



Guía para prueba de baterías

- Por qué son necesarias las baterías de reserva
- Tipos de baterías
- Tipos de fallos
- Filosofías de mantenimiento
- Práctica de prueba de baterías
- Preguntas frecuentes
- Productos de Megger

Megger

WWW.MEGGER.COM

Contenido

Por qué son necesarias las baterías de reserva	4	Análisis de datos.....	17
Por qué probar los sistemas de baterías.....	4	Localización de fallas a tierra en sistemas CD sin segmentar.....	20
Por qué fallan las baterías.....	4	Descripción general.....	20
Tipos de baterías	5	Métodos de pruebas de corriente.....	20
Descripción general de baterías de plomo-ácido..	5	Un método de prueba mejor.....	20
Descripción general de baterías de níquel-cadmio.....	5	Preguntas frecuentes	21
Construcción y nomenclatura de la batería.....	6	Resumen de tecnología de baterías.....	21
Configuraciones.....	6	Productos de Megger	22
Baterías de un terminal.....	6	Equipo de prueba de impedancia.....	22
Baterías de múltiples terminales.....	6	BITE 3.....	22
Tipos de fallo	7	BITE 2 y BITE 2P.....	23
Tipos de fallo de baterías de plomo-ácido (inundadas).....	7	Software de gestión de bases de datos de baterías ProActiv.....	23
Tipos de fallo de baterías de plomo-ácido (VRLA).....	7	Accesorios BITE.....	23
Tipos de fallo de baterías de níquel-cadmio.....	8	Pruebas de capacidad.....	25
Filosofías de mantenimiento	9	TORKEl 820/840/860.....	25
Cómo mantener la batería.....	9	Accesorios TORKEl.....	25
Estándares y prácticas comunes.....	9	Equipo de rastreo de fallas a tierra.....	26
IEEE 450.....	9	Rastreador de fallas a tierra de baterías (BGFT).....	26
Inspecciones.....	9	Localizador de fallas a tierra de baterías (BGL).....	26
Prueba de capacidad (prueba de descarga).....	9	Óhmetros digitales para bajas resistencias (DLRO) y	
IEEE 1188.....	10	Micro óhmetros (MOM).....	27
Inspecciones.....	10	DLRO200 y DLRO600.....	27
Prueba de capacidad (prueba de descarga).....	10	Serie DLRO 247000.....	27
Criterios de reemplazo de la batería.....	10	MJÖLNER 200 y MJÖLNER 600.....	28
IEEE 1106.....	10	MOM200A y MOM600A.....	28
Inspecciones.....	10	MOM690.....	28
Prueba de capacidad (prueba de descarga).....	10	Multímetros.....	29
Resumen mejor manera de probar y evaluar su batería.....	10	Multi-conductor CA Digital MMC850.....	29
Intervalos de las pruebas.....	10	Pinzas amperimétricas.....	29
Práctica de prueba de baterías	11	Multímetros.....	30
Prueba de capacidad.....	11	Equipo de prueba de resistencia de aislamiento.....	30
Matriz de pruebas de batería – Prácticas recomendadas por IEEE.....	11	Probadores de resistencia de aislamiento serie MIT400.....	30
Procedimiento para pruebas de capacidad de baterías de plomo ventiladas.....	12	PowerDB™.....	31
Prueba de impedancia.....	13	Acceptance & Maintenance Test Data Management Software.....	31
Teoría de impedancia.....	13	Test Forms.....	31
Resistencia de conexión entre las celdas.....	14		
Pruebas y pasos eléctricos.....	15		
Voltaje.....	15		
Gravedad específica.....	15		
Corriente de flotación.....	16		
Corriente de rizado.....	16		
Temperatura.....	16		

Por qué son necesarias las baterías de reserva

Las baterías se usan para asegurar que el equipo eléctrico crítico siempre esté encendido. Hay tantos lugares donde se usan baterías – es casi imposible enumerarlos todos. Algunas aplicaciones para baterías incluyen:

- Estaciones y subestaciones generadoras de electricidad para la protección y el control de conmutadores y relés
- Sistemas de telefonía para el soporte de servicios telefónicos, especialmente servicios de emergencia
- Aplicaciones industriales para protección y control
- Copias de seguridad en computadoras, especialmente datos e información financiera
- Sistemas de información empresarial “menos críticos”

Sin baterías de reserva los hospitales tendrían que cerrar sus puertas hasta que se restablezca la energía. Pero aun así, hay pacientes conectados a sistemas de mantenimiento de vida que requieren una potencia eléctrica absoluta del 100%. Para estos pacientes, como se dijo en su momento, “un fallo no es una opción”.

Simplemente vea a su alrededor cuánta electricidad usamos y entonces vea la importancia que las baterías han llegado a alcanzar en nuestra vida diaria. Muchos de los apagones alrededor del mundo en el 2003 demuestran cómo los sistemas eléctricos críticos sustentan nuestras necesidades básicas. Las baterías se utilizan ampliamente y sin ellas muchos de los servicios que damos por hecho fallarían y causarían innumerables problemas.

Por qué probar los sistemas de baterías

Hay tres razones principales por las que se prueban los sistemas de baterías:

- Para asegurar que el equipo esté adecuadamente respaldado para prevenir fallos inesperados comprobando el estado de la batería
- Para advertir/prevenir su agotamiento y hay tres preguntas básicas que los usuarios de las baterías hacen:
- ¿Cuál es la capacidad y la condición de la batería ahora?
- ¿Cuándo hay que reemplazarla?
- ¿Qué se puede hacer para mejorar / no reducir su vida útil?

Las baterías son mecanismos químicos complejos. Tienen numerosos componentes como rejillas, material activo, terminales, vaso y tapa, etc. – cualquiera de ellos puede fallar.

Como es el caso en todos los procesos de fabricación, por muy buenos que sean, siempre puede ocurrir algo inesperado (y todos los procesos químicos).

Una batería contiene dos materiales metálicos distintos en

un electrolito. De hecho, puede juntar un penique de cobre y una moneda de cinco centavos de níquel en una mitad de una toronja y tendrá una batería. Evidentemente una batería industrial es más sofisticada que una batería en una toronja. Sin embargo, una batería se tiene que mantener adecuadamente para que funcione como es debido. Un buen programa de mantenimiento de la batería puede prevenir, o por lo menos reducir los costes y daños al equipo crítico ocasionados por un apagón CA.

Aunque haya varias aplicaciones para las baterías, las baterías de reserva se instalan solo por dos razones:

- Para proteger y apoyar el equipo crítico durante un apagón CA
- Para proteger flujos de ingresos ocasionados por la pérdida del servicio

La siguiente discusión sobre tipos de fallos se centra en mecanismos y tipos de fallos y cómo encontrar celdas débiles. En la sección de abajo se discuten con más detalle los métodos de prueba y sus pros y contras.

Por qué fallan las baterías

Para entender por qué fallan las baterías desafortunadamente necesitamos saber un poco más de química. Hoy en día se usan dos químicos de baterías principales – plomo-ácido y níquel-cadmio. Hay otros químicos que están llegando, como el litio, que se encuentra en sistemas de batería portátiles, pero todavía no en sistemas fijos.

Volta inventó la batería primaria (no recargable) en 1800. Planté inventó la batería de plomo-ácido en 1859 y en 1881 Faure utilizó por primera vez las placas de plomo-ácido. A lo largo de las décadas se fueron refinando y se han convertido en una fuente de potencia de reserva muy importante.

Los refinamientos incluyen aleaciones mejoradas, diseños de rejillas, materiales de vasos y tapas y sellos entre vasos y tapas y entre terminales mejorados.

El desarrollo más revolucionario fue la regulación por válvula. Muchas otras mejoras en químicos de níquel-cadmio se han desarrollado a lo largo de los años.

Tipos de baterías

Hay muchos tipos de tecnología de baterías principales y subtipos:

- **Plomo-ácido**
 - Inundada (húmeda): plomo-calcio, plomo-antimonio
 - Plomo-ácido regulada por válvula (VRLA), VRLA (sellado): plomo-calcio, plomo-antimonio-selenio
 - AGM
 - Gel
 - Placa plana
 - Placa tubular
- **Níquel-cadmio**
 - Inundada
 - Sellada
 - Placa de bolsillo
 - Placa plana

Descripción general de baterías de plomo-ácido

La reacción química básica de plomo-ácido en un electrolito de ácido sulfúrico, donde el sulfato del ácido es parte de la reacción, es:



El ácido se reduce durante la descarga y se regenera durante la recarga. Durante la descarga y la carga de flotación (porque la carga de flotación contrarresta la auto-carga) se forman hidrógeno y oxígeno. En baterías inundadas se escapan y hay que añadir agua periódicamente. En baterías VRLA selladas los gases de hidrógeno y oxígeno se combinan para formar agua. Adicionalmente, en las baterías VRLA el ácido queda inmovilizado por AGM o en un gel. La mata es parecida al aislante de fibra de vidrio que se usa en las casas. Atrapa el hidrógeno y oxígeno formados durante la descarga y les permite migrar y reaccionar para que vuelvan a formar agua. Por esta razón VRLA nunca necesita añadir agua como las baterías inundadas (húmedas, ventiladas) de plomo-ácido.

Una batería tiene placas positivas y negativas alternadas y separadas por goma micro porosa en las de plomo-ácido inundadas, AGM en las de VRLA, ácido gelado en las de gel VRLA o plástico en las de níquel-cadmio. Todas las placas de la misma polaridad están soldadas unas con otras y con el terminal apropiado. En el caso de las celdas VRLA la compresión del “sándwich” placa-mata-placa se extiende para mantener un buen contacto entre ellas. Además hay una válvula de alivio de la presión (PRV) que se auto-resella para ventilar los gases en caso de sobrepresión.

Descripción general de baterías de níquel-cadmio

La química de níquel-cadmio es similar a la de plomo-ácido en algunos aspectos, en cuanto a que hay dos metales distintos en un electrolito. La reacción básica en un electrolito de hidróxido potásico (alcalino) es:



Sin embargo, en las baterías de níquel-cadmio el hidróxido potásico (KOH) no entra en la reacción como el ácido sulfúrico que entra en la reacción de las baterías de plomo-ácido.

La construcción es similar a las de plomo-ácido en cuanto a que hay placas positivas y negativas alternadas sumergidas en un electrolito. No muy frecuentes, pero sí disponibles, son las baterías de níquel-cadmio selladas.

Construcción y nomenclatura de la batería

Ahora que sabemos todo lo necesario sobre química de batería, a excepción de curvas Tafel, difusión de iones, celdas equivalentes Randles, etc., pasemos a hablar de construcción de baterías. Una batería debe tener varios componentes para funcionar adecuadamente: un vaso y una tapa, un electrolito (una solución de ácido sulfúrico o de hidróxido potásico), placas negativas y positivas, conexiones superiores que sueldan todas las placas de la misma polaridad juntas y los terminales conectados a las conexiones superiores de las placas de la misma polaridad.

Todas las baterías tienen una o más placas negativas que positivas. Esto se debe a que las placas positivas son las que trabajan y si no hay una placa negativa al lado exterior de la última placa positiva, el lado exterior de la última placa positiva no tendrá nada con qué reaccionar y crear electricidad. Así, siempre hay un número impar de placas en una batería, p. ej. Una batería de 100A33 se compone de 33 placas con 16 placas positivas y 17 placas negativas. En este ejemplo cada placa positiva tiene 100 Ah. Multiplicando 16 por 100 se calcula la capacidad de 8 horas, que es 1600 Ah. Europa usa un cálculo algo diferente al sistema americano.

En baterías de capacidades más altas, normalmente hay de cuatro a seis terminales. Así se evita el sobrecalentamiento de los componentes de la batería que llevan corriente durante llamadas de corriente altas o descargas largas.

Una batería de plomo-ácido es una cadena de placas conectadas al conductor superior conectado a los terminales. Si el conductor superior, los terminales y los conectores entre las celdas no son lo suficientemente grandes para llevar electrones, entonces puede ocurrir un sobrecalentamiento (i^2R) y dañarse la batería o, en el peor de los casos, puede ocasionar daños por humo o fuego.

Para prevenir que las placas entren en contacto y produzcan un corto en la batería, hay un separador entre las placas. La figura 1 es un diagrama de una batería de cuatro terminales desde arriba a través de la tapa. No se ven los separadores.

Configuraciones

Las baterías vienen en varias configuraciones. Además hay muchos modos en los que se pueden colocar y el número de configuraciones es interminable.

Por supuesto que la tensión tiene el papel más importante en la configuración de la batería. Las baterías tienen múltiples terminales para llamadas de corriente más altas.

Cuanto más corriente necesite la batería, más conexiones debe haber. Esto incluye terminales, conectores entre celdas, barras bus y cables.

Baterías de un terminal

Los sistemas de baterías más pequeños son normalmente los más simples y fáciles de mantener. Normalmente tienen baterías de un terminal conectado con conectores sólidos entre las celdas.

Frecuentemente son accesibles, pero porque son pequeños y se pueden instalar en un compartimento pequeño, en ocasiones pueden ser difícilmente accesibles para realizar pruebas y mantenimiento.

Baterías de múltiples terminales

Las baterías con múltiples terminales por polaridad empiezan a ser interesantes rápidamente. Normalmente son más grandes y frecuentemente más críticas.

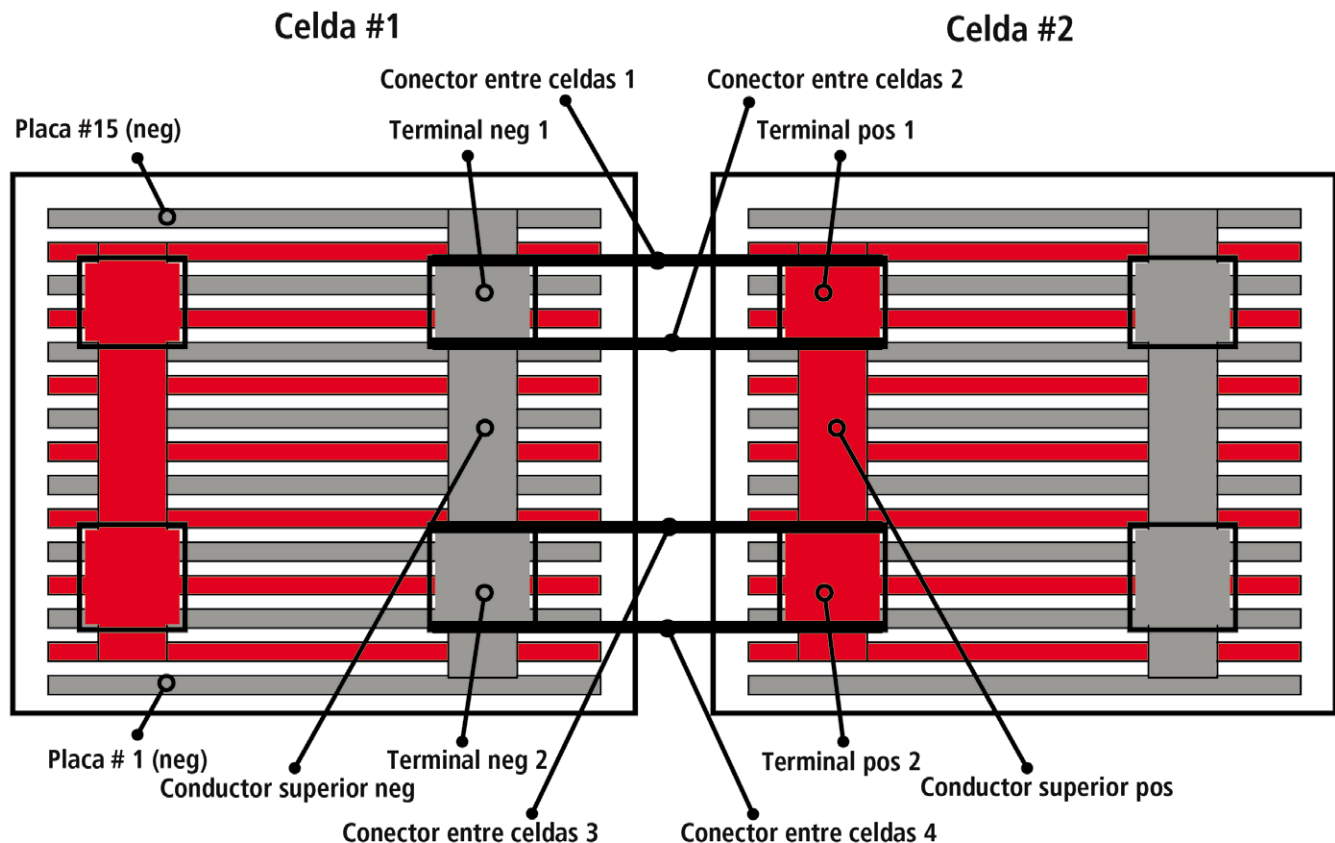


Figura 1. Diagrama de construcción de la batería

Tipos de fallo

Tipos de fallo de baterías de plomo-ácido (inundada)

- Corrosión de la rejilla positiva
- Sedimento incrustado (pulido)
- Corrosión del conductor superior
- Sulfatación de la placa
- Cortos duros (pedazos de pasta)

Cada tipo de batería tiene varios tipos de fallo, algunos más relevantes que otros. En baterías de plomo-ácido inundadas los tipos de fallo predominantes están enumerados arriba. Algunos se manifiestan debido al uso, como los sedimentos debidos a excesivos ciclos. Otros ocurren de manera natural, como el crecimiento de rejillas positivas (oxidación). Es simplemente una cuestión de tiempo hasta que la batería falle. El mantenimiento y las condiciones medioambientales pueden incrementar o disminuir los riesgos de fallos de baterías prematuras.

