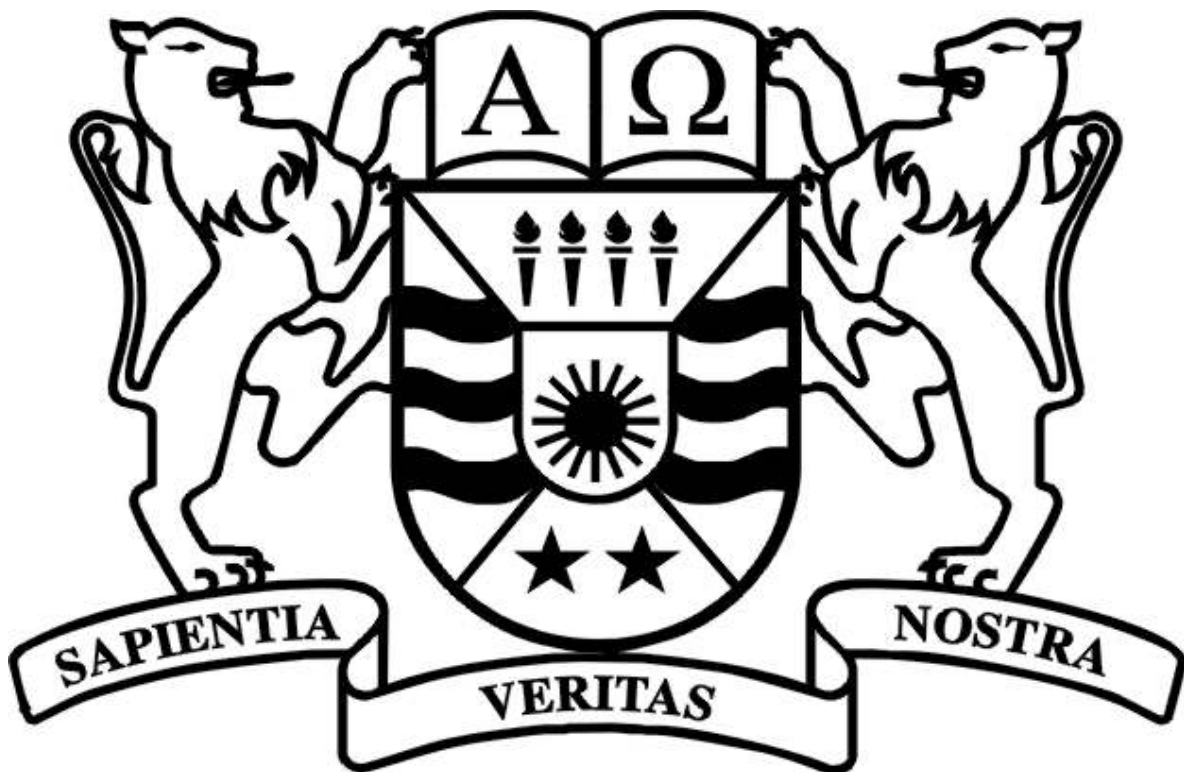


Universidad del Bio-Bio
Facultad de Ingeniería
Dpto. Ingeniería Eléctrica



TEMA: Ensayos y pruebas aplicados a transformadores de distribución según normas *NEMA*

*Nombre: Allan Concha R.
Asignatura : 410046
Profesor : Sr. Patricio Concha F.
Fecha : 13 Dic 2002*

Introducción

La Comisión Nacional de Energía, en concordancia con su rol regulatorio y normativo del sector energético nacional, destina esfuerzos a desarrollar políticas y estrategias que permitan que el país obtenga los beneficios económicos, tecnológicos y ambientales de un uso eficiente de la energía

Con este propósito se encuentra trabajando coordinadamente con distintas instituciones, para desarrollar instrumentos normativos destinados a promover la eficiencia energética en el país.

