Mantenimiento Preventivo de Motores Eléctricos (parte 2)

Pruebas de Resistencia de aislamiento

El aislamiento eléctrico se degrada con el tiempo debido a las distintas fatigas que se le imponen durante su vida normal de trabajo. El aislamiento está diseñado para resistir esas fatigas por un periodo de años que se considera como la vida de trabajo de ese aislamiento (es decir, décadas).
La fatiga anormal puede llevar a un incremento en este proceso natural de envejecimiento que puede acortar severamente la vida de trabajo del aislamiento. Por esta razón es buena práctica realizar pruebas regulares para identificar si tiene lugar un incremento del envejecimiento y, si es posible, identificar si los efectos son reversibles o no.

En su forma más simple, las pruebas de diagnóstico toman la forma de una "prueba puntual (spot)". La mayoría de los profesionales de mantenimiento eléctrico han hecho pruebas puntuales (spot) cuando se aplica un voltaje al aislamiento y se mide una resistencia (prueba con megohmetro).
Pero lamentablemente la información brindada por una sola lectura del megohmetro es poca, aunque es la clase de prueba que se aplica generalmente a los circuitos de bajo voltaje donde el costo de una falla es bajo y el equipo puede reemplazarse fácilmente y sin grandes desembolsos.

Pero cuando hablamos de equipos muy costosos, y/o para media o alta tensión, lo que generalmente se recomienda es comparar con las lecturas registradas del megohmetro con otras realizadas anteriormente para poder ver una tendencia y prescribir las acciones correctivas.

En marzo del 2000 la directiva de estandares del IEEE (Asociación Internacional de Ingenieros Electrónicos y Eléctricos), aprobó una revisión del standard que ha servido de guía para las medidas de aislamiento en maquinas rotatorias, el ANSI/IEEE 43-2000 ("Práctica recomendada para la medida de resistencia de aislamiento de máquinas rotatorias").

De acuerdo con el IEEE, el standard está dirigido para quienes fabrican, operan, prueban, dan mantenimiento o son responsables para la aceptación de maquinas rotatorias.

El standard solicita : la prueba de *resistencia de aislamiento* y la prueba del *índice de polarización* (IP), y recomienda que ambas pruebas sean hechas (si es posible).

Resistencia de Aislamiento

La ANSI/IEEE 43-2000 recomienda un procedimiento para la medición de la resistencia de aislamiento de los bobinados de la armadura y del campo en máquinas rotatorias de potencias de 1hp, 750 W o mayor, y se aplica a:

- *máquinas síncronas*
- *máquinas de inducción*
- *máquinas de CC (corriente contínua)*
- *condensadores síncronos*.

La norma indica la tensión de c.c. que se debe aplicar a la prueba de aislamiento (basada en los potencia de la máquina, y durante un minuto) y los valores mínimos aceptables de la resistencia de aislamiento para los bobinados de las máquinas rotatorias para CA y CC (es decir, la resistencia medida al cabo de un minuto).
La siguiente tabla proporciona las guías para el voltaje de c.c. que será aplicado durante una prueba de resistencia de aislamiento. Nótese que los voltajes de hasta 10 kV son recomendados para bobinados clasificados a voltajes mayores de 12kV.

Voltaje (V) del bobinado (V es el tensión entre fases para maquinas trifásicas y monofásicas, y la tension nominal para maquinas de c.c. o bobinados de campo)	Voltaje que se aplicará en la prueba de aislamiento
<1000	500
1000-2500	500-1000
2501-5000	1000-2500
5001-12000	2500-5000
>12000	5000-10000

El standard recomienda que cada fase sea aislada y probada separadamente (de ser posible) dado que este acercamiento permite las comparaciones que deberán hacerse entre fases. Las dos fases que no están siendo probadas deberán ser puestas a tierra en la misma tierra que la del núcleo del estator o el cuerpo del rotor.
Cuando todas las fases son probadas simultáneamente, únicamente el aislamiento a tierra es probado.
Las mediciones de resistencia de aislamiento deben ser hechas con todo el equipo externo (cables, capacitores, supresores de disturbios, etc.) desconectados y conectados a tierra debido a que estos objetos pueden influenciar la lectura de la resistencia. Deberá usarse un punto común de tierra.

