

GUIA PARA PRUEBA DE BATERIAS



Megger 

WWW.MEGGER.COM

Porqué son necesarias las baterías	2
Porqué probar los sistemas de baterías	2
Porqué fallan las baterías	2
Tipos de baterías	2
Descripción general del tipo Plomo-Acido	3
Descripción general del tipo Níquel-Cadmio	3
Construcción y nomenclatura de baterías	3
Tipos de falla	3
Tipos de falla en baterías Plomo-Acido (sumergidas)	3
Tipos de falla en baterías Plomo-Acido (VRLA)	5
Tipos de falla en baterías Níquel-Cadmio	5
Pruebas de baterías y prácticas recomendadas por IEEE	6
Prácticas recomendadas IEEE	6
Impedancia	8
Resistencia de conexión entre celdas	9
Tensión	10
Gravedad específica	10
Corrientes	11
Temperatura	12
Prueba de descarga	12
Configuraciones de batería	13
Baterías de terminal simple	13
Baterías de terminales múltiples	13
Análisis de datos	13
Resumen de la tecnología de baterías	14
Ubicando fallas a tierra en sistemas de DC sin seccionar	14
Descripción general	14
Métodos de prueba de corriente	14
Un mejor método de prueba	14
Asuntos preguntados frecuentemente	15
Descripción general de productos Megger	16
Equipo de prueba de baterías	16
Equipo de localización de fallas a tierra	18
Ohmetro digital de baja resistencia	19
Multímetros	20
Equipo de prueba de resistencia del aislamiento	20

PORQUE SE NECESITAN BATERIAS

Las baterías son una fuente de voltaje DC y se usan para asegurar la operación de equipos eléctricos críticos. Existen tantos lugares donde se usan baterías que es casi imposible listarlos. Algunas de las aplicaciones de baterías incluyen:

- Plantas de generación eléctrica y subestaciones para protección y control de seccionadores y relés
- Sistemas telefónicos para soportar el servicio de teléfono, especialmente servicios de emergencia
- Aplicaciones industriales para protección y control
- Respaldo de computadoras, especialmente datos e información financiera
- Sistemas de información de negocios “Menos críticos”

Sin el respaldo de las baterías, los hospitales tendrían que cerrar sus puertas hasta que se restablezca la energía. Aún más, existen pacientes conectados a sistemas de soporte de vida que requieren energía eléctrica el 100%. Para esos pacientes, como se dijo una vez, “fallar no es una opción.”

Mirando a nuestro alrededor podemos ver cuanta electricidad usamos y comprender entonces cuan importantes se han vuelto las baterías en nuestra vida diaria. Los numerosos apagones del 2003 alrededor del mundo muestran cuan críticos se han vuelto los sistemas eléctricos para mantener nuestras necesidades básicas. Las baterías se han usado extensamente y sin ellas muchos de los servicios que damos o recibimos fallarían causando innumerables problemas.

PORQUE PROBAR LOS SISTEMAS DE BATERIAS

Existen tres razones principales para probar sistemas de baterías:

- Para asegurar que el equipo soportado está respaldado adecuadamente
- Para evitar fallas inesperadas
- Para avisar/predecir el fin de su vida útil

Y, existen también tres preguntas básicas que formulan los usuarios de baterías:

- Cuál es la capacidad y la condición de la batería ahora?
- Cuándo se necesitará reemplazarla?
- Qué se puede hacer para mejorar / extender su vida útil?

Las baterías son complejos mecanismos químicos. Tienen numerosos componentes tales como rejillas, material activo, terminales, caja y tapa, etc. — y cualquiera de ellos puede fallar. Como con todos los procesos de fabricación, sin importar lo bien que se hayan fabricado sus partes, existen siempre fenómenos o comportamientos no fáciles de predecir o explicar (incluyendo los procesos químicos).

Una batería puede considerarse como dos materiales metálicos disímiles separados por un electrolito. De hecho, se pueden poner una moneda de un centavo y una de cinco centavos en la mitad de una toronja y entonces se tiene una batería. Obviamente, una batería industrial es más sofisticada

que una batería de toronja. No obstante, para que una batería opere en la manera en que está supuesta a hacerlo, debe mantenerse apropiadamente. Un buen programa de mantenimiento de baterías puede evitar, o al menos reducir, los costos y daños a equipos críticos, debido a un apagón de la fuente principal de AC.

Aunque existen muchas aplicaciones para baterías, éstas se instalan únicamente por dos razones:

- Para proteger y soportar equipos críticos durante un apagón de la fuente de AC.
- Para evitar pérdidas económicas debidas a la interrupción del servicio eléctrico.

Seguidamente discutiremos sobre las fallas, enfocándonos en los mecanismos y tipos de falla y porqué la prueba de impedancia trabaja tan bien para encontrar celdas débiles. La siguiente sección también contiene una discusión más detallada acerca de los métodos de prueba y sus pro y contras.

PORQUE FALLAN LAS BATERIAS

A fin de entender porqué fallan las baterías es necesario conocer un poco sobre su composición química. De acuerdo a esto, existen dos clases principales de baterías en uso hoy en día: Plomo-Acido y Níquel-Cadmio. Otras composiciones químicas pueden también encontrarse, tal como el litio, que prevalece en sistemas de baterías portátiles, pero no todavía en baterías tipo fijas.

Volta fue quien inventó la primera batería(no-recargable) en 1800. Posteriormente, Planté inventó la batería Plomo-Acido en 1859. En 1881, Faure pegó las primeras placas de Plomo-Acido. Con mejoras realizadas con el paso de las décadas, las baterías se han convertido en una fuente de poder de respaldo críticamente importante. Dentro de las mejoras y refinamientos desarrollados, se incluyen aleaciones mejoradas, diseños de rejillas, nuevos materiales para las cajas y las tapas y también mejoras de los sellos caja-tapa y de los terminales. Discutiblemente, el desarrollo más revolucionario fué el de las baterías reguladas por válvula. Estas o otras muchas mejoras similares en la composición química de las baterías de Níquel-Cadmio han sido desarrollados al paso de los años.

TIPOS DE BATERIAS

Existen varios tipos principales de tecnología de baterías con subtipos:

- Plomo-Acido
 - Sumergidas (húmedas): Plomo-Calcio, Plomo-Antimonio
 - Plomo-Acido reguladas por válvula, VRLA (selladas): Plomo-Calcio, Plomo-Antimonio-Selenio
 - Lámina de fibra de vidrio absorbente (AGM)
 - Gel
 - Placa plana
 - Placa tubular

- Níquel-Cadmio
 - Sumergidas
 - Selladas
 - Placa bolsillo
 - Placa plana

Descripción general de baterías Plomo-Acido

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



El ácido se agota en la descarga y se regenera en la recarga. Se forman hidrógeno y oxígeno durante la descarga y carga flotante (debido a que la carga flotante está neutralizando la auto-descarga). En baterías sumergidas, estos gases escapan y por tanto se debe agregar agua periódicamente. En baterías reguladas por válvula, Plomo-Acido (selladas), los gases hidrógeno y oxígeno se recombinan para formar agua. Adicionalmente, en baterías VRLA, el ácido está inmobilizado por una lámina de fibra de vidrio absorbente (AGM) o en un gel. La lámina es semejante al aislamiento de fibra de vidrio usando en las casas. Atrapa el hidrógeno y el oxígeno formado durante la descarga y les permite migrar en forma tal que reaccionan nuevamente para formar agua. Es por esto que el tipo VRLA nunca necesita que se agregue agua, comparado con las baterías Plomo-Acido sumergidas (húmedas, ventiladas).

Internamente la batería tiene placas positivas y negativas en forma alternada, separadas por caucho micro-poroso en las sumergidas tipo Plomo-Acido; por láminas de fibra de vidrio absorbente en las tipo VRLA; por ácido gelatinoso en baterías gel VRLA o láminas de plástico en la tipo NiCd. Todas las placas de polaridad se sueldan entre sí y al terminal apropiado. En el caso de celdas VRLA, se ejerce alguna presión a modo de sánduche entre placa-lámina-placa para mantener un buen contacto entre ellos. Existe además una válvula de alivio de presión (PRV) con auto-resellado, para ventilar los gases cuando ocurre una sobrepresurización.

Descripción General Níquel-Cadmio

El comportamiento químico en las baterías de Níquel-Cadmio es bastante similar en algunos aspectos al de las de Plomo-Acido con dos metales disímiles y un electrolito. La reacción básica en un electrolito de hidróxido de potasio (alcalino) es:



Sin embargo, en las baterías NiCd, el hidróxido de potasio (KOH) no ingresa a la reacción como lo hace el ácido sulfúrico en las baterías Plomo-Acido. La construcción es similar a la Plomo-Acido en que existen placas positivas y negativas en forma alternada sumergidas en un electrolito. Aunque son raras, pero disponibles, existen baterías Níquel-Cadmio selladas.

CONSTRUCCION Y NOMENCLATURA DE BATERIAS

Ahora que conocemos acerca del comportamiento químico de las baterías, podemos seguir con la construcción de las mismas. Otros conceptos tales como las curvas Tafel, difusión de iones, celdas equivalentes Randles, etc, no serán considerados.

Una batería tiene varios componentes que deben operar apropiadamente: Una caja para contener todas las partes y una tapa; un electrolito (ácido sulfúrico o solución de hidróxido de potasio), placas positivas y negativas, conexiones superiores soldando todas las placas de polaridad entre sí y terminales que también van conectados a terminales superiores de las placas de polaridad.

