

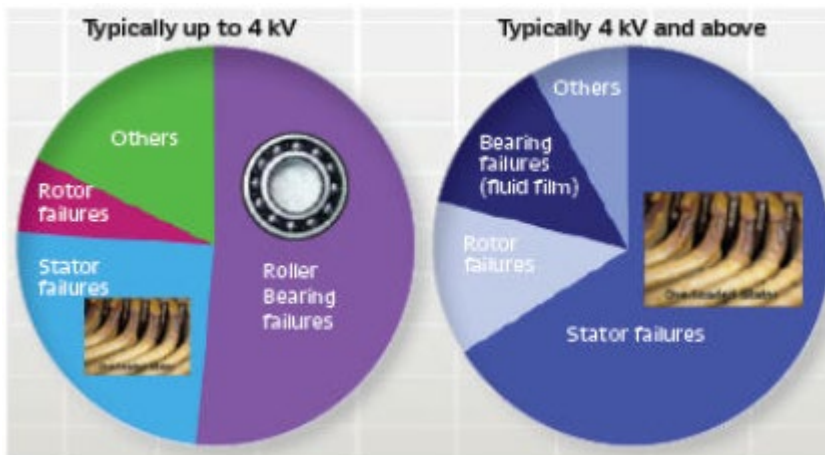
## Nota técnica

Escrito por Joseph Di Crea, especialista máquinas rotativas Megger

### Aumente la fiabilidad de sus motores eléctricos evaluando su sistema de aislamiento

El motor eléctrico es un componente clave en el mundo de la industria y el transporte. La avería de un motor eléctrico puede tener un impacto significativo en los costos y ganancias de mantenimiento de una empresa. Es por eso que, durante muchos años, muchos usuarios de motores eléctricos han estado tratando de mejorar el rendimiento de su sistema de accionamiento adoptando una estrategia de mantenimiento orientada a la predicción de averías.

En lo que respecta a las herramientas de diagnóstico, la técnica de investigación más común para detectar una anomalía en un motor o alternador es el análisis de vibraciones, pero cuando observamos las causas de las averías en las máquinas eléctricas rotativas, los diferentes estudios (Figura 1) muestran que los defectos mecánicos representan el 50% de los casos para máquinas con rodamientos y este porcentaje cae al 25% para las máquinas con rodamientos lisos de alta tensión.



Por lo tanto, observamos que más de la mitad de las averías se originan por un envejecimiento del sistema del aislamiento eléctrico y que para protegerlo es necesario hoy completar el diagnóstico de vibración mediante un análisis eléctrico. La combinación de estas dos técnicas de investigación permite alcanzar el nivel más alto de confiabilidad y los objetivos establecidos por la era de la digitalización y la industria 4.0.

### Sin prejuicios

Controlar el aislamiento de un motor todavía se percibe como una tarea de mantenimiento más correctiva de lo esperado. Los primeros medidores de aislamiento desarrollados por Megger datan de 1889 y han evolucionado enormemente. Además, la medición de aislamiento también se percibe hoy como potencialmente destructiva y, por lo tanto, solo se confía a los expertos.

¿Por qué tan mala reputación? En primer lugar, la falta de capacitación y la existencia de una multitud de normativas que casi nunca abordan la tarea de mantenimiento y la aplicación del motor. Esto se evidencia por la mala interpretación del Índice de polarización para motores de baja tensión donde el valor de aislamiento debe juzgarse más que su relación antes de considerar la revisión de un motor. Otro punto, es la elección de los niveles de tensión que se aplicarán durante la medida para garantizar el buen rendimiento del sistema de aislamiento, y aquí varias teorías se enfrentan entre sí, mientras que la lógica nos dice que deberíamos medir al menos el motor a su tensión nominal. y también con respecto a las restricciones relacionadas con su aplicación (ver párrafo sobre restricciones). Para escapar de estos prejuicios

