

Guía para la realización de medidas en motores de baja tensión

Megger[®]
Baker Instruments



Contenido

Introducción	5
Tipos de motores	6
Motor de CC	6
Tipos de motores de CC: en serie, con excitación en derivación, de excitación mixta y de imanes permanentes	6
Tipos de motores de CC: en serie	7
Tipos de motores de CC: con excitación en derivación	8
Tipos de motores de CC: de excitación mixta	8
Tipos de motores de CC: de imanes permanentes	9
Ventajas de los motores de CC	10
Motor de CA	10
Tipos de motores de CA	10
Configuración en estrella	11
Configuración en triángulo	12
Comparación entre las configuraciones en estrella y en triángulo	12
¿Por qué realizar medidas en motores?	13
¿Qué problemas generan la necesidad de efectuar medidas?	13
Medidas y diagnóstico	14
Análisis de tendencias en los datos de las medidas	17
Baker MTR105 de Megger: medidas	18
Resistencia de aislamiento	19
Medida de resistencia de aislamiento en puntos o temporizada	20
Índice de polarización (PI)	21
Relación de absorción dieléctrica (DAR)	22
Corrección de temperatura	24
Terminal guarda	25
Medida trifásica	28
Voltímetro	28
Rotación de fases	28
Continuidad	28
Medida de diodos	29

Ohmímetro digital de baja resistencia (DLRO)	29
Medida del sentido de rotación del motor	30
Inductancia	32
Capacidad	32
Medición de temperatura	32
Descripción general del Baker MTR105 de Megger	33
Descripción	33
Características	33
Aplicaciones	34
Seguridad	34
Medidas de resistencia de aislamiento	34
Voltímetro	35
Medidas de continuidad (resistencia):	35
DLRO de cuatro cables Kelvin de baja resistencia	35
Medida del sentido de rotación del motor	35
Medidor de inductancia, capacidad y resistencia (LCR)	36
Temperatura	36
Pantalla	36
Terminal guarda	36
Almacenamiento y descarga de los resultados	36
Actualizaciones de software del instrumento	36
Especificaciones	37
	41

Este es el primero de una serie de folletos informativos que proporcionan ayuda para la realización de medidas eléctricas con fines de comparación, mantenimiento y reparación de máquinas rotativas. En la presente guía se utilizan las medidas concretas del medidor Baker MTR105 de Megger para demostrar la importancia y la aplicación de estas medidas en máquinas de baja tensión de hasta 2300 voltios de conformidad con las normas del Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (IEEE), las cuales aparecen indicadas al final del presente documento.

Introducción

Los motores eléctricos constan de numerosos componentes que, una vez combinados y montados en un motor, tienen que soportar una tensión extrema eléctrica y mecánica de funcionamiento, así como condiciones ambientales variables durante su vida útil. Para evitar una avería prematura, es necesario realizar medidas periódicamente para garantizar un funcionamiento fiable y, lo que es más importante, para prolongar la vida útil del motor. Las medidas eléctricas normalmente constan de medidas de resistencia de aislamiento (megaohmios [$M\Omega$]) y de baja resistencia (miliohmios [$m\Omega$]). Estas medidas son esenciales para determinar el estado de un motor. No obstante, no permiten detectar todas las averías o errores ni realizar una detección temprana de posibles fallos. Realizar diferentes tipos de medidas en las que cada una proporcione una "pieza del rompecabezas" ayuda a conformar una idea más nítida, lo que resulta esencial a la hora de comprobar el estado del motor eléctrico.

Tipos de motores

Hay dos tipos principales de motores: de CA y de CC. Un motor de corriente continua (CC) tiene corriente continua conectada a los devanados y al rotor (armadura) para producir la rotación. Un motor de corriente alterna (CA) tiene corriente alterna conectada al estátor (devanados estáticos). En ambos tipos esto produce rotación en el rotor (inducido) a través de un campo magnético.

Motor de CC

Tipos de motores de CC: en serie, con excitación en derivación, de excitación mixta y de imanes permanentes

Representación simplificada de un motor de CC en la que se muestra un único bucle del inducido

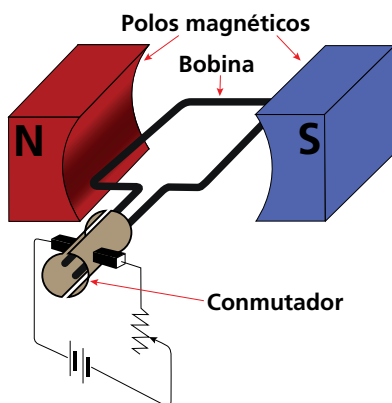


Fig 1: Motor de CC simplificado

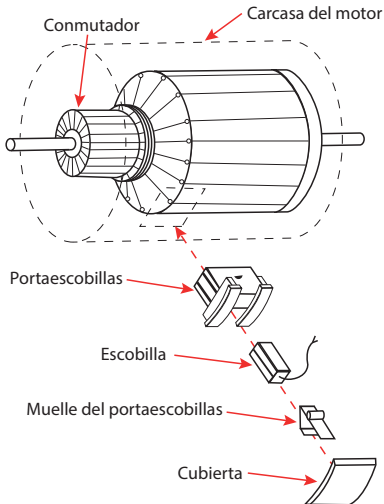


Fig 2: Representación típica de un motor de CC en la que se muestra una vista despiezada de los componentes de la escobilla y varios bucles que conforman el inducido.

Tipos de motores de CC: en serie

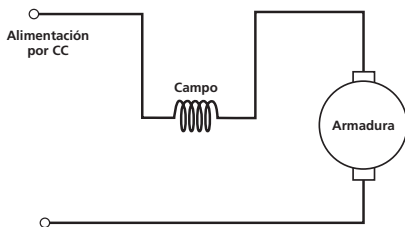


Fig 3: Motor de CC con excitación en serie

Un motor eléctrico alimentado por corriente continua en el que los devanados de campo están conectados en serie con los devanados del inducido.

Tipos de motores de CC: con excitación en derivación

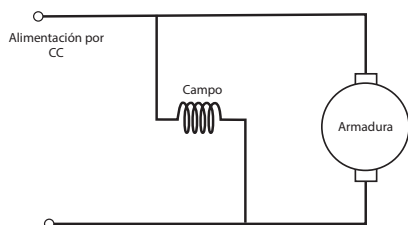


Fig 4: *Motor de CC con excitación en derivación*

Un motor eléctrico alimentado por corriente continua en el que los devanados de campo están conectados en paralelo con los devanados del inducido. Esto permite que ambas bobinas reciban corriente procedente de la misma fuente.

Tipos de motores de CC: de excitación mixta

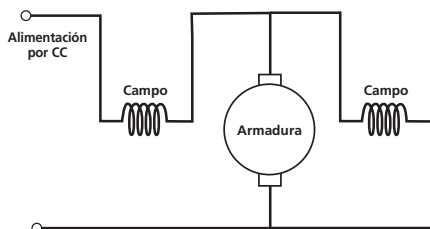


Fig 5: *Motor de CC de excitación mixta acumulativa*

El motor de CC de excitación mixta es una combinación de motor en serie y motor con excitación en derivación. Cuenta con un devanado de campo en serie que está conectado en serie con el inducido y un campo de derivación en paralelo con el inducido.

Tipos de motores de CC: de imanes permanentes

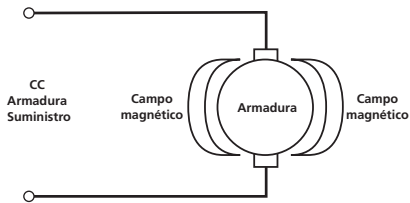


Fig 6: Motor de CC de imanes permanentes

Los motores de CC cuyos polos constan de imanes permanentes se denominan "de CC de imanes permanentes" (PMDC, por sus siglas en inglés). Los imanes están magnetizados radialmente y montados en la periferia interna del estátor cilíndrico de acero. El estátor del motor hace las veces de ruta de retorno del flujo magnético.

Ventajas de los motores de CC

Se utilizan en aplicaciones en las que solo hay disponible una fuente de tensión de CC. El régimen del motor se controla fácilmente modificando la tensión aplicada. Se utilizan principalmente cuando se necesita un valor de par elevado a bajo régimen y cuando se necesita un par elevado continuo a intervalos de régimen variable.