La corrosión de rejillas positivas es el tipo de fallo de baterías de plomo-ácido inundadas esperado. Las rejillas son aleaciones (plomo-calcio, plomo-antimonio, plomo-antimonio-selenio) que se convierten en óxido en el transcurso del tiempo. Como el óxido es un cristal más grande que la aleación de plomo metal, la placa crece. Este crecimiento ha sido bien caracterizado y se tiene en cuenta a la hora de diseñar baterías. En muchas hojas de datos sobre baterías hay una especificación para el aclarado al fondo del vaso para permitir que la placa crezca de acuerdo con su vida útil, por ejemplo de 20 años.

Al final de la vida útil la placa habrá crecido lo suficiente para abrir las tapas de la batería. Pero excesivos ciclos, temperaturas y sobrecargas también pueden incrementar la velocidad de la corrosión de rejillas positivas. La impedancia crecerá en el transcurso del tiempo en correspondencia con el incremento en la resistencia eléctrica de las rejillas para llevar la corriente. La impedancia también incrementará cuando la capacidad disminuya como se puede ver en el gráfico de la figura 2.

El sedimento (pulido) es una función de la cantidad de ciclos que una batería dura. Esto se ve más a menudo en baterías UPS, pero se puede ver también en otras. El pulido es el desprendimiento del material activo de las placas convirtiéndose en sulfato de plomo. El sedimento es la segunda razón por la que los fabricantes de baterías dejan espacio en el fondo de los vasos para permitir una determinada cantidad de sedimento hasta que llegue al punto de producir un corto en la parte inferior de las placas dejando inutilizable la batería. El voltaje de flotación caerá y la cantidad de la caída dependerá del corto. El pulido en cantidades razonables es normal.

Algunos diseños de baterías tienen placas envueltas para que el sedimento se quede en la placa y no caiga al fondo. Por eso, el sedimento no crece en diseños de placas envueltas. La

aplicación más común de placas envueltas es en baterías UPS.

La corrosión del conductor superior, que es la conexión entre las placas y los terminales, es difícil de detectar incluso con una inspección visual, ya que ocurre cerca de la parte superior de la batería y queda oculto por la tapa. La batería seguramente fallará debido a la alta llamada de corriente cuando la red de energía CA caiga. El calor acumulado durante la descarga seguramente abra y haga caer la cadena entera resultando en un fallo catastrófico.

La sulfatación de la placa es un problema de paso eléctrico. Una exhaustiva inspección visual a veces puede encontrar los trazos de la sulfatación de la placa. La sulfatación es el proceso de convertir el material de placa activo en sulfato de plomo inactivo. La sulfatación se debe a configuraciones bajas de voltaje de carga o recarga incompleta después de un apagón. Los sulfatos se forman cuando el voltaje no está establecido lo suficientemente alto. La sulfatación llevará a una impedancia más alta y capacidad más baja.

Tipos de fallo de baterías de plomo-ácido (VRLA)

- Secado (pérdida de compresión)
- Sulfatación de placas (ver arriba)
- Cortos suaves y duros
- Fuga del terminal
- Escape termal
- Corrosión de rejillas positivas (ver arriba)

El secado es un fenómeno que ocurre debido al exceso de calor (cuando no hay ventilación apropiada), sobrecargando, lo que puede causar temperaturas internas elevadas, temperaturas de ambiente altas, etc. A temperaturas internas elevadas las celdas selladas se descargarán a través del PRV. Cuando se descarga suficiente electrolito, la mata ya no está en contacto con las placas, así que incrementa la impedancia interna y se reduce la capacidad de la batería. En algunos casos, el PRV se puede quitar y se puede añadir agua destilada (pero solo en los peores casos y por empresas de servicios autorizadas, ya que quitar el PRV puede hacer inválida la garantía). Este tipo de fallo se detecta fácilmente a través de la impedancia y es uno de los tipos de fallos más comunes en baterías VRLA.

Los cortos suaves (dendríticos) y duros ocurren por varias razones. Los cortos duros normalmente son causados por pedazos de pasta empujada por la mata produciendo un corto en la placa adyacente (polaridad opuesta). Los cortos suaves, por el contrario, son causados por descargas profundas. Cuando la gravedad específica del ácido baja demasiado, el plomo se disuelve en él. Como el líquido (y el plomo disuelto) quedan inmovilizados por la mata, cuando la batería se descarga, el plomo sale de la solución formando hilos de plomo delgado conocidos como dendrítico dentro de la mata. En algunos casos los dendríticos de plomo provocan cortos entre la mata y la otra placa. El voltaje de flotación puede bajar un poco, pero la impedancia puede encontrar este tipo de fallo fácilmente, hay una disminución

de impedancia, pero no la típica disminución como en el secado. Vea la figura 2, celda anormal. Los escapes termale ocurren cuando un componente interno de la batería se derrite en una reacción auto-sustentada. Normalmente este fenómeno se puede predecir entre cuatro meses a dos semanas antes. La impedancia incrementará anteriormente al escape termal al igual que la corriente flotante. El escape termal es relativamente fácil de evitar, simplemente usando cargadores de temperatura compensada y ventilando apropiadamente el cuarto/cabina de la batería. Los cargadores de temperatura compensada reducen la corriente de carga al aumentar la temperatura. Recuerde que el calor es una función de la corriente al cuadrado. Aunque los escapes termale se pueden evitar con cargadores de temperatura compensada, la causa esencial todavía está presente.

Tipos de fallo de baterías de níquel-cadmio

Las baterías NiCd parecen ser más robustas que las de plomo-ácido. Son más caras para comprar, pero su coste de propiedad es similar al de las baterías de plomo-ácido, especialmente si se tiene en cuenta el coste de mantenimiento en la ecuación. Además, los riesgos de fallos catastróficos son considerablemente menores que para VRLA.

Los tipos de fallo de NiCd son mucho más limitados que los de plomo-ácido. Algunos de los tipos más importantes son:

- Pérdida gradual de la capacidad
- Carbonatación
- Efectos de flotación
- Ciclos

■ Envenenamiento por hierro de las placas positivas

La pérdida gradual de la capacidad ocurre a causa del desgaste normal. Es irreversible, pero no es catastrófica, como el crecimiento de rejilla en plomo-ácido.

La carbonatación es gradual y reversible. La carbonatación es causada por la absorción del dióxido de carbono en el aire al electrolito de hidróxido de potasio, por eso es un proceso gradual.

Sin un mantenimiento adecuado, la carbonatación puede causar que no se soporte la carga, lo cual puede ser catastrófico para el equipo. Se puede hacer reversible cambiando el electrolito.

Los efectos de flotación son la pérdida de capacidad debido a largos periodos de flotación sin ciclos. Esto también puede causar fallos catastróficos en la carga soportada. Sin embargo, esto se puede evitar con el mantenimiento de rutina. Los efectos de flotación son reversibles descargando la batería a cero una o dos veces.

Las baterías NiCd tienen placas más gruesas y no son apropiadas para aplicaciones de ciclo. Las baterías de corta duración generalmente tienen placas más finas para descargar más rápido gracias a una superficie más amplia.

Placas más finas significa más placas para un determinado tamaño de vaso y capacidad y una superficie más amplia. Las placas más gruesas (en el mismo tamaño de vaso) tienen menos superficie. El envenenamiento por hierro es causado por la corrosión de las placas y es irreversible.

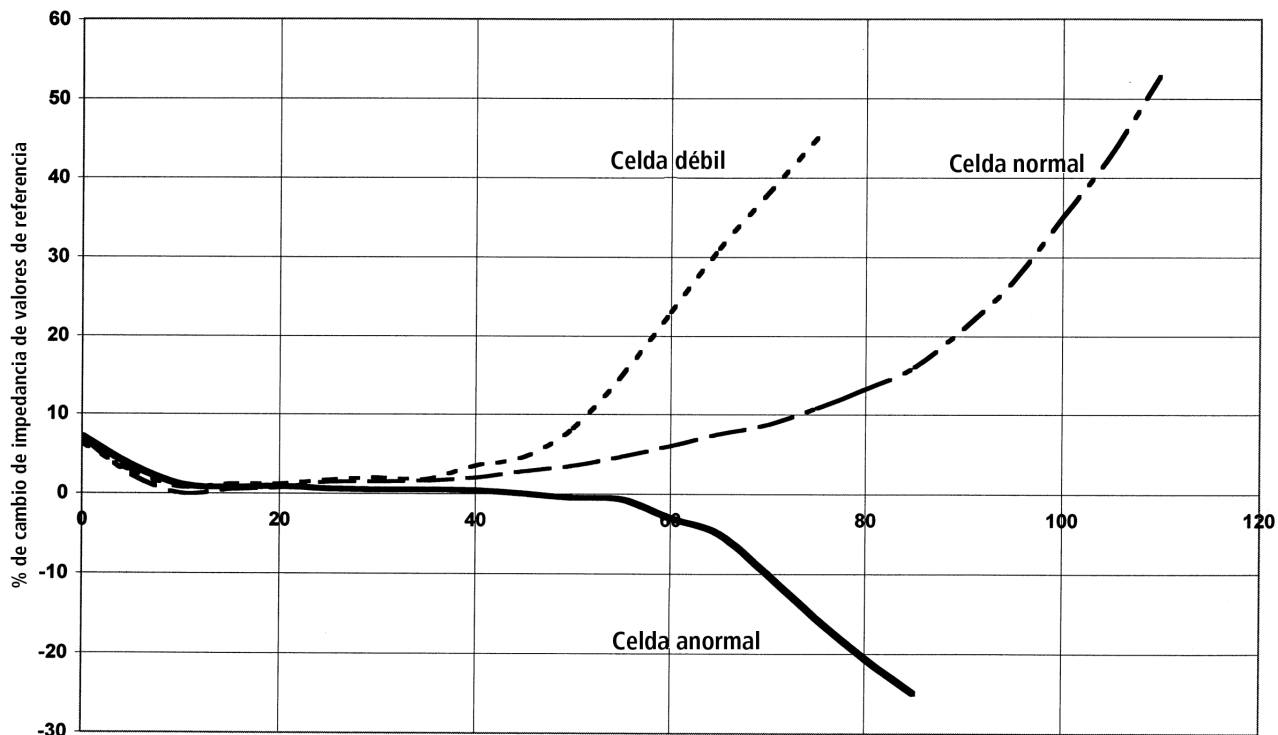


Figura 2. Cambios de impedancia como resultado de la capacidad de la batería

Filosofías de mantenimiento

Hay varias filosofías y niveles de ambición en cuanto al mantenimiento y las pruebas de baterías. Algunos ejemplos:

- **Reemplazar las baterías solo cuando fallen o se agoten.** Mantenimiento y pruebas mínimas o nulas. Por supuesto que si no se realizan pruebas algunas y solo considerando los costes de mantenimiento, es la opción más económica, pero a la vez más arriesgada. Hay que considerar las consecuencias al evaluar el análisis de coste-riesgo, ya que los riesgos se asocian con el equipo soportado. Las baterías tienen una vida útil limitada y pueden fallar antes de lo esperado. El tiempo entre apagones normalmente es largo y si son las únicas ocasiones, las baterías muestran altos riesgos de capacidad si no hay repuestos cuando se necesitan. Las baterías de reserva en instalaciones importantes no tienen sentido para un sistema confiable si no se sabe cuál es su estado actual.
- **Reemplazar después de cierto tiempo.** Mantenimiento y pruebas mínimas o nulas. Esto también puede ser un enfoque arriesgado. Las baterías pueden fallar antes de lo esperado. Además es una pérdida de capital si las baterías se reemplazan antes de lo necesario. Si las baterías se mantienen adecuadamente, su vida útil puede ser más larga que el tiempo de reemplazo predeterminado.
- **Un programa de mantenimiento y prueba serio para asegurar que las baterías estén en buena condición, prolongar su vida útil y encontrar el tiempo de reemplazo óptimo.**
- **Un programa de mantenimiento incluyendo inspección y pruebas de impedancia y capacidad es la manera de comprobar el estado de la batería.** Se encontrarán degradaciones y fallos antes de que se conviertan en algo serio y se pueden evitar sorpresas. Los costes de mantenimiento son más altos, pero a la vez se garantiza la confiabilidad requerida para un sistema de respaldo.

El mejor esquema de prueba es un balance entre costes de mantenimiento y riesgos de perder la batería y el equipo soportado. Por ejemplo, en algunas subestaciones de transmisión hay más de \$10 millones por hora que fluyen a través del sistema. ¿Cuál es el coste de no mantener los sistemas de batería en esas subestaciones? Una batería de \$3000 es insignificante comparada con los millones de dólares en pérdidas. Cada compañía es diferente y debe evaluar individualmente el coste-riesgo del mantenimiento de baterías.

Cómo mantener la batería

Estándares y prácticas comunes

Hay muchos estándares y prácticas empresariales para pruebas de baterías. Normalmente comprenden inspecciones (observaciones, acciones y mediciones bajo condiciones de flotación normal) y pruebas de capacidad. Los estándares IEEE más conocidos son:

- IEEE 450 para plomo-ácido inundado
- IEEE 1188 para plomo-ácido sellado
- IEEE 1106 para níquel-cadmio

IEEE 450

IEEE 450, "Prácticas recomendadas para mantenimiento, prueba y reemplazo de baterías de plomo-ácido ventiladas para aplicaciones estacionarias" describe la frecuencia y el tipo de mediciones necesarias para validar la condición de la batería. El estándar cubre inspecciones, pruebas de capacidad, acciones correctivas, criterios de reemplazamiento de baterías, etc.

Abajo hay una descripción resumida del mantenimiento, para las instrucciones completas vea los estándares IEEE450.