Todas las baterías tienen en número una placa negativa más que placas positivas. Esto es debido a que la placa positiva es la placa de trabajo y no existe una placa negativa en la parte externa de la última placa positiva, el lado exterior completo de la última placa positiva no tendrá un opuesto con que reaccionar y crear electricidad. De hecho, siempre existe un número impar de placas en una batería, por ejemplo, una batería modelo: 100A33 está compuesta de un total de 33 placas, de las cuales 16 son placas positivas y 17 placas negativas. En este ejemplo también, cada placa positiva está dimensionada a 100 Ah. Multiplicando 16 por 100, encontramos la capacidad nominal para un rango de 8 horas, a saber 1600 Ah. En Europa utilizan un cálculo ligeramente diferente al de las normas de Estados Unidos.

En baterías que tienen altas capacidades, existen normalmente cuatro o seis terminales. Esto es para evitar el sobrecalentamiento de los componentes conductores de corriente de la batería durante alto consumo de corriente o descargas prolongadas. Una batería Plomo-Acido es una serie de placas conectadas a cables de salida superiores que se conectan a los terminales. Si los cables de salida superiores, terminales y conectores entre-celdas no son dimensionados suficientemente para satisfacer el transporte de electrones en forma segura, entonces puede ocurrir sobrecalentamiento. (pérdidas por calentamiento i^2R) y dañar la batería y en el peor de los casos dañar los equipos electrónicos instalados debido al humo o fuego que podrían producirse.

Para evitar que las placas se toquen entre sí cortocircuitando la batería, existe un separador entre cada placa. La Figura 1 es un diagrama de una batería de cuatro terminales visto desde arriba a través de la tapa. Esta no muestra los separadores.

TIPOS DE FALLA

Tipos de falla en baterías Plomo-Acido (sumergidas)

- Corrosión de la rejilla o terminal positivo
- Formación de sedimento (desprendimiento)
- Corrosión de cables de salida superior
- Sulfatación de placas
- Sedimentación (trozos de pasta)

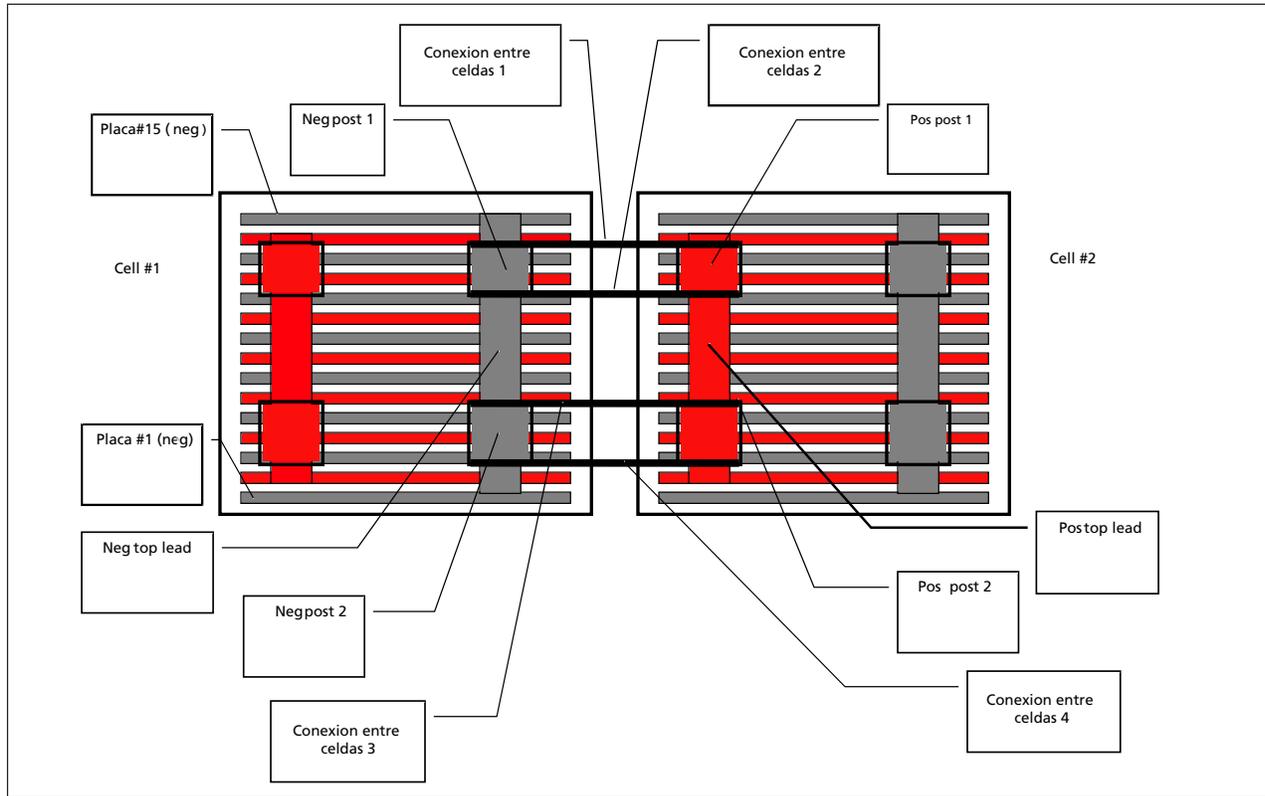


Figura 1: Diagrama de Construcción de la Batería

Cada batería tiene varios tipos de fallas, algunos de los cuales son más frecuentes que otros. En baterías Plomo-Acido sumergidas, los tipos de falla comunes son los listados anteriormente. Algunos de estos se manifiestan por sí mismos con eventos tales como la formación de sedimentos debido a un excesivo número de ciclos de operación repetitivos. Otros ocurren naturalmente tales como el crecimiento de la rejilla positiva (oxidación). Solo es cuestión de tiempo antes de que falle una batería. El mantenimiento y las condiciones ambientales pueden incrementar o disminuir el riesgo de falla prematura de la batería.

La falla más frecuente en baterías de Plomo-Acido sumergidas, es la corrosión de rejilla o terminal positivo. Estas rejillas son aleaciones de plomo (plomo-calcio, plomo-antimonio, plomo-antimonio-selenio), que se convierten a óxido de plomo con el tiempo. Puesto que el óxido de plomo es un cristal más grande que la aleación de metal de plomo, la placa crece. La tasa de crecimiento ha sido bien caracterizada y se toma en cuenta cuando se diseñan las baterías. En muchas hojas de datos de baterías, existe una especificación para holgura o espacio disponible en el fondo de la caja que permita el crecimiento de la placa de acuerdo con su vida útil nominal, por ejemplo durante 20 años.

Al final de la vida útil diseñada, las placas habrán crecido lo suficiente para expulsar la parte superior fuera de la batería. Pero, un excesivo número de ciclos operación, temperatura y sobrecarga, pueden además incrementar la velocidad de

corrosión de la rejilla positiva. La impedancia de la batería se incrementará con el tiempo y correspondientemente el incremento de la resistencia eléctrica de las rejillas para transportar la corriente. La impedancia se incrementará además conforme disminuya la capacidad, según se indica en el gráfico de la Figura 2.

La formación de sedimentos (desprendimiento) es una función del número de ciclos de operación que soporta una batería. Esto se ve más a menudo en baterías de UPS pero se puede ver también en otras. Al desprenderse trozos del material activo de las placas, estos se convierten en sulfato de plomo de color blanco. La formación de sedimentos es la segunda razón por la cual los fabricantes de baterías dejan un espacio en el fondo de las cajas, para permitir la acumulación de una cierta cantidad de sedimento antes de que estos puedan formar un corto a través de la base de las placas, haciendo por tanto inservible a la batería. Como consecuencia, la tensión flotante caerá y la magnitud de la caída de tensión dependerá de la magnitud del corto. El desprendimiento y formación de sedimentos en cantidades razonables, es un proceso normal de este tipo de baterías.

Algunos diseños de baterías incluyen placas envueltas en forma tal que el sedimento se sostiene contra la placa y no se permite que caiga al fondo. Por lo tanto, el sedimento no se forma en baterías con diseños de placas envueltas. La aplicación más común de placas envueltas es en baterías para UPS.

La corrosión de los cables de salida superiores, que es la conexión entre las placas y los terminales, es una falla difícil de detectar aún con una inspección visual, puesto que ocurre cerca de la parte superior de la batería que está cubierta por la tapa. La batería fallará seguramente debido a la alta corriente de consumo que se produce cuando se desconecta la alimentación principal de AC. El calor desarrollado durante la descarga probablemente fundirá la rajadura abierta y entonces sacará de línea todo el banco de baterías, resultando en una falla catastrófica.

La sulfatación de placa es uno de los tipos de falla más fácil de encontrar por medio de la impedancia. Una inspección visual completa puede encontrar algunas veces indicios de sulfatación de placa. La sulfatación es el proceso de convertir material activo de placa en sulfato de plomo, blanco e inactivo. Puesto que la impedancia encuentra muy bien fallas de rutas eléctricas, la sulfatación es uno de los problemas de ruta eléctrica que se encuentra fácilmente.

Finalmente, la sulfatación se debe a los ajustes bajos de tensión del cargador o recarga incompleta después de un apagón. Los sulfatos se forman cuando la tensión no se ajusta lo suficientemente alta.