Motor de CA

Tipos de motores de CA

- Monofásico (de polos sombreados, de fase dividida, de arranque por condensador, de condensador permanente y de arranque por condensador permanente).
- Trifásico

Ventajas con respecto a los modelos de CC: se utilizan en todas las demás aplicaciones y, gracias a su diseño sin escobillas, se necesitan menos tareas de mantenimiento.

Ventajas de los motores trifásicos con respecto a los monofásicos: más eficientes energéticamente y sin necesidad de condensadores o interruptores centrífugos para accionar o mantener.

La presente guía se centra en los motores de CA trifásicos, ya que constituyen la mayoría de los utilizados hoy en día. En el diagrama se muestra el diseño habitual de un motor trifásico de configuración abierta, es decir, en el que el motor no está configurado ni con una red en estrella ni en triángulo, y las tres fases están aisladas. Consulte las secciones "Configuración en estrella" y "Configuración en triángulo" para obtener más información.

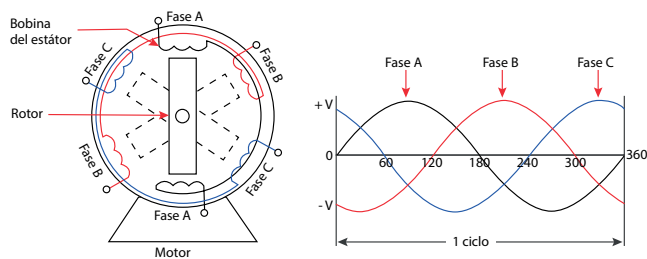


Fig 7: Motor trifásico

Configuración en estrella

En una configuración en estrella, las tres fases están conectadas entre sí para formar un punto neutro.

- La corriente de línea es igual a la corriente de fase
- La tensión de alimentación permitida es superior (que la de la configuración en triángulo)
- La tensión de fase es $1/\sqrt{3}$ de la tensión de línea
 - La tensión por fase es inferior (que la de la configuración en triángulo)
 - La corriente de entrada es inferior
 - La potencia es inferior

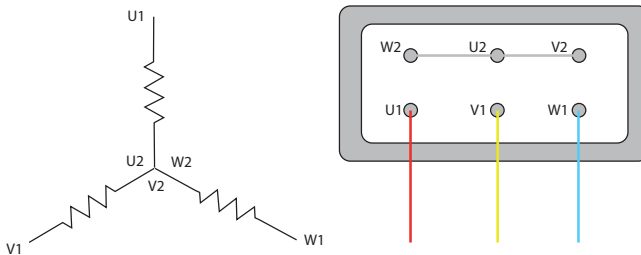


Fig 8: *Conexión en estrella de los devanados del motor*

Configuración en triángulo

En una configuración en triángulo, los extremos opuestos de las tres fases están conectados entre sí: el extremo final de una de las fases está conectado con la parte inicial de otra.

- La tensión de línea es igual a la tensión de fase
- La tensión de alimentación permitida es inferior (que la de la configuración en estrella)
- La tensión de línea es igual a la tensión de fase
 - La tensión por fase es inferior (que la de la configuración en estrella)
 - La corriente de entrada es superior
 - La potencia es superior

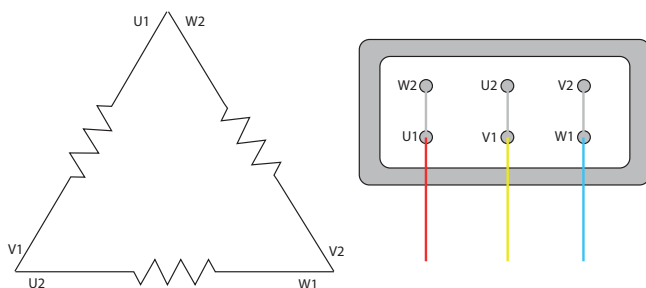


Fig 9: Conexión en triángulo de los devanados del motor

Comparación entre las configuraciones en estrella y en triángulo

La configuración en triángulo suele utilizarse cuando se necesita un par de arranque elevado.

La configuración en estrella se utiliza cuando se necesita una corriente de arranque baja.

¿Por qué realizar medidas en motores?

La detección temprana de errores y averías durante la fabricación de motores nuevos es vital. Es de gran importancia tanto a nivel de componentes como de conjunto. La detección de averías en motores en servicio tan pronto como empiezan a producirse permite reducir tanto el tiempo de parada del motor como los costes de reparación.

La detección temprana y el diagnóstico correcto de averías en desarrollo ayudan a determinar el estado de los equipos en servicio. Podemos entonces predecir cuándo se debe realizar el mantenimiento o programar el mantenimiento de rutina, es decir, un programa de mantenimiento preventivo basado en el tiempo para contar con tiempo suficiente para la parada controlada planificada del proceso que vaya a verse afectado. Tanto el mantenimiento predictivo como el preventivo pueden evitar pérdidas económicas, mantener los niveles de producción y evitar consecuencias catastróficas.

¿Qué problemas generan la necesidad de efectuar medidas?

Cuando los motores y los generadores son nuevos, los correspondientes sistemas eléctricos deben encontrarse en muy buen estado. Además, los fabricantes de máquinas rotativas han mejorado continuamente la calidad de sus productos. No obstante, aún hoy en día, los motores y generadores están sujetos a muchos cambios en las condiciones que pueden hacer que estos productos fallen, es decir, daños mecánicos, vibraciones, calor o frío excesivo, suciedad, aceite, vapores corrosivos, humedad de los procesos, o simplemente la humedad del aire. Estos factores actúan en diferentes grados con el paso del tiempo y, combinados con el desgaste eléctrico existente, crean un entorno difícil para las actividades diarias. Si aparecen perforaciones o grietas, la humedad y los materiales extraños penetran en las superficies aislantes y forman una vía de baja resistencia para la corriente de fuga.

Una vez que han aparecido, las diferentes condiciones adversas se ayudan las unas a las otras y permiten el paso de un exceso de corriente por los elementos aislantes. A veces, la caída de resistencia del aislamiento se produce de forma repentina, como cuando se inundan equipos. No obstante, lo que ocurre habitualmente es que disminuye de forma paulatina, con multitud de advertencias, en caso de efectuar las pertinentes medidas de forma periódica. Gracias a estas medidas pueden realizarse las tareas de reacondicionamiento planificadas antes de tener que rectificar averías. De no realizarse las medidas pertinentes y con la debida periodicidad, un motor con un aislamiento incorrecto, por ejemplo, puede resultar peligroso no solo al tacto en caso de existir tensión, sino que también puede quemarse. Lo que en un momento fue un aislamiento correcto ha pasado a ser un conductor parcial de corriente.

Medidas y diagnóstico

Las medidas y el diagnóstico eléctrico pueden separarse en dos categorías principales:

- Medidas eléctricas estáticas (fuera de servicio):
 - Con la fuente de alimentación de la máquina aislada, se efectúan medidas para localizar averías o errores, o para proporcionar información que pueda servir para la realización de comparaciones o la observación de tendencias con el paso del tiempo.
- Medidas eléctricas dinámicas (en servicio):
 - Entre estas se incluyen medidas con corriente, análisis y medidas estáticas complementarias.

Aunque se tratan las medidas estáticas, se han incluido tres medidas dinámicas importantes: tensión de alimentación, frecuencia y rotación de fases.