Inspecciones

- Las inspecciones mensuales incluyen apariencia y mantenimiento de voltaje en serie, voltaje de rizado, corriente de rizado, corriente y voltaje de salida del cargador, temperatura ambiente, temperatura de voltaje y electrolito en las celdas piloto, corriente de carga de flotación de la batería o gravedad específica en las celdas piloto, baterías puestas a tierra sin intención, etc.
- Las inspecciones cuatrimestrales incluyen las mismas mediciones que las inspecciones mensuales y además la tensión de cada celda, gravedad específica del 10% de las celdas de la batería y corriente de carga flotante, temperatura de una muestra representativa del 10% o más de las celdas de la batería.
- Una vez al año se debería extender una inspección cuatrimestral con gravedad específica de todas las celdas de la batería, temperatura de cada celda, resistencia de celda a celda y conexión de terminal en toda la cadena.

Prueba de capacidad (prueba de descarga)

- En la instalación (prueba de aceptación)
- En los primeros dos años de servicio
- Periódicamente. Los intervalos no deberían ser más del 25% de la vida útil esperada.
- Anualmente cuando las baterías muestren signos de degradación o han alcanzado el 85% de la vida útil esperada. La degradación es indicada cuando la capacidad de la batería baja más del 10% de su capacidad en pruebas previas o está por debajo del 90% de lo establecido por el fabricante. Si la batería ha alcanzado el 85% de su vida útil, pero presenta el 100% de lo establecido por el fabricante y no tiene signos de degradación, puede ser probada en intervalos de dos años hasta que muestre signos de degradación.

IEEE 1188

IEEE 1188, “Prácticas recomendadas para mantenimiento, prueba y reemplazo de baterías de plomo-ácido reguladas por válvula para aplicaciones estacionarias” describe la frecuencia y el tipo de mediciones necesarias.

Abajo hay una descripción resumida del mantenimiento, para las instrucciones completas vea los estándares IEEE 1188.

Inspecciones

- Las inspecciones mensuales incluyen voltaje de flotación del terminal de la batería, voltaje y corriente de salida del cargador, temperatura ambiente, inspección visual y corriente de flotación CD por cadena.
- Las inspecciones cuatrimestrales incluyen las mismas mediciones que las inspecciones mensuales y además el valor de impedancia de la celda/unidad, temperatura del terminal negativo de cada celda y voltaje de cada celda. Para aplicaciones con una descarga de una hora o menos, se debe medir la resistencia del 10% de las conexiones entre las celdas.
- Dos veces al año las mismas mediciones que para las inspecciones cuatrimestrales y además una verificación y registro del voltaje de cada celda/unidad, valores óhmicos internos de celda/unidad, temperatura del terminal negativo de cada celda/unidad de la batería.
- Una vez al año las mismas mediciones que para las inspecciones anteriores y además resistencia de celda a celda y conexión de terminal de toda la batería y corriente de rizado CA y/o voltaje impuesto en la batería.

Prueba de capacidad (prueba de descarga)

- En la instalación (prueba de aceptación)
- Periódicamente. Los intervalos no deberían ser más del 25% de la vida útil esperada o dos años, el que sea menor.
- Cuando los valores de impedancia han cambiado significativamente entre las lecturas o cuando hayan ocurrido cambios físicos.
- Anualmente cuando las baterías muestren signos de degradación o hayan alcanzado el 85% de la vida útil esperada. La degradación es indicada cuando la capacidad de la batería baja más del 10% de su capacidad en pruebas previas o está por debajo del 90% de lo establecido por el fabricante.

Reemplazo de la batería

Ambas, IEEE 450 y IEEE 1188 recomiendan reemplazar la batería si su capacidad está por debajo del 80% de lo establecido por el fabricante.

El tiempo máximo para el reemplazo es de un año. Características físicas tales como la condición de la placa o temperaturas de las celdas anormalmente altas muchas veces determinan un reemplazo completo o de las celdas individuales.

IEEE 1106

IEEE 1106, “Prácticas recomendadas para mantenimiento, prueba y reemplazo de baterías de níquel-cadmio ventiladas para aplicaciones estacionarias”.

Abajo hay una descripción resumida del mantenimiento, para las instrucciones completas vea los estándares IEEE 1106.

Inspecciones

- Las inspecciones por lo menos una vez cada cuatro meses incluyen voltaje de flotación del terminal de la batería, apariencia, voltaje y corriente de salida del cargador, temperatura del electrolito de la celda piloto.
- Dos veces al año se deben realizar inspecciones generales y mediciones del voltaje de cada celda.

Se debe realizar la prueba de capacidad (prueba de descarga).

- En los primeros dos años de servicio
- A intervalos de 5 años hasta que la batería muestre signos de pérdida excesiva de capacidad.
- Anualmente a pérdida excesiva de capacidad.

Resumen mejor manera de probar y evaluar su batería

Intervalos de las pruebas

1. Realice una prueba de capacidad cuando la batería sea nueva como parte de la prueba de aceptación.
2. Realice una prueba de impedancia al mismo tiempo para establecer los valores de referencia de la batería.
3. Repita los pasos anteriores en 2 años por motivos de garantía.
4. Realice una prueba de impedancia cada año en celdas inundadas y cada cuatro meses en celdas VRLA.
5. Realice una prueba de capacidad por lo menos a cada 25% de la vida de servicio esperada.
6. Realice una prueba de capacidad anualmente cuando la batería haya llegado al 85% de su vida de servicio esperada o si la capacidad ha bajado más del 10% desde la prueba anterior o está por debajo del 90% de lo establecido por el fabricante.
7. Realice una prueba de capacidad si los valores de impedancia han cambiado significativamente.
8. Siga las prácticas establecidas (preferiblemente por los estándares IEEE) para mediciones de temperatura, voltaje, gravedad, etc. y rellene un informe. Esto le ayudará a establecer tendencias y rastrear fallos.

Práctica de prueba de baterías

La matriz de pruebas de baterías abajo puede ayudar a guiar incluso al técnico de pruebas de baterías más capacitado y ayudará a simplificar las prácticas recomendadas.

La siguiente es una descripción de algunas de las pruebas o parámetros de mantenimiento.

Prueba de capacidad

La prueba de capacidad es la única manera de obtener un valor preciso sobre la capacidad actual de la batería. Si se usa regularmente, puede servir para comprobar la salud de la batería y su capacidad actual y para estimar la vida útil restante de la batería. Cuando una batería es nueva, su capacidad puede ser algo más baja que la especificada. Esto es normal.

Hay valores de capacidad establecidos por el fabricante. Todas las baterías tienen tablas con la corriente de descarga para un tiempo específico hasta un final específico del voltaje de descarga. La tabla abajo es un ejemplo de un fabricante de baterías.

Voltaje/ Celda final	Modelo	8 h Ah	Índice nominal a 25°C (77°F) Amperios (incluye bajada del voltaje del conector)							
			1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	8 h	10 h
1.75	DCU/DU-9	100	52	34	26	21	18	15	12	10
	DCU/DU-11	120	66	41	30	25	21	18	15	13
	DCU/DU-13	150	78	50	38	31	27	23	19	16

Los tiempos de prueba comunes son 5 u 8 horas y el final común del voltaje de descarga para una celda de plomo-ácido es de 1.75 o 1.80 V.

Durante la prueba se mide cuánta capacidad (corriente x tiempo expresado en Ah) la batería puede suministrar antes de que el voltaje del terminal baje al final del voltaje de descarga x número de celdas.

La corriente debería mantenerse a un valor constante. Se recomienda seleccionar un tiempo de prueba que sea aproximadamente el mismo que el ciclo de servicio de la batería. **Tiempos de prueba comunes son de 5 u 8 horas y un final común del voltaje de descarga para una celda de plomo-ácido es de 1.75 o 1.80 V.**

Matriz de pruebas de batería – Prácticas recomendadas por IEEE

Instrumento Parámetro	Bite3	Bite2	DLROs	MOM/ Mjölner	DCMs	BMM80	M5091	BGFT	BGL	DMA35	TORKEL	Visual
Capacidad											■	
Valor óhmico interno	■	■										
Conexión entre las celdas	■	■	■	■								
Voltaje de resistencia de cada celda / celda piloto	■	■					■					
Gravedad y tiempo específicos de cada celda / celda piloto										■		
Corrosión en los terminales			■	■								■
Corriente de flotación CD	■	■			■							
Puestas a tierra de la batería no intencionadas						■		■	■			■
Corriente de rizado de la batería	■	■			■							
Corriente de flotación CD del cargador	■				■		■					
Ciclos de las baterías NiCd											■	
Integridad estructural de la estantería / cabina												■
Analizador de espectro	■											

Se recomienda usar el mismo tiempo de prueba durante toda la vida útil de la batería. Esto mejorará la precisión al establecer tendencias sobre cómo cambia la capacidad de la batería.

Si la batería llega al final del voltaje de descarga al mismo tiempo que el tiempo de prueba especificado, la capacidad de la batería es del 100% de lo establecido. Si llega al final de la descarga al 80% (8 h) o antes de las 10 h especificadas, hay que reemplazarla. Vea figura 3.

Procedimiento para pruebas de capacidad de baterías de plomo ventiladas

1. Verifique que la batería haya tenido una carga ecualizada en caso de ser especificado por el fabricante
2. Compruebe todas las conexiones de la batería y asegure que todas las lecturas de resistencia sean correctas
3. Registre la gravedad específica de cada celda
4. Registre el voltaje de flotación de cada celda
5. Registre la temperatura de cada sexta celda para obtener una temperatura media
6. Registre el voltaje de flotación del terminal de la batería
7. Desconecte el cargador de la batería
8. Empiece a descargar. La corriente de descarga debería ser correcta para la temperatura obtenida al punto 5 (no si la capacidad se corrige después) y mantenerse durante toda la prueba
9. Registre el voltaje de cada celda y el voltaje del terminal de la batería al principio de cada prueba de descarga
10. Registre el voltaje de cada celda y el voltaje del terminal de la batería varias veces a intervalos específicos cuando esté realizando la prueba
11. Mantenga la descarga hasta que el voltaje del terminal de la batería haya disminuido hasta el final especificado de voltaje de descarga ($1.75 \times \text{número de celdas}$)

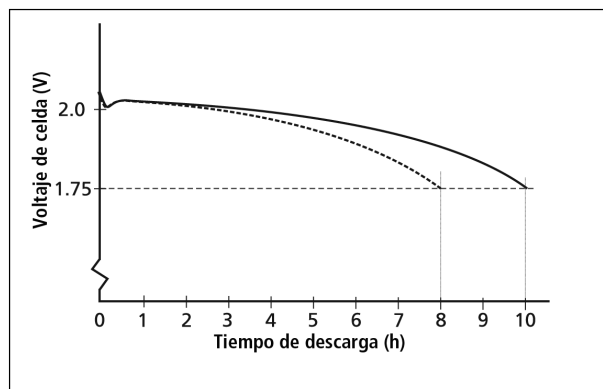


Figura 3. Si la batería llega al extremo de descarga al 80% (8H) o antes de las 10 h especificadas, debe reemplazarse

12. Registre el voltaje de cada celda y el voltaje del terminal de la batería al final de cada prueba. Los voltajes de las celdas al final de la prueba tienen especial importancia, ya que aquí son indicadas las celdas débiles.

13. Calcule la capacidad actual de la batería

Es importante medir los voltajes de celda individuales. Esto se debe hacer varias veces durante la prueba. Lo más importante es medir las celdas al final de la prueba de descarga para encontrar las celdas débiles.

También es importante que el tiempo o la corriente durante la prueba de descarga se ajuste a la temperatura de la batería. Una batería fría proporcionará menos Ah que una caliente. Los factores y los métodos de corrección de temperatura se describen en los estándares IEEE. Los fabricantes también especifican sus baterías a descargas de potencia constantes. Esto se usa cuando la carga tiene reguladores de voltaje. Entonces la corriente incrementará cuando el voltaje disminuya. El procedimiento para probar estas baterías es el mismo, pero el equipo de carga debe poder descargarse con una potencia constante.

Las baterías también se pueden probar en un tiempo más corto que su ciclo de servicio, en una hora. Entonces la corriente se debe incrementar. La ventaja es que se pierde menos capacidad en la batería (válido para plomo-ácido) y requiere menos tiempo para recargarse. Además se necesitan menos horas de trabajo para esta prueba. Contacte a su fabricante de baterías para más información. A velocidades más altas es importante supervisar la temperatura de la batería.

Entre pruebas de carga, la medición de la impedancia es una excelente herramienta para evaluar la condición de las baterías. Además se recomienda realizar la prueba de impedancia antes de realizar cualquier prueba de carga para mejorar la correlación entre la capacidad y la impedancia.

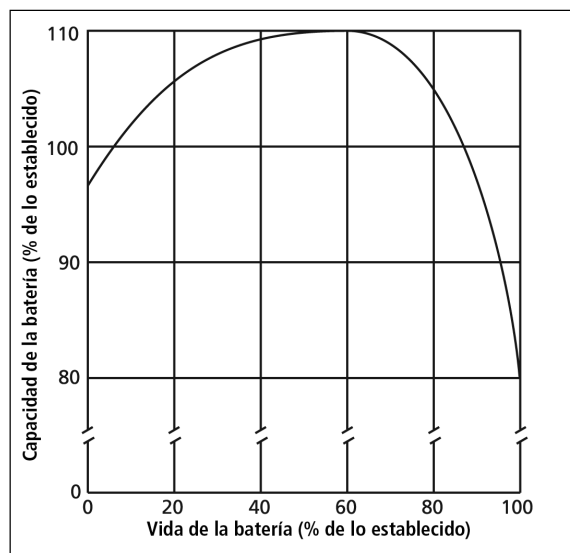


Figura 4. Se recomienda el reemplazo de la batería cuando la capacidad sea del 80% de lo establecido.

Prueba de impedancia

La impedancia, una prueba óhmica interna es resistencia en términos de CA. La impedancia indica la condición de las baterías en cuanto a sistemas de baterías CD. Como prueba la condición de todo el paso eléctrico de la batería de placa de terminal a placa de terminal, la impedancia puede encontrar debilidades en celdas y en conectores entre celdas fácil y confiablemente. Básicamente, la prueba de impedancia es determinada al aplicar una señal de corriente CA, midiendo la caída del voltaje CA a lo largo de la celda o del conector entre celdas y calculando la impedancia usando la Ley de Ohm. En la práctica, no solo se mide la caída del voltaje CA, sino también la corriente CA. La corriente CA se mide por otras corrientes CA en la batería que son aditivas (substractivas). Otras corrientes CA están presentes en el sistema cargador. La prueba se realiza aplicando una señal de prueba CA a las placas de terminal.

Entonces se miden la corriente CA total en la cadena y la caída de voltaje en cada unidad de la cadena midiendo cada celda y conector entre las celdas consecutivamente hasta que toda la cadena se haya medido.

La impedancia se calcula, se presenta y se guarda. Con el envejecimiento de las celdas incrementa la impedancia interna como se ve en la figura 2. Al medir la impedancia, la condición de cada celda en la cadena se puede medir y establecer una tendencia para determinar cuándo reemplazar la celda o cadena, lo cual ayuda a planificar el presupuesto. La prueba de impedancia es una medición de cuatro cables, tipo Kelvin que proporciona excelente confiabilidad y datos altamente repetibles en los cuales basar decisiones en cuanto al mantenimiento de la batería y su reemplazo. La impedancia

es capaz de encontrar celdas débiles para que se pueda realizar un mantenimiento proactivo. Al fin y al cabo, la batería es un coste, pero soporta una carga crítica o un flujo de ingresos. Si una simple celda se abre, entonces toda la cadena queda fuera de línea y la carga ya no se soporta. Por eso es importante encontrar las celdas débiles antes de que causen fallos mayores.