Tipos de falla en baterías Plomo-Acido (VRLA)

- Secado (pérdida de compresión)
- Sulfatación de placa (explicado anteriormente)
- Corto-circuitos suaves y severos
- Fuga en terminales
- Embalamiento térmico
- Corrosión de placa positiva (ver arriba)

El secado es un fenómeno que ocurre debido a excesivo calor (falta de una ventilación apropiada); sobrecarga, que puede causar elevadas temperaturas internas; altas temperaturas en ambientes cerrados, etc. A elevadas temperaturas internas, las celdas selladas ventilarán a través del PRV. Cuando se ha ventilado suficientemente el electrolito, la lámina de fibra de vidrio ya no está más en contacto con las placas, incrementando así la impedancia interna y reduciendo la capacidad de la batería. En algunos casos, el PRV se puede sacar y agregar agua destilada (pero solamente en el escenario

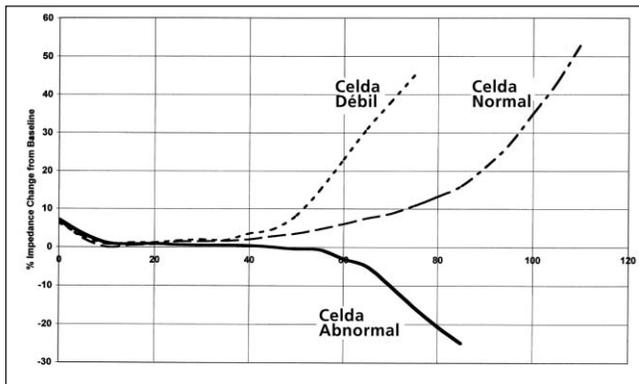


Figura 2: Cambios en impedancia como resultado de la capacidad de la batería

del peor de los casos y por parte de una empresa de servicio autorizada puesto que sacar el PRV puede anular la garantía). Este tipo de falla es detectado fácilmente midiendo la Impedancia de las baterías y es también uno de los tipos de falla más comunes de baterías VRLA.

Los cortos-circuitos suaves (dendritas) y severos se presentan por diversas razones. Los severos son provocados típicamente por trozos de pasta empujando a través de la lámina y puenteando hacia la placa adyacente (polaridad opuesta). Los cortos suaves en cambio, son provocados por descargas profundas. Cuando la gravedad específica del ácido cae demasiado bajo, el plomo se disolverá en él. Puesto que el líquido (y el plomo disuelto) están inmovilizados por la lámina de fibra de vidrio, cuando se recarga la batería, el plomo sale de la solución formando roscas de metal delgado de plomo, conocidas como dendritas dentro de la lámina. En algunos casos, las dendritas de plomo puentean a través de la lámina a la otra placa. La tensión de flotación puede caer ligeramente pero la medición de la Impedancia puede encontrar fácilmente este tipo de falla que se manifiesta como una disminución de la impedancia, al contrario del incremento típico por el secado. Ver Figura 2, Celda anormal.

El embalamiento térmico ocurre cuando los componentes internos de una batería se funden en una reacción auto-sostenida. Normalmente este fenómeno se puede predecir con anticipación de cuatro meses o en corto tiempo como dos semanas (es precisamente una de las razones porqué Megger recomienda la prueba de Impedancia para baterías VRLA cada cuatro meses versus el periodo normal de seis meses). La impedancia se incrementará antes del embalamiento térmico según lo hace la corriente de flotación. El embalamiento térmico es relativamente fácil de evitar, simplemente usando cargadores compensados por temperatura y ventilando apropiadamente el cuarto/gabinete de baterías. Los cargadores compensados por temperatura reducen la corriente de carga según se incrementa la temperatura. Recuerde que el calentamiento es una función del cuadrado de la corriente. Aún cuando el embalamiento térmico pueda evitarse con cargadores compensados por temperatura, la causa fundamental todavía está presente.

Tipos de falla en baterías Níquel-Cadmio

Las baterías Níquel-Cadmio lucen más robustas que las Plomo-Acido. Son más costosas al adquirirlas pero el costo de operación es similar a las Plomo-Acido, especialmente si se incluyen los costos de mantenimiento en la ecuación de costo. Además, los riesgos de falla catastrófica son considerablemente menores que en las baterías VRLA.

Los tipos de falla de baterías NiCd son menos que en baterías Plomo-Acido. Algunos de los más importantes son:

- Pérdida gradual de capacidad
- Carbonización
- Efectos de flotación
- Operación cíclica
- Formación de hierro de las placas positivas

La pérdida gradual de capacidad ocurre debido al proceso normal de envejecimiento. Es irreversible pero no catastrófico, no como el crecimiento de rejilla en las Plomo-Acido.

La carbonización es gradual y reversible. La carbonización es causada por la absorción de dióxido de carbono del aire dentro del electrolito de hidróxido de potasio por lo que es un proceso gradual. Sin un mantenimiento apropiado, la carbonización puede provocar que no se soporte la carga, lo cual puede ser catastrófico para el equipo soportado. Se puede revertir cambiando el electrolito.

Los efectos de flotación son la pérdida gradual de capacidad debido a largos periodos en flotación sin operación cíclica. Esto puede causar además una falla catastrófica en la carga soportada. Sin embargo, a través de mantenimiento de rutina, esto se puede evitar se detecta fácilmente por la prueba de Impedancia. Los Efectos de Flotación son reversibles operando extensamente en forma cíclica la batería una o dos veces.

Las baterías Níquel-Cadmio, con sus placas gruesas, no son muy adecuadas para aplicaciones cíclicas. Las baterías de corta duración generalmente tienen placas delgadas para una descarga más rápida debido a un área de superficie mayor. Las placas más delgadas significan más placas para un tamaño de caja y capacidad dados, y más área de superficie. Las placas gruesas (en el mismo tamaño de caja) tienen menos área de superficie.

La formación de hierro es provocado por las placas corroídas y es irreversible.

PRUEBAS DE BATERIAS Y PRACTICAS RECOMENDADAS POR IEEE

Existe un sin número de opciones de prueba de baterías que van desde no probarlas por completo hasta realizar pruebas anuales de carga, y todo lo que se pueda hacer dentro de estos dos extremos. Cómo se puede conocer cuál es el mejor esquema de pruebas? Existen varias consideraciones que deben evaluarse para determinar el mejor esquema de prueba y tienen que considerar el costo versus el riesgo.

Obviamente, no probarlas por completo es aparentemente la menos costosa si se consideran únicamente los costos de mantenimiento pero los riesgos son mayores y por lo tanto los costos finales suelen ser extremadamente altos. Costo y Riesgo son las variables que se deben considerar durante los análisis y también los riesgos asociados con el equipo que está siendo soportado por las baterías. Obviamente, el mejor esquema de prueba es el que balancea los costos de mantenimiento, con los riesgos de perder la baterías y por tanto el equipo soportado por estas. Por ejemplo, en una Subestaciones de Transmisión de energía, existen más de \$10 millones de dólares por hora circulando a través de ella. Cuál es el costo de no dar mantenimiento a los sistemas o bancos de baterías en esa Subestacion? Consecuentemente, el costo de un banco de baterías, unos \$3000 dólares, resulta ser

bastante insignificante comparado con los millones de dólares en pérdidas de facturación por salida de servicio de la subestación. Para cada empresa y situación particular deben ser evaluados individualmente los costo-riesgo del mantenimiento de baterías y la operación del Sistema.

La siguiente es una guía a los métodos de prueba que pueden ayudar a determinar el mejor esquema de pruebas. Esta sección está diseñada para estar en concordancia con las prácticas recomendadas por la IEEE y para ayudar a entender porqué se ejecutan varias pruebas y como interpretar los resultados.

Aunque una batería es considerada únicamente una fuente de tensión de DC, es mucho más que eso. De la discusión previa, es obvio que las baterías son mucho más complejas que una fuente de tensión. Existen demasiados parámetros envueltos y que deben ser probados para verificar la condición de una batería. El Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) es el responsable de promulgar prácticas de prueba de baterías. Estas prácticas son únicamente recomendaciones a seguir por parte de los fabricantes de baterías en el evento de un reclamo de garantía. Tiene por tanto bastante sentido común seguirlas, a fin de obtener lo máximo de sus activos en baterías.

Prácticas IEEE recomendadas

IEEE ha dividido la prueba de baterías estacionarias dentro de tres grupos:

- IEEE 450 para Plomo-Acido sumergidas
- IEEE 1188 para Plomo-Acido selladas
- IEEE 1106 para Níquel-Cadmio

La norma IEEE 450-2002, "IEEE Recommended Practice for Maintenance, Testing and Replacement of Vented Lead-acid Batteries for Stationary Applications" describe la frecuencia y tipo de mediciones que son necesarias tomar, para validar la condición de la batería. La frecuencia de las pruebas va desde mensualmente a anualmente. Algunas de las pruebas mensuales incluyen la medición de la tensión del conjunto, inspección de la apariencia, medición de temperatura ambiente, corriente de flotación, etc.

Las pruebas cada cuatro meses incluyen gravedad específica, tensión y temperatura de celda ($\geq 10\%$ de las celdas).

Las pruebas anuales se ejecutan en todo el sistema o banco de baterías. Adicionalmente deberá medirse la resistencia a tierra del bastidor de la batería y la resistencia de conexión entre celdas. Dependiendo de los resultados obtenidos y del trabajo al que está sometido un banco de baterías, puede ser necesario ejecutar pruebas adicionales entre los períodos de prueba descritos anteriormente para completar el historial de operación cíclica.

Matriz de Prueba de Baterías – Practicas IEEE Recomendadas

INSTRUMENTO TIPO	BITE3	BITE2P	BITE2	DLRO	DLRO10/10X	DCM24R	DCM2000P	BMM80	M5091	BGFT	BGL	Digital Hidrómetro	Visual
Impedancia	■	■	■										
Micro-Ohmmetro				■	■								
Corriente flotación/rizo						■	■						
Resistencia aislamiento								■					
Multimetro									■				
Localizadores falla tierra										■	■		
Misceláneos												■	■
PARAMETROS													
Tensión cadena									■				
Visual													■
Tensión cada celda	■	■	■						■				
Corriente y tensión salida cargador						■	■		■				
Corrosión en terminales				■	■								■
Temperatura ambiente													
Tensión y temperatura celdas piloto	■	■	■						■			■	
Corriente flotación	■					■	■						
Chequeo de puesta tierra no intencional de batería								■		■	■		
Gravedad específica y temperatura cada celda												■	
Conexión entre celdas Resistencia	■	■	■	■	■								
Integridad estructural bastidor o gabinete													■
Prueba óhmica interna	■	■	■										
Temperatura terminal negativo													
Tensión en cada celda/unidad	■	■	■						■				
Corriente y tensión rizo de CA	■					■	■		■				

IEEE 1188-1996, "IEEE Recommended Practice for Maintenance, Testing and Replacement of Valve-Regulated Lead-Acid Batteries for Stationary Applications" define las pruebas y frecuencia recomendadas para baterías VRLA. Estas baterías VRLA han sido clasificadas como de importancia crítica durante su instalación. La frecuencia y tipo de pruebas varía en base de la importancia de la batería.