Los mercados de la industria y de servicios públicos se mueven por la sencilla necesidad de mantener la producción en marcha sin interrupciones. Hay muchos otros motivos por los que efectuar medidas en máquinas rotativas, por ejemplo, los siguientes:

- Seguridad: personal y material
- Cumplimiento con normativas y legislaciones
- Reducción del tiempo de inactividad
- Ahorro de tiempo y dinero: planificación del tiempo de inactividad para la realización de reparaciones o sustituciones
- Ahorro de energía
- Mantenimiento del servicio para el usuario final
- Mantenimiento de servicios esenciales
- Mantenimiento del rendimiento o la productividad
- Cálculo de tendencias para la predicción de averías o errores
- Planificación de vida útil (o fin de vida útil) de componentes
- Investigación, desarrollo, diseño y creación de prototipos
- Durante la fabricación y posteriormente
- En el momento de la recepción
- Antes de la instalación
- Puesta en marcha
- Mantenimiento

- Después del mantenimiento
- Localización de averías in situ
- Localización de averías en banco de trabajo
- Durante el proceso de reparación
- Después de la reparación
- Nueva puesta en marcha
- Nuevo mantenimiento
 - Reactivo
 - Este es el modo de mantenimiento "en funcionamiento hasta que se rompa".
 - No se toman medidas para el mantenimiento de los equipos conforme a las indicaciones iniciales del fabricante para garantizar que los equipos cumplan con la vida útil prevista en el diseño.
 - Correctivo
 - "Se reparan equipos y maquinaria para recuperar las condiciones de funcionamiento originales".
 - Preventivo
 - "Se programan acciones de mantenimiento con el fin de prevenir averías y errores".
 - Objetivo principal: mantener y aumentar la fiabilidad de los equipos.
 - Predictivo
 - "Técnicas que ayudan a observar el estado en el que se encuentran los equipos en servicio para predecir el momento en el que sea necesario llevar a cabo labores de mantenimiento". Objetivo principal: minimizar la interrupción de las operaciones normales del sistema, permitiendo al mismo tiempo las reparaciones presupuestadas y programadas.
 - El análisis de datos de tendencias es un aspecto crucial del mantenimiento predictivo.

En cualquier momento de la vida útil de un motor existen oportunidades para la realización de medidas, nuevas medidas, predicciones, observaciones y tareas de diagnóstico con el fin de comprobar si su comportamiento es normal o anómalo y prolongar así su vida útil. A pesar de que se aplican programas muy estrictos en la mayoría de sistemas y procedimientos de mantenimiento de maquinaria, a menudo se pasa por alto una enorme cantidad de información.

Todos los métodos de mantenimiento tienen cabida en el ciclo de vida útil del producto y pueden observarse en la denominada "curva de la bañera". La frecuencia de fallos observada consta de 3 curvas de fallos

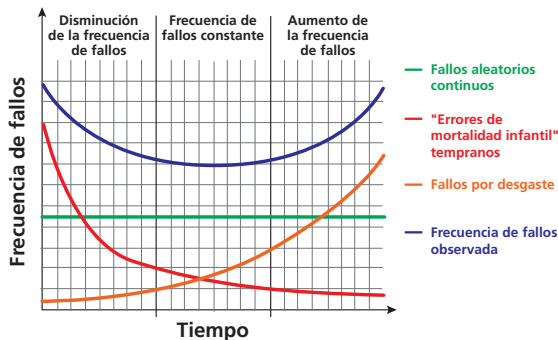


Fig 10: Frecuencia de fallos en motores: www.reliabilityanalytics.com

Análisis de tendencias en los datos de las medidas

En muchas disciplinas se recopila una gran cantidad de datos que tienen un valor inmenso si se analizan a lo largo del tiempo para predecir tendencias. Para las máquinas rotativas, este análisis de datos de medidas eléctricas puede utilizarse para detectar tendencias descendentes que conducen a la avería inminente de la correspondiente maquinaria. El análisis sistemático de tendencias en los datos de las medidas realizadas es un elemento clave de un programa de mantenimiento eléctrico de gran calidad; además, la observación de tendencias descendentes es indicativa de problemas inminentes, especialmente si la tendencia se está acelerando.

Entre estas medidas se incluyen las de resistencia del aislamiento, corriente de fuga, capacidad e inductancia. Para que proporcione información significativa, el programa de análisis de tendencias debe estar estructurado de tal forma que permita considerar los efectos de factores externos que afecten a los resultados obtenidos en las mediciones, pero que son irrelevantes para el estado y la fiabilidad de la maquinaria en un momento determinado.

Por ejemplo, las lecturas de resistencia de aislamiento que se toman a distintas temperaturas deben corregirse conforme a una temperatura base antes de compararlas entre sí.

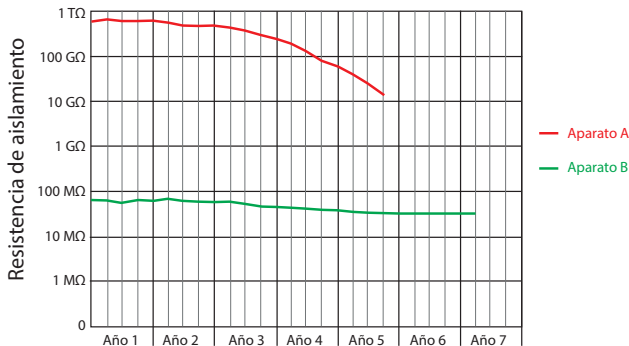


Fig 11: Gráfico de frecuencia de resistencia de aislamiento

Tomando como ejemplo la resistencia de aislamiento, el aparato A tiene una resistencia de aislamiento aproximada de 20 GΩ en el año 5, lo que normalmente se consideraría un resultado excelente. No obstante, si se observa la tendencia descendente que comenzó en el año 1 con una resistencia de aislamiento de aproximadamente 1 TΩ se puede ver que el aislamiento está en un camino acelerado hacia la avería.

Por otra parte, el aparato B tiene un valor de resistencia de aislamiento que resulta comparativamente muy inferior en el año 7 (50 MΩ), pero la tendencia desde el año 1, que inicialmente tenía una lectura de 90 MΩ, revela una tendencia más gradual que indica que esta máquina está en mejores condiciones que el aparato A.

Baker MTR105 de Megger: medidas

- Resistencia de aislamiento de hasta 1000 voltios
 - En puntos
 - Temporizadas
 - Índice de polarización
 - Relación de absorción dieléctrica
 - Corrección de temperatura
 - Terminal guarda
 - Medida trifásica: medición de la resistencia de aislamiento fase a fase totalmente automatizada que se realiza en las tres fases
- Voltímetro
 - Tensión; CA; CC; TRMS;
 - Frecuencia
 - Rotación de fases
- Continuidad
 - Medida de diodos
 - Resistencia baja
- Ohmímetro digital de baja resistencia (DLRO)
- Sentido de giro del motor
- Medidor LCR
 - Inductancia
 - Capacidad
 - Resistencia
- Medición de temperatura



Resistencia de aislamiento

Consulte la guía de Megger para la realización medidas de resistencia de aislamiento titulada "Más vale prevenir".

Antes de analizar las diferentes medidas, es hora de mencionar los distintos tipos de corriente de medida utilizados para la realización de medidas de resistencia de aislamiento. Cuando se pulsa el botón para iniciar una medida, se generan el correspondiente valor de alta tensión y una corriente. Esta corriente consta de 3 elementos.

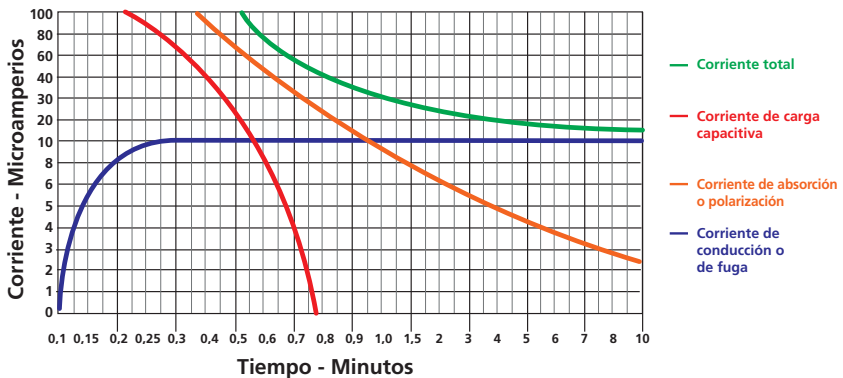


Fig 12: Elementos de corriente sometidos a medida

Aunque estas corrientes suelen considerarse de forma conjunta como la corriente total de medida, se comportan de manera diferente.

La corriente de carga capacitiva empieza con un valor muy alto, pero se reduce muy rápidamente a medida que el dispositivo sometido a la medida se carga, de forma muy similar a como lo hace un condensador.

La corriente de absorción o polarización también comienza con un valor muy elevado; no obstante, disminuye durante un periodo más prolongado, a medida que las moléculas del aislamiento del dispositivo sometido a la medida se alinean para oponerse al flujo de corriente. Esta polarización puede tardar un cierto tiempo en producirse.

La corriente de conducción o de fuga normalmente empieza con un nivel bajo y se asienta en un valor constante; es la corriente que fluye a través del aislamiento y por la superficie.