El gráfico en la figura 5 muestra el efecto de disminuir la capacidad o la impedancia. Hay una fuerte correlación entre la impedancia y la capacidad así que las celdas débiles se encuentran a tiempo para tomar acciones remediabiles. El gráfico muestra los datos de impedancia reorganizados en orden ascendente con cada celda y su correspondiente voltaje final de prueba de carga. (Impedancia en miliohmios y la misma escala que el voltaje, 0 a 2.5) Esta vista que es impedancia ascendente/voltaje descendente, agrupa las celdas débiles a la derecha del gráfico para encontrarlas fácilmente.

Teoría de impedancia

Una batería no es simplemente resistiva. También hay un término capacitivo. Al fin y al cabo, la batería es un capacitor, un dispositivo de almacenamiento, y los resistores no pueden almacenar electricidad. La figura 6 muestra un circuito eléctrico, conocido como el circuito equivalente de Randles, que presenta una batería en términos simples. Hay quien cree que el término capacitivo no es necesario y que la resistencia es lo único que se debe medir.

La impedancia mide tanto la resistencia CD (el componente real de la impedancia) como la reactancia (el componente imaginario de la impedancia).

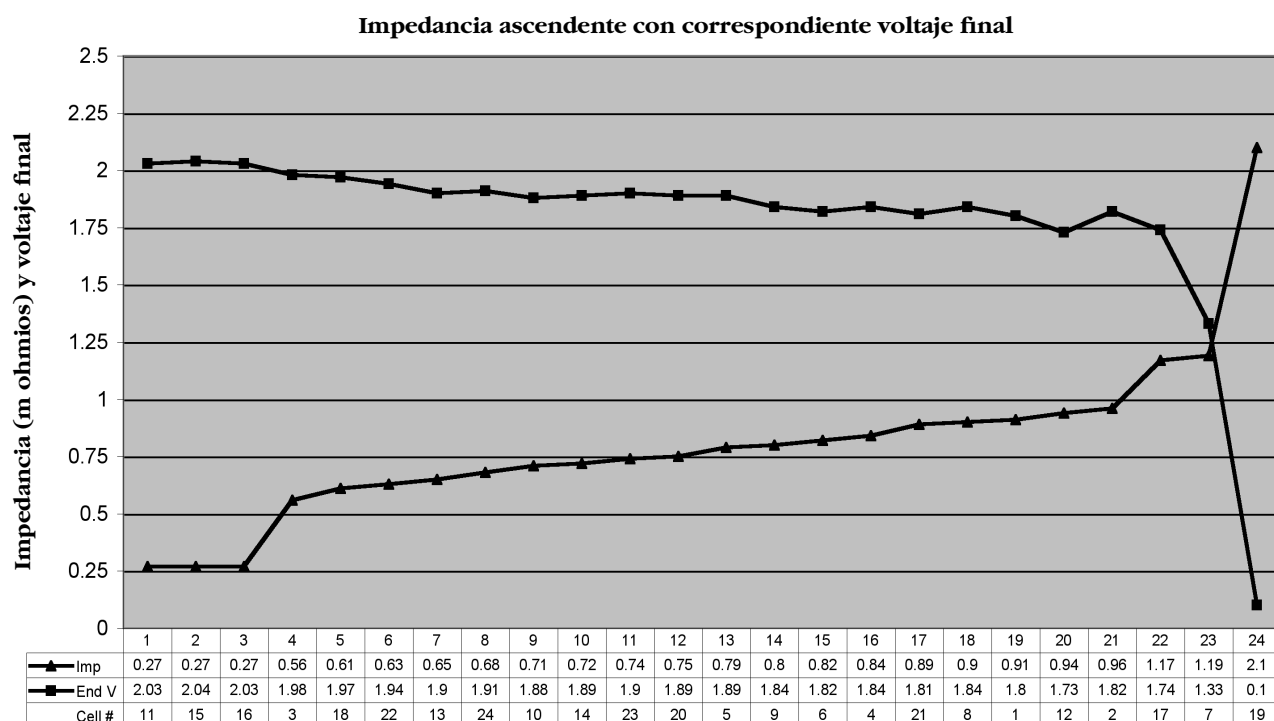


Figura 5. Impedancia ascendente con correspondiente voltaje

Solo al medir ambos se puede empezar a entender el término capacitivo. El otro argumento en contra de la impedancia es que la frecuencia es una variable en la parte de la reactancia de la ecuación de la impedancia. Esto es verdad, excepto que como Megger usa una frecuencia fija, de 50 o 60 Hz dependiendo de la geografía, siempre es la misma. Esta variable, 2p., ahora es constante y, por eso la frecuencia no afecta el resultado final de ninguna manera. Las únicas partes que afectan el resultado final, son las partes que varían en la batería, la resistencia y la capacitancia, que constituyen la imagen entera de capacidad/condición.

En el diagrama en la figura 6, R_m es la resistencia metálica, R_e es la resistencia del electrolito, R_{ct} es la resistencia de transferencia de carga, W_i es la impedancia de Warburg y C_{dl} es la capacitancia de la capa doble. R_m incluye todos los componentes metálicos de un terminal al otro terminal, p.ej. El cable superior y la rejilla y hasta cierto grado la pasta. R_e es la resistencia del electrolito que no varía mucho en grandes cantidades. Pero a nivel microscópico puede ser significativa en los poros de la pasta. R_{ct} es la resistencia de cambio de iones del ácido a la pasta. Si la pasta es sulfatada, entonces R_{ct} incrementa o si esa porción de la pasta no está sujeta mecánicamente (eléctricamente) a la rejilla de manera que los electrones no puedan salir de la celda. La impedancia de Warburg es esencialmente insignificante y es una función de la gravedad específica. C_{dl} es lo que probablemente hace la contribución más importante a la capacidad de la batería. Si solo se mide la resistencia CD, la capacitancia, una parte importante de la celda, es ignorada. La impedancia mide tanto la resistencia CD como la capacitancia.

Una batería es compleja y tiene más de un proceso electroquímico ocurriendo a un tiempo dado, p.ej. Difusión de ion, transferencia de carga, etc. La capacidad disminuye durante una descarga a causa de la conversión de material activo y al agotamiento del ácido. Además, como el sulfato de la placa, la resistencia de la transferencia de la carga incrementa porque el sulfato es menos conductivo que el material activo. (Vea la discusión sobre las diferencias entre el grosor de las placas en baterías de larga duración y corta duración.)

Resistencia de conexión entre las celdas

La resistencia de la conexión entre las celdas es la otra mitad de la batería. Una batería se compone de celdas conectadas en un paso de serie. Si uno de los componentes falla, toda la conexión en serie falla. Muchas veces las baterías fallan, no a causa de celdas débiles, sino a causa de débiles conexiones

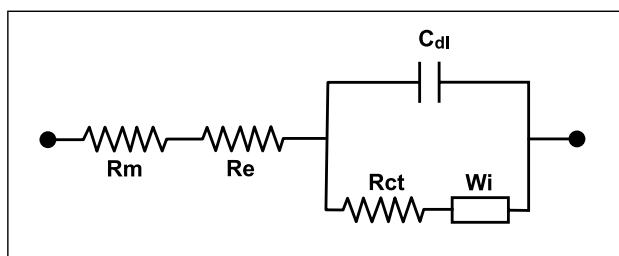


Figura 6. Circuito equivalente de Randles

entre las celdas, especialmente en terminales de plomo que pueden fluir en frío. Generalmente, el equipo debería ser fijado al lado bajo de la escala de torsión que recomienda el fabricante de la batería. Pero los torquímetros son un medio mecánico para verificar la baja resistencia eléctrica. Es mucho mejor realizar una prueba eléctrica usando un instrumento apropiado. Se desea una baja resistencia eléctrica. La prueba se debería realizar antes de que la batería se ponga en servicio. Para asegurar que los niveles de descarga se consigan, es importante que las conexiones entre las celdas sean apropiadas. El instrumento a elegir es un DIRO® o un MOM que puede verificar fácilmente si todas la conexiones se han hecho apropiadamente. Incluso puede detectar errores menores antes de que la batería se ponga en servicio, previniendo posibles causas de fallos o daños al equipo soportado.

Las pruebas de conexión entre las celdas tienen dos funciones:

- Validar la resistencia de la conexión entre las celdas
- Encontrar posibles errores graves con conductores superiores internos a la celda

La resistencia de la conexión entre las celdas se valida siguiendo las prácticas recomendadas por la IEEE. Estas prácticas recomendadas especifican que la variación de resistencia de la conexión entre las celdas sea menos de diez por ciento. Esto se traduce a 7 micro-ohmios en una resistencia de la conexión entre las celdas de 70 micro-ohmios. Este método incluso puede encontrar una arandela atrapada entre el terminal y el conector entre las celdas, sin embargo el torqueado no puede. Además se especifica que diez por ciento de los conectores entre las celdas se deben medir cada cuatro meses y todos los conectores entre las celdas anualmente.

En baterías de múltiples terminales es posible encontrar estos raros errores graves en el conductor superior de la batería. (Vea el diagrama de baterías de terminales múltiples en la figura 1). En celdas de terminales múltiples mida a lo largo de ambos conectores y después en diagonal para verificar el balance en las celdas y los conectores. Si solo mide a lo largo, no prueba adecuadamente la resistencia de los conectores entre las celdas o los defectos graves en el conductor superior. Esto se debe a circuitos paralelos para la corriente.

El gráfico en la figura 7 muestra los datos obtenidos en una batería de un teléfono de 24 celdas. El pico en el conector #12 (celda 12 a 13) es una conexión de cable entre niveles.

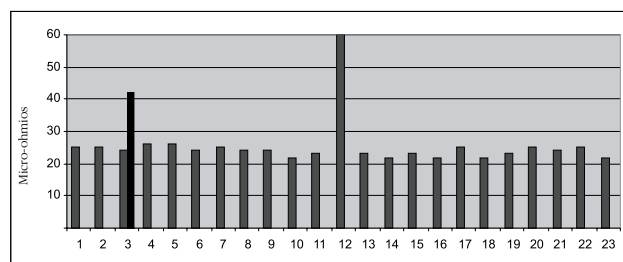


Figura 7. Gráfico de resistencia de las conexiones entre las celdas

El conector #3 no estaba dentro de la especificación y se determinó que uno de los dos tornillos nos estaba propiamente atornillado. Se atornilló y se volvió a probar. Resultó estar dentro del diez por ciento de la media de la cadena después de atornillarlo.

Las placas negativas (placas impares del #1 al #15) están todas conectadas a través del conductor superior negativo que está conectado a los dos terminales negativos. Las placas positivas (pares) están conectadas unas a otras a través del conductor superior positivo que está conectado a los dos terminales positivos. Hay dos conectores entre las celdas entre el terminal neg 1 y el terminal pos 1 y entre el terminal neg 2 y el terminal pos 2.

Cuanto más alto sea el consumo de corriente, más crítico es el tamaño apropiado de los componentes que llevan la corriente, tanto los internos a la celda como los externos. Las baterías UPS normalmente están diseñadas para una descarga alta de unos 15-20 minutos. Sin embargo, una batería de telecomunicaciones puede tener solo 500 amperios de consumo pero puede descargar hasta 8 horas. Así que cualquiera de las combinaciones puede tener efectos desastrosos debido a celdas y conectores entre las celdas de tamaño y mantenimiento inadecuados.

Pruebas y pasos eléctricos

Para probar una celda de múltiples terminales adecuadamente, hay que entender su construcción. Según el diagrama en la figura 1, se puede ver que hay dos pasos paralelos por los que puede ir la corriente de prueba. Si los conductores de prueba están colocados en el terminal neg 1 y terminal pos 1, entonces los dos pasos paralelos están (1) directamente conectados a través de los conectores entre las celdas y (2) el terminal neg 1 con el conductor superior, con el terminal neg 2 y a lo largo de los conectores entre las celdas al terminal pos 2 y con el conductor superior positivo y con el terminal pos 1. Los dos pasos son circuitos paralelos y por lo tanto indistinguibles. Si un tornillo se afloja, no hay manera de determinarlo, ya que la corriente de prueba sigue el paso de menor resistencia. El mejor método para medir la resistencia de los conectores entre las celdas es medir diagonalmente desde el terminal neg 1 al terminal pos 2 y otra vez desde el terminal neg 2 al terminal pos 1. Compare las dos lecturas para que sean más confiables. Hay que reconocer que las mediciones diagonales siguen siendo paralelas, pero la comparación se vuelve más interesante debido a la influencia incrementada del conductor superior y el equipo suelto. Las mediciones diagonales no permiten una conexión directa entre los terminales. En el caso de una celda de seis terminales, mida diagonalmente a lo largo de los terminales más alejados en ambas direcciones.

Voltaje

Tradicionalmente el voltaje de flotación ha sido el pilar de cualquier procedimiento de prueba. ¿Qué es el voltaje? El voltaje es la diferencia, hablando de electricidad, entre el plomo y el óxido de plomo en las placas o entre el níquel y el cadmio. El cargador es el elemento que los mantiene cargados. La suma de todos los voltajes de las celdas debe ser

igual a la configuración del cargador (excepto para pérdidas de cable). Esto implica que el voltaje simplemente indica el estado de carga de las celdas. No hay indicación del estado de salud de las celdas. Un voltaje de celda normal no indica nada excepto que la celda está completamente cargada. Un voltaje de celda anormal, sin embargo, sí indica algo sobre la condición de la celda.

Un voltaje de celda bajo puede indicar que la celda esté cortocircuitada, pero solo si el voltaje finalmente baja hasta 2.03. Si una celda está baja, entonces otras celdas deben estar más altas en voltaje debido a la configuración del cargador. Recuerde que la suma de todos los voltajes de las celdas debe ser igual a la configuración del cargador. Las celdas con valores más altos contrarrestan las de valores bajos y en general las de valores más altos están en mejor condición por que pueden tolerar voltajes más altos. Pero estas celdas están sobrecargadas, lo cual las sobrecalienta y acelera la corrosión de la rejilla y las pérdidas de agua.

Digamos por el momento que una celda de bajo voltaje todavía no está a 2.03, está a 2.13 V. A 2.13 V no está lo suficientemente baja como para preocuparse, pero está degradando. Puede o no soportar la carga cuando ocurra un apagón. La impedancia puede encontrar una celda débil antes que el voltaje. En este caso la impedancia disminuye porque es un corto circuito inminente.

Se puede ver un ejemplo similar en VRLA en cuanto a secado o pérdida de compresión. El voltaje no encontrará la condición hasta mucho más adelante en la vida útil de la batería, hasta que sea demasiado tarde. La impedancia encuentra esta condición mucho antes, así que se puede remediar.

Así que no confunda completamente cargado con capacidad completa.

Como hemos dicho antes, la divergencia en el voltaje de la celda puede ser causada por numerosos factores y una manera de solucionar el problema es haciendo una carga de equalización. En un procedimiento de carga de equalización se carga toda la batería a un voltaje alto (más de lo normal) por varias horas para igualar el voltaje en todas las celdas. El procedimiento puede llevar a calentamiento y posible pérdida de agua. Se recomienda seguir los procedimientos del fabricante para evitar daños en la batería.

Gravedad específica

La gravedad específica es la medida del sulfato en la batería de plomo-ácido. También es la medida del electrolito de hidróxido de potasio en baterías de níquel-cadmio, pero como el electrolito de hidróxido de potasio no se usa en la reacción química, no es necesario medirlo periódicamente.