En conjunto con el Instituto Nacional de Normalización se comenzó a ejecutar un proyecto cuyo objetivo fue la elaboración de normas de eficiencia energética para máquinas eléctricas. (en esta presentación solo incluiremos ensayos normalizados para transformadores)

En estas normas, se definen un método de medición del consumo de energía y de la eficiencia energética, parámetros que resultan fundamentales para entregar una adecuada información al consumidor

El proceso a través del cual estas normas fueron formuladas, consideró las siguientes etapas:

1. Selección de la norma internacional de referencia.
2. Traducción oficial de la norma, si corresponde
3. Proceso de Consulta Pública, orientado a dar a conocer la norma y obtener observaciones de las empresas e instituciones relacionadas
4. Definición y discusión del Comité Técnico. El Comité Técnico está formado por las entidades invitadas a participar en la Consulta Pública. Este Comité analizó cada una de las observaciones planteadas en la consulta pública y revisó y acordó el texto de la norma.
5. Aprobación de la norma por el Consejo del Instituto Nacional de Normalización
6. Promulgación del Decreto del Ministerio de Economía, a través del cual el proyecto de norma se convierte en Norma Oficial Chilena de aplicación voluntaria.

Por no existir una Norma Internacional, esta norma es una homologación de la norma NEMA TP 1 *Guide for Determining Energy Efficiency for Distribution Transformers*, siendo idéntica a la misma.

Alcance y campo de aplicación

Esta norma establece una guía para la determinación del comportamiento de la eficiencia energética de los equipos referidos en el párrafo siguiente y para ayudar en la selección de tales equipos.

Esta norma se aplica a transformadores eléctricos de distribución, monofásicos y trifásicos, de tipo seco y de tipo inmerso en líquido, de acuerdo con la clase de voltaje e intervalo de operación que se indica en la Tabla.

Voltaje primario: 34.5 kV y menos Voltaje secundario: 600 V y menos		
Tipo de transformador	Nº de fases	Intervalo de potencia kVA
Inmerso en líquido	Monofásico	1,5 a 833
	Trifásico	15 a 2500
Seco	Monofásico	15 a 833
	Trifásico	15 a 2500

Esta norma se aplica también, a los transformadores que se indican a continuación:

- Rectificadores y otros diseñados para la eliminación de altas armónicas
- Distintos de distribución
- De impedancia especial y armónicos
- Usados o repotenciados
- De conexiones especiales.

***Norma chilena de emergencia oficial Nch
Instituto nacional de normalización (INN)***

Ensayos Normalizados para Transformadores de distribución

- Transformadores eléctricos de distribución – determinación de la resistencia de los enrollados (NCh911.Eof1972)
- Transformadores eléctricos de distribución – Determinación de la Razón de transformación (NCh912.Eof1972)
- Transformadores eléctricos de distribución – Comprobación de las polaridades de los enrollados (NCh913.Eof1972)
- Transformadores eléctricos de distribución – Determinación del porcentaje de impedancias y pérdidas en cargas (NCh914.Eof1973)
- Transformadores eléctricos de distribución – Determinación de las pérdidas y corriente en vacío (NCh915.Eof1973)
- Transformadores eléctricos de distribución – Ensayos dieléctricos – Ensayos de tensión inducida (NCh916.Eof1973)
- Transformadores eléctricos de distribución – Ensayos dieléctricos – Ensayo con tensión aplicada (NCh917.Eof1972)
- Transformadores eléctricos de distribución – Ensayos de tensión de impulso con onda completa. (NCh919.Eof1972)

- **Transformadores eléctricos de distribución – determinación de la resistencia de los enrollados (NCh911.Eof1972)**

Esta norma establece un método normalizado para la determinación de la resistencia de los enrollados de un transformador.

Esta norma se aplicara a la determinación de la resistencia en frio y en caliente de los enrollados de los transformadores de distribución.

Terminología Utilizada en el ensayo :

Determinación de la resistencia en frío : La que se hace con el enrollado libre de efectos termoelectricos. “ El enrollado no ha sido excitado entre tres y ocho horas anteriores al ensayo, según su capacidad ”.

Determinación de la resistencia en caliente : La que se hace con el enrollado excitado o después de haber sido excitado.

Resumen del método :

El método se basa en la caída de tensión por resistencia, que se produce en un enrollado al circular una corriente continua a través de el.

Aparatos Utilizados :

- Fuente de tensión continua ; Adecuada para hacer circular por el circuito de ensayo una intensidad de corriente inferior o igual al 15% de la corriente nominal del enrollado ensayado.
- Voltímetro para corriente continua .
- Amperímetro para corriente continua.
- Resistencia potenciométrica ; Adecuada para regular la intensidad de corriente en el circuito de ensayo.
- Termómetro ; graduado en grados centígrados.

Procedimiento :

Realizar el ensayo para cada posición del cambiador de tomas en cada enrollado del transformador. Para cada posición se repetirá tres veces el ensayo, tomándose el promedio como valor final.

