

## Comprobaciones eléctricas y de resistencia del aislamiento en motores de compresores de climatización

### Nota de aplicación



Con una tensión aplicada de 500 V, esta lectura de RA muestra  $>550 \text{ M}\Omega$ , lo que indica que la resistencia está fuera de rango. Se realizó una segunda comprobación de RA a 1000 V, que mostró un valor de  $1,1 \text{ G}\Omega$  ( $1100 \text{ M}\Omega$ ). Si no se hubiera detectado corriente de fuga, la lectura habría sido  $>2,2 \text{ G}\Omega$ . El Multímetro de aislamiento Fluke 1587 combina las características de un multímetro digital (lecturas de voltios, ohmios, millivoltios, miliamperios, frecuencia, capacitancia, temperatura) con un medidor de resistencia de aislamiento para realizar un mantenimiento completo de los motores.



Los técnicos de sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado rara vez confían en una única comprobación para dictaminar si una función o un proceso funciona correctamente o no. Según se aproximan a una unidad de condensación, escuchan, comprueban con la mano el aire de descarga del condensador y a continuación comprueban la línea de succión, la de líquido y la de descarga. Todo esto antes incluso de abrir la caja de herramientas.

Después, usan una serie de medidores y termómetros para realizar un diagnóstico más exacto. Cuantas más comprobaciones y pruebas, más seguros se sienten y más cerca de la raíz del problema. En compresores, la comprobación de resistencia de aislamiento (IRT), junto con diferentes comprobaciones de humedad y acidez en refrigerantes y aceites, es otra de esas comprobaciones que cada vez más suman a su batería de pruebas.

Un comprobador de resistencia de aislamiento suministra tensión CC "no destructiva" a los bobinados y puntos de aislamiento de un motor para medir la corriente de fuga. No hay ningún aislador perfecto. Todos tienen fugas. Pero la pregunta es: ¿Qué cantidad de fuga tienen y cómo cambia esa cantidad de fuga a lo largo del tiempo debido a avería del aislamiento o contaminación? Este último punto es clave en el mantenimiento predictivo.

Un comprobador de aislamiento puede comprobar la continuidad, las resistencias de bobinas o bobinados, las resistencias de los elementos de calefacción, los valores de resistencia de los termistores, y mucho más. Todas estas mediciones se realizan en circuitos dentro de los aisladores excepto cuando se comprueba una derivación a tierra.

Si se detecta una derivación a tierra, significa que se ha producido una avería grave y ya es demasiado tarde para tomar medidas proactivas o de mantenimiento preventivo. Una avería grave en un compresor (semi)hermético que contenga aceite y refrigerante en el mejor de los casos requiere una limpieza exhaustiva y, en el peor escenario puede necesitar la sustitución de equipos completos en lugar de componentes, sin contar con la merma en tiempo de producción e ingresos. Siempre es mejor comprobar los valores del aislamiento de forma regular y anotarlos para compararlos en futuras inspecciones, de forma que los cambios se detecten rápidamente.

## Qué buscar

No hay una regla rápida e inequívoca para interpretar los valores de resistencia de aislamiento, pero los fabricantes y agencias sí parecen estar de acuerdo en que la tendencia del valor de aislamiento puede ser un claro indicador de la futura "salud" de un motor.

El estándar IEEE 43 para la comprobación de la resistencia de aislamiento de motores eléctricos da un valor aceptable de 1 megaohmio más 1 megaohmio por kilovoltio de tensión de funcionamiento del motor. En un motor de 460 voltios, el valor de umbral pasa/no pasa sería 1,46 megaohmios, o una tasa de fuga de corriente de 500 V CC / 1460000 ohmios  $\approx$  342 microamperios.

Pero este estándar es para motores que no estén sellados herméticamente con aceite y refrigerante. Un motor sumergido en líquido puede que necesite unos valores inferiores, según recomendación del fabricante. Un motor sumergido en líquido puede que resulte aceptable a 600000 ohmios con una tensión aplicada de 500 V CC, o una tasa de fuga de corriente de 500 voltios / 600000 ohmios  $\approx$  833 microamperios.