Tradicionalmente la gravedad específica no ha aportado mucho valor al determinar fallos de baterías inminentes. De hecho, cambia muy poco después de los primeros 3 a 6 meses de la vida útil de la batería. Este cambio inicial se debe a la finalización del proceso de formación, que convierte un material de pasta inactivo en un material activo al reaccionar con el ácido sulfúrico. Una gravedad específica baja puede significar que el voltaje del cargador está establecido muy

bajo causando la sulfatación de la placa.

En una batería de plomo-ácido el sulfato es un sistema cerrado en el que el sulfato está o bien en las placas o bien en el ácido. Si la batería está completamente cargada, entonces el sulfato está en el ácido. Si la batería está descargada, el sulfato está en las placas. El resultado final es que la gravedad específica es una imagen especular del voltaje y por lo tanto del estado de carga. Las lecturas de gravedad específica se deberían tomar cuando hay problemas en la batería para obtener toda la información posible sobre la batería.

Las diferentes aplicaciones de baterías y geografías tienen gravedades específicas variables para adaptarse a índices, temperaturas, etc. La siguiente es una tabla que describe algunas aplicaciones y sus gravedades específicas.

Float Current

Otro lado del triángulo de la Ley de Ohm es la corriente. El voltaje del cargador se usa para mantener la batería cargada, pero el voltaje realmente es el vehículo para llevar la corriente a la batería (o sacarla durante la descarga). Es la corriente la que convierte el sulfato de plomo en material activo en las rejillas.

Hay dos tipos de corriente CD en una batería: la corriente de recarga, que es la corriente que se aplica al recargar la batería después de la descarga, y la corriente de flotación, que se usa para mantener la batería en un estado completamente cargado. Si hay una diferencia entre la configuración del cargador y el voltaje de la batería, esa diferencia causará que la corriente fluya. Si la batería está completamente cargada [1], la única corriente que fluye es la corriente de flotación que contrarresta la auto-descarga de la batería (<1% por semana). Como el diferencial de voltaje entre el cargador y la batería es pequeño, la corriente de flotación es pequeña. Cuando hay una diferencia de voltaje grande, como después de la

descarga, la corriente es alta y se limita por el cargador hasta que la diferencia de voltaje sea menor. Cuando la corriente está en el plano en el gráfico abajo, entonces se llama límite de corriente. Cuando el diferencial de voltaje disminuye, la corriente de carga se reduce como se puede ver en la línea descendiente de la corriente de carga en el gráfico mostrado en la figura 8. El voltaje de carga es el voltaje de la batería, no la configuración del cargador, por lo que incrementa.

La corriente de flotación varía con el tamaño de la batería. Cuanto más grande sea la batería, más corriente de flotación se necesita para mantenerla completamente cargada. La corriente de flotación puede incrementar por dos razones: fallas a tierra en sistemas de baterías de flotación y fallas internas de baterías. Las fallas a tierra las discutimos más tarde. Cuando la impedancia interna de la batería incrementa, se necesita más corriente para pasar a través de esa impedancia más alta. El incremento en corriente de flotación puede ser un indicador de la falla de la batería. En vez de medir la corriente de flotación, muchas de las mismas condiciones se encuentran con la impedancia.

En baterías VRLA la corriente de flotación [2,3] parece ser un indicador de problemas en la batería, llamados escapes termales. Los escapes termales son el resultado de un problema en la batería, no la causa. Algunas de las causas que pueden llevar a escapes termales son celdas cortocircuitadas, fallas a tierra, secados, carga excesiva y demasiado calor. Este proceso puede tardar de dos semanas a cuatro meses en ocurrir una vez que la corriente de flotación empieza a disminuir.

Al medir la corriente de flotación, puede ser posible evitar fallos catastróficos de la batería y daños del equipo conectado y cercano. La impedancia encontrará muchos de estos mismos errores.

Corriente de rizado

Las baterías, como dispositivos CD, prefieren tener solo CD. El trabajo del cargador es convertir CA en CD pero ningún cargador es 100% eficiente. Frecuentemente se añaden filtros a los cargadores para quitar la corriente CA de la salida CD.

La corriente CA en CD se llama corriente de rizado. Los fabricantes de baterías han afirmado que más de unos 5 A Rms de rizado por cada 100 Ah de capacidad de batería pueden llevar a fallos prematuros debido al calentamiento interno. El voltaje de rizado no es un problema, ya que es el efecto del calor de la corriente de rizado lo que daña las baterías. El 5% de corriente de rizado es solo una estimación y también depende de la temperatura ambiente. La corriente de rizado puede incrementar lentamente al mismo tiempo que los componentes electrónicos en el cargador se desgastan. Además, si un diodo se estropea, la corriente de rizado puede incrementar dramáticamente llevando a calentamiento y agotamiento prematuro sin que nadie se dé cuenta. Aunque la impedancia no es una

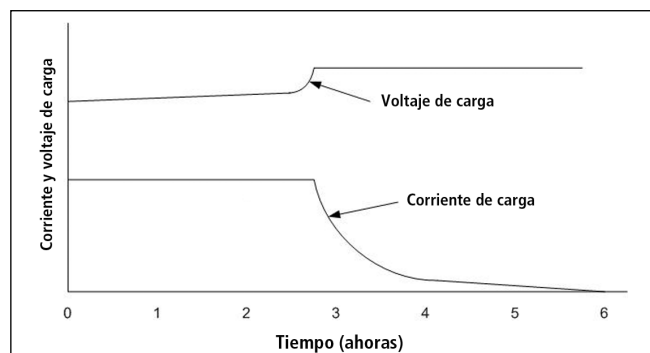


Figura 8. Características de una carga de voltaje constante y corriente constante

[1] Cole, Bruce, et al., Operational Characteristics of VRLA Batteries Configured in Parallel Strings, GNB Technologies

[2] Brown, AJ, An Innovative Digital Flat Current Measurement Technique - Part Two, Proceedings of BattConn® 2000

[3] Boisvert, Eric, Using Float Charging Current Measurements to Prevent Thermal Runaway on VRLA Batteries, Multitel

[4] Ruhlmann, T., Monitoring of Valve Regulated Lead Acid Batteries, Proceedings of BattConn® 2000

medición de corriente de rizado, la corriente de rizado se mide por la manera en que Megger diseña sus instrumentos de impedancia.

Hay evidencias anecdóticas [4] de que una frecuencia de rizado baja (<10Hz) pueda cargar y descargar la batería en una micro-escala. Hace falta más investigación para comprobar esta hipótesis. Excesivos ciclos pueden llevar al agotamiento prematuro de una batería independientemente de las razones para los ciclos, sean apagones, pruebas o tal vez micro-ciclos. Una cosa es segura: cuanto más baja sea la CA en el sistema de batería, menos daños pueden ocurrir. Las baterías VRLA parecen ser más sensibles a la corriente de rizado que las inundadas. Se recomienda filtrar los cargadores por corriente/voltaje de rizado.

Temperatura

Es bien sabido que las temperaturas bajas reducen las reacciones químicas internas en cualquier batería; el grado de rendimiento reducido varía de acuerdo a la tecnología. Por ejemplo, a temperaturas cerca de la congelación un VRLA puede necesitar una compensación de capacidad del 20%. La celda de plomo-ácido que usa ácido de gravedad específica del 1.215 requiere el doble de capacidad mientras que una NiCd necesita un incremento del 18% de capacidad.

Al otro lado del rango de temperatura, las temperaturas altas pueden estropear cualquier batería. No sorprende que también aquí el impacto depende de la tecnología. Plomo-ácido a 95° F experiencia una vida del 50% más corta mientras que NiCd tendrá una vida del 16-18% más corta.

Al aplicar lo que Arrhenius aprendió sobre reacciones químicas, por cada 18° F (10° C) de incremento en la temperatura de la batería la vida de la batería se divide por dos y debe empezar a tratarse. Las temperaturas incrementadas causan una corrosión de las rejillas positivas más rápida y otros tipos de fallos. Al tener una batería de plomo-ácido a una temperatura de 95° F (35° C) en vez de los 77° F (25° C) recomendados, una batería de 20 años solo durará diez, una batería de 10 años solo durará cinco, etc. Si incrementa la temperatura por otros 18° F a 113° F (45° C), una batería de 20 años solo durará cinco!

Una batería rara vez está a la misma temperatura durante toda su vida. Un escenario más realístico es que la batería se calienta durante el día y se enfría durante la noche con las temperaturas medias más altas en el verano y más bajas en invierno. Desafortunadamente el bajar la temperatura de la batería por debajo de 77° F (25° C) no recupera la vida útil que había perdido.

Una vez que las rejillas positivas se corroen, no se pueden volver a recuperar. Además, la corrosión de rejillas positivas ocurre a cualquier temperatura, simplemente es cuestión de la velocidad de la corrosión. El resultado final es controlar lo mejor posible (de nuevo coste vs. riesgo), la temperatura de la batería en la red.

IEEE, Anexo H ofrece un método para calcular el impacto de las altas temperaturas en una batería de plomo-ácido.

Análisis de datos

La esencia de cualquier metodología de prueba es cómo interpretar los datos y dar un sentido a todo. Lo mismo ocurre con las pruebas de baterías. Si los datos se escriben a mano y se archivan o si se revisa una impresión del instrumento y después se archiva, entonces no se está haciendo un análisis útil a no ser que haya una emergencia en ese momento. El valor real de las pruebas de baterías está en las tendencias de datos para determinar si los problemas son inminentes o un poco más alejados. Las tendencias de datos de baterías, especialmente impedancia y capacidad, son una excelente herramienta para la planificación del presupuesto. Al observar que las baterías se degradan con el tiempo, se puede tomar una decisión en cuanto a cuándo reemplazarla. Con las tendencias disminuyen dramáticamente los reemplazos de emergencia.

La primera vez que se prueba la impedancia de una batería puede ser un problema, ya que no hay referencias. En estos casos es bueno comparar cada celda con cada otra celda en la cadena. Las celdas débiles resaltan. Éstas son las que requieren más investigación. La tabla abajo proporciona las guías dependiendo del tiempo del que las baterías hayan sido probadas.

Como cualquier otra forma de mantenimiento, a lo largo de los años las pruebas y mantenimiento de baterías normalmente se han grabado en algún tipo de hojas de datos. Probablemente estas hojas de datos fueron revisadas y archivadas y tal vez nunca revisadas de nuevo hasta que surgió un problema, en el caso de encontrarlo. Si nos acordamos de finales de los 80 y principios de los 90, las computadoras 386 y 486 acababan de salir al mercado y no todas las personas usaban una. Con el uso del PC hoy en día esos mismos datos que se archivaron hace tiempo pueden ser convertidos en información útil y más fácil de interpretar. Los nuevos datos recogidos se pueden almacenar en formato digital en vez de en papel. Es interesante tener en cuenta que muchos programas de mantenimiento todavía usan papel con o sin PC. Otros rellenan esas mismas hojas de datos viejas en formato digital en el PC y después los archivan electrónicamente. Parece que es el mismo método que el del papel, solo que se usa un archivo diferente. La clave para hacer los datos más útiles es la capacidad de hacer gráficos y manipularlos. ¿Cree que las personas en la bolsa podrían hacer dinero si no pudieran ver todos esos gráficos y tendencias? ¿Cree que podríamos poner objetos en órbita sin trazar la órbita? ¿Puede imaginar ver todos los números asociados con una órbita e intentar verle el sentido sin tener algún tipo de gráfico? Este punto se ilustra en la figura 9.

Los datos no están completos debido a limitaciones de espacio, pero son los datos actuales de cada seno. Es casi imposible ver la diferencia entre dos conjuntos de datos o los impulsos en la onda inferior si sólo se ven los datos, pero sin los datos, no se podría trazar la onda. Así que ahora la pregunta es ¿qué hacemos con los datos de pruebas de batería? Para empezar, hay que ver si los datos son de una

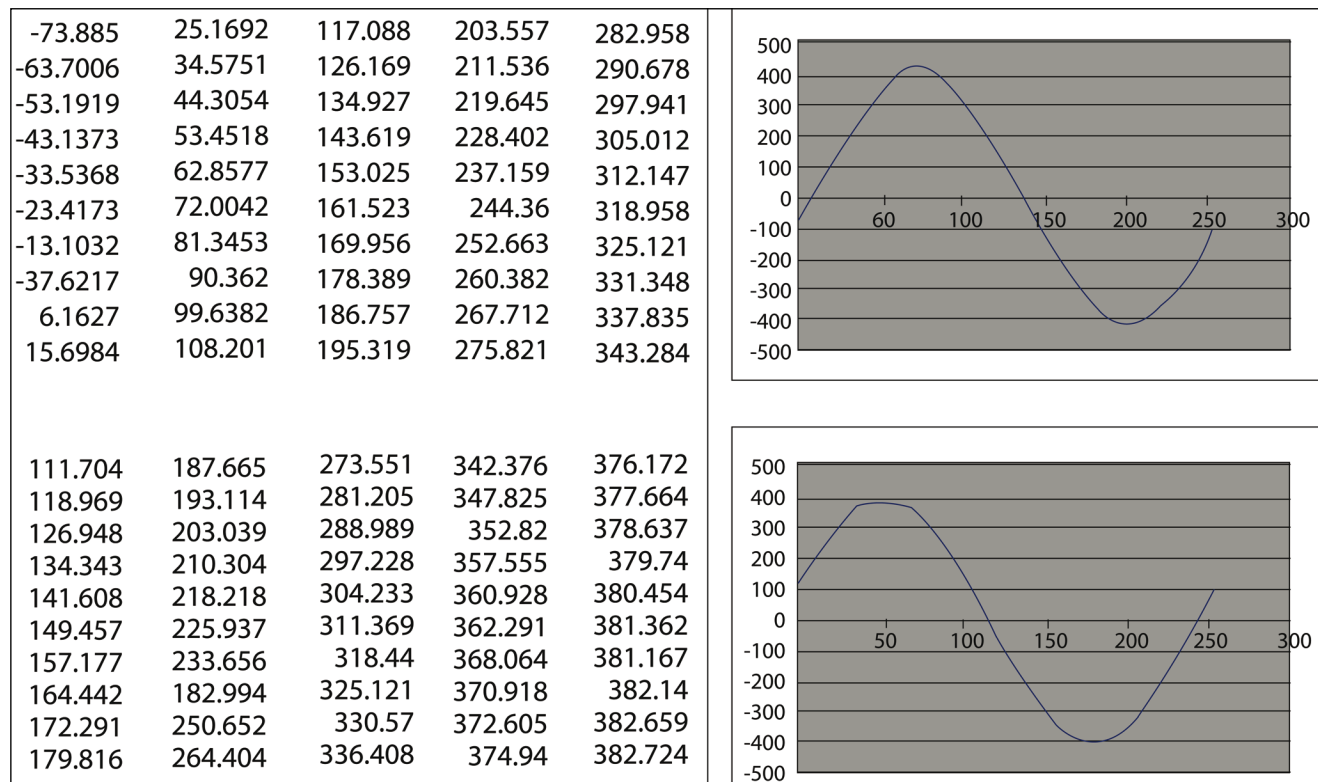


Figura 9. Datos de onda vs. gráfico de onda.

sola prueba o de varias pruebas en la misma cadena de batería. Ahora, para algunos valores como la temperatura ambiente, será difícil trazar los datos de una sola prueba porque sólo es un punto. Así que vamos a revisar qué tipo de cosas tiene sentido trazar en cuanto a baterías. La tabla abajo enumera los tipos de mediciones con respecto a pruebas simples o pruebas múltiples de la misma cadena.