IEEE 1106-1995, "IEEE Recommended Practice for Installation, Maintenance, Testing and Replacement of Vented Nickel-Cadmium Batteries for Stationary Applications" para baterías Niquel-Cadmio tiene similares prácticas recomendadas que la norma IEEE 450.

La siguiente Matriz de Pruebas Baterías recomendadas por la IEEE, puede servir como una guía para el personal técnico y como ayuda para simplificar las prácticas recomendadas.

La siguiente es una descripción de cada prueba:

Impedancia

Impedancia, una prueba óhmica interna, es medición de resistencia en términos AC. Aplicada a bancos de batería DC, la impedancia medida muestra la condición de las baterías sin dañarlas o someterlas a esfuerzos de ninguna clase. Puesto que se está probando la condición de todo el camino eléctrico ende un banco de baterías, desde una batería terminal a otra placa terminal, la prueba de Impedancia puede encontrar debilidades en celdas y uniones entre celdas en forma fácil y confiable.

Básicamente, la impedancia se determina aplicando una señal de corriente alterna, midiendo la caída de tensión AC a través de la celda o conectores entre celdas y calculando la impedancia usando la Ley de Ohm. En la práctica, no solamente se mide la caída de tensión de AC sino también la corriente alterna. La corriente alterna se mide debido a otras corrientes de AC en una batería que son aditivas (substractivas). Otras corrientes AC presentes provienen del sistema cargador de baterías. (Ver Battery Testing Methods.) La prueba se ejecuta aplicando una señal de prueba de AC a las placas terminales. Luego se mide la corriente total de AC en el sistema y la caída de tensión de cada unidad en la cadena o banco, midiendo cada batería y conector entre baterías o celdas consecutivamente hasta que se mida todo el sistema completo. La impedancia de cada batería se calcula, se muestra y se almacena así como también los otros parámetros.

Según envejecen las celdas, la impedancia interna se incrementará tal como se muestra en la Figura 2. Midiendo la impedancia, puede determinarse la condición de cada batería dentro del banco y establecer la tendencia lo que ayudará a determinar cuando reemplazar una batería en particular o todo el banco y consecuente definir los requerimientos presupuestarios.

La prueba de impedancia es una medición verdadera de cuatro hilos, tipo Kelvin, que proporciona una excelente confiabilidad de datos en los cuales basar decisiones correctas con respecto a mantenimiento y reemplazo de baterías. La medición de la impedancia es capaz de encontrar celdas débiles en forma tal que se pueda planificar y ejecutar mantenimientos adicionales no programados. Después de todo, la batería es bien que está soportando una carga crítica y el flujo de ingresos. Si una celda simple se abre, entonces la cadena completa sale de servicio y no se soporta más la carga. Por lo tanto, es importante encontrar celdas débiles antes de que causen una falla mayor.

El gráfico en la Figura 3, muestra como afecta en el valor de la Impedancia la disminución en el valor de la capacidad. Existe una estrecha correlación entre la impedancia y la capacidad en forma tal que celdas débiles son fácil y confiablemente identificadas con suficiente antelación como para tomar acciones correctivas. El gráfico muestra los datos de impedancia reorganizados en orden ascendente con la tensión final de prueba de carga correspondiente de cada celda. (La impedancia en miliohmios coincidentemente es la misma escala de la tensión, 0 a 2.5). El gráfico impedancia ascendente/tensión descendente, agrupa e identifica fácilmente las celdas débiles en el lado derecho del mismo.

Teoría de Impedancia

Una batería no es simplemente una resistencia. Existe además un componente capacitivo. Después de todo, una batería es un condensador, un aparato de almacenamiento, y las resistencias no pueden almacenar electricidad. La Figura 4 muestra un circuito eléctrico, conocido como Randles Equivalent Circuit, que describe una batería en términos simples. Se podría desear que el término capacitivo no sea necesario y que la resistencia sea la única parte que necesita medirse pero no es así.

La impedancia mide la resistencia de DC (componente real en impedancia) y la reactancia (componente imaginaria en impedancia). Únicamente midiendo ambos componentes, se puede empezar a entender el término capacitivo. Otra variable a ser considerada dentro de la medición de la Impedancia es frecuencia. Esto también se lo hace puesto que Megger considera una frecuencia fija, a saber 50 o 60 Hz dependiendo de la geografía y la frecuencia nominal del sistema. Esta variable, $2\pi\omega$, se vuelve constante y por lo tanto, la frecuencia no afecta el resultado final en ninguna manera. Las únicas partes que afectan el resultado final son las partes que varían dentro de la batería, es decir, resistencia y capacitancia, que representan el cuadro completo de capacidad/condición.

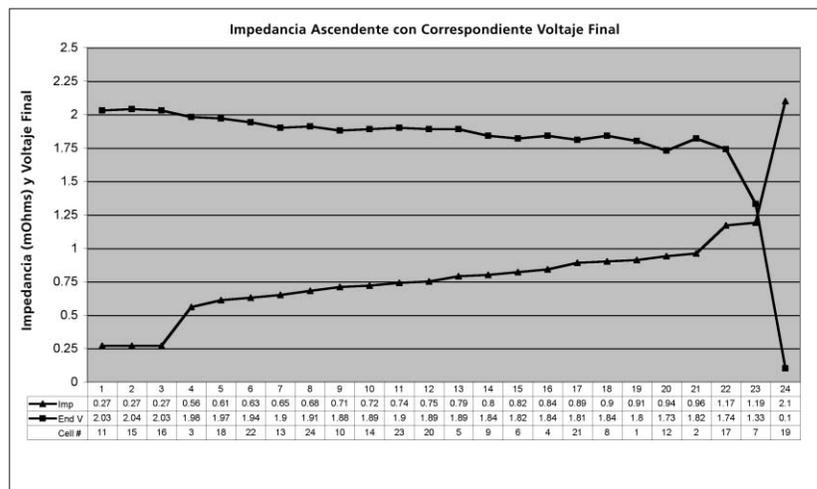


Figura 3: Impedancia ascendente con correspondiente voltaje final

En el diagrama mostrado en la Figura 4, 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 Warburg y C_{dl} es la capacitancia de la capa doble. R_m incluye todos los componentes metálicos, de terminal a terminal, es decir, terminal, cable superior de salida y rejillas y en cierto grado, la pasta. R_e es la resistencia del electrolito que no varía tanto en una base de volumen. Pero, a nivel microscópico en los poros de la pasta, puede ser significativa. R_{ct} es la resistencia del intercambio de iones del ácido a la pasta. Si la pasta está sulfatada, entonces el R_{ct} se incrementa, o si tal porción de la pasta no está mecánicamente (eléctricamente) acoplada a la rejilla de manera que los electrones no pueden circular fuera de la celda. La impedancia Warburg es esencialmente insignificante y es una función de la gravedad específica. C_{dl} es probablemente lo que tiene la contribución más importante a la capacidad de la batería. Por lo anterior si medimos únicamente la resistencia DC, la capacitancia que es una parte importante de la celda sería ignorada. La impedancia mide tanto la resistencia de DC y la capacitancia.

Una batería es compleja y tiene más de un proceso electroquímico ocurriendo en cualquier momento dado como puede ser difusión de iones, transferencia de carga, etc. La capacidad (condensador) disminuye durante una descarga debido a la conversión de material activo y agotamiento del ácido. Además, según se sulfatan las placas, la resistencia de la transferencia de carga se incrementa ya que el sulfato es menos conductor que el material activo. (ver discusión acerca de las diferencias entre el espesor de las placas en baterías de gran duración versus baterías de corta duración.)

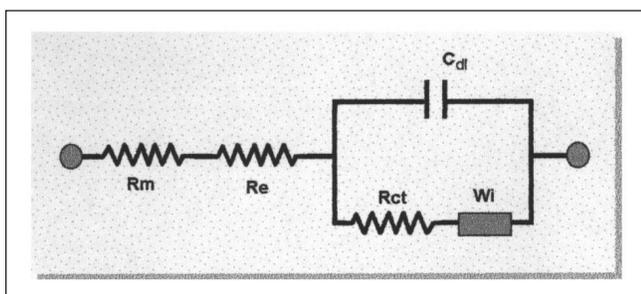


Figura 4: Circuito equivalente Randles

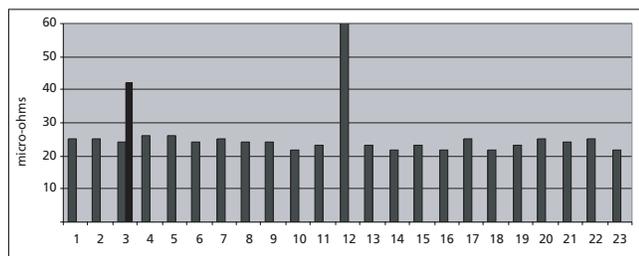


Figura 5: Gráfico de barra de la resistencia de la conexión del celadas

Resistencia de conexión entre celdas

La resistencia de conexión entre celdas es la otra mitad de la batería. Una batería está compuesta de celdas conectadas en un camino en serie. Si falla cualquiera de los componentes, la conexión de la serie se interrumpe y falla. Muchas veces fallan las baterías, no debido a celdas débiles sino debido a conexiones entre celdas débiles, especialmente en los terminales de los cables de salida que pueden deformarse. Generalmente, los herrajes se deben ajustar al extremo inferior de la escala de torque que es recomendada por el fabricante de la batería. Pero las herramientas de torque son un medio mecánico para obtener una baja resistencia eléctrica y es realmente mejor ejecutar una prueba eléctrica usando un instrumento apropiado. Lo que se desea es una resistencia eléctrica baja. Esta prueba se debe ejecutar antes de poner en servicio la batería. Son necesarias las apropiadas conexiones entre celdas para asegurar que se cumplan las tasas de descarga. El instrumento a elegir es el DLRO® o Medidor de Bajas Resistencias, que puede verificar fácilmente que todas las conexiones se han hecho apropiadamente. Esto ayuda a encontrar problemas incipientes antes de que se ponga en servicio la batería, evitando causas posibles de falla o daño al equipo soportado.