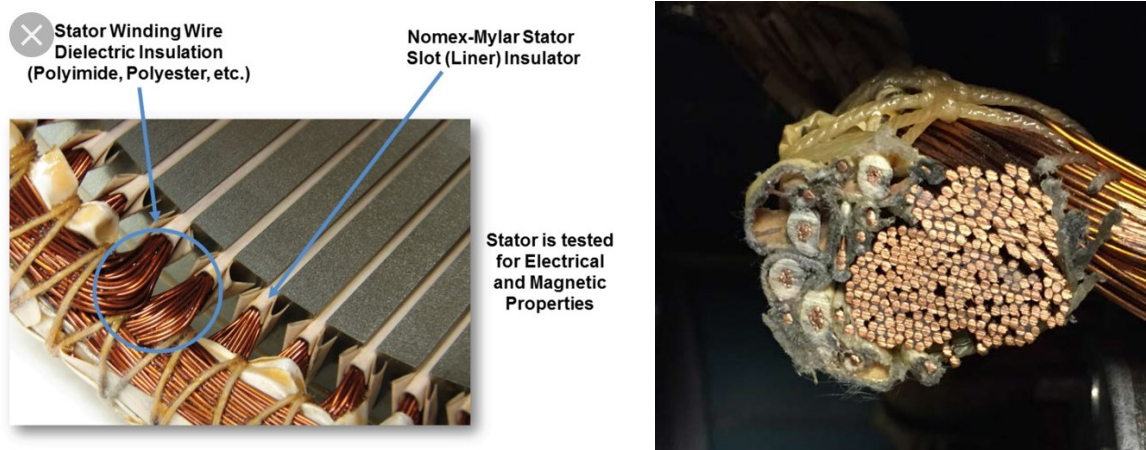
y llevar a cabo una buena medida del aislamiento, es necesario comprender la constitución de un sistema de aislamiento y las limitaciones a las que está sujeto.



### Composición de un sistema de aislamiento

El sistema de aislamiento de un motor es necesario para aislar entre ellas las diferentes partes eléctricas existentes. Se compone de cuatro elementos, el aislante alrededor de los conductores de cobre llamado esmalte, el aislamiento flexible de tipo papel entre los conductores y la carcasa, el barniz de impregnación y el barniz de acabado. El esmalte puede estar basado en poliamida y permite el aislamiento entre espiras: es un aislamiento de cobre-cobre. El papel aislante se utilizará para el aislamiento del fondo de las muescas: es la masa de cobre del aislamiento; Los más utilizados son Nomex, Kapton o Mylar. El barniz de impregnación a base de poliésteres o epóxicos se utiliza para reforzar el aislamiento, pero su función principal es endurecer el conjunto para resistir tensiones mecánicas. El barniz de acabado se usa en algunos casos para reforzar el aislamiento contra la humedad (Figura 2).

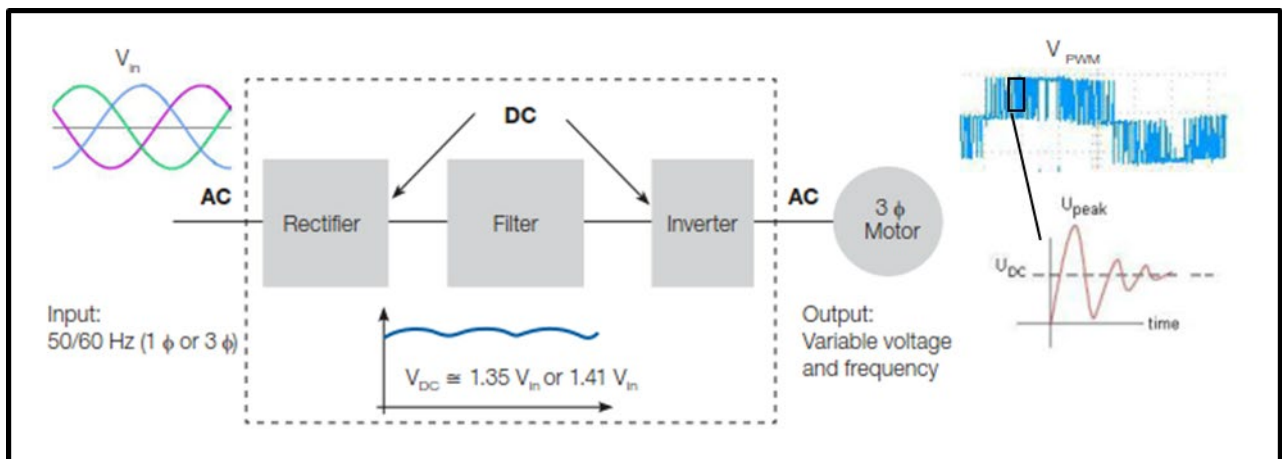
El aislamiento entre vueltas es el más vulnerable a las restricciones porque es el más fino; El aislamiento en comparación con la masa debe soportar mayores tensiones eléctricas y mecánicas que el aislamiento entre bobinas y tiene una mayor rigidez eléctrica: es de mayor espesor.