Cuando vemos los datos de una sola prueba, los datos se comparan consigo mismos. Idealmente, cuando se instala una cadena de baterías, se instalan al mismo tiempo siendo de la misma cosecha y deberían ser algo homogéneas. Cuando las baterías envejecen, envejecen al mismo tiempo, pero seguramente habrá celdas que empiecen a fallar antes. En cualquier caso, nuevas o viejas, buscamos las diferencias. En la tabla abajo hay medidas de resistencia de cinta de una cadena de 60 celdas. Es muy fácil observar los datos y ver

Cell#	Intercell Resistance (microOhms)	Cell#	Intercell Resistance (microOhms)	Cell#	Intercell Resistance (microOhms)
1	165	21	171	41	161
2	158	22	169	42	162
3	168	23	162	43	157
4	163	24	161	44	160
5	169	25	165	45	617
6	158	26	163	46	163
7	163	27	167	47	167
8	171	28	164	48	164
9	157	29	159	49	168
10	170	30	372	50	213
11	168	31	165	51	171
12	159	32	161	52	168
13	161	33	169	53	263
14	169	34	171	54	163
15	589	35	162	55	171
16	163	36	169	56	165
17	158	37	171	57	157
18	166	38	159	58	157
19	167	39	171	59	159
20	164	40	165	60	

Mediciones de resistencia intercelular

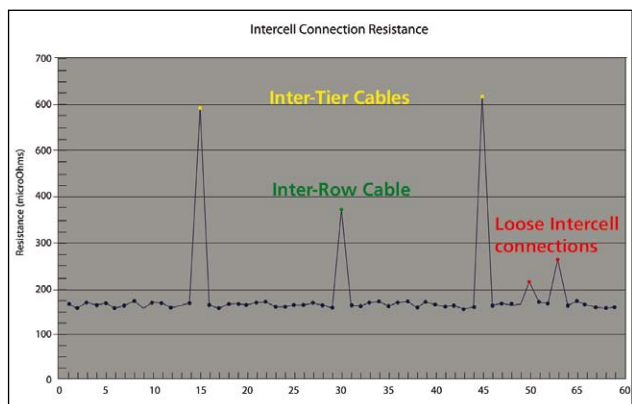


Figura 10. Gráfico de resistencia intercelular

Prueba simple de cualquier cadena	Prueba múltiple de la misma cadena
Descarga	Descarga
Impedancia interna	Impedancia interna
Resistencia de cinta	Resistencia de cinta
Voltaje de la celda	Voltaje de la celda
Temperatura de la celda	Temperatura de la celda
Gravedad específica de la celda	Gravedad específica de la celda
	Temperatura ambiente
	Voltaje de salida del cargador
	Corriente de salida del cargador
	Corriente de rizado
	Corriente de flotación

Mediciones de batería que se pueden trazar

que algunos números no parece ser correctos, pero cuando se mira el gráfico de los mismos datos queda mucho más claro qué es lo que se debe observar y qué no.

Al observar la impedancia, ya sea de una prueba simple o de pruebas múltiples, es de ventaja trazar los porcentajes de desviación de la media o de la referencia. La figura 11 muestra la impedancia trazada como un porcentaje de desviación de la media y permite al usuario identificar rápidamente qué celdas están cerca de los límites predeterminados. En este ejemplo las celdas 1 y 3 que están a más del diez por ciento por encima de la media deberían ser investigadas más a fondo. Además habría que investigar por qué las primeras siete celdas están por encima de la media y el resto no. Siempre que tenga una agrupación de mediciones que correspondan con la ubicación física de las celdas hay motivo de investigar más a fondo.

Abajo hay algunos porcentajes sugeridos que se pueden usar como indicadores en pruebas de impedancia. Con el tiempo, los usuarios establecerán sus propios valores de advertencia de porcentajes de desviación.

	Prueba simple	Pruebas múltiples*		Tendencias**	
	% de desviación de la media de la cadena	% de cambio de la celda comparado con última prueba	% de cambio en general	% de cambio de la celda comparado con última prueba	% de cambio en general
Plomo-ácido, inundada	5	2	15	2	20
Plomo-ácido, AGM	10	3	30	3	50
Plomo-ácido, gel	10	3	30	3	50
NiCd, inundada	15	10	50	10	100
NiCd, sellada	15	5	35	5	80

Otro método que se debería usar es el de tendencias de datos históricos. Por ejemplo, si realiza pruebas cada trimestre en las mismas celdas, entonces querrá representar la información con respecto al tiempo. La figura 12 muestra las mediciones de impedancia trazadas para una celda que se tomaron cada trimestre. Las primeras diez u once mediciones parecen estar bien y entonces hay un trazo ascendente muy notorio. Este tipo de tendencia en la impedancia se debería investigar más a fondo en cuanto a su causa. Este método de tendencias en el tiempo se puede usar en todos los datos medidos.

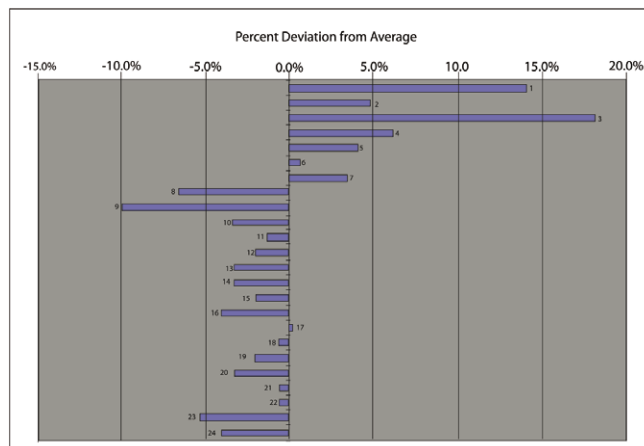


Figura 11. Porcentaje de desviación de la media

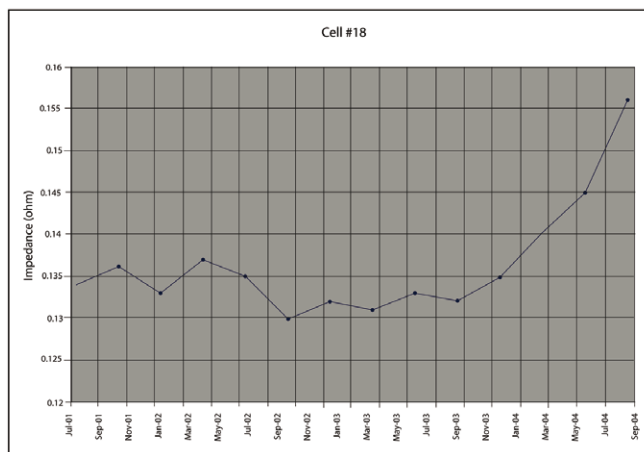


Figura 12. Tendencias de una celda simple

Todos los datos presentados hasta ahora se han presentado en hojas de cálculo estándar Excel. Estas hojas de cálculo son muy útiles y existen casi el mismo tiempo que las computadoras. Actualmente se encuentran disponibles paquetes de software como PowerDB que automáticamente presentan gráficos y tendencias de datos. Lo importante es usar los gráficos para el análisis de datos recién medidos en comparación con datos guardados en papel o archivo electrónico.

Localización de fallas a tierra en sistemas CD sin segmentar

Descripción general

El objetivo principal de un sistema de baterías es proporcionar potencia de reserva y de emergencia para dispositivos industriales, del consumidor, comerciales o de protección. Algunos de estos dispositivos incluyen unidades de iluminación de emergencia, suministros de potencia no interrumpibles, sistemas de procesos continuos, controles operativos, componentes de interruptores y relés de protección.

En situaciones de emergencia es esencial que estos dispositivos estén en una condición operativa adecuada. El fallo de un sistema CD o de la batería puede resultar en un fallo operativo del dispositivo conectado al sistema. El fallo del sistema puede llevar a pérdidas, daños del equipo y/o daños personales.

Es común que un sistema CD de flotación desarrolle puestas a tierra. Cuando un sistema de baterías está parcialmente o completamente puesto a tierra, se forma un corto circuito en la batería y consecutivamente el dispositivo de protección puede fallar cuando se necesite.

Métodos de pruebas de corriente

Tradicionalmente las instalaciones y complejos industriales han invertido mucho en encontrar fallas a tierra en sus sistemas de baterías. Sin embargo, localizar estas baterías puestas a tierra demuestra ser un proceso difícil y de mucho tiempo. Los métodos de localización de fallas a tierra actuales incluyen segmentación, o interrupción, de las ramas CD para aislarlas de la falla a tierra. La segmentación desconecta la protección del sistema y causa desconexiones inadvertidas de línea y de generadores. Por esta razón muchas instalaciones han abandonado la segmentación. Sin embargo, hasta recientemente, este era el único método disponible para localizar las fallas a tierra.

Un método de prueba mejor

Se ha desarrollado un método de prueba mejor; inyectando una señal de baja frecuencia CA y usando esa señal CA para localizar la puesta a tierra en el sistema CD. Este método se puede realizar sin segmentar el sistema CD y reduce el tiempo de localizar la falla de días a horas. Además permite al sistema de protección estar presente en todo momento.

El método de inyección CA mide fallas a tierra simples o múltiples inyectando primero una baja frecuencia, 20 Hz CA entre la tierra de estación y el sistema de batería. Después se mide la corriente resultante usando un transformador de corriente con pinzas. El valor de resistencia se puede calcular usando el componente en-fase de la corriente circulante, así se rechaza el efecto de cargas capacitivas. Por eso, si la señal es inyectada en el terminal de la batería y el TC con pinzas está conectado al conductor de salida, el instrumento medirá la resistencia a tierra total en el sistema de baterías. Si el TC está fijado a una fuente de alimentación, el instrumento medirá la resistencia a tierra en esa fuente. Las fallas se pueden rastrear fácilmente independientemente del número de paneles o circuitos de distribución porque el “rastreador” simplemente sigue la fuerza de la señal CA. Se mantiene la integridad del sistema porque está en línea. Prueba CA y está diseñado para prevenir desconexiones del sistema.

Después de inyectar una onda de baja frecuencia CA se indica una falla resistiva en una rama del sistema de baterías por un valor de baja frecuencia. Por ejemplo, si la resistencia total del sistema de baterías es de 10 k Ω , esto indicaría una falla resistiva en el sistema. La falla resistiva se puede localizar conectando la pinza en cada circuito individual hasta que se encuentre el valor resistivo de 10 k Ω .

Es fácil ver que este método se puede adaptar de forma sencilla a localizar fallas múltiples usando la teoría de los pasos paralelos. Por ejemplo, si la resistencia total del sistema indica 1 k Ω y una rama individual indica una falla resistiva de 10 k Ω , el usuario sabrá que el sistema tiene una segunda falla porque la resistencia total del sistema y la resistencia de la rama no concuerdan. Al usar el método de inyección CA es fácil, sencillo y seguro localizar fallas a tierra en sistemas CD sin conexión a tierra.

Preguntas frecuentes

¿Qué me dice el voltaje de flotación de una celda?

El voltaje de flotación indica que el cargador está funcionando, es decir, el estado de la carga. No indica el estado de salud (condición) de la celda. Indica que la celda está completamente cargada, pero no confunda completamente cargada con a completa capacidad.

Ha habido muchos casos en los que el voltaje de flotación está dentro de los límites aceptables y la batería falla. Un voltaje de flotación bajo puede indicar que hay un cortocircuito en la celda. Esto es evidente en un voltaje de flotación de unos 2.06 o menos para plomo-ácido (si el cargador está configurado en 2.17 V por celda)

En algunos casos, una celda flota considerablemente más alto que la media. Esto puede ser causado por una celda de voltaje de flotación alto compensando una celda débil y de flotación baja. Es posible que una celda flote mucho más alto para compensar varias celdas de flotación baja. El total de los voltajes de las celdas debe ser igual que la configuración del cargador.

¿Cuáles son las prácticas de mantenimiento recomendadas para los diferentes tipos de baterías?

Las prácticas (de Mantenimiento) recomendadas por IEEE cubren los tres tipos principales de baterías: Inundadas de plomo-ácido (IEEE 450), VRLA (IEEE 1188) y níquel-cadmio (IEEE 1106). En general, el mantenimiento es esencial para asegurar un tiempo de repuesto adecuado.

Hay diferentes niveles de mantenimiento e intervalos de mantenimiento variables dependiendo del tipo de batería, criticidad y condiciones del lugar. Por ejemplo, si el lugar tiene una temperatura ambiente elevada, entonces las baterías se agotarán antes y necesitan un mantenimiento más frecuente y más reemplazos de la batería.

¿Qué importancia tiene la resistencia de conexión entre las celdas?

Nuestra experiencia nos dice que muchos fallos de baterías se deben a conexiones sueltas entre las celdas que se calientan y abren, en vez de deberse a fallos de celdas. Ya sea una celda débil o una conexión suelta, si falla una de las dos, entonces falla la batería. Cuando las baterías de plomo-ácido se recargan frecuentemente, el terminal negativo puede fluir en frío y soltar la conexión.

La secuencia de medición adecuada para baterías de múltiples terminales es crítica. No todos los instrumentos proporcionan una resistencia de conexión entre las celdas válida debido a su método de prueba. Los instrumentos de Megger proporcionan datos válidos.

¿Cuáles son algunos de los tipos de fallo más comunes?

El tipo de fallo depende del tipo de batería, las condiciones del lugar, las aplicaciones y otros parámetros. Por favor diríjase al resumen en las páginas 7-8 o a "Tipos de fallos de baterías" en la página web de Megger. Vea la sección de producto de Equipo de prueba de baterías. En la columna derecha bajo "Documentos" haga clic en Guías de Aplicación, Artículos y Preguntas Frecuentes.

¿Cada cuánto deberían tomarse las lecturas de impedancia?

La frecuencia de las lecturas de impedancia varía con el tipo de batería, las condiciones del lugar y las prácticas de mantenimiento realizadas. IEEE 1188 recomienda que la referencia se tome seis meses después de que la batería se haya puesto en servicio y a partir de entonces dos veces al año. Sin embargo, Megger recomienda que las baterías VRLA se midan cada cuatro meses debido a su naturaleza impredecible y las baterías de níquel-cadmio y las inundadas de plomo-ácido dos veces al año. Además se debería tomar la lectura de impedancia antes de cada prueba de capacidad.

¿Cuándo debería dejar de cambiar las celdas y reemplazar la batería entera?

En cadenas más cortas (menos de 40 celdas/vasos), debería reemplazarse la batería después de haber cambiado de tres a cinco unidades. En cadenas más largas el criterio de reemplazo es un porcentaje similar.

¿Cómo puedo predecir cuándo necesito cambiar una celda?

Aunque no haya una correlación matemática perfecta entre la capacidad y la impedancia de la batería (o cualquier otra prueba de batería excepto la prueba de carga), la cantidad de incremento en impedancia es un indicador de la salud de la batería. Megger ha descubierto que un 20 por ciento de incremento en impedancia para baterías inundadas de plomo-ácido generalmente corresponde con un 80% de capacidad de la batería. En VRLA el incremento está alrededor del 50% de la impedancia inicial o de los valores establecidos por el fabricante.

¿Las pruebas de capacidad van a destruir mi batería?

El sistema de baterías está diseñado para proporcionar potencia de respaldo durante todos los apagones que se produzcan a lo largo de su vida útil. Al realizar una prueba de capacidad se está simulando un apagón de manera controlada. Las baterías normalmente se pueden descargar por completo (hasta el voltaje indicado por el fabricante) de 100 a 1000 veces dependiendo del tipo de batería. Por el otro lado, no hay razón para realizar pruebas más frecuentes que lo recomendado en los estándares.

¿Puedo realizar una prueba de descarga si mi batería todavía está conectada a la carga (en línea)?