Circuito de ensayo : Conectar el circuito según el diagrama de la figura mostrada al final de esta norma.

Intensidad de la corriente de ensayo : Regular la corriente en el circuito de modo que su intensidad sea inferior o igual al 15% de la corriente nominal del enrollado ensayado.

Resistencia medida en Frio : Hacer las lecturas una vez que las agujas de los instrumentos se hayan estabilizado. Registrar el tiempo de estabilización.

Resistencia medida en caliente : Hacer las lecturas después de transcurrido el tiempo de estabilización.

Lectura de los instrumentos durante el ensayo : Hacer la lectura de los instrumentos simultáneamente

Tensión : Efectuar la lectura del voltímetro con exactitudes establecidas.

Intensidad de corriente : Efectuar la lectura del amperímetro con exactitudes establecidas.

Temperatura de los enrollados : Considerar que la temperatura de los enrollados es igual a la temperatura del aceite en la parte superior del estanque principal. Efectuar la medida con el termómetro.

Temperatura ambiente del recinto : Registrar la temperatura ambiental del recinto en que se realiza el ensayo.

Expresión de resultados :

Calcular la resistencia de los enrollados según la formula siguiente :

$$R = \frac{V}{I - \frac{V}{R'}} (\Omega)$$

Donde :

R = Resistencia, (Ω) del enrollado.

I = Intensidad, (A) leída en el amperímetro.

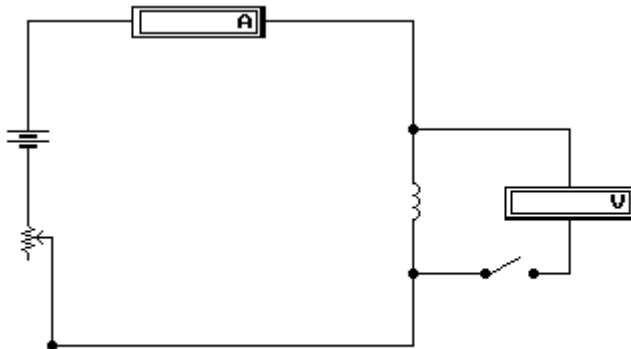
V = Tensión eléctrica, (V), leída en el voltímetro.

R' = Resistencia, (Ω) interna del voltímetro.

Método del puente Wheatstone:

- Si se emplea el puente Wheatstone deberá corregirse la resistencia eléctrica medida teniendo en cuenta que ella incluye la resistencia de conexión al enrollado.
- Los posibles efectos termoeléctricos se corrigen considerando en lugar del cero mecánico, el cero eléctrico obtenido llevando a cero la aguja con el galvanómetro en circuito y la batería desconectada.
- La mayor precisión se obtiene cuando la resistencia medida es comparable con la resistencia empleada y cuanto mayor sea la intensidad de corriente eléctrica usada.
- Se conecta la fuente de energía y posteriormente el galvanómetro, manteniendo el circuito conectado hasta que haya alcanzado el equilibrio del instrumento.
- Para medidas de resistencias inferiores a 1 (Ω) se puede recurrir al método del puente Kelvin o Doble puente Hoper.

Circuito de conexión :



- **Transformadores eléctricos de distribución – Determinación de la Razón de transformación (NCh912.Eof1972)**

Esta norma establece un método normalizado para la determinación de la razón de transformación de un transformador.

Esta norma se aplicara a la determinación de la razón de transformación de los transformadores de distribución.

Terminología :

Razón de transformación : Razón entre las tensiones de los enrollados de alta y baja tensión de un transformador en condiciones específicas.

Resumen del Método :

El método se basa en la comparación de la razón de transformación del transformador que se ensaya con la razón de un transformador patrón. Podrá emplearse para este ensayo cualquier tipo de instrumento basado en este principio, que cumple con los requisitos de la presente norma.

Aparatos :

- *Transformador Patrón* : De igual razón de transformación nominal a la del transformador que se ensaya.
- *Voltímetro para corriente alterna* : Que se ajuste a las necesidades óptimas para la medición.

Procedimiento :

Realizar el ensayo para cada posición del cambiador de tomas del transformador.