Consideramos que esta corriente puede medirse con un amperímetro; no obstante, podemos representarla como un valor de resistencia utilizando la ley de Ohm.

El IEEE ofrece directrices para las tensiones de medida para resistencias de aislamiento para los siguientes valores: la tensión nominal entre fases de máquinas de CA trifásicas, la tensión fase a tierra de máquinas monofásicas y la tensión continua nominal de máquinas de CC o de devanados de campo.

Tensión nominal de los devanados	Tensión de medida (CC)
<1000	500
1000 – 2500	500 - 1000
2501 – 5000	1000 - 2500
5001 – 12 000	2500 - 5000
>12 000	5000 - 10 000

Tabla 1: Tensión nominal y tensión de medida correspondiente

Medida de resistencia de aislamiento en puntos o temporizada

La realizada en puntos sigue siendo la medida de resistencia de aislamiento básica que más a menudo realizan los ingenieros en los equipos; no obstante, ha evolucionado con el paso del tiempo.

¿Cuánto dura la medida? Depende del usuario, pero una medida de resistencia en puntos suele tardar unos 60 segundos en realizarse. No debe subestimarse el valor de una medida rápida, pero, como veremos, esta, junto con los otros tipos de medidas de resistencia de aislamiento, proporciona una indicación más fiable del estado en el que se encuentra el motor.

La resistencia del aislamiento debe ser aproximadamente de 1 MΩ por cada 1000 voltios de tensión de funcionamiento, con un valor mínimo de 1 MΩ. Por ejemplo, un motor de 2400 voltios debe tener una resistencia de aislamiento de 2,4 MΩ como mínimo. En la práctica, las lecturas que se obtienen suelen ser notablemente superiores a este valor mínimo en equipos nuevos o si el aislamiento se encuentra en buenas condiciones.

Índice de polarización (PI)

Esta medida es similar a la de relación de absorción dieléctrica (DAR), pero los tiempos de realización de las lecturas son mucho más largos. Esto permite que el dispositivo sometido a la medida esté totalmente cargado y que el aislamiento esté polarizado.

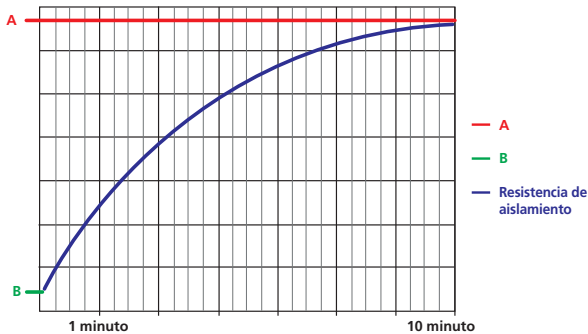


Fig 13: Relación de las lecturas de resistencia de tiempo en 10 minutos

Con un tiempo de medida habitual de 10 minutos, el PI se calcula de forma similar al DAR.

En esta medida, se aplica la tensión correspondiente y las mediciones de resistencia del aislamiento (RI) se efectúan una vez transcurridos 1 y 10 minutos.

El índice de polarización (PI) se calcula de la siguiente forma: $PI = R_{10} \div R_1$

En la tabla 2 se indica el estado en el que se encuentra el aislamiento.

Índice de polarización	Estado del aislamiento
<1	Peligroso
1,0 – 2,0***	Cuestionable
2,0 – 4,0	Bueno
>4**	Excelente

Tabla 2: Estado del aislamiento indicado por el índice de polarización

* Debe considerarse que estos valores son provisionales y relativos, sujetos a la experiencia que se observe con un método de tiempo-resistencia durante un determinado periodo.

** En algunos casos, con motores, los valores aproximadamente un 20 % más altos que los mostrados aquí indican un devanado seco y quebradizo que se averiará al sufrir un impacto o durante el arranque. Para el mantenimiento preventivo, el devanado del motor debe limpiarse, tratarse y secarse para restaurar su flexibilidad.

*** Estos resultados son satisfactorios para equipos con capacidad muy baja, tales como tiradas cortas de cableado doméstico.

¿Para qué es necesario utilizar esta medida?

La medida de PI es una medición relativa y no absoluta. Se trata de una evaluación autónoma del estado del aislamiento y puede utilizarse, bien de forma independiente, bien conjuntamente con el historial de mediciones de PI para determinar tendencias. Indica la calidad del aislamiento en 10 minutos, lo cual resulta ventajoso al trabajar en equipos de gran envergadura, que pueden tardar una hora en cargarse para efectuar una medición de aislamiento. La lectura de PI ofrece información sobre la entrada de humedad, la contaminación y el deterioro del aislamiento en una medida específica de tiempo-resistencia.

La norma 43-2000 del IEEE establece que "si el valor R1 (a 40 °C) es superior a 5000 MΩ, el PI puede ser ambiguo y descartarse".

Relación de absorción dieléctrica (DAR)

La relación entre dos lecturas de tiempo-resistencia se denomina "relación de absorción dieléctrica". Resulta útil para obtener información sobre aislamientos.

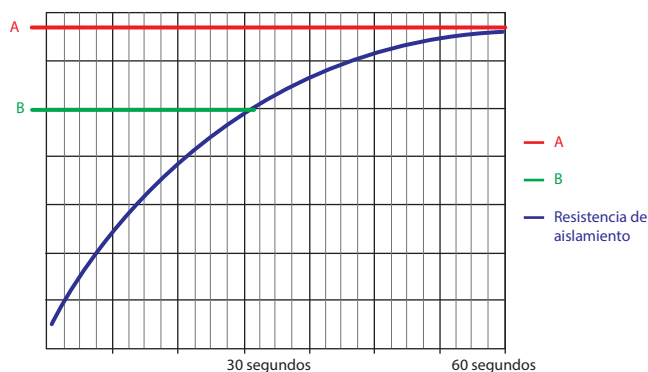


Fig 14: Relación de las lecturas de resistencia de tiempo en 60 segundos

La relación de absorción dieléctrica (DAR) se calcula de la siguiente forma: $DAR = R60 \div R30$. Esta relación puede indicar el estado del aislamiento siguiendo la información de la tabla 3.

DAR	Estado del aislamiento
<1	Peligroso
1,0 – 1,4	Cuestionable
1,4 – 1,6**	Bueno
>1,6	Excelente

Tabla 3: Estado del aislamiento indicado mediante relaciones de absorción dieléctricas

* Debe considerarse que estos valores son provisionales y relativos, sujetos a la experiencia que se observe con un método de tiempo-resistencia durante un determinado periodo.

** En algunos casos, con motores, los valores aproximadamente un 20 % más altos que los mostrados aquí indican un devanado seco y quebradizo que se averiará al sufrir un impacto o durante el arranque. Para el mantenimiento preventivo, el devanado del motor debe limpiarse, tratarse y secarse para restaurar su flexibilidad.

¿Para qué es necesario utilizar esta medida?

Se trata de una medida rápida con la que observar el estado en el que se encuentra el aislamiento. Un DAR de 1,4 o superior se considera aceptable en sistemas aislantes anteriores a 1970. De obtenerse un valor distinto, es necesario efectuar un análisis de tendencias. Consulte la norma 43-2000 del IEEE.

- Se utiliza para equipos con aislamiento "delgado".
- Se utiliza en materiales con baja corriente de absorción, p. ej., el polietileno.

Corrección de temperatura

Los valores de resistencia de aislamiento difieren considerablemente a distintas temperaturas, por lo que para establecer tendencias de resistencia de aislamiento durante un periodo prolongado es importante corregir la medición de dicha resistencia a un valor de temperatura común; para el IEEE, esta es de 40 °C.

