2. EXPERIENCIAS DE TRANSFORMADORES

2.2. EXPERIENCIA N° 2: TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS.

A. INTRODUCCIÓN

El uso de transformadores en conexión trifásica en Sistemas de Potencia es de primera importancia, pues prácticamente toda la energía eléctrica es generada y transmitida por intermedio de líneas de transmisión trifásicas, y además regularmente es necesario subir varias veces la tensión entre los generadores y las cargas.

Los transformadores en conexión trifásica pueden estar constituidos por bancos de unidades monofásicas, sin uniones magnéticas entre ellos, o bien por transformadores trifásicos, con un núcleo en el cual las tres fases están interconectadas magnéticamente. El empleo de una u otra configuración depende de las consideraciones técnico/económicas que se asuman en el conjunto. Según la conexión empleada, el comportamiento magnético armónico resultante introducirá problemas que es necesario considerar en los diseños.

En esta experiencia se trabajará con un banco trifásico compuesto de transformadores monofásicos como los empleados en la experiencia anterior. Se ensayarán diversas conexiones del banco, para visualizar en particular el efecto de éstas en los desfases y en el contenido armónico de voltajes y corrientes.

Los objetivos más importantes en el desarrollo de esta experiencia son:

1. Comprender el comportamiento de los transformadores trifásicos como componente de los sistemas de potencia. En particular entender cómo influyen sus características y tipos de conexión en los desplazamientos de fases y armónicas de voltajes y corrientes, con cargas trifásicas equilibradas.
2. Verificar los desbalances de corrientes que se producen en bancos trifásicos de transformadores con carga desequilibrada (por ejemplo, cargas monofásicas en transformadores trifásicos).
3. Determinar los parámetros circuitales del banco trifásico de transformadores, mediante pruebas de cortocircuito y de vacío realizadas al banco completo, considerándolo como un equipo trifásico.
4. Utilizar un trasformador trifásico con conexión de terciario y entender su contribución a la eliminación de armónicas no deseadas.

B. TRABAJO DE LABORATORIO

Los transformadores monofásicos a usar tienen 3 enrollados de voltajes nominales 110/110/110 Volts y corrientes nominales 9,2/4,6/4,6 A (ver Fig 1). Se dispondrá de una red de 220 Volts entre fases y como instrumento principal un multímetro tipo "tenaza".

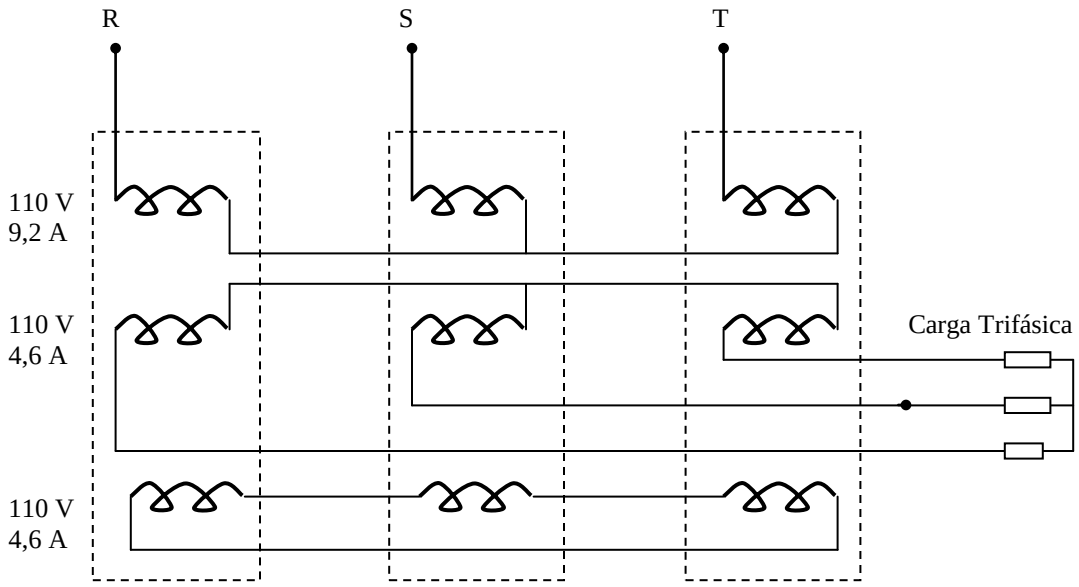

Fig 1 - Banco Trifásico de Transformadores conexión Yyd, 110/110/110 V

Se efectuará un primer conjunto de pruebas para un banco conexión Yy, que se formará utilizando sólo 2 enrollados de cada transformador, uno como primario y el otro como secundario (el tercer enrollado, para esta parte, queda libre). Se recomienda usar como primario el enrollado de 9,2 A de cada transformador y como secundario, uno de los enrollados de 4,6 A de cada transformador.

Luego, se efectuará un segundo conjunto de pruebas y mediciones agregando la conexión en delta de los terceros enrollados (de 4,6 A nominales), formándose un banco Yy#d#.