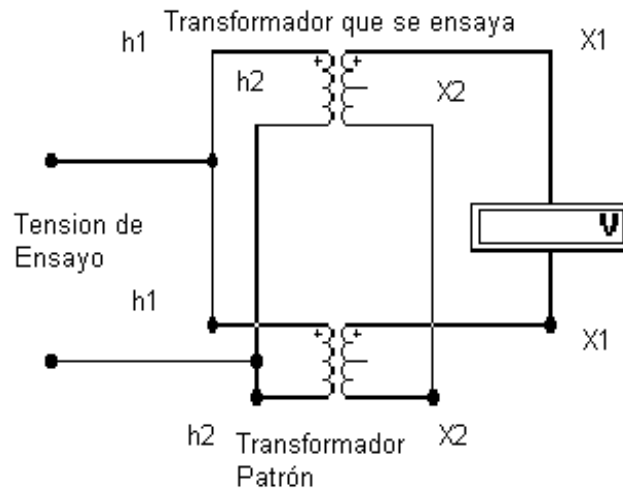
Circuito de ensayo : Conectar el circuito según el diagrama de la figura mostrada a final de esta norma. Para transformadores trifásicos, en que cada fase es independiente y accesible es preferible hacer el ensayo con tensión monofásica. En caso que el neutro sea inaccesible o no pueda hacerse el ensayo en cada fase, usar una tensión trifásica y proceder en forma similar al ensayo con tensión monofásica.

Tensión y frecuencia de ensayo : Excitar el circuito con una tensión alterna sinusoidal menor o igual a la tensión nominal del transformador y a una frecuencia mayor o igual a su frecuencia nominal.

Expresión de resultados :

Expresar el error en la razón de transformación del transformador en ensayo con respecto a la del transformador patrón por la lectura directa del voltímetro.

Circuito de conexión :



- **Transformadores eléctricos de distribución – Ensayos dieléctricos – Ensayo con tensión aplicada (Nch917.Eof1972)**

Esta norma establece un método normalizado de ensayo con tensión aplicada para detectar fallas de aislamiento en transformadores.

Esta norma se aplicará a la detección de fallas en la aislamiento de los transformadores de distribución.

Resumen del método :

El método se basa en la aplicación de una sobre tensión entre los enrollados y partes del transformador que se ensaya, para detectar fallas en el aislamiento.

Aparatos :

Fuente de tensión alterna : adecuada para suministrar una tensión de ensayo.

Amperímetro : Adecuado para medir la corriente de excitación durante el ensayo.

Procedimiento :

Aplicar la tensión de ensayo, sucesivamente, a cada enrollado.
Aplicar la tensión de ensayo entre el enrollado que se ensaya y el resto de los enrollados, núcleo, carcasa y estanque del transformador conectados juntos a tierra.

La duración del ensayo consiste en aplicar la tensión durante 60 segundos.

Frecuencia y forma de onda de la tensión de ensayo : Aplicar una onda de tensión alterna sinusoidal con una frecuencia igual o superior al 80% e inferior o igual al 100% de la frecuencia nominal del transformador.

Aplicación de la tensión de ensayo : Comenzar el ensayo con un valor de tensión inferior o igual a un tercio de la tensión de ensayo. Aumentar, gradualmente, el valor de la tensión de modo que alcance su valor máximo en un tiempo inferior o igual a 15 segundos.

Desconexión de la tensión de ensayo : Disminuir, rápidamente, la tensión a un valor menor o igual a un tercio de su valor máximo antes de desconectar la fuente de tensión.

Expresión de resultados :

Considerar positivo el ensayo si el aislamiento de las partes a que se aplica la sobretensión resiste sin alteraciones. En caso de duda respecto al resultado repetir el ensayo con los mismos valores de tensión y frecuencia.

- **Transformadores eléctricos de distribución – Ensayos de tensión de impulso con onda completa. (NCh919.Eof1972)**

Esta norma establece un método normalizado de aplicación de la tensión de impulso para detectar fallas en el aislamiento de un transformador.

Esta norma se aplicará a la detección de fallas en aislamiento de transformadores de distribución.

Resumen del método :

El método se basa en la aplicación de una onda de tensión de alto valor y corta duración para detectar fallas en el aislamiento del transformador que se ensaya.

Generador de tensión de impulso : Capaz de suministrar la tensión de impulso de onda plena requerida por el ensayo.

Osciloscopio : Adecuado para observar la onda de tensión de impulso del ensayo.

Procedimiento :

Aplicar la tensión de impulso sucesivamente a cada terminal de línea del transformador que se ensaya.

Conexiones previas : Conectar a tierra el estanque del transformador que se ensaya ya sea directamente o a través de una impedancia de valor reducido.