### Restricciones

Una máquina eléctrica sufre varias restricciones durante su funcionamiento, pero también cuando se detiene. Estas restricciones tienen un impacto a más o medio plazo en el envejecimiento del aislamiento. Algunos son bien conocidos hoy por todos los usuarios de motores eléctricos, como las tensiones térmicas relacionadas con la operación de sobrecarga, la mecánica generada por las vibraciones, las fases de arranque y las limitaciones ambientales como la humedad y el polvo (Figura 3). Menos conocido, las restricciones eléctricas relacionadas con el suministro de energía del motor hoy tienen un impacto tan importante en una máquina de bajo voltaje como en una instalación de alto voltaje. Estos fenómenos, agrupados en la familia de sobretensiones, pueden originarse de una maniobra durante el encendido de los motores o de bordes de tensión muy pronunciados que corresponden a los  $dV / dt$  generados por los convertidores de frecuencia. El nivel de estos bordes de tensión excede en gran medida a la tensión nominal del motor y a largo plazo puede causar la degradación del aislamiento entre espiras porque los conductores están sujetos a diferentes tensiones (Figura 4). En el caso de una fuente de alimentación de baja frecuencia sinusoidal sin convertidor de frecuencia, la distribución del voltaje entre las espiras de los devanados del estator es lineal.

El proceso de aparición de averías en los devanados de los motores eléctricos generalmente comienza con una ruptura puntual del aislamiento entre bobinas y, finalmente, busca unir la pared aislante hacia el suelo, lo que conduce a la destrucción del motor. Ahora se recomienda verificar, además del aislamiento de la masa, el aislamiento entre bobinas.



### Secuencia de prueba

Existen muchas herramientas para verificar un sistema de aislamiento eléctrico, pero en realidad estos medidores solo pueden verificar una parte del aislamiento. Por otro lado, los analizadores de Megger, durante varios años, combinan en un dispositivo todas las funciones necesarias para el diagnóstico del motor. Esto hace posible secuenciar las pruebas para verificar la calidad del aislamiento y detectar la presencia de puntos débiles con respecto a la masa, entre espiras y entre fases.

El analizador integra las funciones de Microhmímetro, Megaohmmeter y Onda de Choque y la combinación de estas técnicas permite detectar todos los siguientes defectos (figura 5):

- cortocircuito entre espiras
- Problemas de resistencia de contacto
- Masa libre
- Contaminación del sistema de aislamiento con respecto a la masa
- Punto de aislamiento débil con respecto a la masa o entre espiras
- Error de bobinado

Los defectos francos o los problemas de contaminación se detectan mediante medidas de baja tensión, mientras que la detección de puntos débiles requiere pruebas de alta tensión para simular las tensiones eléctricas experimentadas por el motor y así garantizar el buen rendimiento de su sistema de aislamiento. En presencia de defectos a baja tensión, las medidas se detienen.

Este artículo permite resaltar la importancia del problema de la degradación del aislamiento de máquinas eléctricas rotativas alimentadas por unidades que generan ondas de tensión. Muestra que el aislamiento entre espiras es la parte más vulnerable y es donde debemos prestar atención.