Midiendo la resistencia de conexión entre baterías, se consigue:

- Comprobar su presencia y el valor de la resistencia de conexión
- Encontrar posibles errores importantes con los cables superiores de salida de la celda

Siguiendo las IEEE Recommended Practices, se puede validar la resistencia de conexión entre celdas. Estas prácticas recomendadas especifican que la variación de la resistencia de conexión entre celdas sea menor del diez por ciento. Esto se traduce como dentro del rango de 7 micro-ohmios a 70-micro-ohmios. Este método ayuda a encontrar problemas como una arandela pegada entre el terminal y el conector entre celdas lo cual no sería posible aplicando únicamente torque mecánico. Las recomendaciones especifican también que el diez por ciento de las conexiones entre celdas debe medirse cada cuatro meses y todos los conexiones entre celdas anualmente.

En baterías de múltiples terminales, es posible encontrar con más frecuencia estos problemas que en baterías con un cable de salida superior. (ver el diagrama de batería de múltiples terminales en la Figura 1). En celdas de múltiples terminales, se deben medir ambas conexiones en un sentido y luego medir diagonalmente para chequear balance en la celda y conexiones. Midiendo únicamente en línea recta no se prueba adecuadamente la conexión entre celdas y no ayuda a encontrar defectos mayores de cables de salida superiores. Esto es debido a los circuitos paralelos para la corriente.

El gráfico de la Figura 5 muestran los datos obtenidos de una batería real para telefonía (CO) de 24 celdas. El pico en el conector #12 (celda 12 a 13) es un cable de conexión entre filas. El conector #3 estuvo fuera de especificación y se

determinó que uno de los dos pernos no tuvo el torque apropiado. Se reaplicó torque y se volvió a probar. Fianlmente el valor estuvo dentro del diez porciento del promedio de la cadena después de reaplicar torque.

Las placas negativas (placas numeradas impares #1 hasta 15) están conectadas todas a través del cable de salida superior negativo que está conectado a ambos terminales negativos. Las placas positivas (numeradas pares) están conectadas entre sí a través del cable de salida superior positivo que está conectado a ambos terminales positivos. Existen dos conectores entre celdas entre el terminal negativo 1 y el terminal positivo 1 y entre el terminal negativo 2 y el terminal positivo 2.

Mientras mayor sea el consumo de corriente, más crítico en el dimensionamiento apropiado de los componentes que conducen corriente internamente y externamente de la celda. Las baterías UPS se diseñan usualmente para una alta tasa de descarga que dura típicamente únicamente 15-20 minutos. Sin embargo, una batería de telecomunicaciones CO puede tener únicamente un consumo de 500 Amperios pero se puede descargar hasta en ocho horas. Entonces, cualquier combinación puede tener efectos desastrosos debido a celdas y conectores entre celdas inapropiadamente dimensionados y mantenidos.

Pruebas y rutas eléctricas

A fin de probar adecuadamente una celda de múltiples terminales, se debe entender su construcción. En base al diagrama de la Figura 1, puede verse que existen dos rutas paralelas para que circule la corriente de prueba. Si los cables de prueba están ubicados en el terminal negativo 1 y terminal positivo 1, las dos rutas paralelas son: 1.) Directamente del terminal negativo 1 al terminal positivo 1 a través de sus conectores entre celdas y 2.) Terminal negativo 1 baja hacia el cable de salida superior, sube hasta el terminal negativo 2 y a través de los conectores entre celdas a terminal positivo 2, baja al cable de salida superior positivo y retorna al terminal positivo 1. Las dos rutas son circuitos paralelo y por lo tanto indistinguibles. Si un perno está flojo, no hay ninguna manera de determinarlo puesto que la corriente de prueba circulará por la ruta de menor resistencia. El mejor método de medir la resistencia de conexión entre celdas es medir diagonalmente del terminal negativo 1 al terminal positivo 2 y de nuevo del terminal negativo 2 al terminal positivo 1. Comparar las dos lecturas para una mayor confianza. Reconociendo que las mediciones diagonales son todavía paralelas pero la comparación se vuelve más interesante debido a la influencia incrementada de cable superior y herrajes sueltos. Las mediciones diagonales no permiten una conexión directa de terminal a terminal. En el caso de celdas de seis terminales, medir diagonalmente a través del terminal más lejano en ambas direcciones.

Voltaje

El voltaje o tensión flotante ha sido tradicionalmente el soporte principal de cualquier procedimiento de prueba. Qué es el voltaje?. Voltaje es la diferencia de potencial, hablando eléctricamente, 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 todas las tensiones de celda debe ser igual al ajuste del cargador (excepto por las pérdidas en los cables). Esto implica que esa tensión meramente indica el estado de carga (SOC) de las celdas. No existe indicación del buen estado (SOH) de las celdas. Una tensión normal de celda no indica nada, excepto que la celda está totalmente cargada. Una tensión anormal de celda, sin embargo, indica algo acerca de la condición de la misma. Una tensión baja de celda puede indicar una celda en corto pero únicamente cuando la tensión cae finalmente a cerca de 2.03. Si una celda tien un voltaje bajo, entonces las otras celdas deben estar más altas en tensión debido al ajuste del cargador. Recuerde que la suma de todas las tensiones de celda deben ser igual al ajuste del cargador. Estas baterías que tienen una tensión mayor, están neutralizando la batería con tensión baja y, hablando en forma general, las celdas más altas están en mejor condición debido a que pueden tolerar la tensión más alta. Pero estas celdas están siendo sobrecargadas lo cual las sobre calienta y acelera la corrosión de rejilla y pérdida de agua.

Pensemos por un momento que la tensión de la celda no llega todavía de 2.03V, sino que está en 2.13 V. Una tensión de 2.13 V no es lo suficientemente baja para señalar una preocupación pero es degradante. La batería podría ser o no capaz de soportar la carga durante un apagón. La prueba de la Impedancia es capaz de encontrar esa celda débil más rápido que la tensión. En este caso, la impedancia de la batería disminuirá puesto que es un cortocircuito inminente.

Un ejemplo similar se puede encontrar en VRLA cuando se produce secado o pérdida de compresión. Únicamente midiendo la tensión no se encontrará esta condición hasta que haya avanzado bastante, acortado la vida útil de la batería, y sea demasiado tarde. La prueba de impedancia encuentra esta condición más temprano en forma tal que se pueden tomar acciones correctivas.

Por lo anterior no confundir los términos de batería totalmente cargada con capacidad plena.

Gravedad Específica

La gravedad específica es la medida del sulfato en el ácido de una batería Plomo-Acido. Es además la medida del electrolito hidróxido de potasio en baterías Níquel-Cadmio pero como el electrolito hidróxido de potasio no se usa en la reacción química, no es necesario medirlo periódicamente.

La gravedad específica tradicionalmente no ha proporcionado mucha información en la determinación de la falla inminente de la batería. De hecho, cambia muy poco después de los 3

Gravedades específicas y sus aplicaciones

Gravedad Específica	Por Ciento de ácido	Aplicación
1.170	25	Tropical inmóvil
1.215	30	uniforme inmóvil
1.250	35	UPS/tasa alta
1.280	38	Automotor
1.300	40	VRLA inmóvil
1.320	42	Energía motiva
1.400	50	Torpedo

a 6 meses iniciales de la vida de la batería. Este cambio inicial se debe a la culminación del proceso de formación, que convierte el material de pasta inactivo en material activo por la reacción con ácido sulfúrico. Una baja gravedad específica puede significar que la tensión del cargador está ajustada demasiado baja, provocando que ocurra la sulfatación de placa.

En una batería Plomo-Acido, el sulfato es un sistema cerrado en el cual el sulfato debe estar ya sea en las placas o en el ácido. Si la batería está completamente cargada, entonces el sulfato debe estar en el ácido. Si la batería está descargada, el sulfato está en las placas. El resultado final es que la gravedad específica es un espejo de la tensión y por lo tanto del estado de carga. Las lecturas de gravedad específica deben tomarse cuando las cosas están algo mal en la batería para obtener tanta información de la misma como sea posible.

Las diferentes aplicaciones de las batería se relacionan con la geografía del lugar a instalarse, temperatura, gravedad específica, etc. Seguidamente se describen estas variables relacionando gravedad específica, por ciento de ácido y geografía.

Corrientes

Corriente de flotación

Otra componente del triángulo en la Ley de Ohm es la corriente. La tensión del cargador se usa para mantener una batería cargada pero la tensión es realmente el vehículo para llevar corriente a la batería (o sacar durante la descarga). Es la corriente la que convierte el sulfato de plomo en material activo en las rejillas.