Temperatura		Equipo rotativo			CABLES						
C	F	Clase A	Clase B	Transformadores llenos de aceite	Código natural	Código de GR-S	Rendimiento	Resistencia térmica y rendimiento GR-S	GR-S natural resistente al ozono	Cambray barnizado	Papel impregnado
0	32	0,21	0,40	0,25	0,25	0,12	0,47	0,42	0,14	0,10	0,28
5	41	0,31	0,31	0,36	0,40	0,23	0,60	0,56	0,26	0,20	0,43
10	50	0,45	0,45	0,50	0,61	0,46	0,76	0,73	0,49	0,43	0,64
15,6	60	0,71	0,71	0,74	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
20	68	1,00	1,00	1,00	1,47	1,83	1,24	1,28	1,75	1,94	1,43
25	77	1,48	1,25	1,40	2,27	3,67	1,58	1,68	3,29	4,08	2,17
30	86	2,20	1,58	1,98	3,52	7,32	2,00	2,24	6,20	8,62	3,20
35	95	3,24	2,00	2,80	5,45	14,60	2,55	2,93	11,65	18,20	4,77
40	104	4,80	2,50	3,95	8,45	29,20	3,26	3,85	25,00	38,50	7,15
45	113	7,10	3,15	5,60	13,10	54,00	4,15	5,08	41,40	81,00	10,70
50	122	10,45	3,98	7,85	20,00	116,00	5,29	6,72	78,00	170,00	16,00
55	131	15,50	5,00	11,20			6,72	8,83		345,00	24,00
60	140	22,80	6,30	15,85			8,58	11,62		755,00	36,00
65	149	34,00	7,90	22,40				15,40			
70	158	50,00	10,00	31,75				20,30			
75	167	74,00	12,60	44,70				26,60			

Tabla 4: Factores de corrección de temperatura para máquinas rotativas de las clases A y B. Corrección a 20 °C para equipos rotativos y transformadores; a 15,6 °C para cables.

Terminal guarda

Durante las medidas de aislamiento, a menudo no se tiene en cuenta la trayectoria de resistencia en la superficie exterior del material aislante. No obstante, esta trayectoria de resistencia es parte importante de la medición y puede afectar enormemente a los resultados. Por ejemplo, si hay suciedad, contaminación o humedad en la superficie externa de un motor, la corriente de fuga superficial puede ser hasta diez veces superior a la de la corriente que circula por el propio aislamiento.

Tras realizar una medida de resistencia de aislamiento, es posible que se obtenga un resultado bajo. Antes de rechazar el equipo, es necesario tener en cuenta un factor que a menudo se pasa por alto: la fuga de la superficie debido a la contaminación. El elemento que esté causando problemas puede ser polvo, suciedad, aceite, grasa, virutas metálicas, productos alimentarios, humedad, óxido e incluso algunos tipos de pintura y cubiertas "protectoras".

Es necesario eliminar de la lectura la fuga superficial y es ahí donde actúa el terminal guarda.

Nota: Si la lectura alta o conforme, no es necesario utilizar el terminal guarda.

En la conexión que aparece a continuación se muestra una medida de IR entre L1 y L2.

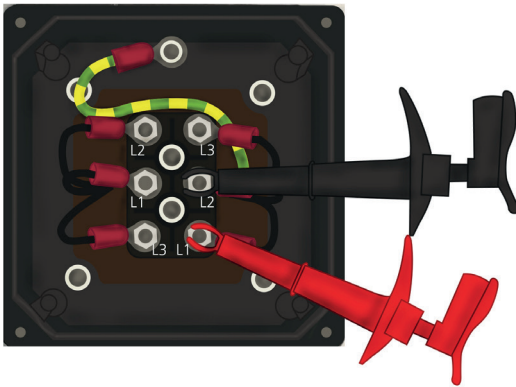


Fig 15: Medida de resistencia de aislamiento entre L1 y L2

Se obtiene un valor bajo en la medición fase a fase, es posible que se deba a la presencia de contaminación. Esto se muestra aquí como una ruta de baja resistencia entre las fases U y V y la tierra, donde U corresponde a L1 y V corresponde a L2.

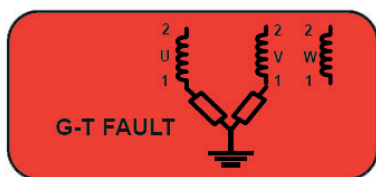


Fig 16: Ruta de baja resistencia entre U y V y la tierra

Para evitar la creación de esta ruta de baja resistencia, conecte a tierra el cable de medida GUARDA (azul)

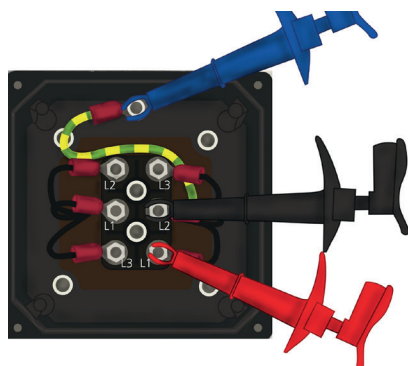


Fig 17: Guarda conectada a tierra

Si hay contaminación, el valor de la lectura de resistencia de aislamiento aumenta al nivel esperado cuando la guarda está conectada. Si no se observa ningún cambio con la guarda conectada, significa que el aislamiento se ha deteriorado.

De no eliminarse la contaminación, se pueden producir fallos en el aislamiento y descargas eléctricas.

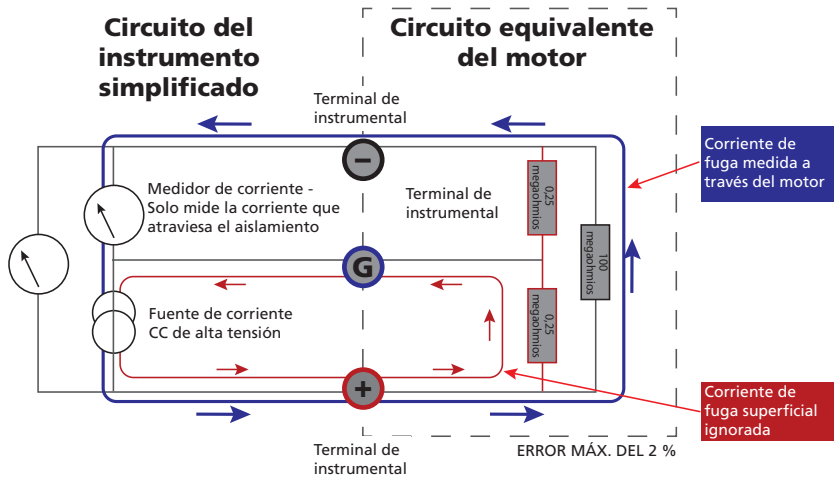


Fig 18: Esquema de la guarda

La fuga superficial es esencialmente una resistencia en paralelo con la verdadera resistencia de aislamiento del material sometido a medida. Utilizar un terminal guarda para llevar a cabo una "medida de tres terminales" permite ignorar la corriente de fuga de la superficie. Esto puede ser importante cuando se esperen valores de resistencia elevados, como los de motores y cables de alimentación. Estos componentes suelen tener amplias superficies expuestas a la contaminación, lo que genera altos valores de corriente de fuga superficial.

Además de la extraordinaria mejora de la fiabilidad del diagnóstico del estado del aislamiento y del mantenimiento preventivo ya mencionado, el terminal guarda es una herramienta de diagnóstico importante. Para llevar a cabo esta medida, es necesario que los devanados del motor estén separados y que no se dejen conectados en configuración en triángulo o en estrella.

La cantidad de corriente fugada superficialmente puede calcularse de forma muy sencilla con dos medidas: una con el terminal guarda y otra sin este, y calcular a continuación la diferencia existente entre ambas mediciones. Si la resistencia de aislamiento es alta con el terminal guarda conectado (lo que demuestra un buen nivel de aislamiento), pero considerablemente inferior al desconectarlo, es indicativo de la existencia de una ruta paralela que conduce fugas superficiales por las superficies exteriores del componente, entre los dos terminales.

¿Cuál es el motivo de efectuar esta medida?

Ha habido muchos casos de mediciones de resistencia de aislamiento realizadas de forma incorrecta que han conducido a la sustitución innecesaria de motores, algunas con gran coste, para posteriormente averiguar con el terminal guarda que no se necesitaba más que una limpieza a fondo.

Medida trifásica

La medida fase a fase, similar en procedimientos y rendimiento a la de puntos, es una medida habitual que se realiza en motores de CA trifásicos para observar la integridad del aislamiento de cada fase. Esta medida solo puede realizarse si el motor no está configurado en estrella (Y) ni en triángulo. Todas las fases deben estar aisladas.

Voltímetro

Es posible llevar a cabo mediciones de tensión y frecuencia para verificar que la alimentación se mantenga dentro de los valores indicados en la placa de características.

¿Cuál es el motivo de efectuar esta medida?

Las mediciones de tensión se utilizan para garantizar que la tensión de alimentación se mantenga en un margen de $\pm 10\%$ de la tensión indicada en la placa de características.

