímetros



Si la diferencia es mayor del 1%, es necesario repetir la prueba con otros instrumentos.

Resultados Obtenidos de su prueba:

% V	VH	VX	a
100			
90			
80			
70			

PRACTICA No. 10 PRUEBA DE VACIO
CIRCUITO ABIERTO (PERDIDAS EN EL NÚCLEO)

OBJETIVO: Obtener las pérdidas en el Núcleo del transformador, cuando éste se encuentra funcionando en vacío, además de la impedancia del transformador para la conexión a la cual se le haga la prueba.

PRUEBA EN CIRCUITO ABIERTO.

En la prueba de circuito abierto, casi no hay pérdidas en el cobre en el devanado del primario y ninguna en el secundario, porque I_o es muy pequeña comparada con la I_{nom} . Como consecuencia, toda la potencia que se consume en la prueba de circuito abierto se puede cargar a la cuenta de las pérdidas en el circuito magnético. Estas pérdidas incluyen aquellas por histéresis y corrientes parásitas, así como aquellas de potencia por magnetización.

Cuando se pueden evaluar las pérdidas tanto en el cobre como en el circuito magnético, se puede determinar con facilidad la eficiencia global del transformador.

Durante la prueba de vacío del transformador o de circuito abierto, se aplica el voltaje nominal del transformador por el devanado de bajo voltaje y se miden los voltajes V_p , la corriente de vacío I_o y la potencia P_o que representa directamente las pérdidas de vacío o en el núcleo del transformador.

Además de la determinación de la pérdidas en vacío por esta prueba, se pueden calcular también la potencia aparente de vacío como sigue en la figura.

En virtud del hecho de que esta prueba aplica el voltaje nominal al devanado excitado, existirá el voltaje normal inducido en el secundario V_s . Esto implica que esta presente el flujo normal completo. Como consecuencia, la medición de potencia en la prueba de circuito abierto es una medida realista de la suma de las pérdidas normales en el circuito magnético.

Se debe tener muy presente durante esta prueba que el alto voltaje normal existe en las terminales del circuito abierto. Estas terminales pueden alcanzar un nivel de miles de volts a pesar de que el voltaje de entrada de la prueba es de solo 120, 230 o 460v. Por tanto estas terminales se deben de tratar con respeto. Hay que estar conscientes de los peligros. Tome las precauciones debidas aislando las terminales y el área de trabajo y no tendrá ningún problema.

Durante la prueba de vacío del transformador o del circuito abierto, se aplica el voltaje nominal del transformador por el devanado de bajo voltaje y se miden los voltajes V_p , la corriente de vacío I_o y la potencia P_o que representan las pérdidas de vacío en el núcleo del transformador, se mide también el voltaje secundario V_s del transformador, además de la determinación de las pérdidas de vacío por esta prueba, se pueden calcular también la potencia aparente de vacío como:

$$S_o = V_p I_o;$$

Donde: S_0 = Potencia aparente de vacío en el núcleo en (VA)
 V_p = en volts
 I_0 = en ampers

La potencia reactiva que absorbe el núcleo como:

$$Q_0 = \sqrt{S_0^2 - P_0^2}$$

Donde Q_0 = Potencia reactiva en el núcleo en VAR

Para los fines del circuito equivalente del transformador, la resistencia y reactancia del circuito de magnetización, como:

$$R_m = \frac{V_p^2}{P_0}$$

Donde: R_m = reactancia de magnetización en ohms

$$X_m = \frac{V_p^2}{Q_0}$$

Donde: X_m = reactancia del circuito de magnetización en ohms

Equipo a utilizar:

- Transformador 1000 VA 240-480/120 Volts
- Voltímetro 0-300 Volts
- Amperímetro 0-20 A
- Wáttmetro ITK
- Fuente de voltaje regulado 0-127-220 Volts ITK
- Cables de Conexión.