Conectar todos los terminales de enrollados no ensayados entre si y a tierra, directamente o a través de resistencias que limiten la tensión aparecida en ellos a un valor inferior o igual al 75% del valor de tensión de impulso.

Conexiones para el ensayo : Conectar un terminal de línea del enrollado que se ensaya al generador de impulso.

Conectar los otros terminales a tierra, directamente o a través de una impedancia de valor reducido (Si el comprador especifica que el transformador operará en servicio con el neutro conectado a tierra, hacer esta conexión durante el ensayo).

Conectar el transformador ensayado junto a los aparatos de medición y al generador de impulso.

Forma de la onda de impulso : Aplicar una onda de la forma 12/50 (μs).

Tolerancia en la forma de onda : La tolerancia en la forma de onda debe ser menor o igual a $\pm 30\%$ en la duración del frente y $\pm 20\%$ en la duración de la cola de la onda. (si por las características del transformador es imposible aplicar una onda dentro de estas tolerancias, podrán acordarse tolerancias mayores entre el fabricante y el comprador).

Ajuste de la onda y calibración del generador de impulso : Para obtener la onda 12/50 (μs) requerida, ajustar los parámetros del circuito a una tensión reducida, con el generador de impulso conectado al terminal del enrollado que se ensaya y a los dispositivos de medición y registro de la tensión.

Aplicaciones : Aplicar cada vez dos ondas de tensión de impulso en onda plana.

Lecturas :

Forma de onda : Registrar la forma de onda de tensión de impulso observada en el osciloscopio.

Lecturas complementarias : Registrar los valores de tensión e intensidad de corriente que sean necesarios para la interpretación de resultados tales como :

- Intensidad de corriente en el terminal de tierra del enrollado que se ensaya.
- Tensión de transferencia que se desarrolla en los bordes de los enrollados no ensayados.
- Otros valores que el fabricante considere apropiado registrar durante el ensayo.

Expresión de resultados :

Interpretación de resultados : Considerar como evidencias de falla en la aislamiento las siguientes:

- Variaciones significativas de la forma de onda, diferentes de las variaciones intencionales, indicadas por el registro de tensión aplicada y las lecturas complementarias de tensión e intensidad de corriente, para toda la aplicación de onda plena. (Si existen dudas en la interpretación de anomalías en los registros, aplicar tres nuevas ondas de tensión de impulso al 100% del nivel de ensayo, considerar satisfactorio el ensayo si las anomalías no son ampliadas por estas aplicaciones.
- Ruido claramente apreciable en el interior del transformador durante el ensayo.

Descripción de las pruebas aplicadas al transformador

Las pruebas aseguran el buen funcionamiento del transformador en condiciones normales de operación y si hay que clasificarlas, estas se agrupan en pruebas en fabrica; esto es, ensayos durante y al finalizar la construcción del equipo, y, pruebas en terreno, están destinadas a constatar el buen funcionamiento del equipo en el lugar donde se encuentra el servicio.

- **Razón de vueltas y polaridad**

Esta prueba provee la correcta razón de vueltas de los devanados y que estos hayan sido conectados en forma apropiada. También se asegura que las derivaciones son correctas. La razón es correcta cuando se obtiene un error dentro del 0,5% de lo indicado en la placa de características.

- **Resistencia de devanados**

Usando un megger se verifica el estado de la aislamiento (secado) en los enrolados y núcleo (valores típicos a temperatura ambiente por sobre 1000 megohms)

- **Pruebas dieléctricas**

Son las pruebas tradicionales de tensión que verifican que a tensión nominal, la frecuencia y la forma de onda mantienen los valores garantizados.

- **Impedancia y pérdidas de carga**

La impedancia del transformador puede ser medida por medio de un simple cortocircuito en un devanado y haciendo pasar la corriente nominal por el otro. La razón entre el voltaje necesario para que fluya la corriente nominal en el enrollado cortocircuitado, respecto al voltaje nominal, es la impedancia del enrollado, en $\%$. Cuando es necesario extraer la humedad del aislamiento en un transformador en servicio, es útil conocer esta impedancia en el aceleramiento del periodo de secado.

- **Aislación núcleo**

Son las pruebas tradicionales de verificación de aislación entre cada devanado y la estructura que garantizan el buen estado del sistema de aislación.