Rotación de fases

Es posible calcular la rotación de fases para verificar que la alimentación sea compatible antes de conectarla y activarla.

Consulte la sección "Sentido de giro del motor".

¿Para qué es necesario utilizar esta medida?

Se observa el sentido de giro de la tensión de alimentación trifásica para verificar que coincida con el sentido de giro del motor. Si el sentido de giro de la alimentación no coincide con el sentido de giro del motor, los aparatos controlados por el motor no funcionarán de la forma prevista, p. ej., los ventiladores no ventilarán y las bombas no bombearán de forma correcta.

Continuidad

La medida de continuidad es una medición de 2 cables en la que se combinan las mediciones de la corriente de salida y de la caída de tensión en los 2 cables de medida. Así, en la medición de resistencia se combina toda la resistencia del circuito cerrado (cables de medida + pieza de medida). Anular los cables de medida no elimina la variación de la resistencia de contacto, es decir, anular los cables en dos puntos del objeto en el que se efectúa la medición para posteriormente continuar midiendo la continuidad en varios otros puntos de medida introduce una variación en la resistencia del contacto para todos los demás puntos de medida. Lo más probable es que la resistencia de contacto sea diferente en cada punto de medida. El circuito de medición para medidas de continuidad es de baja impedancia y cualquier variación en la resistencia de contacto afecta a la medición.

Con la medida de continuidad puede detectarse rápidamente una resistencia inesperadamente elevada en un conductor, que puede deberse a una avería del propio conductor, a una conexión abierta o a un dispositivo de control defectuoso.

Suele realizarse para cada fase, p.ej., A-a, B-b o C-c.

Las medidas de continuidad también se utilizan a modo de medida comparativa para calcular el desequilibrio entre fases calculando los resultados de las tres fases. En los motores con configuración en estrella se miden todas las fases, p. ej., punto de estrella A, punto de estrella B y punto de estrella C. La existencia de cualquier diferencia significativa en la medición de resistencia será indicativa de un desequilibrio entre fases.

¿Cuál es el motivo de efectuar esta medida?

¿Cuándo es necesario efectuar mediciones de baja resistencia?

- Determinación de idoneidad
 - Verifique que la resistencia sea correcta después de efectuar reparaciones en motores y antes de instalarlos.
- Supervisión del estado
 - Observe aumentos de resistencia inaceptables.
- Medidas similares
 - Verifique que los elementos similares de un sistema tienen una resistencia similar.

Medida de diodos

Esta medida se ha incluido para mostrar la integridad de los diodos. Permite medir las caídas de tensión directa e inversa que tienen lugar en el dispositivo. Medidas de diodos: los diodos no se encuentran normalmente en los motores, sino en los alternadores y ayudan a controlar la polaridad del circuito de excitación.

Ohmímetro digital de baja resistencia (DLRO)

Cuando se requieren mediciones precisas de resistencia muy baja, se recomienda la configuración de medida de 4 cables "kelvin".

En resumen: esta medida aplica una corriente a través de 2 de los cables de medida mientras se mide la tensión con los otros 2 cables de medida; el resultado se muestra como una resistencia. Esta medida no se ve afectada ni por la resistencia de los cables ni de contacto y resulta especialmente útil para medir resistencias de devanado bajas y la resistencia de contacto de dispositivos de control o sobrecargas.

Esta medida puede ser unidireccional o bidireccional. Si es necesario efectuar una medida en una conexión fabricada con materiales distintos, se recomienda utilizar la bidireccional.

¿Cuál es el motivo de efectuar esta medida?

La medida con DLRO se realiza cuando se requiere una medición precisa de baja resistencia en el rango de $m\Omega$.

Medida del sentido de rotación del motor

Determinar el sentido de giro de un motor con respecto a la rotación de fase de la alimentación es importante, si no vital, para ciertas aplicaciones en las que pueden producirse daños en bombas, compresores y cajas de engranajes o de cambios. Antes de proceder a la instalación, se suele utilizar una medida de sacudida. El motor se activa momentáneamente y se anota el sentido de giro comparado con el de las conexiones de fase.

A veces hay confusión en cuanto a cómo se percibe la rotación en el sentido de las agujas del reloj y en el sentido contrario. La respuesta se encuentra en la norma DIN EN 60034-8, donde el sentido de giro de un motor se define de la siguiente manera:

1. La dirección de rotación es la dirección vista desde el extremo de accionamiento.
2. El extremo de accionamiento es el lado con extensión del eje.
3. En máquinas con dos extensiones de eje, el extremo de accionamiento es el siguiente:
 - 3.1. el extremo con mayor diámetro del eje;
 - 3.2. el extremo del lado opuesto al ventilador (en caso de que ambas extensiones de eje tengan el mismo diámetro).

Así, los motores con giro a derechas hacen girar el eje en sentido horario al verlos desde el extremo de accionamiento (vistos desde el extremo de accionamiento hacia el de no accionamiento).

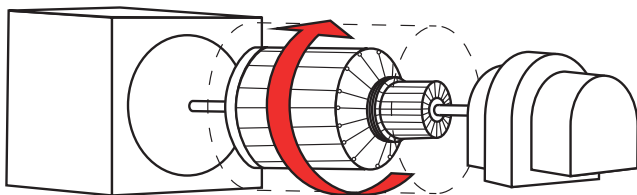


Fig 19: Motor con giro a derechas

Los motores con giro a izquierdas hacen girar el eje en sentido antihorario al verlos desde el extremo de accionamiento (vistos desde el extremo de accionamiento hacia el de no accionamiento).

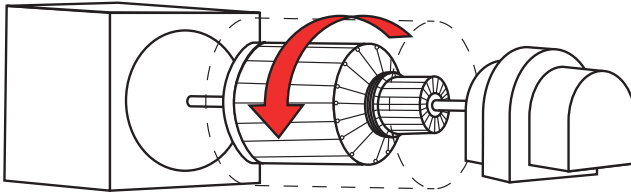


Fig 20: Motor con giro a izquierdas

Puesto que el sentido de giro del motor y la correspondiente máquina accionada se define con respecto a la extensión del eje correspondiente, el motor necesita que su sentido de giro sea el contrario al de la máquina accionada.

Esto es, una máquina accionada con giro a izquierdas necesita un motor con giro a derechas y una máquina accionada con giro a derechas, un motor giro a izquierdas.

¿Cuál es el motivo de efectuar esta medida?

El sentido de giro del motor se determina para asegurar que coincide con el sentido de giro de la tensión de alimentación trifásica. Si el sentido de giro del motor no coincide con el sentido de giro de la alimentación, los aparatos controlados por el motor no funcionarán de la forma prevista, p. ej., los ventiladores no ventilarán y las bombas no bombearán de forma correcta.

Con esta medida puede eliminarse la necesidad de realizar una medida de sacudida. Normalmente, esta medida se realiza en un motor encendiendo y apagando rápidamente el botón de encendido para observar el sentido de giro del motor. La medida de sacudida puede causar problemas si el motor está acoplado al aparato al que acciona y no está diseñado para girar en sentido contrario. En este caso pueden producirse daños graves en ciertos equipos como compresores de tornillo y ciertas bombas.

Inductancia

Las mediciones de inductancia de fase a fase se pueden utilizar para identificar diversas condiciones:

- Deficiencias o incorrecciones en rectificaciones, p. ej., cables de devanado de bobinas invertidos.
- Averías en cables de alimentación o contactos principales del circuito de alimentación.
- Problemas de excentricidad en el entrehierro.
- Espiras cortocircuitadas, p. ej., de fase a fase en el estátor y de bobina a bobina.
- Porosidad del rotor y daños en la laminación.
- Grietas en las barras o los anillos de extremo del rotor.

¿Cuál es el motivo de efectuar esta medida?

Las mediciones de inductancia pueden resultar útiles para detectar problemas en el estátor, aun en casos en los que no se detecte ninguno con mediciones de resistencia. La resistencia de devanado de cada fase puede ser muy baja, lo que significa que la cantidad de resistencia por vuelta puede parecer insignificante. Con un valor tan insignificante sería fácil ver cómo la pérdida de unas pocas vueltas puede no detectarse sencillamente midiendo la resistencia. La inductancia, no obstante, se ve afectada exponencialmente con los cambios de giro en los devanados y, por consiguiente, constituye un método de mayor sensibilidad para detectar cambios en los devanados del estátor.

