

EM ELECTROMOTORES

SERVICIOS ESPECIALIZADOS PARA MÁQUINAS ROTATIVAS

EVALUACIÓN DE DEVANADOS EN MÁQUINAS ELÉCTRICAS ROTATIVAS UTILIZANDO LA PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA



La prueba de Factor de Potencia es una medida de las pérdidas dieléctricas de un sistema de aislamiento, relacionadas con la condición del mismo. Por tratarse de una evaluación del sistema completo, entrega una valoración de todos los materiales presentes. Su comportamiento puede verse influido por distintos factores, los cuales serán tratados en este artículo.

El sistema de aislamiento de una máquina de media y alta tensión puede modelarse como un arreglo capacitivo, donde un terminal se conecta al devanado de la máquina, y el otro a la carcasa (tierra o masa). El material dieléctrico del capacitor lo constituye los aislantes sólidos, compuesto por: el barniz, la resina, los aislantes base, los aislantes flexibles y las cintas. El modelo permite entender lo que sucede en el devanado (interior y superficial exterior) durante la prueba en corriente alterna. La Fig. 1 muestra el modelo de la prueba usando una capacitancia (C) y una resistencia (R) en paralelo.

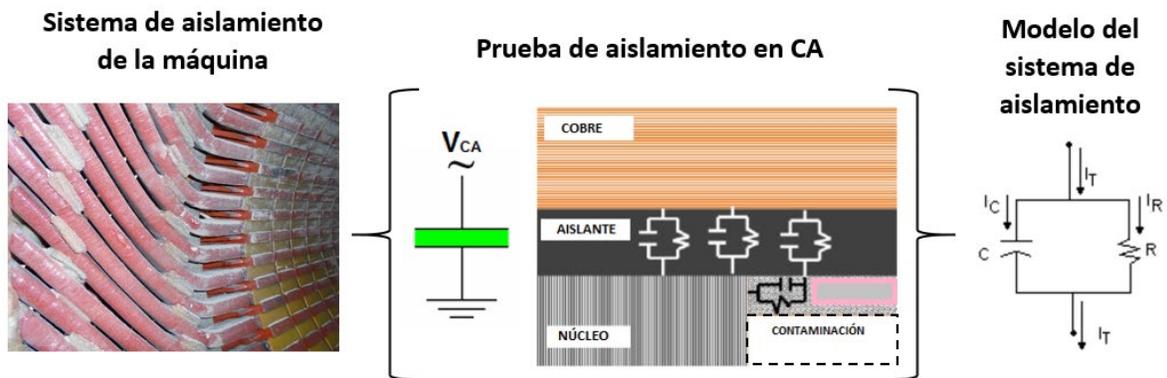


Figura 1 Modelo del sistema de aislamiento en máquina de MT/AT en la prueba en CA

Cuando el aislamiento se somete a una tensión en CA, circula por éste una corriente I_T de magnitud muy pequeña, la cual se divide en dos componentes, que son: i) una corriente capacitiva (I_C), relacionada con el dieléctrico presente y la geometría del devanado, y, ii) una corriente resistiva (I_R), debido a la conductancia transversal, que es la causa fundamental de las *pérdidas dieléctricas*. Ambas componentes de corriente, capacitiva y resistiva, permanecen durante el tiempo que dure la prueba. En este artículo se usa el modelo paralelo para revisar la prueba de *Factor de Potencia* (FP).

Teoría de la prueba de FP

Al aplicar la tensión en CA, la corriente que circula entre el devanado y la carcasa no está completamente en cuadratura respecto de la tensión. Esto es, forma un ángulo δ entre las corrientes I_C e I_T , y un ángulo θ entre las corrientes I_R e I_T . La Fig. 2 presenta gráficamente esta situación. Estos ángulos aparecen a causa de las pérdidas de polarización y conducción en el aislamiento. A frecuencia industrial (50 o 60Hz), el parámetro definido como *Factor de Potencia* corresponde al cálculo del $\cos \theta$. Idealmente, en un aislamiento sin pérdidas, la componente de corriente I_R debería ser cero, así el FP ideal sería cero, es decir: $\cos 90^\circ = 0$ (material sin pérdidas dieléctricas). Sin embargo, un FP=0 no es factible de alcanzar en sistemas aislantes reales. Es permitido un cierto valor, como se verá en la siguiente sección.

En términos de la potencia disipada en el aislamiento W , en Watts, y el producto de la tensión V_{CA} y corriente I_T , en voltio-amperios, el FP se calcula de la siguiente manera:

$$FP = \cos \theta = \frac{W}{V_{CA} \cdot I_T} \quad (1)$$

Nótese en (1) que el FP no tiene unidades, y normalmente se expresa en unidades de porcentaje (%) al multiplicar el valor por 100.

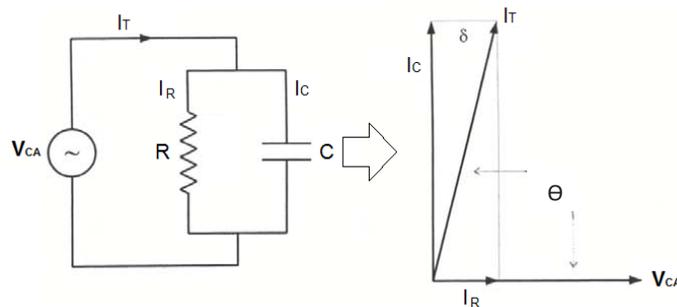


Figura 2 Componentes de corriente en una prueba de aislamiento en CA

Una de las características de esta prueba, es que se debe realizarse a distintas tensiones, registrando el valor del FP para cada uno. Según el valor de la tensión línea-línea de la máquina (V_n), se sugiere realizar las pruebas desde $0,2 V_n$ hasta $1,0 V_n$, con incrementos de $0,2 V_n$.

Esta forma de realizar la prueba, permite establecer el concepto de “Tip-up de Factor de Potencia”, el cual es un parámetro adicional de diagnóstico. El Tip-up es la variación del FP en cualquier incremento de $0,2 V_n$, es decir, entre dos escalones consecutivos de tensión. Es de esperar que el valor del FP sea influenciado por la actividad de descargas parciales, por lo que su valor tiende a crecer, con el aumento de la tensión.

Diagnóstico de devanados utilizando la prueba de FP

Con la prueba de FP es posible detectar los siguientes procesos deterioro y contaminación, que incrementarán las pérdidas dieléctricas en el sistema de aislamiento:

- Contaminación del sistema de aislamiento, incluyendo humedad.
- Deterioro químico.
- Daños por sobrecalentamiento.
- Carbonización.

Por su parte, el parámetro Tip-up de FP es sensible a:

- Inclusiones gaseosas en el sistema de aislamiento.
- Daños por descargas parciales.
- Calidad del proceso de impregnación en sistemas tipo resina.
- Delaminación, como resultado del estrés térmico.

Se recomienda usar el análisis de tendencia de los parámetros (en el tiempo), lo que ayudará a la detección de problemas en el sistema de aislamiento.

El FP debe ser comparable al medirse por fase en una máquina. Si el aislamiento permanece en condiciones estables, las pruebas periódicas deben producir resultados similares. Los resultados medidos para máquinas similares también deberían producir resultados similares. El FP y el Tip-up de FP varían según el tipo y antigüedad de la máquina. El FP también se ve afectado por la temperatura del aislamiento (se deben realizar pruebas periódicas a temperaturas similares). El Tip-up de FP también se ve afectado por las condiciones atmosféricas durante la prueba. Registre la temperatura ambiente y la humedad relativa.