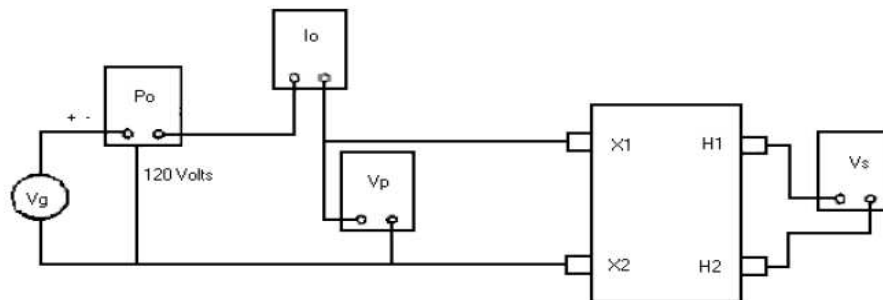


DIAGRAMA DE CONEXIONES PARA LA DETERMINACION DE LAS PERDIDAS EN VACIO

V_1 (V_p)	A_1 (I_0)	V_2 (V_s)	W (P_0)	VA (S_0)	R_m	X_m	F.P. $\cos(\theta)$

OBSERVACIONES:

PRACTICA No. 11 PRUEBA DE CORTO CIRCUITO
(PERDIDAS EN EL COBRE)

OBJETIVO: Obtener las pérdidas en el cobre del transformador, cuando éste se encuentra funcionando a plena carga, además de la impedancia del transformador para la conexión a la cual se le haga la prueba.

PRUEBA DE CORTO CIRCUITO.

La prueba de corto circuito consiste en cerrar o poner en corto circuito, es decir, con una conexión de resistencia despreciable, las terminales de uno de los devanados y alimentar el otro con un voltaje reducido (aplicado en forma regulada) de un valor reducido de tensión que representa un pequeño porcentaje del voltaje del devanado por alimentar, de forma, que en los devanados circulen las corrientes nominales. En estas condiciones se miden las corrientes nominales y la potencia absorbida.

Debido a que la tensión aplicada es pequeña en comparación con la tensión nominal, las pérdidas en vacío o en el núcleo se pueden considerar como despreciables, de manera que toda la potencia absorbida es debida a las pérdidas por efecto joule en los devanados primario y secundario.

Pcc wáttmetro que indica directamente la potencia de pérdidas por efecto de circulación de las corrientes en los devanados primario y secundario.

C conexión de corto circuito entre las terminales del devanado.

Vcc voltaje de corto circuito de alimentación de voltaje reducido, de manera que se hagan circular las corrientes I1, I2 de valor nominal de cada devanado.

El voltaje aplicado (Vcc) es regulado y se varía como se indico antes, hasta que circule la corriente de plena carga en el primario. De los valores medidos se obtiene "la impedancia total" del transformador como:

$$ZT = \frac{Vcc}{I1}$$

donde:

I1 = corriente nominal primaria.

Vcc = voltaje de corto circuito aplicado en la prueba.

Zt = impedancia total interna referida al devanado primario. Esta impedancia se conoce también como impedancia equivalente del transformador.

Perdidas en los devanados a plena carga.

Debido a que el flujo es directamente proporcional al voltaje, el flujo mutuo en el transformador bajo las condiciones de prueba de corto circuito es muy pequeño, de manera que las pérdidas en el núcleo son despreciables. Sin embargo, la corriente que circula a través de la resistencia de los devanados produce las mismas pérdidas en estos, que cuando opera en condiciones de plena carga, esto se debe a que en ambos devanados se hace circular la corriente nominal.

En el circuito para la prueba de corto circuito, si el wáttmetro se conecta en el devanado primario o de alimentación, entonces se miden las pérdidas en los devanados ya que no hay otras pérdidas consideradas, de este valor que se toma de las pérdidas, se puede calcular "la resistencia equivalente" del transformador como:

$$R_T = \frac{P_{CC}}{I_1^2}$$

Donde:

P_{CC} = pérdidas en los devanados y que se obtienen de la lectura del wáttmetro.