Asimismo se establece que el historial de las pruebas deberá ser usado para el seguimiento de los cambios. Si el historial no está disponible, el standard proporciona valores mínimos para ambas pruebas (aislamiento e indice de polarización) que pueden ser usadas para estimar la situación en que se encuentra el bobinado.

La resistencia de aislamiento *mínima*, recomendada, después de un minuto y a 40°C, puede ser determinada de la tabla siguientes. La resistencia mínima de una fase del bobinado de una armadura de tres fases probada con las otras dos conectadas a tierra deberá ser aproximadamente del doble del bobinado total. Si cada fase es probada separadamente (con los circuitos de guarda estando usados en las fases que no están bajo prueba), la resistencia mínima (a 1 minuto) observada deberá ser tres veces el bobinado total.

Resistencia minima, en Mohm, según IEEE43-2000	Maquina bajo prueba
KV+1 (donde kV es la tensión nominal de al maquina, media en kilovoltios)	Para bobinados fabricados antes de 1970
100	Para motores de c.c y estatores AC construidos después de 1970
5	Para máquinas de bobinado aleatorio y formado, de tensiones menores a 1 kV.

La norma indica que si la resistencia a 1 minuto es mayor a 500 Mohm, entonces el calculo del IP puede dejarse de lado.

Indice de Polarización

Cuando deseamos obtener el indice de polarización IP, se realiza la prueba de resistencia durante 10 minutos. El resultado de dividir la lectura de resistencia a diez minutos entre la lectura de 1 minuto dá como valor el IP. El resultado es un número puro y se puede considerar independiente de la temperatura.
En general, una relación baja indica poco cambio, consecuentemente aislamiento pobre, mientras que una relación alta indica lo opuesto. Las referencias a valores IP típicos son comunes en la literatura, lo que hace que esta prueba sea fácilmente empleada.

Los valores mínimos recomendados para el IP están basados en la clase de los materiales de aislamiento y se aplican a todos los materiales de aislamiento indiferentemente de su aplicación de acuerdo con el IEC 60085-01: 1984.

Tipo de aislacion	**VALOR MINIMO DE IP**
CLASE A	1.5
CLASE B, F o H	2.0

Generalmente los valores de IP son entre 2 a 5. Pero un IP muy alto (mayor de 5) puede estar indicando problemas de resecamiento en el aislamiento y posiblemente, luego de una inspeccion visual obrservemos zonas quebradizas en el aislamiento.

Efectos de la temperatura en las medidas de resistencia.

Las variaciones de temperatura pueden tener un efecto critico en las lecturas de resistencia de aislamiento. La resistencia cae marcadamente con un incremento en la temperatura para el mismo aparato. Cada tipo de material aislante tiene un grado diferente de cambio de resistencia con la temperatura. Se han desarrollado tablas de factores de corrección por temperatura para distintos tipos de aparatos eléctricos y pueden adquirirse del fabricante. A falta de estas, se recomienda que uno desarrolle sus propias tablas de factores

de corrección registrando dos valores de resistencia para el mismo equipo a dos temperaturas diferentes. Se puede trazar entonces una gráfica de resistencia (en una escala logarítmica) contra temperatura (en una escala lineal). La gráfica es una línea recta y puede extrapolarse para cualquier temperatura de modo que los factores se pueden leer directamente.
En lugar de datos detallados, la regla práctica es que por cada 10° C de incremento en temperatura, la resistencia se reduce a la mitad; o por cada 10° C de disminución de la temperatura, la resistencia se dobla. Por ejemplo, una resistencia de 100 Gohmios a 20 ° C se hace 25 G a 40° C.
¿Porqué es importante la corrección por temperatura? Considere el siguiente ejemplo de un motor probado en momentos diferentes del año a temperaturas diferentes (todas dentro de una banda de 15° C). Los ajustes de temperatura se hicieron usando la corrección por la regla práctica antes mencionada.

