

MANTENIMIENTO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA

LA PRUEBA DINAMICA DEL CAMBIADOR DE TOMAS

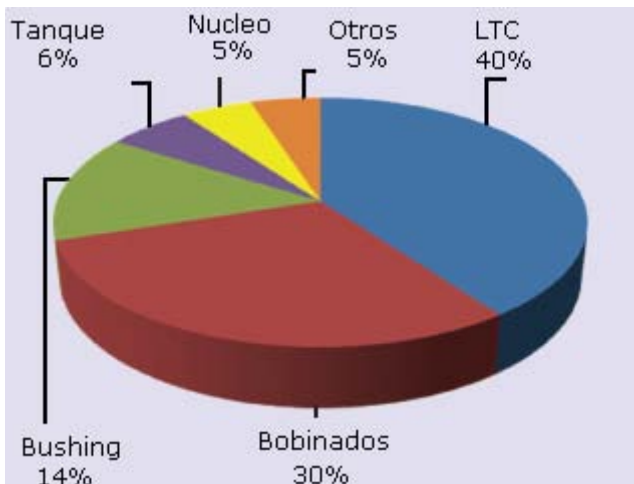


INTRODUCCION

Todo transformador de potencia, se integra mediante partes o componentes que trabajan de forma independiente.

Entre estos componentes se encuentran principalmente los bobinados, formando la parte eléctricamente activa de la maquina, en los que se inducen tensiones; y el componente magnético, en donde el flujo es guiado; sin embargo, las estadísticas muestran que las causas más frecuentes que dan lugar a serios daños y largas interrupciones en una maquina, y en donde se encuentran las mayores probabilidades de fallas, son asignadas a otro elemento mas básico, que forma parte del modelado de todo transformador: los denominados CAMBIADORES DE TOMAS BAJO CARGA (LTC *Load Tap Changer*)

- Medición de Resistencia de Bobinados.
- Medición de Resistencia Dinámica del LTC
- Medición del Tiempo de Actuación de cada toma.
- Medición de la corriente del motor.
- Medición de la corriente de carga.



LOS CAMBIADORES DE TOMAS (LTC)

Los cambiadores de tomas (OLTC) se utilizan para cambiar las distintas conexiones (taps) de los devanados del transformador, mientras que el transformador se mantiene bajo carga nominal, y pueden ser diseñados como una sola unidad para aplicaciones tanto monofásicas como trifásicas.

Las actuales mediciones simultáneas de cinco parámetros fundamentales; todas ellas realizadas con precisiones del orden de 1 μ ohm y de 1 milisegundo, por primera vez brindan las herramientas de diagnóstico temprano, de una las principales causas de fallas en transformadores de potencia:

Un cambiador de tomas es la única parte móvil de un transformador, y por lo tanto, es uno de los componentes mas expuestos a diversos mecanismos de desgaste y de envejecimiento.

En aplicaciones trifásicas, es común requerir de tres unidades independientes, cada una manejando una fase en forma aislada de las otras.

Para evitar un cortocircuito entre dos pasos de regulación del bobinado, el cambio de una posición a otra tiene que ser realizado siempre a través de una impedancia, Esta impedancia de transición puede ser una resistencia o un reactor.

Un cambiador de tomas típico de transformadores de distribución, proporciona una regulación del 5% al 15%, en pasos de 1,25% de la tensión nominal, mientras que para transformadores de transmisión, proporciona cambios del orden del 10%, en pasos de 0,625% o 1,25% de la tensión nominal.



FACTORES DE FALLAS EN CAMBIADORES DE TOMAS:

Recuperando el concepto de que las fallas en el cambiador de tomas bajo carga (LTC), representa el 40% de las fallas totales de una maquina, sin olvidar que se trata de la única parte móvil de un transformador, todo lo anterior se relaciona con la importancia y objetividad que se debe volcar sobre el funcionamiento y el desempeño de este componente durante toda la vida útil de una maquina, y en especial durante los mayores años de servicio.

Los disparadores de fallas que actúan sobre un LTC, podrían ser resumidos en los siguientes:

1- El aceite aislante en el interior del compartimiento del cambiador de tomas, se encuentra expuesta a suciedad y degradación, debido a la producción de arcos durante la conmutación, lo que conduce a debilitar las propiedades del aislamiento (adherencia de carbones – contorneos, etc.)