Se deben tener siempre en mente, que el valor de la resistencia r_t , no es la suma aritmética de las resistencias en los devanados primario y secundario, es un valor que se determina del circuito equivalente y por tal motivo se le denomina "la resistencia equivalente del transformador".

La impedancia equivalente de un transformador se puede expresar en términos de la resistencia y reactancia equivalente como:

$$Z_T = \sqrt{R_T^2 + X_T^2}$$

De tal forma, que la reactancia equivalente del transformador se calcula como:

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2}$$

Estos valores están por lo general referidos al devanado de alto voltaje, debido a que se acostumbra poner en corto circuito el devanado de bajo voltaje, es decir las mediciones se hacen en el devanado de alto voltaje. Esto es por lo general el método normal de prueba. Las razones principales para esto:

1. La corriente nominal en el devanado de alto voltaje es menor que la corriente nominal en el devanado de bajo voltaje, por lo tanto, son menos peligrosas y por otra parte es más fácil encontrar instrumentos de medición dentro del rango.
2. Debido a que el voltaje aplicado es por lo general menor que el 5 % del valor del voltaje nominal del devanado alimentado, se obtiene una lectura del voltímetro con una deflexión apropiada para el rango de voltajes que se miden.

Se denominan pérdidas de carga a las originadas por el efecto joule en el cobre de los devanados de alto y bajo voltaje, más las que se originan en el mismo cobre, en el núcleo, el tanque y los herrajes del mismo transformador, como consecuencia del campo magnético producido por las corrientes que circulan en los devanados. Estas pérdidas son una función de carga y debido a las magnitudes de voltaje empleados se engloban en las pérdidas de $I^2 \cdot R$.

Para determinar estas pérdidas se hace la prueba llamada de Corto Circuito.

EQUIPO A UTILIZAR:

Transformador 1000 VA 240-480/120 Volts

Voltímetro 0-300 Volts

Amperímetro 0-20 A

Wattímetro ITK

Fuente de voltaje regulado 0-127-220 Volts ITK

Cables de conexión.

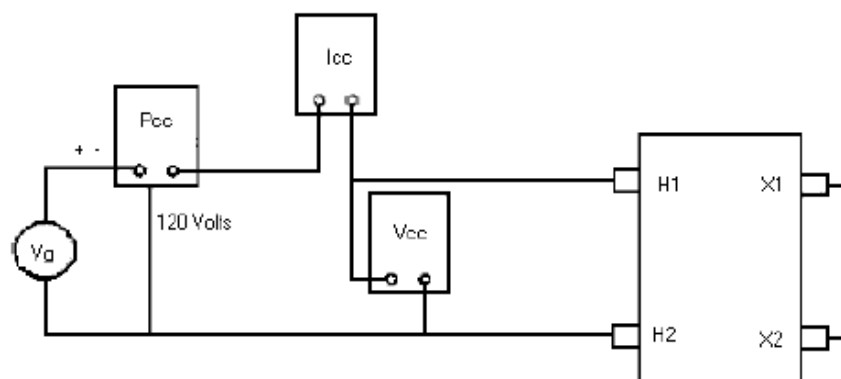


DIAGRAMA DE CONEXIONES PARA LA DETERMINACION DE CARACTERISTICAS DE CORTO CIRCUITO

Durante la realización de esta prueba el devanado secundario (de bajo voltaje) se conecta en corto circuito y se aplica por el devanado primario (de alto voltaje) en voltaje regulado que por lo general es del orden del 5% del devanado alimentado.

Un corto circuito en un transformador implica una condición límite de funcionamiento en el que el secundario está cerrado sobre sí mismo y por consiguiente la tensión en los bornes del secundario es igual a cero.

La corriente primaria medida (Icc) no debe exceder al valor nominal de la corriente del devanado alimentado (primario), la aplicación del voltaje se hace regulada (en forma gradual) para evitar sobrecalentamiento y en consecuencia un cambio rápido en la resistencia del devanado.