1. Forme un banco trifásico compuesto de unidades monofásicas (cada una de 110/110V) en conexión Yy0 ó Yy6. Sea cuidadoso en la alimentación utilizada, determine de qué manera se puede obtener una conexión estrella en el primario con los implementos disponibles en el laboratorio. Identifique el efecto de su conexión en la saturación del núcleo. Determine si es posible realizar una conexión delta en el primario con los implementos disponibles en el laboratorio.

2. Realice las pruebas necesarias para determinar los parámetros de la rama de magnetización y de la rama serie del circuito equivalente correspondiente, considerando al banco como una unidad trifásica. Realice estas pruebas midiendo las variables en cada uno de los enrollados de los transformadores.

3. Investigue en vacío la forma de onda (utilizando el analizador de espectros), tanto de la corriente de fase, como de la corriente del neutro para dos condiciones:

    a. Con neutro de la estrella primaria levantado
    b. Con neutro de la estrella primaria conectado

4. Con conexión del neutro entre el banco y la red y con carga trifásica resistiva equilibrada (partiendo desde la condición sin carga) mida la magnitud de las corriente de línea, de las tensiones Fase-Fase y Fase-Neutro en primario y secundario y su respectivo contenido armónico (3º,5º y 7º armónica y THD)

5. Desconecte dos cargas del circuito anterior (para obtener así una carga desequilibrada monofásica) y mida la magnitud de las corrientes y tensiones Fase-Fase y Fase-Neutro en primario y secundario y su respectivo contenido armónico (3º,5º y 7º armónica y THD)

6. Conecte el tercer enrollado de los trasformadores en conexión delta sin carga. Con conexión del neutro de la estrella primaria a la red y con carga trifásica resistiva equilibrada (partiendo desde la condición sin carga), mida la magnitud de las corriente de línea, de las tensiones Fase-Fase y Fase-Neutro en primario, secundario y terciario (según corresponda) y su respectivo contenido armónico (3º,5º y 7º armónica y THD)

7. Teniendo en cuenta la conexión que ud. realizó, efectuar medidas para comprobar el grupo de conexión entre la estrella primaria y la delta terciaria.

ADVERTENCIAS.

- La gran cantidad de cables e instrumentos que requiere esta experiencia hacen recomendable poner especial cuidado en el ordenamiento de los implementos de trabajo para evitar errores y accidentes.

- Para observar las formas de onda es útil llevar una cámara fotográfica

- Las mediciones de armónicas de voltaje y corriente y de la respectivas distorsiones armónicas totales (THD-V y THD-I) se harán con una tenaza digital que permite dichas mediciones o con un analizador de espectros.

- Para las mediciones de potencia, dado los rangos de potencias trifásicas a medir y los instrumentos disponibles en el laboratorio, será necesario emplear el método de los 2 wáttmetros (revisar cómo se aplica este método, considerando los medidores fasoriales de tenaza que se utilizan en el laboratorio, antes de realizar esta experiencia).

C. ASPECTOS PARTICULARES A CONSIDERAR EN EL INFORME FINAL.

1. Comparación entre parámetros del circuito equivalente del banco trifásico con los del circuito equivalente de una sola unidad (obtenidos en la Experiencia 1 "transformadores monofásicos"). Evaluar valores de parámetros del circuito equivalente en [ohms] y [º/1]. Cuantificar el error que se comete entre medir los parámetros y extrapolar los datos para un solo transformador monofásico.

2. Justificación de la presencia de 3º armónicas y/o armónicas superiores en los casos estudiados (con y sin conexión de neutro a la red). Analizar con respecto a la saturación del núcleo y a la presencia de flujos remanentes en los transformadores. Comentar sobre la magnitud de las armónicas y de la distorsión armónica total (con respecto a los valores incluidos en la norma chilena)

3. Determinación teórica del comportamiento con carga equilibrada del transformador en prueba (resolviendo el circuito equivalente con los parámetros circuitales antes determinados) y comparación con magnitudes medidas (validación del modelo)

4. Determinación teórica del comportamiento con carga monofásica del transformador en prueba (resolviendo el circuito equivalente con los parámetros circuitales antes determinados) y comparación con magnitudes medidas (validación del modelo)

5. Justificación y juicio personal acerca de la influencia de la conexión terciaria sobre las armónicas del sistema. ¿Es útil realizar esta conexión? ¿Recomendaría ud. realizarla en la práctica? Comparación entre la práctica y la teoría.

6. Comparación entre el diagrama fasor establecido a priori para la conexión primaria/terciaria y el diagrama fasor que se obtiene a través de las medidas de laboratorio

D. BIBLIOGRAFIA.

1. E-E- Staff – MIT: "Circuitos Magnéticos y transformadores". Reverté 1965.

2. M. Kostenko y L. Piotrovsky: "Máquinas Eléctricas". Tomo II. Montaner, 1968.

3. Thaler y Wilcox: "Máquinas Eléctricas". Limusa – Wiley, 1969.

4. "Transformadores", Publicación C/4: Departamento de Ingeniería Eléctrica, U. de Chile, 1983

5. W. Brokering, R. Palma, L. Vargas: "Ñom Lüfke o El Rayo Domado, Los Sistemas Eléctricos de Potencia", Prentice Hall, 2008.