Capacidad

Se efectúa un análisis de tendencia de la medición; los valores derivados a tierra que aumenten con el paso del tiempo son indicativos de la existencia de contaminación superficial, una elevada humedad, alta temperatura o avería del aislamiento.

Medición de temperatura

La temperatura de la unidad sometida a la medida se mide para efectuar una corrección de temperatura.

Antes de que una medida de resistencia de aislamiento pueda llevarse a cabo con la compensación de temperatura activada, debe realizarse una medición de temperatura para establecer la temperatura de la unidad sometida a la medida.

Descripción general del Baker MTR105 de Megger

Descripción

El MTR105 es un comprobador estático de motores dedicado con el probado y fiable conjunto de medidas de resistencia de aislamiento (IR) de Megger, además de las excelentes características habituales y la fiabilidad de los medidores de Megger.



El MTR105 incorpora las capacidades de otros instrumentos de medida de IR de Megger y añade la medida DLRO de cuatro cables Kelvin de baja resistencia, así como medidas de inductancia y capacidad para ofrecer un versátil medidor de motores, todo ello incluido en un resistente instrumento de mano que hasta ahora no estaba disponible en el mercado.

Además, el MTR105 incorpora funciones de medición y compensación de temperatura (para medidas de IR) y sentido de giro del motor, además de medidas de giro de fase de suministro.

Estas nuevas capacidades de medida hacen del MTR105 un auténtico y versátil instrumento de mano para medir motores.

El MTR105 está disponible con una carcasa sobremoldeada, que proporciona una mayor protección, solidez y clasificación de impermeabilidad IP54.

Características

- Terminal guarda, para eliminar cualquier corriente de fuga superficial.
- Cables de medida desmontables mediante pinzas y sondas intercambiables para diferentes aplicaciones.
- Almacena resultados de medida de hasta 256 motores, que se pueden descargar en un dispositivo de almacenamiento masivo USB.
- Control de dial giratorio y pantalla gráfica completa sencillos y fáciles de usar.
- Índice de protección ambiental IP54, lo que garantiza protección contra la entrada de humedad y polvo, incluidos los compartimentos de las pilas y los fusibles.
- Caja resistente: Un recubrimiento de goma combina una protección exterior a prueba de impactos con un excelente agarre; el resultado es una resistente y robusta carcasa ABS modificada.
- Pilas recargables con opción de kit de cargador para la red eléctrica.

Aplicaciones

- Medidas de producción de motores y generadores de nueva fabricación.
- Medida de motores y generadores reparados y modificados.
- Monitorización y mantenimiento de motores en servicio (fuera de línea) en campo.

Seguridad

El MTR105 está diseñado para ofrecer un uso excepcionalmente seguro. Los circuitos de detección rápida reducen la probabilidad de que los instrumentos resulten dañados si se conectan de forma accidental a circuitos activos o a distintas fases.

- Cumple con los requisitos internacionales de las normas IEC61010 y IEC61557.
- Detección de circuitos activos e inhibición de medidas en todas las mediciones con notificación al usuario (excepto en las mediciones de sentido de giro).
- El usuario puede seleccionar la tensión de bloqueo del terminal de medida de aislamiento: 25 V, 30 V, 50 V, 75 V (el valor predeterminado es 50 V).
- Las funciones de detección e inhibición se activan si falla el fusible de protección.
- Apto para su uso en aplicaciones CAT III y tensiones de alimentación de hasta 600 V.

Medidas de resistencia de aislamiento

- Rango de resistencia de 100 Ω a 200 G Ω .
- Permite realizar medidas de índice de polarización (PI) y de relación de absorción dieléctrica (DAR), temporizadas, trifásicas y de compensación de temperatura.
- Tensión de medida de aislamiento estabilizada con una precisión de $-0\% +2\% \pm 2\text{ V}$, lo que proporciona una tensión de medida más precisa sin el riesgo de que se produzcan daños por sobretensión en circuitos o componentes. La tensión de salida se mantiene entre 0 y 2 % en todo el rango de medida.
- En aquellos casos en los que se requiera una tensión de medida diferente de la tensión estándar, un rango variable permite seleccionar la tensión de medida exacta, desde 10 V hasta 999 V, sujeta al mismo control de salida estabilizado.
- Botón para activar, poner en modo visual o desactivar el zumbador.
- Zumbador ajustable para el límite mínimo de resistencia (de 0,5 M Ω a 1000 M Ω).
- El zumbador suena si la medida es válida.

Voltímetro

- Mide CA de 10 mV a 1000 V; CC de 0 a 1000 V; TRMS (de 15 Hz a 400 Hz).
- Alimentación trifásica y sentido de giro.

Medidas de continuidad (resistencia):

- Rango automático de resistencia individual de 0,01 Ω a 1,0 M Ω .
- La selección automática de la corriente de medida utiliza la corriente de medida preferida para la resistencia de carga sometida a medida (de 200 mA a 4 Ω).
- La opción de medidas bidireccionales invierte automáticamente la corriente sin necesidad de volver a conectar los cables.
- La compensación de resistencia del cable (NULL) actúa hasta una resistencia de 10 Ω .
- Interruptor para activar, poner en modo visual o desactivar el zumbador.
- Zumbador ajustable para el límite máximo de resistencia (de 1 Ω a 200 Ω en 12 etapas).
- El zumbador suena si la medida es válida.

DLRO de cuatro cables Kelvin de baja resistencia

- Rango automático de resistencia de 1 m Ω a 10 Ω .
- Selección de medida automática o manual.
- Bidireccional o unidireccional.
- La opción de medidas bidireccionales invierte automáticamente la corriente sin necesidad de volver a conectar los cables.
- Corriente de medida de 200 mA.

Medida del sentido de rotación del motor

Mide el sentido de giro del motor sometido a medida y muestra la secuencia de fase en pantalla.

El motor conectado gira en un sentido y la pantalla muestra la secuencia de las fases de giro. A continuación, el motor gira en el sentido opuesto, las fases se comprueban de nuevo y se muestran en la pantalla.

Medidor de inductancia, capacidad y resistencia (LCR)

Medición automática de la inductancia, capacitancia y resistencia. Frecuencia seleccionable a 120 Hz o 1000 Hz. En el modo AUTOMÁTICO, el MTR105 determina automáticamente si el elemento principal de la carga es inductivo, capacitivo o resistivo, y muestra el resultado en la pantalla.

Selección de medida de inductancia y capacidad.

Temperatura

La medición de la temperatura de la unidad sometida a medida, mediante el termopar suministrado, permite aplicar la compensación de temperatura en las mediciones de resistencia de aislamiento.

La medición de la temperatura de la unidad sometida a la medida se realiza por medio de un termopar, lo que permite aplicar la compensación de temperatura en las mediciones de resistencia de aislamiento. Con el MTR se suministra un termopar de tipo T, pero también es posible utilizar termopares de tipo J y K.

Pantalla

La pantalla gráfica a todo color hace que el MTR105 sea fácil de entender y de usar.

Terminal guarda

El terminal guarda (G) es un tercer terminal que se encuentra en el panel de conexiones.

En determinadas aplicaciones, la conexión del terminal guarda proporciona una vía de retorno para corrientes de fuga paralelas que, de no existir, podría generar errores importantes en la medición del aislamiento. Un buen ejemplo de ello es la contaminación de las superficies del equipo o de los cables.

Almacenamiento y descarga de los resultados

Los resultados de las medidas se pueden descargar en un dispositivo de almacenamiento masivo USB, al que se puede acceder conectando un ordenador de sobremesa o portátil con PowerDB.

Actualizaciones de software del instrumento

En el sitio web de Megger, pueden publicarse ocasionalmente boletines informativos y actualizaciones de software.

Especificaciones

Todos los valores de precisión se indican a 20 °C (68 °F).