Directamente de la prueba se miden los valores de las pérdidas en los devanados P_{cc} , la corriente de corto circuito o nominal del devanado alimentado (I_{cc}) y la caída de voltaje por impedancia o voltaje de corto circuito V_{cc} , a partir de estas cantidades se pueden calcular las siguientes constantes.

$ZEP = V_{cc}/I_{cc}$ donde $ZEP =$ Impedancia equivalente referida al primario en ohms.

$REP = P_{cc}/I_{cc}$ donde $REP =$ Resistencia equivalente referida al primario en ohms.

$XEP = (ZEP - REP)$ donde $XEP =$ Reactancia equivalente referida al primario, en ohms.

De ser posible empiece con las corrientes más altas hasta llegar a las más bajas, con el fin de uniformar la temperatura en los devanados durante la prueba.

Los valores obtenidos se registran en la siguiente tabla:

V_{cc} (V)	I_{cc} (A)	P_{cc} (W)	Zep	Rep	Xep	VA (VA)	F.P. $\cos(\theta)$

OBSERVACIONES:

OBJETIVO: El estudiante aprenderá a realizar los diferentes tipos de conexiones de transformadores que se emplean comúnmente así como determinar sus parámetros de relación de voltajes y corriente.

1.- Conexiones de transformador trifásico

Un transformador trifásico consta de tres transformadores monofásicos, bien separados o combinados sobre un núcleo. Los primarios y secundarios de cualquier transformador trifásico pueden conectarse independientemente en estrella ($\square Y$) o en delta ($\square \Delta$). Esto da lugar a cuatro conexiones posibles para un transformador trifásico.

1.1.- Conexión estrella($\square Y$)-estrella($\square Y$)

1.2.- Conexión estrella($\square Y$)-delta($\square \Delta$)

1.3.- Conexión delta($\square \Delta$)-estrella($\square Y$)

1.4.- Conexión delta($\square \Delta$)-delta($\square \Delta$)

1.1.- Conexión estrella (Y)- estrella ($\square Y$)

La conexión Y \square Y de los transformadores se muestra en la figura 1.1.

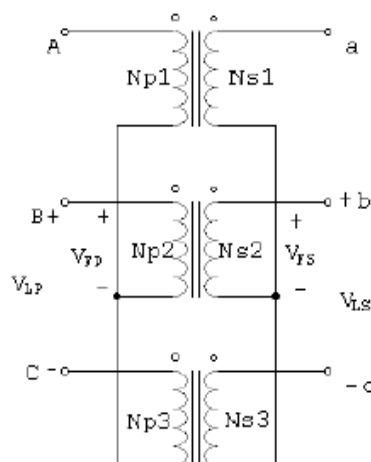


Figura 1.1 Conexión Y-Y

En una conexión Y-Y, el voltaje primario de cada fase se expresa por $V_{FP}=V_{LP}/\sqrt{3}$. El voltaje de la primera fase se enlaza con el voltaje de la segunda fase por la relación de espiras del transformador. El voltaje de fase secundario se relaciona, entonces, con el voltaje de la línea en el secundario por $V_{LS}=\sqrt{3} * V_{FS}$. Por tanto, la relación de voltaje en el transformador es

$$V_{LP} / V_{LS} = (\sqrt{3} * V_{FP}) / (\sqrt{3} * V_{FS}) = a$$

Se emplea en sistemas con tensiones muy elevadas, ya que disminuye la capacidad de aislamiento. Esta conexión tiene dos serias desventajas.