Existen dos tipos de corriente de DC en una batería: Corriente de recarga que es la corriente aplicada para recargar una batería después de una descarga y corriente de flotación que es la corriente usada para mantener una batería en estado totalmente cargada. Si existe una diferencia entre el ajuste del cargador y la tensión de la batería, esa diferencia provocará la circulación de una corriente. Cuando la batería está completamente cargada¹, la única corriente circulando es la corriente de flotación que neutraliza la auto-descarga de la batería (<1% por semana). Puesto que el diferencial de tensión entre el cargador y la batería es pequeño, la corriente de flotación es pequeña. Cuando existe una gran diferencia

de tensión, tal como ocurre después de una descarga, la corriente es alta y está limitada por el cargador hasta que la diferencia de tensión disminuya. Cuando la corriente está en la parte plana de la curva del siguiente gráfico, esto se denomina límite de corriente. Cuando la diferencia de potencial disminuye, la corriente de carga se reduce como lo muestra la curva descendiente de la corriente de carga en la Figura 6. El voltaje de carga es el voltaje de la batería, no del ajuste del cargador que es porque se está incrementando.

La corriente de flotación variá con el tamaño de la batería. Mientras más grande la misma, tomará más corriente de flotación para mantenerla totalmente cargada. La corriente de flotación se puede incrementar por un par de razones: Fallas a tierra en los sistemas de baterías flotantes y fallas internas de la batería. Las fallas a tierra se discuten más adelante. Conforme aumenta la impedancia interna de una batería, se requiere una mayor corriente para pasar a través de esa mayor impedancia. El incremento de la corriente de flotación puede ser un indicador de fallas en la batería. En lugar de medir la corriente de flotación, muchas de las mismas condiciones se encuentran con la prueba de impedancia.

En baterías VRLA, la corriente de flotación^{2,3} parece ser un indicador de problemas en la batería, a saber embalamiento térmico. El embalamiento térmico es el resultado de un problema en la batería, no la causa. Algunas de las causas que pueden conducir al embalamiento térmico son celdas cortocircuitadas, fallas a tierra, secado, carga excesiva e insuficiente liberación de calor. Este proceso puede ocurrir cualquier momento entre dos semanas y cuatro meses una vez que la corriente de flotación empieza su incremento. Midiendo la corriente de flotación puede ser posible evitar fallas catastróficas de la batería y daño a equipo conectado y cercano. La prueba de impedancia encontrará muchos de estos mismos problemas.

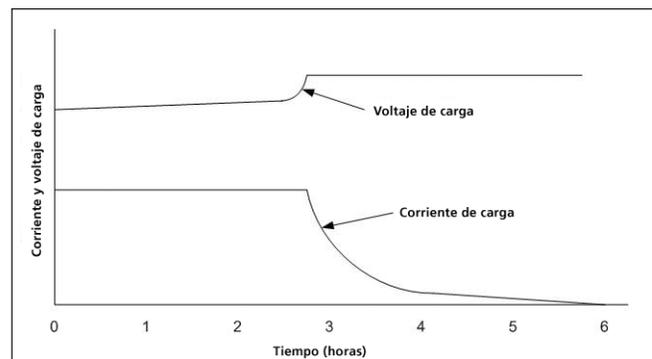


Figura 6: Carza Característica, Voltage Constante, Corriente Constante

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

Corriente de rizo o Ripple

Las baterías por ser aparatos DC deberían preferir alimentarse de fuentes DC. La función del cargador de baterías es convertir el voltaje AC en voltaje DC pero ningún cargador es 100% eficiente. Frecuentemente, se agregan filtros a los cargadores para remover la componente AC de la salida DC. La componente AC presente en la componente DC se conoce como corriente de rizo o corriente de Ripple. Los fabricantes de baterías han establecido que más de alrededor de 5 A rms de Ripple por cada 100 Ah de capacidad de la batería puede producir una falla prematura de la misma debido a calentamiento interno. La tensión o voltaje de Ripple no es una preocupación puesto que es el efecto del calentamiento de la corriente de Ripple el que daña las baterías. Un valor de 5% de corriente de Ripple es un estimado aproximado y depende además de la temperatura ambiente. La corriente de Ripple se puede incrementar lentamente según envejecen los componentes electrónicos en el cargador. Además si un diodo se daña, la corriente de Ripple se puede incrementar más dramáticamente conduciendo al calentamiento y muerte prematura sin que nadie lo sepa. Aunque para la prueba de Impedancia no se necesita medir la corriente de Ripple, los equipos de prueba de Megger están diseñados para medir esta corriente.

Existe una evidencia anecdótica⁴ de que el Ripple de baja frecuencia (<10Hz) puede cargar y descargar una batería en una micro escala. Es necesario investigar más para probar esta hipótesis. Una excesiva operación cíclica puede conducir a muerte prematura de una batería indiferente de las razones para la operación cíclica, sean ellas apagones, pruebas o micro operaciones cíclicas. Una cosa es verdad: Mientras más baja es la componente AC de la corriente en el sistema de baterías, menor es el daño que pueda ocurrir. Las baterías VRLA parecen ser más sensitivas a corriente de rizo que sus contrapartes sumergidas. Es recomendable por tanto que sus cargadores incluyan filtros para corriente/tensión de Ripple.

Temperatura

La temperatura es el factor de mayor incidencia que acorta la vida de una batería. Aplicando las conclusiones de Arrhenius sobre las reacciones químicas se tiene que, por cada 18° F (10° C) de incremento en la temperatura de la batería, la vida de la batería se divide a la mitad. El incremento de la temperatura provoca una corrosión de la rejilla positiva más rápidamente así como también otros tipos de falla. Manteniendo una batería Plomo-Acido a una temperatura de 95° F (35° C) en lugar de la temperatura de operación designada de 77° F (25° C), una batería con una vida útil de 20 años durará únicamente 10 años. Una batería con vida útil de 10 años durará 5 y así sucesivamente. Con un incremento de temperatura de otros 18° F a 113° F (45° C), una batería de 20 años durará únicamente 5 años!

Una batería raramente mantiene una cierta temperatura durante toda su vida. Un escenario más realista es que una

batería se caliente durante el día y se enfríe en la noche con altas temperaturas promedio en el verano y bajas temperaturas promedio en el invierno. Desafortunadamente, el enfriar la batería por debajo de 77° F (25° C) esta no recupera la vida que se perdió. Una vez que se corroe la rejilla positiva, no se puede reconvertir nuevamente. Además, la corrosión de rejilla positiva ocurre a todas las temperaturas, es meramente un asunto de velocidad de la tasa de corrosión. Como conclusión final, se debe controlar lo mejor posible, (de nuevo costo versus riesgo), la temperatura de las baterías en la red.

Prueba de descarga

Una analogía que se usa frecuentemente para entender el efecto de la prueba de descarga, sea esta intencional o no, es compararla con una barra de pan. Una barra de pan esta formada por varias rodajas de pan. Igual similitud se puede aplicar para las baterías de Plomo-Acido. Aquí es donde entra en acción el tipo de aleación de plomo al escenario de pruebas. Existen tres principales aleaciones usadas en las baterías Plomo-Acido. Cada una tiene sus beneficios. El Plomo-Calcio (Pb-Ca) usa mucho menos corriente para mantenerse cargada lo cual significa también que existe mucho menos uso de agua. Está diseñada para aplicaciones de flotación; pero no puede operar bien en forma cíclica en absoluto. De hecho, de acuerdo a las hojas de garantía de varios fabricantes, una batería Pb-Ca puede tolerar únicamente alrededor de 30 a 50 descargas profundas durante su vida útil. Esto significa que una batería Pb-Ca puede soportar pruebas de descarga anuales durante toda su vida útil de 20 años. Las baterías Plomo-Antimonio (Pb-Sb) y Plomo-Antimonio-Selenio (Pb-Sb-Se) pueden tolerar un mayor número de ciclos pero ellas necesitan también que se agregue agua más a menudo.

La manera apropiada de ejecutar la prueba de descarga de una batería es costosa y consume tiempo. Puesto que la batería principal va a ser descargada, se debe disponer de una segunda batería que reemplaze a la primera mientras se ejecuta la prueba. Todos los cables del banco de pruebas necesitan conectarse a cada celda para medir las tensiones de celda. La prueba de carga se ejecuta típicamente durante ocho horas o más. Luego la batería se recarga durante cerca de tres días hasta plena carga. Después de esto se puede retirar la segunda batería. El proceso entero puede tomar cuatro días con sobretiempos y a un gran costo. El beneficio de la prueba de descarga es de hecho una medición precisa de la capacidad de la batería y es el único método probado de medir la capacidad de la misma.

Algunas veces se ejecuta una prueba de descarga rápida para ahorrar tiempo y dinero, pero a qué corriente y durante cuánto tiempo?. Si se ejecuta una prueba rápida durante 30 minutos pero a una tasa de ocho horas entonces se obtiene muy poca información según muestra la Figura 7.

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

Pero, si la prueba de carga de 30 minutos se ejecuta a la tasa de 30 minutos, se obtiene mucha información acerca de la capacidad de la batería. Esto no es perfecto debido a que existen diferencias en el comportamiento a diferentes tasas, razón por la cual existen baterías de corta duración y de larga duración. Aunque esta prueba no es perfecta, es mucho mejor que no realizar ninguna prueba completa. Se genera mucho más calor a altas tasas que a bajas tasas debido al calentamiento i^2R . (Asegúrese de que todas las conexiones entre celdas están hechas apropiadamente en forma tal que no ocurran problemas evitables que causen un severo mal funcionamiento durante la prueba de carga).

La termografía infrarroja es una excelente herramienta para determinar si existen y donde se localizan conexiones débiles. Obviamente esto se justifica únicamente bajo una carga que es suficiente grande como para causar calentamiento. Las cámaras infrarojas pueden ser costosas pero su uso va más allá de probar baterías hacia muchas otras áreas de mantenimiento. Megger recomienda su uso durante una prueba de carga.