2- Otro factor lo constituyen los arcos durante las conmutaciones, y por ende un consecuente desgaste de sus contactos.

3- Otro factor es el desgaste mecánico sobre sus partes móviles.

4- Otro mecanismo de envejecimiento es el denominado “efecto a largo plazo”, que se produce sobre el mecanismo selector cuando el cambiador está inmóvil. El efecto a largo plazo se inicia con la formación de una delgada capa de aceite. Esta película orgánica es menos

conductora a partir de la polimerización del aceite, enlazando componentes orgánicos de la plata, óxido de cobre y sulfuros.

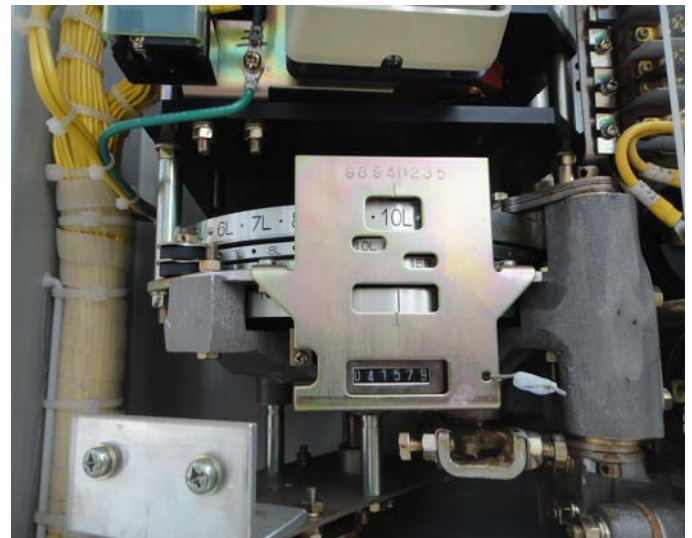
Si bien esta película de aceite no causa fallas directas en el cambiador de tomas, el aumento de la resistencia de contacto debido a la formación de esta capa de aceite, puede causar sólidos de carbón duro y poroso.

5- Por consiguiente, ante altas corrientes de carga, el efecto a largo plazo se acelerará, ayudado por el movimiento infrecuente (posición normal del tap), y a una consiguiente reducción en la presión del contacto.

6- Debido a su movimiento poco frecuente, el selector siempre será propenso a sufrir los efectos de largo plazo, sin olvidar que el mismo no es accesible durante una rutina de mantenimiento normal, razón por la cual, por las mediciones precisas, y un diagnóstico temprano, se tornan altamente necesarios.

Entre estas mediciones, destinadas a evaluar el estado y la eficiencia de un cambiador de tomas, se encuentran las siguientes variables:

- Consumo de corriente del motor actuante.
- Resistencia de contactos en cada toma.
- Resistencia de cada bobinado involucrado.
- Tiempo de actuación de cada conmutación.



INTRUMENTOS PARA DIAGNOSTICO DE CAMBIADORES DE TOMAS:

El control de los cambiadores de tomas, mediante mediciones simultáneas de resistencias dinámicas y estáticas, además del ploteado del tiempo de conmutación, y de la corriente de carga del motor, todas ellas tomadas por medio de un sistema integral microprocesado, constituye hoy en día la herramienta ideal para efectuar un diagnostico objetivo de estos elementos.

El nombre que se le ha dado a este ensayo integral, es el de: PRUEBA DINAMICA DEL LTC

DESCRIPCION - OPERACION:

Si bien estos instrumentos se basan como es esperable, en la relación eléctrica descrita por la ley de Ohm: $R=V/I$, donde I es la corriente conocida y V es la tensión de C.C. medida sobre una resistencia desconocida, las funciones complementarias son un tanto mas complejas.



PRUEBA DINAMICA DEL LTC

La prueba Dinámica de un LTC, se utiliza para probar las distintas resistencias involucradas, mientras el regulador de tensión se encuentra cambiando de posición. Cabe resaltar que todas las operaciones de cambio del selector de tomas, las realiza el propio instrumento por comando digital.

Es posible seleccionar el tiempo de duración de la prueba, para un periodo total de 15 a 240 segundos, para brindarle al regulador, suficiente tiempo para cambiar a todas las posiciones durante el desarrollo del ensayo.