Sí, es posible. Megger tiene equipos de prueba que detectan y regulan automáticamente la corriente de descarga incluso cuando las baterías están conectadas a la carga ordinaria. La mayoría de los usuarios hacen una prueba de descarga del 80% cuando están en línea para todavía tener tiempo de reserva al final de la prueba.

Resumen de tecnología de baterías

Como puede ver, hay mucho en cuanto a una batería. Es un dispositivo electroquímico muy complejo. Hay mucha más información disponible que entra en más detalle sobre curvas de Tafel y despolarización, pero eso está fuera de nuestro alcance. Esencialmente, las baterías necesitan mantenimiento y cuidado para rendir más, lo cual es la razón por la que la gente gasta tanto en baterías – para soportar equipos mucho más caros y para asegurar continuos flujos de ingresos.

Productos de Megger

Megger ofrece soluciones para asegurar el rendimiento de sistemas con su completa gama de equipos de prueba de baterías, óhmetros y micro-óhmetros para resistencias bajas, equipo de prueba de aislamiento y multímetros.

Abajo se proporciona una descripción general de los varios productos disponibles. Para más información sobre éstos y otros muchos productos de Megger, por favor contáctenos llamando al +1 (800) 723-2861, +1 (214) 333-3201. Visite nuestra página web www.megger.com para noticias, productos e información sobre servicios actuales.

Equipo de prueba de impedancia

Independientemente de que esté probando celdas inundadas de plomo-ácido, VRLA o de níquel-cadmio, Megger tiene el equipo adecuado para los requisitos de mantenimiento de sus baterías. Los productos y accesorios asociados proporcionan datos esenciales referentes al estado de las baterías sin gastos significativos ni reducción de la capacidad remanente de la batería.

La interrupción en servicio puede causar desastres en equipos e instalaciones. Consecuentemente, un sistema de potencia de respaldo confiable es crucial para evitar interrupciones de servicio costosas cuando falla la red CA. La prueba de impedancia de baterías ayuda a identificar las celdas débiles antes de que causen problemas.

Desconectar la batería para probarla demanda mucho tiempo y agrega riesgo al proceso. Este proceso es innecesario con las capacidades de pruebas en línea que tiene la familia de productos de prueba de baterías de Megger. Los instrumentos altamente repetibles reducen los periodos de inactividad.

BITE®3



- Determina el estado de baterías de plomo-ácido de hasta 2000 Ah
- Pruebas en línea con cálculos de Paso/Aviso/Fallo
- Mide impedancia, resistencia de conexión entre las celdas y voltaje de celdas
- Sistema operativo Windows CE con más de 16 MB de memoria
- Mide corrientes de flotación y de rizado

El BITE 3 es un instrumento compacto de batería con una herramienta integrada de análisis de datos muy potente. Es el primer instrumento en el que el ProActiv puede descargar todos los datos previos para realizar el mejor análisis de datos in situ, como ninguno otro. Los menús son fáciles de usar con un luminoso LCD con luz de fondo. La presentación de datos incluye la configuración numérica normal, pero añade dos pantallas gráficas para ayudar a analizar las celdas débiles.

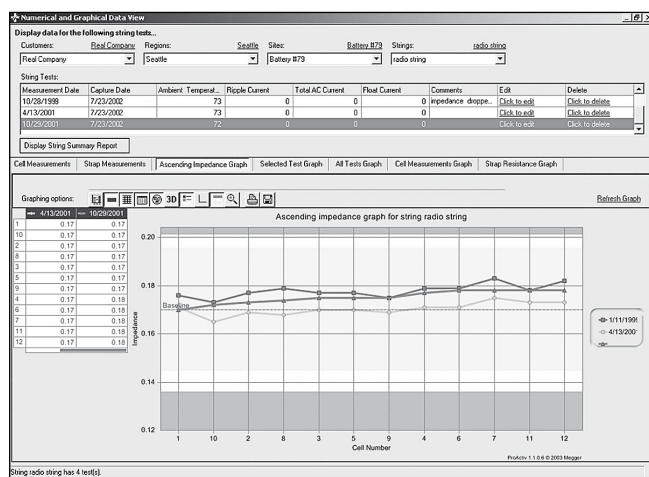
BITE®2 y BITE®2P



- Determina el estado de baterías de plomo-ácido y de níquel-cadmio de hasta 7000 Ah
- Incluye indicaciones de Paso/Aviso/Fallo
- Pruebas en línea
- Instrumentos robustos y confiables
- Impresora integrada (BITE 2P)

El equipo de prueba de impedancia de baterías BITE 2 y BITE 2P aplica una corriente de prueba a la cadena de baterías mientras ésta conectada y, luego mide la impedancia, la tensión y la resistencia de la interconexión. Además miden la corriente de rizado que indica la condición del cargador. Los instrumentos ayudan a evaluar la condición de la cadena entera de placa a placa e incluso del cargador.

Software de gestión de bases de datos de baterías ProActiv



- Organiza y gestiona datos de baterías
- Realiza análisis de tendencias
- Asiste al usuario en gestionar múltiples baterías
- Imprime informes básicos

ProActiv es un nuevo software de gestión de bases de datos de baterías potente, fácil de usar y diseñado para analizar cada batería individual en un sistema de baterías.

Las pruebas de baterías son cruciales para asegurar que los sistemas de baterías proporcionen potencia de respaldo y de emergencia para dispositivos tales como iluminación de emergencia, sistemas UPS, controles operativos, componentes de interruptores, relés de protección y sistemas de procesos continuos. El fallo de un sistema de baterías en medioambientes como instalaciones, hospitales o fábricas puede resultar en fallos operativos de los dispositivos conectados a él. ProActiv asiste al usuario en evitar fallos de baterías, establecer presupuestos para futuros reemplazos de cadenas y celdas de baterías y planificar cambios de baterías.

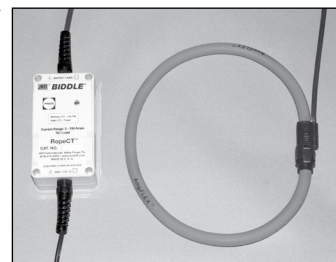
ProActiv utiliza un formato de base de datos MS Access estándar. Permite al usuario organizar y gestionar los datos de baterías tales como voltajes, impedancia, resistencia de conexión entre celdas, corriente de rizado, gravedad específica, termógrafos IR y más.

Accesorios BITE®

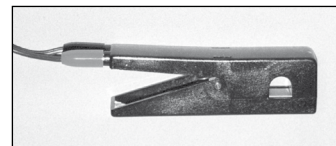
- Aumenta las posibilidades de la gama BITE
- Completa gama de accesorios
- Diseñados para situaciones únicas
- Perfectos para instalaciones no estándar

Megger ofrece una completa gama de accesorios para aumentar las posibilidades de la gama de productos BITE. Hay cables de extensión, shunt de calibración, etc. Aunque tenemos muchos accesorios, estamos continuamente evaluando productos adicionales cuando surge interés.

El RopeCt™ es un transmisor de corriente flexible y muy preciso para medir el flujo de corriente en sistemas de baterías grandes. Viene en dos medidas: 24" (60 cm) y 36" (90 cm) para 8" (20 cm) y 12" (30 cm) diámetro, respectivamente. Está diseñado específicamente para BITE 2, BITE2P y eBITE.



Los Mini-Cts miden la corriente en cables calibre más pequeños y en cables simples dentro de un conjunto.



El set de transformador de corriente para BITE 3 mide la corriente en sistemas de baterías con ruido y la "corriente de escape" en cadenas de baterías paralelas. Los instrumentos competitivos no miden la corriente y por lo tanto pueden proporcionar valores óhmicos internos erróneos.



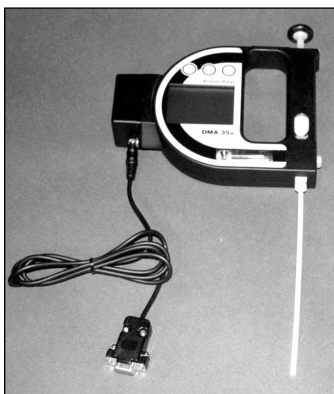
Las extensiones de punta de prueba iluminadas se pueden montar en los receptores y puntas de prueba de BITE 3, BITE 2 y BITE2P. Son ideales para medir baterías en cabinas y lugares difíciles de alcanzar. Con estas extensiones las baterías no se tienen que poner fuera de línea para medir – un dispositivo que realmente ahorra tiempo y dinero.



El BITE 3 ofrece un set de cables alternativo para medir eLU y otras aplicaciones de baterías más pequeñas, baterías de terminales en espada y baterías con arneses. Facilitan las mediciones de impedancia de los sistemas de baterías de difícil acceso.



El hidrómetro digital mide la gravedad específica y la temperatura de cada celda y calcula una gravedad específica de temperatura ajustada para ahorrar tiempo – todo en un dispositivo manual. Puede almacenar hasta 256 celdas por cadena en hasta ocho cadenas. No hay necesidad de preocuparse por paralaje o escribir los datos a mano en hojas, etc. Es mucho más seguro que un hidrómetro de bombilla y sin tener que limpiar ácidos derramados.



Pruebas de capacidad

TORKEL 820/840/860



- Las baterías se pueden probar “en servicio”
- La unidad se ajusta para incluir corrientes de carga en los parámetros de prueba
- Puntos de alarma y desconexión ajustables por el usuario para evitar descarga excesiva

Las baterías en plantas generadoras y subestaciones de transformador deben proporcionar potencia de reserva al equipo que sirven en el evento de un apagón.

Desafortunadamente, sin embargo, la capacidad de tales baterías puede disminuir significativamente por un número de razones antes que se alcance su expectativa de vida calculada. Es por esto que es tan importante comprobar las baterías a intervalos regulares, y la única manera confiable de medir la capacidad de una batería es conducir una prueba de descarga.

Los instrumentos TORKEL se usan para pruebas de descarga. La prueba se puede realizar a corriente constante, potencia constante, resistencia constante o de acuerdo a un perfil de carga preseleccionado. Para una capacidad de descarga adicional hay unidades de carga auxiliares disponibles.

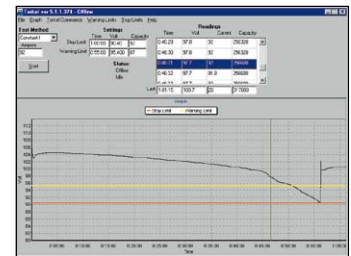
TORKEL 820 puede descargar baterías en el rango de 12 a 48 V con Corrientes de hasta 270 A.

TORKEL 840 se usa para sistemas de baterías en el rango de 12 a 250 V.

TORKEL 860 está diseñado para personas que viajan de un lugar a otro para dar mantenimiento a sistemas de baterías que tienen diferentes tensiones. Ofrecen una excelente capacidad de descarga más un amplio rango de tensión y una excelente portabilidad. TORKEL 860 se usa para sistemas en el rango de 12 a 480 V.

Accesorios TORKEL

TORKEL Win es un software para funciones de reporte y control remoto de TORKEL



TXL830/850/870 son unidades de carga adicional para proporcionar corrientes de carga más altas. Juntos, TORKEL y TXL forman un sistema que puede descargar baterías con corrientes de hasta varios KA.



Equipo de rastreo de fallas a tierra

Existen dos equipos de rastreo de fallas a tierra a elegir, el Rastreador de fallas a tierra de baterías (BGFT) y el Localizador de fallas a tierra de baterías (BGL). El BGFT tiene una eliminación de ruido superior mientras que el BGL tiene un puente automático para diferenciar entre alta capacitancia y baja resistencia. Aquí hay una breve descripción de cada instrumento.

Rastreador de fallas a tierra de baterías (BGFT)

- Localiza fallas a tierra en sistemas de batería CD sin conexión a tierra
- Funciona en medioambientes de alto ruido eléctrico
- Simplifica el rastreo de fallas identificando las magnitudes de las características (resistiva y capacitiva) de las fallas

El rastreador de fallas a tierra de baterías es un instrumento económico balanceado manualmente que identifica, rastrea y localiza las fallas a tierra en sistemas de baterías CD sin conexión a tierra – en línea. Es especialmente efectivo en medioambientes de alto ruido eléctrico, ya que la potencia de la corriente de prueba se puede ajustar a hasta 80W. El BGFT es muy útil en cualquier industria donde el suministro de potencia para mediciones operativas, comunicación y equipo de control es crítico.

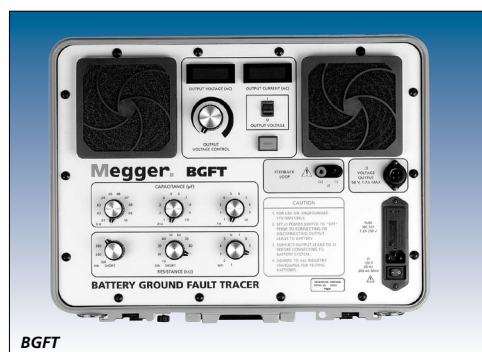
El rastreador de fallas a tierra de baterías acelera la localización de fallas eliminando los procedimientos de prueba y error y porque puede localizar las fallas en línea. Se opera en línea y tiene un puente manual. El puente manual se usa para diferenciar entre fallas reales, resistivas y fallas fantasma, capacitivas usando un cable de retroalimentación para poner la capacitancia a cero. Pero el puente manual no es necesario para rastrear las fallas.

El BGFT funciona convirtiendo la frecuencia de línea a 20 Hz. Después empuja la señal CA a través de los capacitores para prevenir transitorios en las barras CD y aplica la señal CA al sistema CD estando en línea. Usando el rastreador manual, siga las señales con las lecturas más altas hasta que encuentre la falla.

Localizador de fallas a tierra de baterías (BGL)

- Localiza fallas a tierra en sistemas de batería CD sin conexión a tierra
- Se caracteriza por su puente automático
- Funciona con batería
- Simplifica el rastreo de fallas identificando las magnitudes de las características (resistiva y capacitiva) de las fallas

El localizador de fallas a tierra de baterías fue desarrollado para detectar, rastrear y localizar fallas a tierra en sistemas de batería ¡sin tener que recurrir a la segmentación! El BGL rastrea y localiza fallas a tierra en sistemas de baterías

**BGFT****BGFT****BGL**

cargadas o descargadas. Para ahorrar resolución de problemas innecesaria, el BGL diferencia entre corriente de falla resistiva y corriente de carga capacitiva. Esta característica permite al instrumento detectar y rastrear pasos de fuga, incluso cuando hay capacitores contra sobretensión.

El BGL funciona filtrando y aplicando una señal CA a la barra CD en línea. La salida de bajo nivel del BGL permite que funcione con batería, pero es más sensible al ruido de sistema. Tiene un puente automático integrado para diferenciar entre fallas reales (resistivas) y fantasma (capacitivas) y de esta manera solo rastrear las fallas reales.

El BGL se mueve de panel a panel para continuar el proceso de rastreo hasta que encuentre la falla. Como tiene un puente automático es muy fácil rastrear las fallas y por ello está mejor diseñado para el usuario principiante.

Óhmetros digitales para bajas resistencias (DLRO®) y Micro óhmetros (MOM)

En muchas ocasiones las baterías no fallan a causa de celdas débiles, sino a causa de conexiones débiles entre las celdas. La torsión es un método mecánico para asegurar que la resistencia del paso eléctrico sea muy baja. Pero no indica realmente la calidad de la resistencia del paso eléctrico. El único método para esto es medir cada resistencia de conexión entre las celdas.

Megger ha desarrollado varios DLRO y MOM adecuados para la resistencia de la conexión entre las celdas. Estos instrumentos portátiles permiten movilidad alrededor de las cadenas de baterías sin esfuerzos.