Las pruebas de descarga son una parte importante y requerida de cualquier programa de pruebas de baterías pero los costos deben compararse con los riesgos. La frecuencia de la prueba de carga es realmente el punto a discutir, y no si se ejecutan o no las pruebas de descarga. IEEE Recommended Practices especifica la frecuencia pero generalmente cada cierto período de años (de 3 a 5 años) es un buen lapso. La aleación de la batería empieza a jugar un rol aquí así como el aspecto crítico del sitio. Entre pruebas de

carga, la impedancia es una excelente herramienta para evaluar la condición de las baterías sin agregar ningún riesgo al programa de pruebas. Además, se recomienda que una prueba de impedancia sea ejecutada antes de cualquier prueba de carga para mejorar la correlación entre capacidad e impedancia.

CONFIGURACIONES DE BATERIA

Las baterías vienen en varias configuraciones. Si se consideran además los variados arreglos que se pueden hacer, el número de configuraciones posibles es infinito. Por supuesto la tensión juega la mayor parte en una configuración de batería. Las baterías tienen múltiples terminales para suministro de corrientes altas. Mientras más corriente se necesite de una batería, las conexiones deben ser mayores. Eso incluye terminales, conectores entre celdas, barras y cables.

Baterías de un terminal

Los sistemas pequeños de baterías son usualmente los más simples y fáciles de mantener. Usualmente tienen un solo terminal conectado con conectores sólidos entre celdas. Frecuentemente son bastante accesibles pero debido a que son pequeños y se pueden instalar en un espacio pequeño también, ocasionalmente ellos pueden ser bastante inaccesibles para prueba y mantenimiento.

Baterías de múltiple terminales

Las baterías con múltiple terminales por polaridad se están volviendo interesantes rápidamente. Son usualmente más grandes y frecuentemente son más críticas.

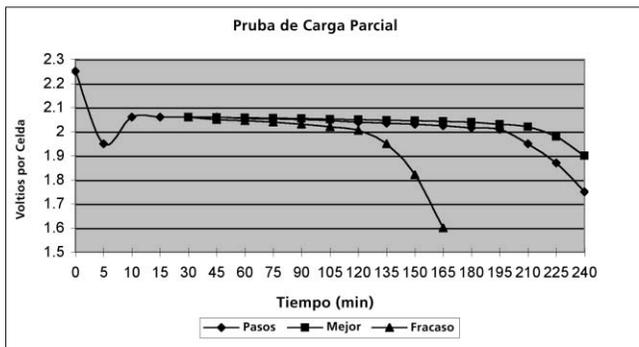


Figura 7: Gráfico prueba de carga parcial

ANALISIS DE DATOS

La esencia de cualquier metodología de prueba es como interpretar los datos para que todos tengan algún sentido. Lo mismo ocurre con las pruebas de baterías. Si los datos tienen que ser manuscritos y archivados o si se revisa un reporte impreso de un instrumento y luego se archiva, entonces no existe un análisis útil, excepto si existe una emergencia en ese mismo momento. El valor real en la prueba de baterías reside en analizar la tendencia de los datos y determinar si los problemas son inminentes o un poco más lejanos. La tendencia de los datos de baterías y especialmente de impedancia, son una herramienta excelente para planificaciones de mantenimiento y presupuestaria. Observando como se degradan las baterías con el tiempo, se puede tomar una decisión de cuando reemplazarlas. Con el análisis de las tendencias, los reemplazos de emergencia disminuyen dramáticamente.

La primera vez que se prueba una batería puede causar preocupación debido a que no existe una línea base o valor referencial. En estos casos, es bueno comparar cada celda contra todas las celdas en la cadena. Las celdas débiles siempre se destacan. Son por tanto estas celdas que requieren una mayor investigación. La tabla de la izquierda proporciona una referencia dependiendo del tiempo de prueba de las baterías.

	Prueba Simple	Tendencia	
	% Deviación del Promedio	% Cambio en Celdas Desde Última Prueba	% Cambio en Celdas Total
Plomo-Acido, Sumergidas	5	2	20
Plomo-Acido, VRLA, AGM	10	3	50
Plomo-Acido, VRLA, Gel	10	3	50
NiCd, Sumergidas	15	10	100
NiCd, Selladas	15	5	80

RESUMEN DE TECNOLOGIAS DE BATERIAS

Como puede verse, existen muchas variables involucradas con las baterías. Por tanto este es un complejo aparato electro-químico. Existe mucha más información disponible que entra más en los detalles de las curvas de Tafel y despolarización pero que está más allá de este alcance. Esencialmente, las baterías requieren mantenimiento y cuidado para obtener lo máximo de ellas y es la razón principal para que la gente gaste tanto en baterías — para soportar equipo más costoso y para asegurar flujo continuos de ingresos.

UBICANDO FALLAS A TIERRA EN SISTEMAS DE DC SIN SECCIONALIZAR

Descripción general

El objetivo principal de un sistema de batería es proporcionar potencia de respaldo y emergencia para operar aparatos industriales, de usuarios, comerciales o de protección. Algunos de estos aparatos incluyen unidades de iluminación de emergencia, fuentes ininterrumpibles de potencia, sistemas de procesos continuos, controles de operación, componentes de tableros y relés de protección.

En situaciones de emergencia, es esencial que estos aparatos estén en condiciones apropiadas de operación. La falla en un sistema de DC o una batería, puede resultar en una falla operacional de los aparatos conectados al sistema. La falla del sistema a su vez conduce a pérdidas de facturación, daños en equipo y/o personal lastimado.

Es una situación común para un sistema de DC de flotación, desarrollar puestas a tierra dentro de él. Cuando un sistema de baterías está parcialmente o completamente puesto a tierra, se forma un cortocircuito a través de la batería y consecuentemente puede provocar la no operación oportuna del aparato de protección.

Métodos de prueba de corriente

Tradicionalmente las empresas de servicio público y complejos industriales han recorrido grandes distancias para encontrar fallas a tierra dentro de sus sistemas de baterías. Sin embargo, ubicar estas puestas a tierra de baterías ha probado ser un proceso muy evasivo y consumidor de tiempo. El método actual de ubicación de falla a tierra involucra seccionalizar o interrumpir ramales de DC para aislar la falla a tierra. El seccionalizar desactiva la protección del sistema y ha sido conocido que provoca disparos inadvertidos de línea y de generador. Por esta razón, muchas empresas de servicio público han eliminado el seccionalizar. Hasta más recientemente, este fue el único método disponible para ubicar fallas a tierra.

Un mejor método de prueba

Los desarrollos han conducido a un mejor método de prueba; inyectar una señal de AC de baja frecuencia y usar la señal de AC para ubicar la puesta a tierra en el sistema de DC. Este método se puede ejecutar sin seccionalizar el sistema de DC y reduce el tiempo de ubicación de falla de días a horas. Adicionalmente, permite que el sistema de protección esté presente todo el tiempo.

El método de inyección de AC mide fallas a tierra simples o múltiples, inyectando primero una señal de baja frecuencia, 20 Hz entre la puesta a tierra de la subestación y el sistema de baterías. Seguidamente se mide la corriente resultante usando un transformador de corriente tipo gancho. A partir de esto, se puede calcular el valor de resistencia usando la componente en fase de la corriente circulante, rechazando así el efecto de cargas capacitivas. Por lo tanto, si la señal es inyectada en el terminal de la batería y el TC tipo gancho es conectado al cable de salida, el instrumento medirá la resistencia a tierra total presente en el sistema de baterías. Si el TC es enganchado en un alimentador, entonces el instrumento medirá la resistencia a tierra en ese alimentador. Las fallas se pueden localizar fácilmente, indiferente del número de paneles de distribución o circuitos debido a que el "localizador" está siguiendo la dirección de la señal de AC. La integridad del sistema se mantiene debido a que esta es una prueba de AC en línea y está diseñada para evitar disparos del sistema.

Después de la inyección de una forma de onda de baja frecuencia de AC, una falla resistiva en un ramal del sistema de baterías será definida por un valor de baja resistencia. Por ejemplo, si la resistencia total de un sistema de batería indica 10 k Ω , esto podría indicar una falla resistiva en el sistema de baterías. La falla resistiva puede localizarse enganchando cada circuito individual hasta que se encuentre un valor resistivo de 10 k Ω .

Este método de prueba se puede adaptar fácilmente para ubicar fallas múltiples usando la teoría de rutas paralelas. Por ejemplo, si la resistencia total del sistema indica 1 k Ω , y un ramal individual indica una falla resistiva de 10 k Ω , fácilmente se puede deducir que el sistema tiene una segunda falla a tierra debido a que la resistencia total del sistema y la resistencia del ramal no coinciden. Usando el método de inyección de AC, las fallas a tierra en sistemas de DC no aterrizados se pueden determinar fácilmente, directamente y forma segura.

PREGUNTAS FRECUENTES

Qué me dice la tensión de flotación de una celda?

La tensión de flotación indica que el cargador está operando, esto es, en estado de carga. No indica el buen estado (condición) de la batería. Indica que la celda está totalmente cargada pero no hay que confundir totalmente cargada con capacidad plena. Ocurre a menudo que la tensión de flotación está dentro de límites aceptables y la batería falla. Una tensión de flotación baja puede indicar que existe un corto en la celda. Esto es evidente para una tensión de flotación de cerca de 2.06 o menos para baterías de Plomo-Acido (si el cargador está ajustado para 2.17 V por celda)

En algunos casos, una celda flota considerablemente más alta que el promedio. Esto puede ser causado por la alta tensión de flotación de una celda que está compensando a otra celda que está débil y está flotando bajo. Es posible que una celda flote más alto para compensar varias celdas flotando un poco más bajo. El total de todas las tensiones de celdas debe igualar al ajuste del cargador.