Los datos de resistencias dinámicas serán registrados continuamente durante el periodo de prueba, al mismo tiempo que un transductor de corriente monitoreará la corriente del motor, encargado de efectuar las conmutaciones.

Generalmente, estos instrumentos utilizan una fuente de alimentación de corriente continua, de 60Vcc, con una corriente de 40 A, y son capaces de leer resistencias de bobinados desde 1 micro-ohm hasta 500 Ohms.

Sus tres canales de medición de tensión, permiten leer tres valores simultáneos de resistencia durante el mismo ensayo, mientras que para garantizar la seguridad del operador, estos equipos descargan automáticamente la energía almacenada en el transformador al final de cada prueba.

Un canal de lectura de resistencia (V1) estará dedicado para las pruebas de resistencia dinámica, utilizada para monitorear la resistencia de contacto en el cambiador del (LTC), o en el regulador de tensión cuando se cambia la posición de cada escalón.

Al mismo tiempo, el ploteo del valor resistivo en función al tiempo, es utilizado para detectar los mas mínimos problemas o discrepancias en la eficacia de cierre de los contactos.

Por último, en forma simultánea, estos equipos deben monitorear la corriente del motor que controla al LTC, y su ingreso a la curva de datos temporales. Esta función es utilizada para monitorear el motor en forma "On Time" (en tiempo real), para cada operación / posición.

Cuando estos sistemas de medición aplican tensión de prueba a los bobinados de una maquina, la corriente se incrementará lentamente hasta alcanzar la saturación del bobinado. Durante este periodo, el valor de resistencia variará sustancialmente, y las lecturas resultarán por consiguiente inestables para el operador. Por lo tanto, un sistema microprocesado de medición, deberá necesariamente efectuar un retardo mínimo de 3 minutos, entre el comienzo de la prueba y la visualización del valor de resistencia en la pantalla.

De esta manera, se eliminará la posibilidad de lecturas precoces y por ende erróneas. Este retardo será ajustado en un tiempo superior a los 3 minutos, dependiendo del tamaño del transformador, pero para casos de estudio, se tendrá la posibilidad de bypasear este retardo, y observar el resultado en forma inmediata.



Será necesario también convertir automáticamente la lectura de resistencia de los bobinados bajo prueba, de su temperatura actual, al valor de resistencia equivalente a una temperatura normalizada.

La conversión se realizará según la siguiente formula:

$$R_s = R_m (T_s + T_k) / (T_m + T_k)$$

Donde:

R_s : es la resistencia a la temperatura deseada.

R_m es la resistencia medida.

T_s : es la temperatura deseada de referencia.

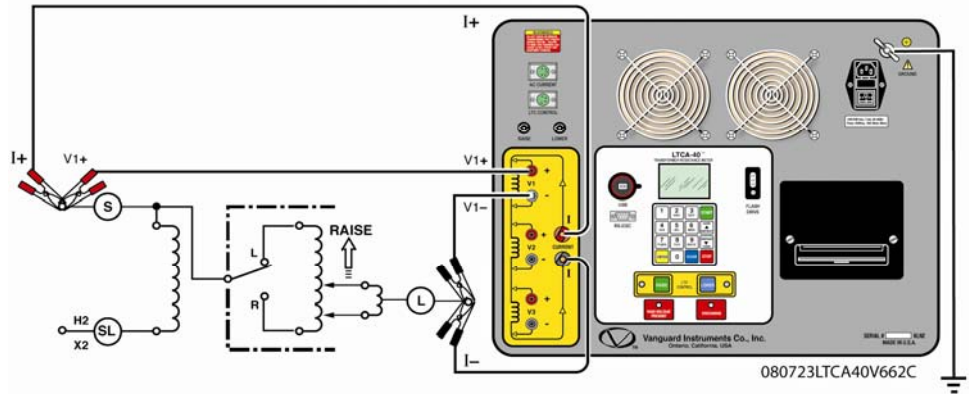
T_m : es la temperatura a la cual fue medida la resistencia.

$T_k = 234.5$ para cobre // 240.0 para aluminio.

Las precisiones en las lecturas de las resistencias, serán expresadas con hasta tres decimales, para permitir determinar las mas mínimas desviaciones o cambios.
 Las conexiones desde el instrumento hacia el LTC, se comprenden en dos bloques independientes:
 El bloque de control, cuya función es la de activar cada cambio de selector en forma digital y desde el propio instrumento; almacenando en cada paso la información obtenida.