- **Chequeo de las conexiones**

Consiste en revisar el estado de los bornes de conexión, verificar que estén bien apretadas y aisladas cada una de las salidas y/o entradas del transformador.

Pruebas a transformadores en terreno

Las pruebas de mantenimiento preventivo al transformador en servicio, tienen como primer objetivo el monitoreo de la aislación y evaluación de la operación normal. La experiencia puede ser la base de una buena selección de pruebas a ser usadas y de establecer un criterio para medir la integridad del equipo, para un servicio libre de interrupciones.

Pruebas no eléctricas

Las pruebas que se realizan con el transformador en servicio son :

- Estado visual del aceite
- Humedad del aceite
- Análisis cromatográfico de gases disueltos
- Visión termográfica

Pruebas eléctricas :

Las pruebas mas comunes usadas en el terreno, para evaluar la condición de la aislacion del transformador son:

- Corriente de excitación
- Resistencia de aislacion
- Razón de transformación
- Resistencia de devanados
- Chequeo de la conexión a tierra de servicio del núcleo
- Resistencia de la tierra

Ensayos de aislación en Transformadores

Los ensayos de aislación en transformadores, y en general en cualquier equipo eléctrico, se realizan para verificar que el aislamiento posea características óptimas ya sea en el proceso de fabricación, o bien durante los períodos de mantención del equipo una vez que éste ha entrado en servicio.

Los principales ensayos dieléctricos aplicables a transformadores son los siguientes:

- Ensayos de impulso
- Ensayos de alto potencial
- Medición de la resistencia del aislamiento
- Medición del factor de disipación y potencia en aislamiento general y en bushings.
- Pruebas para verificar la calidad del aceite
- Detección de gases disueltos en el aceite.
- Detección de descargas parciales en el aislamiento del transformador.

a) Ensayos de impulso.

Estas pruebas se realizan en laboratorio y constituyen ensayos ejecutados por los fabricantes durante el proceso de aceptación del equipo. Los ensayos de impulso permiten determinar si el aislamiento del transformador es capaz de soportar esfuerzos eléctricos asociados a descargas atmosféricas y sobretensiones de maniobra. Lo anterior se consigue aplicando a la aislación del transformador ondas de tensión de impulso normalizadas de alta tensión (cuya duración es del orden de los microsegundos) que tratan de simular los sobrevoltajes asociados a rayos o a interrupciones en el sistema eléctrico. Si la aislación del transformador no sufre ruptura luego de la ejecución de estos ensayos se dice que el equipo ha superado la prueba de impulso.

b) Ensayos de alto potencial.

Los ensayos de alto potencial consisten en la aplicación de tensiones, a frecuencia industrial, de magnitud superior a los valores nominales del transformador. Estas pruebas permiten verificar la condición del aislamiento en lo que respecta a su capacidad para soportar sobrevoltajes a frecuencia de

operación, o a mayor frecuencia en el caso de la prueba de potencial inducido. Entre los ensayos de alto potencial se distinguen:

- Ensayo de potencial aplicado
- Ensayo de potencial inducido

El ensayo de potencial aplicado consiste en someter a la aislación del transformador a una sobretensión a frecuencia industrial (de valor normalizado) durante 1 minuto, y chequea el aislamiento entre los bobinados entre sí y con respecto a tierra. El ensayo de potencial inducido se lleva a cabo para verificar las condiciones del aislamiento entre vueltas en cada una de las bobinas y se realiza a frecuencias del orden de los 120 Hz para no saturar el núcleo del transformador.

c) Medición de la resistencia del aislamiento

La medición de la resistencia del aislamiento se lleva a cabo con un megger, que aplica tensión continua entre los bobinados, bobinados con respecto a tierra y con respecto al núcleo. A través de las mediciones anteriores se obtiene los valores de la resistencia del aislamiento. Los valores típicos de resistencia del aislamiento entre bobinados y tierra, en un transformador de poder, es del orden de 400 Megohms, y entre bobinados y núcleo, de 1000 Megohms. La medición de resistencia de aislamiento con respecto al núcleo solo se realizará si este es accesible.

d) Medición del factor de disipación y potencia (factores de pérdida).