Resistencia de aislamiento

Voltios	Precisión
50 V	10 GΩ ±2 % ±2 dígitos ±4,0 % por GΩ
100 V	20 GΩ ±2 % ±2 dígitos ±2,0 % por GΩ
250 V	50 GΩ ±2 % ±2 dígitos ±0,8 % por GΩ
500 V	100 GΩ ±2 % ±2 dígitos ±0,4 % por GΩ
1000 V	200 GΩ ±2 % ±2 dígitos ±0,2 % por GΩ

Índice de polarización (PI): Relación de 10 minutos/1 minuto

Relación de absorción dieléctrica (DAR): Configurable por el usuario 15 o 30 segundos a hora de inicio t1 con t2 fijado en 60 segundos

Rendimiento del terminal guarda Error del <5 % en resistencia de circuito en paralelo a 500 kΩ con carga de 100 MΩ

Resolución 0,1 kΩ

Corriente de carga/cortocircuito 2 mA +0 % -50 % (IEC61557-2)

Precisión de la tensión de los terminales -0 % +2 % ±2 V

Corriente de medida 1 mA de valor de paso mínimo de aislamiento hasta un máximo de 2 mA

Rango de funcionamiento 0,10 MΩ a 1,0 GΩ (IEC61557-2)

Pantalla de corriente de fuga Resolución de 0,1 uA 10 % (±3 dígitos)

Pantalla de tensión ±3 % ±2 dígitos ±0,5 % de tensión nominal

Nota: Por encima de los valores especificados, solo se aplican cuando se utilicen cables de silicona de alta calidad, como los suministrados con el instrumento.

Continuidad

Medición	0,01 Ω a 1 MΩ (0 a 1000 kΩ en escala analógica)
Precisión	±3 % ±2 dígitos (0 a 99,9 Ω) ±5 % ±2 dígitos (100 Ω - 500 kΩ)
Corriente de medida	200 mA (-0 mA +20 mA) (0,01 Ω - 4 Ω)
Polaridad	Polaridad única o doble (predeterminada de fábrica)
Resistencia del cable	Nula hasta 10 Ω
Límite de corriente seleccionable	20 mA y 200 mA

Capacidad	
Rango	0,1 nF - 1 mF
Precisión	$\pm 5,0\%$ ± 2 dígitos (1 nF - 10 μ F)
Voltímetro	
Rango	CC: 0 - 1000 V CA: sinusoidal de 10 mV a 1000 V TRMS (15 Hz - 400 Hz)
Precisión	CC: $\pm 2\%$ ± 2 dígitos (0 - 1000 V) CA: $\pm 2\%$ ± 2 dígitos (10 mV - 1000 V TRMS)
Rango de frecuencia	15 - 400 Hz (50 mV - 1000 V)
Resolución de frecuencia	0,1 Hz
Precisión de frecuencia	$\pm 0,5\%$ ± 1 dígito
Medida de diodos	Precisión de medida del diodo: $\pm 2\%$ ± 2 dígitos 0,01 V a 3,00 V
Rango de visualización:	0,00 V a 3,00 V
Medición y compensación de temperatura	
Termopar	Tipo T (tipo K y tipo J)
Rango de termopar	-20 °C a 200 °C (4 °F - 392 °F)
Rango del instrumento	-20 °C a 1000 °C (4 °F - 1832 °F)
Resolución del instrumento	0,1 °C (0,18 °F)
Precisión del instrumento	$\pm 1,0\%$ ± 20 dígitos (1,8 °F). (La precisión básica indicada presupone mediciones hacia adelante y hacia atrás).
DLRO de cuatro cables Kelvin de baja resistencia	
Corriente de medida	200 mA de CC
Rango	1 m Ω to 10 Ω
Resolución	0,01 m Ω
Precisión	$\pm 0,25\%$ de lectura ± 10 dígitos (la precisión indicada presupone mediciones hacia adelante y hacia atrás).

Inductancia

Precisión del instrumento		
Rango	Precisión	Frecuencia de medida
1 H	$\pm(0,7 \% + (L \times 10\ 000) \%)$ +5 dígitos)	1 kHz
200 mH	$\pm(1,0 \% + (L \times 10\ 000) \%)$ +5 dígitos)	120 Hz
	$\pm(0,7 \% + (L \times 10\ 000) \%)$ +5 dígitos)	1 kHz
20 mH	$\pm(2,0 \% + (L \times 10\ 000) \%)$ +5 dígitos)	120 Hz
	$\pm(1,2 \% + (L \times 10\ 000) \%)$ +5 dígitos)	1 kHz
2 mH	$\pm(2,0 \% + (L \times 10\ 000) \%)$ +5 dígitos)	solo 1 kHz

Almacenamiento de resultados

Capacidad de almacenamiento	Resultados de 256 motores (con fecha/hora registradas)
Descarga de datos	USB tipo A (dispositivo de almacenamiento masivo USB)

Potencia

Batería	6 pilas alcalinas IEC LR6 de 1,5 V (AA), de litio IEC FR6 de 1,5 V (LiFeS ₂), de NiMH IEC HR6 de 1,2 V (opción recargable).
Duración de las pilas	10 motores al día (conjunto completo de medidas a 100 V en 100 MΩ) IEC61557-2 - ciclo de medida, 1200 medidas de aislamiento con ciclo de servicio de 5 segundos activado y 25 segundos desactivado a 500 V en 0,5 MΩ.
	IEC61557-4 - ciclo de medida, 1200 medidas de aislamiento con ciclo de servicio de 5 segundos activado y 25 segundos desactivado en resistencia de 1 MΩ.
Carga de la batería	Kit de cargador de batería para la red eléctrica.
Protección de seguridad	IEC61010-1 CAT III 600 V
EMC	IEC61326 para aplicaciones industriales
Coficiente de temperatura	<0,1 % por °C hasta 1 GΩ

Entorno	
Rango de temperatura de funcionamiento	De -10 °C a 50 °C (14 °F a 122 °F)
Rango de temperatura de almacenamiento	De -25 °C a 65 °C (-13 °F a 149 °F)
Humedad	90 % de humedad relativa a 40 °C (104 °F) máximo
Temperatura de calibración	20 °C (68 °F)
Altitud máxima	3000 m (9843 pies)
Clasificación IP	IP54
Características físicas	
Pantalla	Pantalla LCD a todo color con luz fondo de pantalla configurable por el usuario
Idiomas	Inglés, francés, alemán y español.
Dimensiones	228 x 105 x 75 mm (8,98 x 4,1 x 2,95 pulgadas)
Peso	1,00 kg (2,2 lbs)
Fusible	2 fusibles cerámicos de 500 mA (FF) 1000 V de 32 x 6 mm de alta capacidad de ruptura HBC y 30 kA como mínimo. No se deben instalar fusibles de vidrio.
Normas de la IEEE	
Norma 43-2013 de la IEEE, Prácticas recomendadas para medidas de resistencia de aislamiento de maquinaria eléctrica	
Norma 1415-2006 de la IEEE, Guía de mantenimiento, medidas y análisis de averías de maquinaria de inducción	
Norma 112-2017 de la IEEE, Procedimiento de medición estándar para motores y generadores de inducción polifásicos	
NEMA MG-1	

Oficina de ventas local

Megger Limited
Archcliffe Road
Dover
Kent
CT17 9EN
INGLATERRA
Tel.: +44 (0) 1 304 502101
Fax: +44 (0) 1 304 207342

Centros de fabricación

Megger Limited
Archcliffe Road
Dover
Kent
CT17 9EN
INGLATERRA
Tel.: +44 (0) 1 304 502101
Fax: +44 (0) 1 304 207342

Megger GmbH
Obere Zeil 2 61440
Oberursel,
ALEMANIA
Tel.: 06171-92987-0
Fax: 06171-92987-19

Megger USA - Valley Forge
Valley Forge Corporate Center
2621 Van Buren Avenue
Norristown
Pennsylvania, 19403
EE. UU.
Tel.: 1-610 676 8500
Fax: 1-610-676-8610

Megger USA - Dallas
4271 Bronze Way
Dallas TX 75237-1019
EE. UU.
Tel.: 800 723 2861 (solo en EE. UU.)
Tel.: +1 214 333 3201
Fax: +1 214 331 7399
USsales@megger.com

Megger AB
Rinkebyvägen 19, Box 724,
SE-182 17
DANDERYD
Tel.: 08 510 195 00
Correo electrónico:
seinfo@megger.com

Megger Baker
4812 McMurry Ave
Fort Collins,
CO 80525
EE. UU.
Tel.: +1 970 282 6089
Fax: +1 970 282 1010

Este instrumento está fabricado en el Reino Unido.

La empresa se reserva el derecho de modificar las especificaciones o el diseño sin previo aviso.

Megger es una marca registrada.

La marca y el logotipo Bluetooth[®] son marcas registradas de Bluetooth SIG, Inc. y se utilizan bajo licencia.