WINDING MATERIAL
 1. COPPER, $Tk=234.5$
 2. ALUMINUM, $Tk=225.0$
 3. MANUALLY ENTER Tk

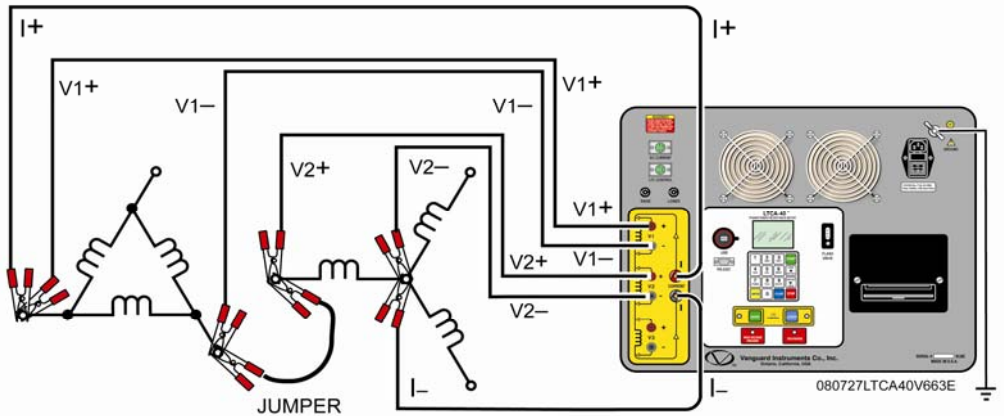
DIAGRAMA DE CONEXION TIPICA
 (PRUEBA DE RESISTENCIA DINAMICA)
 BLOQUE DE CONTROL



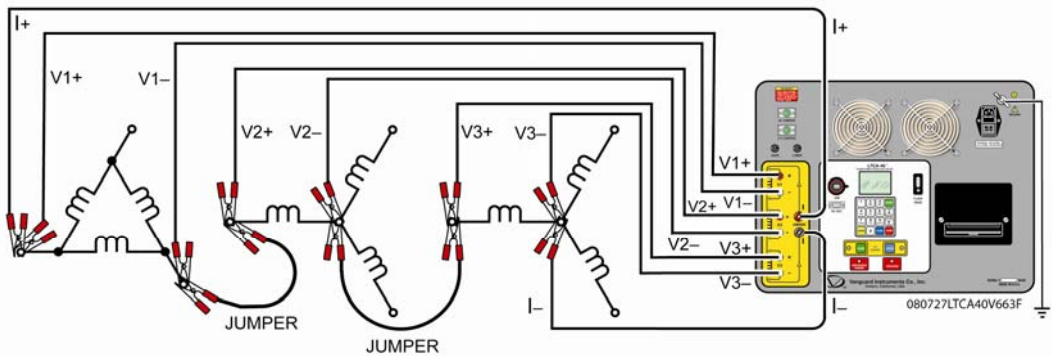
En segundo lugar, se encuentran las conexiones del Bloque de Potencia, en donde es posible realizar mediciones directas sobre transformadores con doble bobinado simultáneo.