El factor de disipación del aislamiento de un transformador se obtiene por lectura directa a través de un puente capacitivo (puente de schering), por su parte el factor de potencia se calcula a partir de los valores de factor de disipación obtenidos. Para el aislamiento general del transformador, el factor de disipación o tangente delta por lo general se mide utilizando el método de DOBLE que entrega directamente los valores de tangente delta y la capacidad (en Faradios) del aislamiento. Tanto el factor de disipación, como el de potencia deben asumir valores bajos, pues representan pérdidas indeseables en la aislación que pueden diagnosticar presencia de cavidades en esta y por ende aparición de descargas parciales.

Para el caso de los bushings o bujes del transformador, la medición de los factores de pérdida se realiza empleando distintos métodos, cuya aplicación dependerá del tipo de bushing presente. Para bushings capacitivos se realiza la medición con puentes capacitivos entre el terminal del buje y el TAP de voltaje. Para bushings no capacitivos, la medición de los factores de pérdida se lleva a cabo empleando el método del collar caliente.

e) Pruebas para la verificación de la calidad del aceite.

Estos ensayos están normalizados por los estándares de la ASTM, y se realizan tomando muestras del fluido para verificar las siguientes características del aceite:

- Rigidez dieléctrica en corriente alterna
- Rigidez ante impulso
- Color y apariencia
- Densidad
- Viscosidad
- Punto de fluidez
- Punto de inflamación
- Tensión interfacial
- Número de neutralización (acidez)
- Contenido de agua
- Estabilidad ante oxidación
- Contenido de inhibidores (aditivos)
- Tendencia a absorción de gases
- Factor de potencia y disipación
- Resistividad

El ensayo más requerido dentro de los ya nombrados es la medición de rigidez dieléctrica en el aceite. Esta prueba se lleva a cabo por medio de dos métodos: ASTM D 1816 (electrodos semiesféricos) y ASTM D 877 (electrodos de disco).

Existen otras características en los aceites dieléctricos que se han reconocido de manera más reciente como:

- Contenido de contaminantes
- Análisis de composición química
- Tendencia a generar carga electroestática
- Detección de descargas parciales en el fluido

f) Detección de gases disueltos en el aceite

Para la detección de gases disueltos en el aceite, que pueden resultar ser indicios de falla en el aislamiento del transformador, se emplean los siguientes métodos:

- Medición del total de gases combustibles en el aceite
- Análisis de la capa de gas
- Análisis de gases disueltos en el aceite (cromatografía gaseosa)

La técnica que entrega más información es la cromatografía gaseosa la cual permite, a través de sus resultados, determinar el posible tipo de falla presente en el transformador. El método hace posible detectar fallas incipientes derivadas de sobre temperaturas, arcos y descomposición de la celulosa que forma parte del aislamiento sólido del transformador. Recientemente se han desarrollado métodos cromatográficos que permiten llevar a cabo los diagnósticos en terreno.

g) Detección de descargas parciales en el aislamiento del transformador

Las descargas parciales en la aislación de transformadores pueden detectarse por medio de los siguientes métodos:

- Métodos eléctricos
- Métodos químicos
- Métodos acústicos

Los métodos eléctricos se llevan a cabo midiendo las descargas parciales por medio de detectores convencionales. Esta técnica tiene el inconveniente de perder sensibilidad en mediciones en terreno debido a la alta interferencia electromagnética derivada del sistema eléctrico.

Los métodos químicos aprovechan la información entregada por los gases que aparecen en el aceite del transformador, no obstante, estas técnicas no permiten detectar la presencia de descargas incipientes en el aislamiento del transformador debido a que se produce un gran retardo entre el inicio de la fuente de descargas parciales y la evolución de gas suficiente que delate la presencia de estas.

Las técnicas acústicas detectan la actividad de descargas parciales por medio de sensores que se instalan en el tanque del transformador. Estos métodos además de medir la magnitud de las descargas pueden entregar la ubicación física de las fuentes de descargas parciales.

Ensayos hipot: Tensión alterna v/s tensión continua

- **Definición**

Los ensayos hipot, o de alto potencial, son aplicados al aislamiento de los distintos equipos eléctricos con el fin de evaluar la condición de la aislación. Este tipo de pruebas es de carácter destructivo, vale decir, el aislamiento del equipo se considerará en buenas condiciones si no sufre ruptura con la aplicación de una prueba hipot. La metodología de este tipo de ensayos consiste en aplicar una tensión alterna o continua de magnitud superior al valor nominal de voltaje del equipo, en la aislación a tierra, durante un período de tiempo que, por lo general, varía entre 1 y 30 minutos, dependiendo del equipo eléctrico a probar. De este modo, para un cable de poder de media tensión el período de prueba es de 15 minutos para ensayo hipot con corriente continua y de 30, para uno con corriente alterna. En el caso de transformadores y máquinas rotatorias este período se reduce a 1 minuto.