Los instrumentos están integrados en cajas resistentes y ligeras apropiadas para el uso doméstico, en el campo o en el laboratorio.

DLRO200 y DLRO600

- Pequeños y pesan menos de 15kg (33 lbs)
- Corrientes de prueba de 10A a 200A o 600A DC
- Resolución de $0,1 \mu\Omega$

El DLRO200 de Megger mide resistencias entre $0,1 \mu\Omega$ y 1Ω a altas corrientes. Este instrumento versátil puede proporcionar corrientes de prueba de 10A hasta 200A dependiendo de la resistencia de carga y la tensión de suministro. Una gran pantalla de cristal líquido proporciona toda la información necesaria para realizar una prueba.

Serie DLRO 247000

- Resolución de $0,1 \mu\Omega$ en el rango de $599,9 \mu\Omega$
- Precisión estándar de $\pm 0.25\%$
- Lectura digital LED

La serie 247000 de DLRO es una familia de instrumentos de gran precisión que proporcionan un medio sencillo, práctico y fiable de efectuar pruebas de baja resistencia sobre el propio terreno. Son también ideales para el control de calidad de producción.

Operan bajo el principio de medición de cuatro hilos, eliminando así resistencias de conductores y contactos. Con precisiones básicas de $\pm 0.25\%$ y una resolución de hasta $0,1 \mu\Omega$, están diseñados para que sean robustos y portátiles para su uso en el lugar de trabajo.

DLRO10 y DLRO10X

- Resultados precisos en menos de tres segundos
- Protegido por fusibles hasta 600 V
- Detecta automáticamente la condición de continuidad en conexiones de voltaje y corriente
- Teclado alfa-numérico para introducir notas sobre la prueba (DLRO10X)
- Permite al usuario establecer límites altos y bajos (DLRO 10X)
- Resultados por impresora y memoria (DLRO 10X)

El DLRO10 y DLRO10X son instrumentos totalmente automáticos, que seleccionan la corriente de prueba más idónea, de hasta 10 A CD para medir resistencias desde $0,1 \mu\Omega$ hasta 2000Ω , en uno de siete rangos posibles.

Para aquellos usuarios que desean un mayor control sobre el proceso de medida, DLRO10X utiliza un sistema de menús que permite la selección manual de la corriente de prueba. DLRO10X también incluye la descarga de los resultados en tiempo real y su almacenamiento para un posterior volcado a un PC.



DLRO 200



DLRO247001



DLRO10X

MJÖLNER 200 y MJÖLNER 600

- Corriente CD real sin rizado
- Precisión $\pm 0.3 \mu\Omega$
- Dos pantallas LED y LCD para visibilidad bajo cualquier condición
- Peso ligero de 8.8 kg (19.4 lbs) y 13.8 kg (30.4 lbs)
- Pruebas completamente automáticas

El MJÖLNER está diseñado para medir la resistencia de contacto del interruptor de circuito, uniones de barras, elementos de contacto en barras y otras uniones de corriente alta. Este producto ha sido diseñado con la seguridad, facilidad de uso y versatilidad en mente. Hay dos modelos, uno de 200 A y otro de 600 A.

Con el MJÖLNER es posible hacer mediciones de acuerdo al método DualGround™. Esto significa que el objeto de prueba será puesto a tierra en ambos lados durante la prueba brindando un flujo de trabajo más seguro, rápido y fácil.



MJÖLNER 200

MOM200A and MOM600A

- Resolución de $1\mu\Omega$ en rango de 1999 $\mu\Omega$
- Precisión estándar de $\pm 1\%$

MOM200A/600A son ideales para encontrar conexiones malas ya que puede suministrar 100 A durante periodos largos. Su rango que se extiende hasta 20 mili-ohmios lo hace ideal para medir diferentes tipos de conexiones.

MOM690

- Resolución de $1\mu\Omega$ en rango de 1999 $\mu\Omega$
- Precisión estándar de $\pm 1\%$
- Software MOMWin™
- Salida CA

Además de una capacidad de alta corriente, MOM690™ se caracteriza por mediciones basadas en microprocesador, almacenamiento y generación de reportes. El software integrado le permite realizar una prueba individual o una serie de pruebas y almacenar los resultados.

Con el software opcional MOMWin™ además puede exportar los resultados a un PC para más análisis y reportes. Los rangos se establecen automáticamente, las resistencias se miden continuamente y los resultados de pruebas se pueden capturar automáticamente a una corriente de prueba preestablecida.



MOM600A



MOM690

Multímetros

Multi-conductor CA Digital MMC850 Pinza amperimétrica

- Mediciones de conductor simple o múltiple
- Cables de sección planos o redondos
- Pantalla con luz de fondo
- Pinza centralizadora de cable

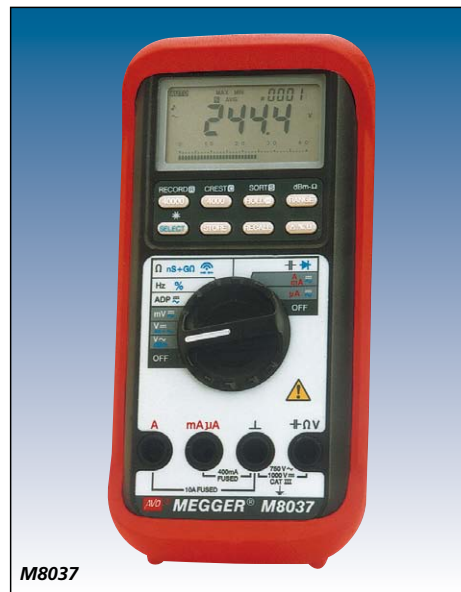
El MMC850 ofrece una solución única para mediciones de corriente en cables multi-conductores sin la necesidad de partir los cables. El MMC850 simplemente se sujeta al cable multi-conductor y para entonces leer la corriente que fluye.

Multímetros

Los Multímetros de Megger complementan la solución de medir y mantener cadenas y celdas de baterías. Todos los instrumentos son sometidos a rigurosas pruebas durante su diseño y fabricación y son adecuados para aplicaciones de servicio en el campo. Todos tienen la marca CE y están diseñados de acuerdo con los estándares nacionales e internacionales de seguridad EN61010-1. Sus características incluyen grandes pantallas digitales, apagado automático, resistencia a agua y polvo. Hay tres series de multímetros de Megger, el M8000, M7000 y AVO300 dependiendo de las necesidades y características deseadas.



MMC850



M8037

Equipo de prueba de resistencia de aislamiento

Las baterías deberían estar bien aisladas de equipos adyacentes y objetos metálicos. El aislamiento proporciona varios beneficios: 1) mantiene la carga en la batería y no la deja escapar, 2) proporciona corriente de flotación normal y 3) reduce la pérdida de energía. Si una batería tiene una fuga de electrolito, puede haber un paso a tierra. Si el paso existe, incrementa la corriente necesaria para mantener la batería completamente cargada. Además se acorta el tiempo de reserva de la batería dependiendo de la gravedad de la fuga. Una prueba de resistencia del aislamiento puede identificar si hay fugas. La resistencia del aislamiento se mide a lo largo de uno de los terminales de la batería a la tierra, normalmente la rejilla o bandeja de la batería. Es muy fácil realizar esta prueba y proporciona mucha confianza en el estado general del aislamiento eléctrico.

Esta prueba aplica un voltaje CD, digamos de 500 VCD, entre las barras, fuera de línea y la rejilla. Entonces mide la corriente de fuga CD para calcular la resistencia en MO o GO. Cuanta más alta la resistencia mejor. Esta prueba se recomienda al hacer la instalación y siempre que se sospeche un fuga (de signos como la acumulación de sal).

La nueva serie MIT400 de Megger de probadores de aislamiento y continuidad ha sido diseñada para que los electricistas realicen pruebas eléctricas en hogares, comercios, industrias y servicios públicos. La amplia gama de funciones también convierte a la serie MIT400 en ideal para los técnicos de mantenimiento y servicios/repaciones.

Estos instrumentos están disponibles desde 50 V hasta más de 1 kV. Para aplicaciones analíticas se requieren múltiples voltajes de prueba.

La serie MIT400 ofrece varios modelos para elegir:

- 4 modelos para aplicaciones comerciales e industriales: Modelos MIT 400, 410, 420 y 430
- 3 modelos para aplicaciones de telecomunicaciones: Modelos MIT 481, 482 y 485
- El modelo único para “aplicaciones especiales” para los que necesitan un voltaje de prueba único, el modelo MIT 40X ofrece un voltaje de prueba de aislamiento variable para aplicaciones entre 10 V y 100 V con incrementos de 1V: una solución para casi cualquier medición inusual requerida que pueda presentarse.

La serie consiste en ocho instrumentos:

MIT400	250 V, 500 V y 1000 V
MIT410	50 V, 100 V, 250 V, 500 V y 1000 V más PI y DAR
MIT420	Igual que modelo 410 más almacenamiento de resultados y descarga
MIT430	Igual que modelo 420 más descarga Bluetooth®
MIT480	50 V, 100 V
MIT481	50 V, 100 V, 250 V, 500 V, 1000 V más PI, DAR y almacenamiento de resultados
MIT485	Igual que modelo 481, más descarga Bluetooth®
MIT40X	10 V a 100 V en 1 V pasos



PowerDB™

Software de Administración de Datos de Prueba de Aceptación y Mantenimiento

- Software de PC basado en Windows disponible en tres versiones
- Hace interfaz a instrumentos a través de RS232 Serial, Ethernet, o memoria flash USD (dependiendo del instrumento)
- Permite al usuario arreglar rutinas de prueba antes de la prueba
- Permite análisis, comparación y tendencia de datos
- El usuario puede personalizar la Interfaz del Usuario (vista de formulario de prueba) con el ONBOARD y versiones Full

PowerDB es un poderoso paquete de software que proporciona administración de datos para cada uno de sus trabajos de prueba de aceptación y mantenimiento. Los datos se pueden importar desde varias fuentes, adquirir directamente del instrumento de prueba o ingresar manualmente. Se sincronizan los resultados de prueba para todos los aparatos eléctricos a la base de datos central de su empresa. Se pueden generar fácilmente reportes de resultados y de resumen.

PowerDB Lite es un software sin costo que permite el uso de formularios de prueba estándar PowerDB con instrumentos Megger. Proporciona una interfaz de usuario simple y consistente para varios instrumentos Megger incluyendo el equipo de prueba de factor de potencia Delta 3000, TTR trifásico, probadores de tierra y probadores de aislamiento de 5 y 10kV.

PowerDB ONBOARD corre directamente en el instrumento de prueba Megger y los formularios son la interfaz de usuario del instrumento. Los resultados de prueba se transfieren con una memoria estándar USB y entonces se pueden leer dentro del PowerDB o PowerDB Lite.

Formularios de prueba

Diseñado desde un enfoque de abajo hacia arriba, PowerDB usa más de 200 formularios de prueba estándar de la industria que han sido desarrollados y usados durante más de 20 años por especialistas de la industria.

Las pantallas de ingreso de datos y los formularios impresos son idénticos permitiendo una operación intuitiva. Lo que se ve en la pantalla es lo que se imprime en los reportes. Los paquetes completos de documentación de prueba consistentes de reportes de prueba, resúmenes de comentarios y deficiencias, tabla de contenido y reportes de servicio de campo, se crean con un solo paso. Una vez

creados, los reportes se pueden enviar electrónicamente a través de correo electrónico, CD-ROM, servidor web o Adobe® Acrobat®.

Los formularios de prueba están diseñados para la mayoría de los aparatos eléctricos existentes en el mercado actual, el PowerDB soporta al momento los siguientes aparatos:

- Baterías
- Cables
- Interruptores de circuito
- Datos de coordinación
- Desconexiones
- Generadores
- Pruebas de falla a tierra
- Pruebas de alfombra/rejilla de tierra
- Transformadores para instrumentos
- Transformadores de potencia
- Fluidos aislantes
- Seccionadores de apertura con carga
- Centros de control de motores
- Pruebas de factor de potencia
- Relés
- Tableros
- Seccionadores de transferencia
- Medidores de vatios hora
- Transductores

El software ejecutará un extenso procesamiento de información incluyendo cálculo de ecuaciones, factor es de corrección de temperatura y gráficos. La tendencia de datos para análisis predictivo de fallas se consigue graficando resultados históricos, almacenados en el PowerDB o importados de otro software de base de datos propiedad de terceros, para cualquier pieza de equipo.

PowerDB proporciona un poderoso editor para crear o personalizar formularios. No se requiere conocimiento de base de datos, simplemente arrastre y suelte tablas, cajas de texto, imágenes, gráficos y más dentro de un formulario. Se puede usar VBScript® para definir cálculos, usar tablas de búsqueda y aún hacer interfaz con otras aplicaciones. Se pueden definir una vez secciones comunes a múltiples formularios tales como logos, cabeceras y pies de página, e incluirlas en varios formularios. Además, un cambio actualiza todos los formularios donde se usa.

Su fuente única para todas sus necesidades de equipo de prueba eléctrico

- Equipo de prueba de baterías
- Equipo detector de fallos en cables
- Equipo de prueba de disyuntores
- Equipo de prueba de comunicación de datos
- Equipo de prueba de fibra óptica
- Equipo de prueba de resistencia de tierra
- Equipo de prueba del factor de energía (C y DF)
- Equipo de prueba de aislamiento
- Equipo de prueba de líneas
- Ohmímetros para resistencias bajas
- Equipo de prueba de rotación de motor y fase
- Multímetros
- Equipo de prueba de aceite
- Probadores portátiles de aparatos y herramientas
- Equipo de calidad de energía
- Equipo de prueba de recierre
- Equipo de prueba de relés
- Equipo de prueba de red T1
- Indicadores de velocidad y tacómetros
- Reflectómetros de dominio de tiempo
- Equipo de prueba de transformadores
- Equipo de prueba de transmisión
- Medidores de vatios/hora
- Bloques e interruptores de prueba de STATES®
- Programas profesionales técnicos y
- De formación en seguridad

Megger es el líder mundial en fabricación y distribución de instrumentos de prueba y medición usados en las industrias de electricidad, cableados y telecomunicaciones.

Con instalaciones de investigación, ingeniería y fabricación en EEUU, Reino Unido y Suecia, junto con oficinas de ventas y soporte técnico en la mayoría de los países, Megger tiene una ubicación única para satisfacer las necesidades de sus clientes a nivel mundial.

Para más información sobre Megger y sus amplia gama de instrumentos de prueba y medición:

UK

Archcliffe Road Dover
CT17 9EN England
T +44 (0) 1304 502101
F +44 (0) 1304 207342

USA

4271 Bronze Way
Dallas, TX 75237-1019 USA
T +1-800-723-2861
F +1-214-331-7399

USA

Valley Forge Corporate Centre
2621 Van Buren Avenue
Norristown, PA 19403 USA
T +1-610 676 8500
F +1-610-676-8610

GERMANY

Megger GmbH
Obere Zeil 2
DE-61440 Oberursel Germany
T +49 6171 929870
F +49 6171 9298719

SWITZERLAND

Megger Schweiz AG
Felsweg 1
Postfach 59
CH-5727 Oberkulm Switzerland
T +41 62 768 20 30
F +41 62 768 20 33

SWEDEN

Megger Sweden AB
Eldarvägen 4, Box 2970
SE-187 29 TÄBY Sweden
T +46 8 510 195 00
F +46 8 510 195 95
E seinfo@megger.com

Megger

WWW.MEGGER.COM

Megger está certificado de acuerdo a ISO 9001 y 14001.
Conforme a cambio sin el aviso.

BatteryTestingGuide_AG_es_V04

www.megger.com

La palabra "Megger" es una marca registrada.