TEST IN PROGRESS
 $I = 1.09$ AMPS
 $R1 = 7.272$ m Ω
 $R2 = 358\mu\Omega$
 * XFMR ENERGIZED! *

PRUEBA DE RESISTENCIA DINAMICA
 MAQUINAS DE DOS BOBINADOS
 BLOQUE DE POTENCIA



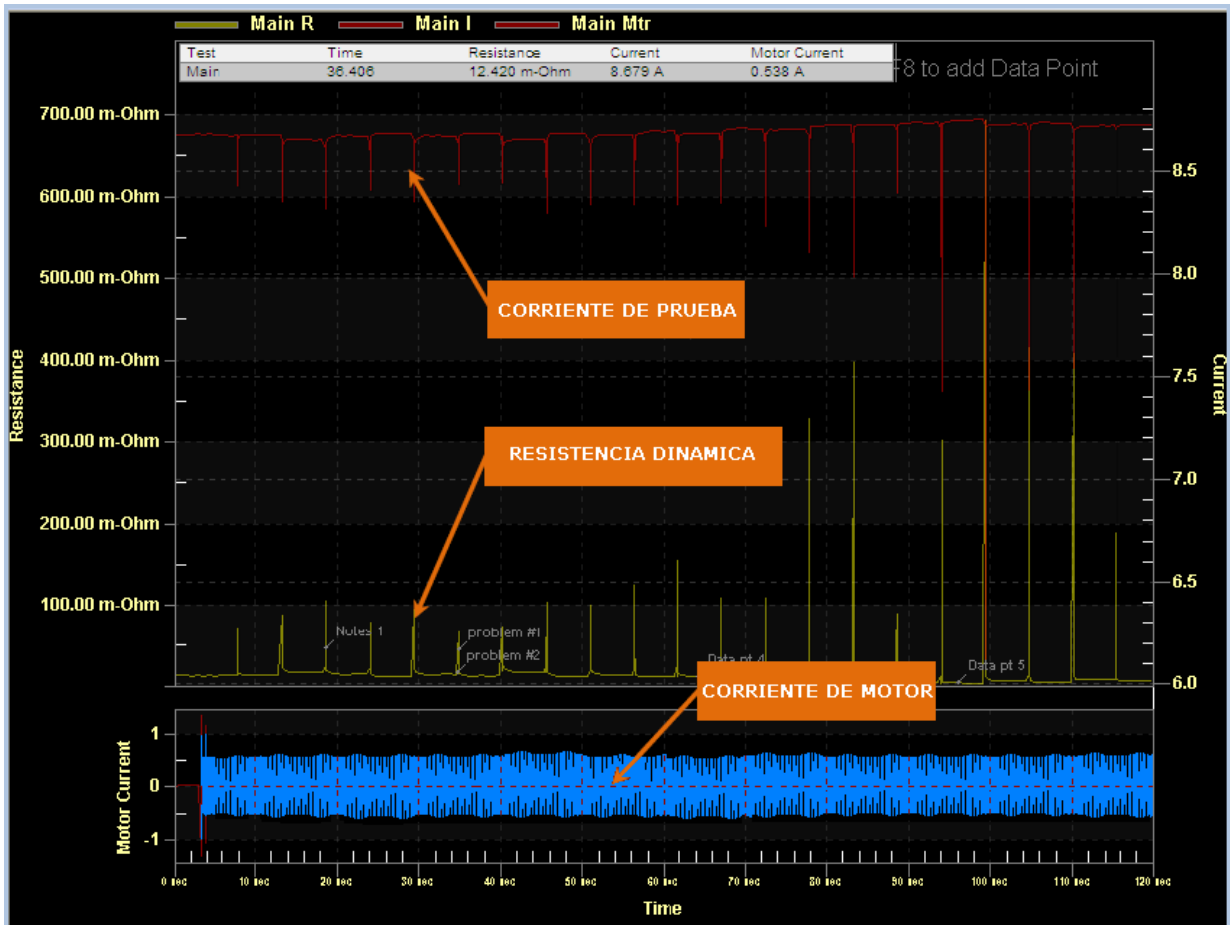
PRUEBA DE RESISTENCIA DINAMICA
 MAQUINAS DE TRES BOBINADOS
 BLOQUE DE POTENCIA



REPORTE IMPRESO DE PRUEBA DINAMICA:

Pero el analisis mas exhaustivo, en donde se deben detectar los mas mínimos detalles o discrepancias, se realizará mediante el estudio grafico de todas variables obtenidas en tiempos real, en donde las funciones de zoom, y el desplazamiento de cursores digitales, proporcionarán las herramientas informáticas necesarias para la detección y cuantificación de posibles anomalías en el LTC.

1. RESISTANCE TEST
2. SPECIAL RESISTANCE TEST
3. DYNAMIC LTC TEST



CONCLUSIONES:

Dentro de la matriz de fallas potenciales de un transformador, el cambiador de tomas constituye el 40% de las estadísticas de siniestros posibles. Un cambiador de tomas es la única parte móvil de un transformador, y por lo tanto, es una de los componentes mas propensos a diversos mecanismos de desgaste y de envejecimiento.

Las mediciones de resistencias dinámicas del cambiador, brindan una nueva herramienta de diagnostico temprano, y en tiempo real, dando claridad sobre el estado funcional del selector.