FECHA	RESIST. DE AISLAM. (MΩ)	TEMPERATURA °F	TEMP. AJUSTADA RESIST. DE AISLAM.(MΩ)
01-Ene-90	15,000	68	14,990
01-Jun-90	9,000	80	14,276
01-Ene-91	14,500	68	14,490
01-Jun-91	8,500	82	14,562
01-Ene-92	14,300	68	14,290
01-Jun-92	8,700	81	14,341
01-Ene-93	14,500	68	14,490
01-Jun-93	8,900	81	14,671
01-Ene-94	14,200	69	14,748
01-Jun-94	8,900	80	14,117
01-Ene-95	13,600	68	13,591
01-Jun-95	8,900	78	13,071
01-Ene-96	13,500	66	12,491
01-Jun-96	7,500	80	11,896
01-Ene-97	11,300	68	11,292
01-Jun-97	6,500	80	10,310
01-Ene-98	8,000	67	7,693

Las lecturas tomadas crean confusión si no se corrigen por temperatura. Cuando se trazan, producen una gráfica que es de uso limitado para determinar una tendencia.

Si los mismos datos se corrigen por temperatura y se trazan, la gráfica comienza a proporcionar un cuadro valioso del deterioro del aislamiento. La corrección por temperatura es particularmente importante cuando se prueba con mayores voltajes con altos niveles de sensibilidad.

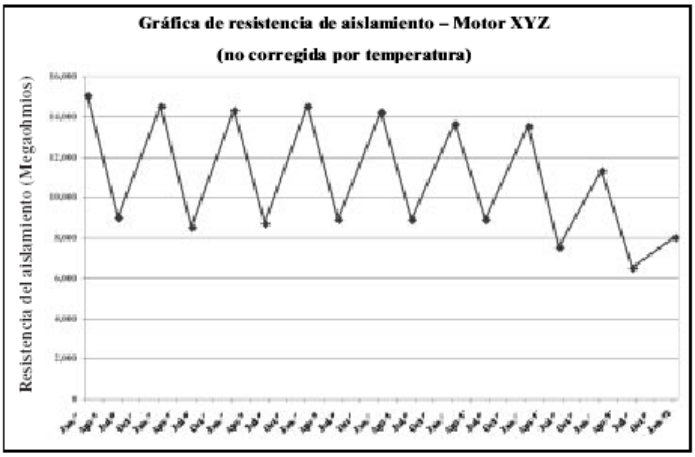

Figura 20: Gráfica de resistencia de aislamiento no corregida por temperatura

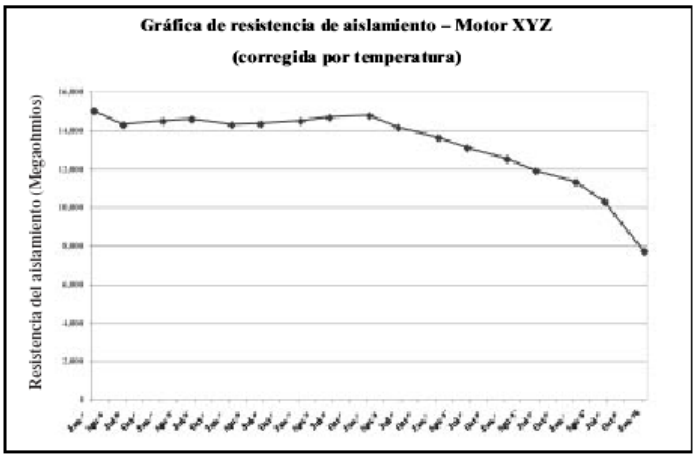

Figura 21: Gráfica de resistencia de aislamiento corregida por temperatura

Autor: Ing. Alberto Mikalaiunas

Referencia técnica : Megger (www.megger.com)