- Si las cargas en el circuito del transformador están desbalanceadas, entonces los voltajes en las fases del transformador se desbalancearían seriamente.
 - No presenta oposición a los armónicos impares (especialmente el tercero). Debido a esto la tensión del tercer armónico puede ser mayor que el mismo voltaje fundamental.
- Ambos problemas del desbalance y el problema del tercer armónico, pueden resolverse usando alguna de las dos técnicas que se esbozan a continuación.
- **Conectar sólidamente a tierra el neutro primario de los transformadores.** Esto permite que los componentes adicionales del tercer armónico, causen un flujo de corriente en el neutro, en lugar de causar gran aumento en los voltajes. El neutro también proporciona un recorrido de retorno a cualquier corriente desbalanceada en la carga.
 - **Agregar un tercer embobinado (terciario) conectado en delta al grupo de transformadores.** Esto permite que se origine un flujo de corriente circulatoria dentro del embobinado, permitiendo que se eliminen los componentes del tercer armónico del voltaje, en la misma forma que lo hace la conexión a tierra de los neutros.
- De estas técnicas de corrección, una u otra deben usarse siempre que un transformador Y - Y se instale. En la práctica muy pocos transformadores de estos se usan pues el mismo trabajo puede hacerlo cualquier otro tipo de transformador trifásico.

1.2.- Conexión estrella (Y) – delta (Δ)

La conexión Y-Δ de los transformadores trifásicos se ilustra en la figura 1.2.

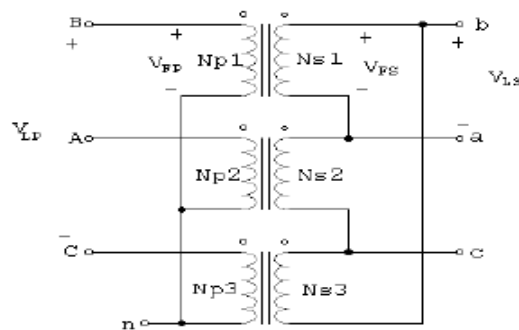


Figura 1.2 Conexión Y - Δ

En esta conexión el voltaje primario de línea se relaciona con el voltaje primario de fase mediante $V_{LP} = \sqrt{3} * V_{FP}$, y el voltaje de línea secundario es igual al voltaje de fase secundario $V_{LS} = V_{FS}$. La relación de voltaje de cada fase es

$$V_{FP} / V_{FS} = a$$

De tal manera que la relación total entre el voltaje de línea en el lado primario del grupo y el voltaje de línea en el lado secundario del grupo es

$$\begin{aligned} V_{LP} / V_{LS} &= (\sqrt{3} * V_{FP}) / V_{FS} \\ V_{LP} / V_{LS} &= (\sqrt{3} * a) \end{aligned}$$

La conexión Y - Δ no tiene problema con los componentes del tercer armónico en sus voltajes, ya que ellos se consumen en la corriente circulatoria del lado delta (Δ). Esta conexión también es más estable con relación a las cargas desbalanceadas, puesto que la delta (Δ) redistribuye parcialmente cualquier desbalance que se presente.

Esta disposición tiene, sin embargo, un problema. En razón de la conexión delta (Δ), el voltaje secundario se desplaza 30° con relación al voltaje primario del transformador. El hecho de que un desplazamiento de la fase haya ocurrido puede causar problemas al conectar en paralelo los secundarios de dos grupos de transformadores. Los ángulos de fase de los transformadores secundarios deben ser iguales si se supone que se van a conectar en paralelo, lo que significa que se debe poner mucha atención a la dirección de desplazamiento de 30° de la fase, que sucede en cada banco de transformadores que van a ser puestos en paralelo.

En estados unidos se acostumbra hacer que el voltaje secundario atrase al primario en 30° . Aunque esto es lo reglamentario, no siempre se ha cumplido y las instalaciones más antiguas deben revisarse muy cuidadosamente antes de poner en paralelo con ellos un nuevo transformador, para asegurarse que los ángulos de fase coincidan.

La conexión que se muestra en la figura 1.2 hará que el voltaje secundario se atrase, si la secuencia es abc. Si la secuencia del sistema fase es acb, entonces la conexión que se ve en la figura 1.2 hará que el voltaje secundario se adelante al voltaje primario en 30° .