Algunos aislamientos modernos en uso desde 1975 cuentan con unos mejores valores de aislamiento que puede que no permitan directamente fuga de corriente y que tengan unos valores de referencia de aislamiento cercanos a los 20000 megaohmios (20 gigaohmios) y pueden resultar inaceptables si los valores de resistencia de aislamiento están por debajo de los 100 megaohmios, con independencia de que presenten contaminantes superficiales en los bobinados o no.

## Entornos con motores herméticos y consecuencias

Aplicar comprobaciones de resistencia de aislamiento a compresores herméticos es un procedimiento de dos pasos debido a la naturaleza del medio de funcionamiento del motor del compresor.

1. Comprobación de resistencia de aislamiento para verificar la degradación del aislamiento del motor
2. Comprobación de la presencia de contaminantes que influyan en los resultados de la comprobación de resistencia de aislamiento (RA).

La primera comprobación de RA para investigar la tendencia se realiza con el compresor sin haber trabajado, la segunda se debe realizar cuando el compresor haya estado en marcha de 5 a 10 minutos. Es más probable que aparezcan contaminantes en la primera comprobación, en el aceite o refrigerante.

La segunda comprobación, aunque también puede estar afectada por contaminantes, se dirige más hacia una comprobación real de RA del motor, una vez que se ha retirado el refrigerante, el aceite y la humedad de los bobinados.

Según dejan de usarse los HCFC, los HFC de recambio que requieren el uso de lubricantes POE (poliol éster) cada vez se usan más y aumenta la importancia de la prueba de RA en compresores debido a la naturaleza higroscópica de los lubricantes POE. Además de humedad en las mirillas de inspección, reactivos en muestras de humedad y aceite, con el método de la medida de la RA podemos disponer de otras formas para cuantificar la presencia de humedad en el aceite. Correcto.

## Procedimiento de medida de la RA

No realice nunca una comprobación de resistencia de aislamiento ni opere un compresor con el sistema en vacío.

1. Retire todos los cables de los terminales del compresor para aislarlo.
2. Retire las barras de terminales del compresor, si corresponde.
3. Limpie los terminales con un paño limpio y seco.
4. Agrupe los terminales del compresor si es posible.\*
5. Limpie la conexión a tierra del compresor de restos de óxido con un trapo limpio y seco.

\* La mayoría de bobinados de motores de compresores tienen una conexión común con el compresor de manera que no se pueden aislar los bobinados. Si los bobinados del motor se pueden aislar, es preferible conectar a tierra dos juegos de bobinados mientras se comprueba el tercer juego. Este paso se debe repetir tres veces, uno por cada juego de bobinados. Así no sólo se comprueba la resistencia a tierra sino también la resistencia entre el bobinado bajo prueba y los otros dos bobinados, lo que verifica en un alto grado la posibilidad de que haya un corto entre los bobinados.

## Factores que afectan a la resistencia de aislamiento y a la vida útil de los compresores

- No se deshidrata correctamente un sistema
  - La hidrólisis de la humedad con el refrigerante puede resultar en ácido fluorhídrico. El ácido fluorhídrico puede provocar cortes en el cristal. ¿Qué puede hacerle al aislamiento de los bobinados de un motor?
  - El ácido puede erosionar el cobre del interior de los tubos. Este cobre es conductivo y reduce la resistencia dieléctrica (no conductiva) del aceite. El recubrimiento de cobre también puede producirse en los cojinetes del motor y puede contribuir finalmente a dificultades en el arranque, un mayor amperaje de funcionamiento o al bloqueo de los rotores.
  - Se absorberá humedad en la presencia de lubricantes POE.
- No se han rectificado los tubos antes del montaje
  - Esto puede provocar que aparezcan residuos de cobre en el aceite del compresor. El cobre es conductivo y reduce la capacidad dieléctrica del aceite.
- No se puede desplazar el oxígeno con un gas inerte como nitrógeno o argón en el proceso de soldadura
  - El óxido de cobre es conductivo y reduce la capacidad dieléctrica del aceite.
- Fugas de refrigerante
  - Una baja carga de refrigerante provoca una temperatura elevada de funcionamiento en el motor estresando el aislamiento de los bobinados del motor.