- **Ensayo hipot con corriente alterna.**

Los ensayos de alto potencial con corriente alterna (AC hipot test), consisten en la aplicación de una tensión alterna a frecuencia industrial (50-60 hz.) al aislamiento de cables, transformadores, máquinas rotatorias y condensadores de potencia.

Las ventajas del AC hipot test son las siguientes:

- La forma de onda y la frecuencia de la tensión aplicada representan de manera más fidedigna los esfuerzos eléctricos que debería ser capaz de soportar un equipo determinado de corriente alterna.
- En el caso del aislamiento de cables de poder, el AC hipot test no produce cargas espaciales. La aparición de cargas espaciales puede provocar la ruptura del aislamiento una vez que el cable entra en servicio.

- La fuente de tensión del AC hipot test puede emplearse para la aplicación de otras pruebas como la medición del factor de disipación y detección de descargas parciales.

Los inconvenientes del AC hipot test son:

- El equipo de prueba es de gran tamaño, costoso y pesado. Esta situación trae como consecuencia que el AC hipot test no sea usualmente aplicado en ensayos de campo.
- El ensayo con corriente alterna entrega escasa información adicional que permita hacer un diagnóstico más acabado del aislamiento bajo prueba.

- **Ensayo hipot con corriente continua.**

El ensayo de alto potencial con corriente continua consiste en la aplicación de tensión continua al aislamiento de cables, transformadores, máquinas rotatorias y condensadores de potencia. La tensión de ensayo es de mayor magnitud que la aplicada en el AC hipot test (de 1.7 a 3 veces, dependiendo el equipo bajo prueba).

Las ventajas del DC hipot test son las siguientes:

- El equipo de prueba es de tamaño reducido, liviano y de bajo costo, situación que favorece la aplicación del DC hipot test en campo.
- Con la aplicación de tensiones continuas se puede obtener mayor información de la condición del aislamiento, debido a que se puede determinar el índice de polarización, parámetro que es de gran utilidad al momento de hacer un diagnóstico de la aislación en un equipo determinado.

Los inconvenientes del DC hipot test son:

- La tensión continua no representa de manera fidedigna los esfuerzos eléctricos en el aislamiento de equipos de corriente alterna.
- En el caso del aislamiento de cables de poder, este ensayo genera cargas espaciales en dieléctricos extraídos (XLPE), situación que puede provocar la falla del cable una vez que este entra en servicio. Por este motivo el DC hipot test fue discontinuado, a partir de 1996, como ensayo de alto potencial para cables aislados con XLPE.
- En el caso de generadores grandes refrigerados con agua, la aplicación de tensiones continuas provoca una trayectoria a tierra de baja impedancia, situación que puede sobrecargar la fuente de tensión del DC hipot test. Este inconveniente no se presenta al aplicar un ensayo de alto potencial con corriente alterna.

- **Conclusión.**

Los ensayos de alto potencial son quizás los más discutidos en cuanto a sus desventajas y bondades. Aparentemente el AC hipot test trae consigo la mayor parte de los inconvenientes a raíz del gran tamaño, peso y costo del equipo de prueba y la escasa información que entrega. No obstante, cada uno de los ensayos de alto potencial descritos puede ser más ventajoso que otro en determinados equipos y circunstancias.

En la actualidad se han desarrollado técnicas hipot con aplicación de tensiones a muy baja frecuencia (0.1 hz.) que pretenden combinar las ventajas del AC y DC hipot test y suprimir sus respectivos inconvenientes.

Conclusión General

En este trabajo se presentaron ensayos normalizados según normas americanas para transformadores de distribución adaptadas por el instituto nacional de normalización (INN) Chile. Estos ensayos fueron los siguientes:

- Determinación de la resistencia de los enrollados
- Determinación de la razón de transformación
- Ensayos dieléctricos con tensión aplicada
- Ensayo dieléctrico mediante tensión de pulso de onda completa

Además se agrego una descripción de las principales pruebas realizadas a transformadores, las cuales aseguran el buen funcionamiento de éste en condiciones normales y que están regidas según normas establecidas, homólogas a las normas americanas.

Allan Concha R., Ingeniería de Ejecución en Electricidad

Universidad del Bio-Bio.