Se usa en los sistemas de transmisión de las subestaciones receptoras cuya función es reducir el voltaje. En sistemas de distribución es poco usual (no tiene neutro) se emplea en algunas ocasiones para distribución rural a 20 KV.

1.3.- Conexión delta (Δ)- estrella (Y)

La conexión Δ - Y de los transformadores trifásicos se ilustra en la figura 1.3.

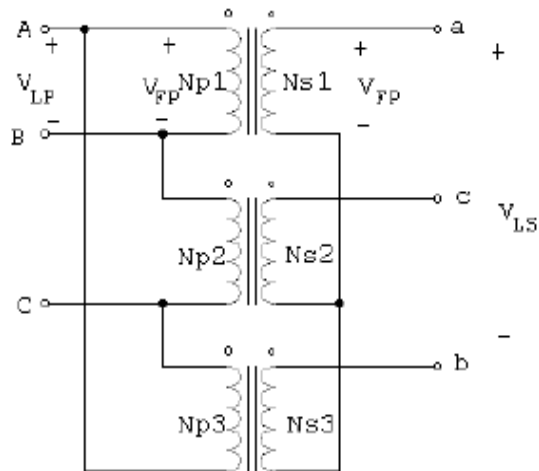


Figura 1.3 Conexión Δ - Y

En una conexión Δ - Y , el voltaje de línea primario es igual al voltaje de fase primario, $V_{LP}=V_{FP}$, en tanto que los voltajes secundarios se relacionan por $V_{LS}=\sqrt{3} * V_{FS}$, por tanto la relación de voltaje línea a línea de esta conexión es

$$\frac{V_{LP}}{V_{LS}} = \frac{V_{FP}}{(\sqrt{3} * V_{FS})}$$

$$\frac{V_{LP}}{V_{LS}} = \frac{1}{\sqrt{3}}$$

Esta conexión tiene las mismas ventajas y el mismo desplazamiento de fase que el transformador Y - Δ . La conexión que se ilustra en la figura 1.3, hace que el voltaje secundario atrase al primario en 30° , tal como sucedió antes.

Se usa en los sistemas de transmisión en los que es necesario elevar tensiones de generación. En sistemas de distribución industrial, su uso es conveniente debido a que se tiene acceso a dos tensiones distintas, de fase y línea.

1.4.- Conexión delta ($\square\Delta$) - delta (Δ)

La conexión Δ - Δ se ilustra en la figura 1.4

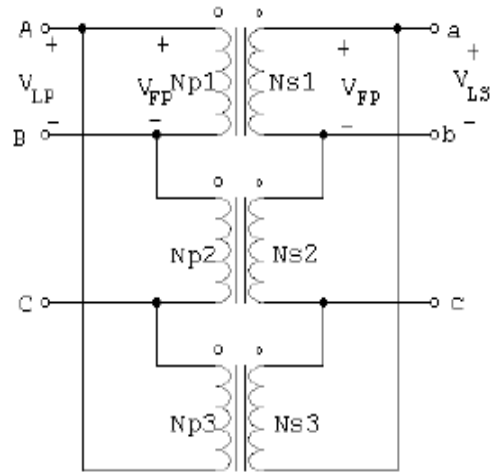


Figura 1.4 conexión Δ - Δ

En una conexión de estas,

$$\begin{aligned}V_{LP} &= V_{FP} \\V_{LS} &= V_{FS}\end{aligned}$$

Así que la relación entre los voltajes de línea primario y secundario es

$$V_{LP} / V_{LS} = V_{FP} / V_{FS} = a$$

Esta conexión se utiliza frecuentemente para alimentar sistemas de alumbrado monofásicos y carga de potencia trifásica simultáneamente, presenta la ventaja de poder conectar los devanados primario y secundario sin desfaseamiento, y no tiene problemas de cargas desbalanceadas o armónicas. Sin embargo, circulan altas corrientes a menos que todos los transformadores sean conectados con el mismo TAP de regulación y tengan la misma razón de tensión.