6. Mida la temperatura de los terminales del compresor. Puesto que la temperatura de los bobinados no se puede medir directamente, el mejor método para realizar esta medición consiste en medir la temperatura de los terminales del compresor dada su conexión directa a los bobinados internos. Los terminales del compresor deben estar por encima del punto de rocío de la temperatura ambiente; de lo contrario, la humedad en los terminales puede afectar a la lectura.
7. Conecte el cable de tierra al punto de conexión a tierra del compresor con unas pinzas de cocodrilo.
8. Cambie el medidor a la posición de comprobación de aislamiento y seleccione una tensión de prueba de 500 V de CC.
9. Toque los terminales agrupados del compresor con la sonda de prueba.
10. Pulse el botón de prueba de la sonda de prueba (o el medidor) durante un período de prueba de 60 segundos.
11. Registre el valor de resistencia y la temperatura de los terminales.
12. Retire la derivación de los terminales del compresor y vuelva a realizar las conexiones eléctricas.
13. Deje funcionar el compresor de 5 a 10 minutos.
14. Repita los pasos 1 a 11.

Las lecturas registradas se deben registrar y compensar en temperatura de acuerdo con la temperatura de referencia seleccionada. Por cada 10 °C de desviación por encima respecto a la temperatura de referencia se duplica la resistencia. Por cada 10 °C por debajo del valor de referencia, la resistencia se reduce a la mitad. Si establecemos 40 °C como valor de referencia, todas las mediciones de tendencia, pasadas, presentes y futuras tendrán que compensarse a este valor. Para compensar la temperatura use la siguiente ecuación:

$$K_T = (0,5)^{(T_R - T_A)/10}$$

Donde  $K_T$  es el factor de corrección de temperatura en  $T_A$

$T_R$  es la temperatura de referencia (°C) a la que se corrigen todas las mediciones

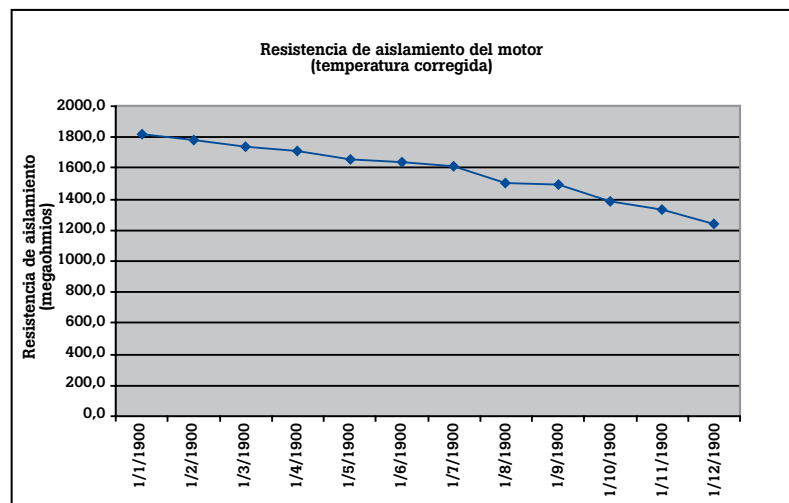
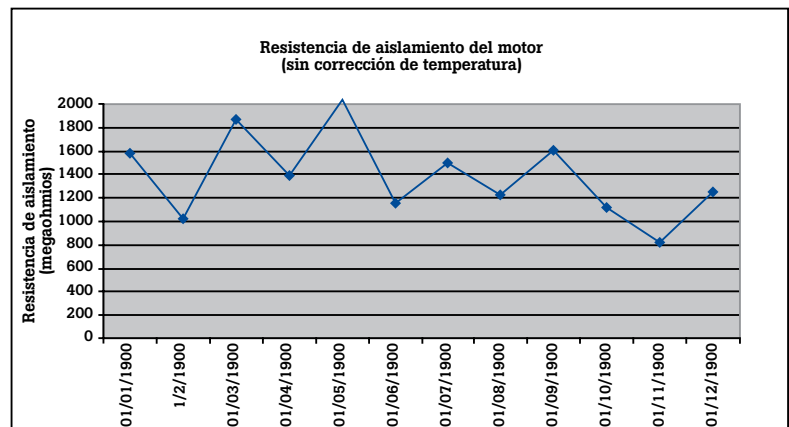
$T_A$  es la temperatura real de comprobación (°C)

$$T_R = 40\text{ °C}$$

Si la lectura está por debajo del rango de la selección de escala del medidor de RA, aparecerá un símbolo de "mayor que" (>) para indicar que la lectura, que tiene que grabarse y registrarse para seguir futuros cambios, no tiene valor de cara a una representación de tendencia. Con algunos aislamientos modernos, no es descabellado esperar que durante la mayor parte de la vida útil de un motor, las lecturas estarán siempre fuera de escala (> 2000 MΩ) y la representación de tendencias sólo será posible hacia el final de la vida útil del motor. En este caso, el punto en el que se ven los valores efectivos de megaohmios, se deben tener en cuenta procedimientos de limpieza.

El siguiente ejemplo muestra unos valores de resistencia de comprobación sin compensar y los valores de resistencia compensados para una temperatura estimada de bobinado compensada a unos valores base de 40 °C. Los dos gráficos siguientes muestran los datos de tendencia sin compensar comparados con los compensados.

Fecha	Resistencia de aislamiento medida (MΩ)	Temperatura (°C)	Resistencia de aislamiento con ajuste de temperatura (MΩ)	Factor de compensación de temperatura $K_T$
5-Feb-90	1584,3	42	1821,9	1,15
8-Jul-90	1025,3	48	1784,0	1,74
14-Feb-91	1867,2	39	1736,5	0,93
2-Jul-91	1388,4	43	1707,7	1,23
10-Feb-92	2035,3	37	1648,6	0,81
3-Jul-92	1156,4	45	1630,5	1,41
4-Feb-93	1503,2	41	1608,4	1,07
8-Jul-93	1224,3	43	1505,9	1,23
12-Feb-94	1604,9	39	1492,6	0,93
1-Jul-94	1123,6	43	1382,0	1,23
14-Feb-95	821	47	1330,0	1,62
10-Jul-95	1245,7	40	1245,7	1,00



## Conclusión

A pesar de que los técnicos de climatización aprecian poder aplicar reglas de "funciona" y "no funciona" en sus rutinas de diagnóstico, los axiomas de la tecnología establecen (considerando la entropía) que una máquina comienza a provocar errores gradualmente desde el mismo momento en que se pone en marcha.

Según aumenta el mantenimiento y se presta mayor atención a los detalles, entonces, mayor será la probabilidad que cabe esperar de que aumente la vida útil de un equipo determinado. Conforme aumenta el coste de las averías, también aumentan las ventajas de comprobar y supervisar estas mediciones a lo largo del tiempo.

## ¿Y si aparece una lectura de "infinito"?

Una lectura de infinito no es una lectura. Significa que los resultados de la comprobación están más allá de las capacidades del medidor. Con un multímetro estándar con una tensión de salida de 9 V CC para la medida de resistencia, una lectura entre el común del compresor y tierra puede indicar "infinito". Con un comprobador de resistencia de aislamiento con una salida de 500 V CC, la lectura entre el común del compresor y tierra debe ser de 20 megohmios. Piense en uno de los mejores aislamientos naturales... la propia atmósfera. Si hay una diferencia de potencial lo suficientemente alta con diferencia de polaridad, la electricidad "saltará" creando un arco eléctrico. Piense, por ejemplo, en las bujías. O piense en los rayos.

**Fluke.** *Manteniendo su mundo en  
Funcionamiento constante.*

### **Fluke Ibérica, S.L.**

Pol. Ind. Valportillo  
C/ Valgrande, 8  
Ed. Thanworth II · Nave B1A  
28108 Alcobendas  
Madrid

Tel: 91 4140100  
Fax: 91 4140101  
E-mail: [info.es@fluke.com](mailto:info.es@fluke.com)  
Web: [www.fluke.es](http://www.fluke.es)

### **Para obtener información adicional póngase en contacto con:**

En EE. UU. (800) 443-5853 o  
Fax (425) 446-5116  
En Europa/Medio Oriente/África  
+31 (0) 40 2675 100 o  
Fax +31 (0) 40 2675 222  
En Canadá (800)-36-FLUKE o  
Fax +1 (425) 446-5116

© Copyright 2015 Fluke Corporation. Reservados todos los derechos. Impreso en los Países Bajos 02/2015. Información sujeta a modificación sin previo aviso.

Pub\_ID : 13370-spa  
2524494 A-EN-N Rev A