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

IEEE Recommended (Maintenance) Practices cubren los tres principales tipos de baterías: Plomo-Acido sumergidas (IEEE 450), Plomo-Acido reguladas por válvula (IEEE 1188) y Níquel-Cadmio (IEEE 1106). Hablando generalmente, el mantenimiento es esencial para asegurar un adecuado tiempo de respaldo. Existen niveles diferentes de mantenimiento e intervalos variables de mantenimiento que dependen del tipo de batería, importancia crítica del sitio y condiciones del sitio. Por ejemplo, si un sitio tiene una elevada temperatura ambiente, entonces las baterías envejecerán más rápidamente implicando visitas más frecuentes de mantenimiento u reemplazos más frecuentes de baterías.

Cuán importante es la resistencia de la conexión entre celdas?

La experiencia muestra que muchas fallas de baterías se deben a conexiones flojas entre celdas, estas se calientan, se funden y se abren y dan lugar a la falla de las baterías. Si una celda está débil o un conector entre celdas está flojo se puede decir que una manzana mala estropea todo el montón. Cuando las baterías Plomo-Acido son operadas frecuentemente en forma cíclica, el terminal negativo puede deformarse, aflojándose la conexión.

La secuencia apropiada de medir baterías de múltiples terminales es crítica. No todos los instrumentos proporcionan resistencias de conexión entre celdas válidas debido a sus métodos de prueba. Los instrumentos Megger proporcionan datos válidos.

Cuéles son algunos modos comunes de falla?

El modo de falla depende del tipo de batería, condiciones del sitio, sistema soportado entre otros parámetros. Refiérase por favor al resumen en las páginas 2-4 para el "Failure Modes Application Note" que se puede encontrar en el sitio web de Megger (www.megger.com).

Cuán a menudo se pueden tomar lecturas de Impedancia?

La frecuencia de las lecturas de Impedancia varía con el tipo de batería, condiciones del sitio y prácticas previas de mantenimiento. IEEE Recommended Practices sugiere pruebas semianuales. En base a esto, Megger recomienda que las baterías VRLA sean medidas cada cuatro meses debido a su naturaleza impredecible y cada seis meses para el caso de baterías NiCd y Plomo-Acido sumergidas.

En que punto debe parar el cambio de celdas y reemplazar las baterías por completo?

En cadenas cortas (menos que 40 celdas/banco), las baterías pueden reemplazarse cuando tres a cinco unidades han sido reemplazadas. En cadenas largas, el criterio es un porcentaje similar de las reemplazadas.

Cómo puedo predecir cuando necesito cambiar una la batería completa?

Aunque no existe una correlación matemática perfecta entre la capacidad de la batería y la impedancia (o cualquier otra prueba de batería excepto una prueba de carga), la magnitud del incremento en impedancia es un indicador poderoso de la condición de la batería. Megger ha encontrado que un 20 por ciento de incremento en la impedancia para baterías Plomo-Acido sumergidas se correlaciona generalmente al 80% de la capacidad de la batería. En VRLA, este incremento es cercano al 50% de la impedancia inicial de la batería o de los valores de línea base del fabricante.

Aceptan los fabricantes de baterías la prueba de Impedancia para propósitos de garantía?

Muchos fabricantes publican ahora valores de impedancia para establecer líneas base. Varias organizaciones grandes que adquieren muchas baterías por año, han escrito incrementos en porcentaje de impedancia dentro de sus especificaciones de compra de baterías para propósitos de garantía y reemplazo.

DESCRIPCION GENERAL DE PRODUCTOS MEGGER

Megger ofrece soluciones para asegurar el comportamiento del sistema con su línea completa de Equipo de Prueba de Baterías, medidores de Bajas Resistencias y Micro-Ohmímetros, Probadores de Aislamiento y Multímetros.

Una descripción general de los productos disponibles se describe a continuación. Para más información en éstos y muchos otros productos de Megger, contáctenos por favor al (214) 333-3201. Visite nuestro sitio web www.megger.com para las más recientes noticias, productos e información de servicio.

Equipo de Prueba de Baterías

Indiferente de si está probando celdas Plomo-Acido sumergidas, VRLA o Ni-Cd, Megger tienen el equipo correcto para sus requerimientos de mantenimiento de baterías. Los productos y accesorios asociados proporcionan datos significativos sobre la condición de la batería sin gastos significantes o cualquier reducción en la capacidad remanente de la batería.

La interrupción en servicio puede provocar desastres en el equipo soportado e instalaciones. Consecuentemente, un sistema de potencia de respaldo confiable es crítico, en forma tal que cuando falle el sistema principal de AC, se puedan evitar costosas interrupciones de servicio. La prueba de impedancia de batería ayuda a identificar celdas débiles antes de que causen problemas.

El retirar la batería de línea para pruebas consume tiempo y agrega riesgos al proceso. Este proceso es innecesario con las capacidades de prueba en línea de la familia Megger de productos de prueba de baterías. Los instrumentos altamente repetibles ayudan a reducir el tiempo de parada.

NUEVO BITE® 3

- Determina la condición de baterías Plomo-Acido de hasta 2000 Ah
- Prueba en línea con cálculos Pasa/Advertencia/Falla
- Mide impedancia, resistencia de conexión entre celdas, tensión de celda
- Sistema operativo Windows CE® con más de 16 MB de memoria
- Mide corrientes de flotación y de rizo



El BITE 3 es un instrumento compacto, operado a batería, con poderosas herramientas de análisis de datos incorporadas. Es el primer instrumento en su clase en que el ProActiv puede descargar todos los datos previos para proporcionar el mejor análisis de datos en sitio como ningún instrumento de su clase. Los menús son

fáciles de navegar con una pantalla LDC brillante, retro iluminada. El despliegue de datos incluye el arreglo numérico normal pero adiciona dos despliegues gráficos para ayudar a analizar celdas débiles.

BITE® 2 y BITE® 2P

- Determina la condición de baterías Plomo-Acido y Níquel-Cadmio de hasta 7000 Ah
- Indicaciones Pasa/Advertencia/Falla
- Prueba en línea
- Instrumento robusto, confiable
- Impresora incorporada (BITE 2P)

Los equipos de Prueba de Impedancia BITE 2 y BITE 2P operan aplicando una corriente de prueba a través de la cadena de batería mientras está en línea, midiendo entonces la impedancia, tensión de celda y resistencia de conexión entre celdas. Mide también la corriente de rizo que indica la condición del cargador. El instrumento ayuda a evaluar la condición de la cadena completa de placa terminal a placa terminal e inclusive del cargador.



BITE 2P



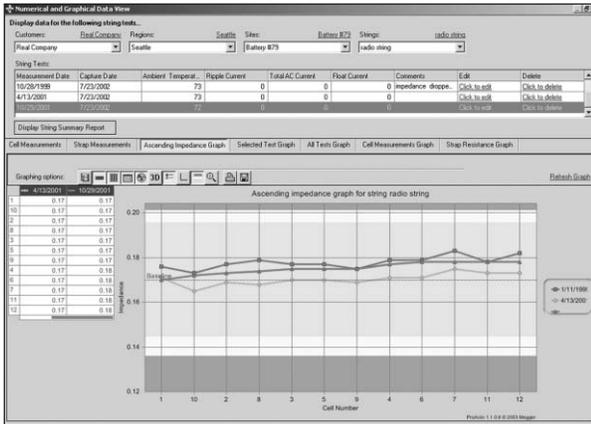
BITE 2

NUEVO Software de Gestión de Bases de Datos de Baterías ProActiv

- Organiza y gestiona los datos de baterías
- Ejecuta análisis de tendencias
- Ayuda al usuario para administrar múltiples baterías
- Imprime reportes básicos

El primero en su clase, ProActiv es un software nuevo, poderoso, fácil de usar, de gestión de bases de datos de baterías, diseñado para analizar cada batería individual en un sistema de baterías.

La prueba de baterías es crucial para asegurar que un sistema de baterías proporcione potencia de reserva y de emergencia para operar aparatos como alumbrado de emergencia, sistemas UPS, controles de operación, componentes de tableros, relés de protección y sistemas de procesos continuos. La falla de un sistema de baterías dentro de ambientes tales como empresas de servicio público, hospitales o plantas de fabricación puede resultar en fallas operacionales de los aparatos conectados a él. ProActiv ayuda al usuario a evitar fallas de baterías, presupuesta para futuras cadenas de baterías y reemplazos de celdas y planifica el cambio de baterías de una manera ordenada.



ProActiv usa un formato estándar de base de datos MS Access. Esto permite al usuario organizar y administrar datos de baterías tales como tensiones, impedancia, resistencia de conexión entre celdas, corriente de rizo, gravedad específica, termografías IR y más.

Accesorios BITE®

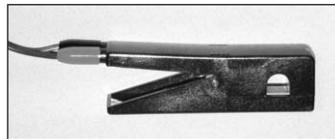
- Mejoran la capacidad de la línea BITE
- Línea completa de accesorios
- Diseñada para situaciones únicas
- Magnífico para instalaciones no estándar

Megger ofrece una línea completa de accesorios para mejorar las capacidades de la línea de productos BITE. Muchos se muestran en el enlace a la Hoja de Datos de arriba, pero existen muchos más incluyendo cables de extensión, derivaciones de calibración, etc. Aunque tenemos muchos accesorios, estamos evaluando continuamente productos adicionales según se despierte interés.

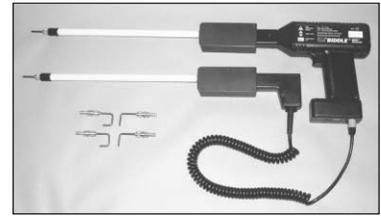
- RopeCT™ es un transmisor de corriente flexible, altamente preciso para medir flujo de corriente en sistemas grandes de baterías. Se suministra en dos longitudes: 24" (60 cm) y 36" (90 cm) por 8" (20 cm) y 12" de diámetro, respectivamente. Está diseñado específicamente para los instrumentos BITE 2, BITE 2P y EBITE.



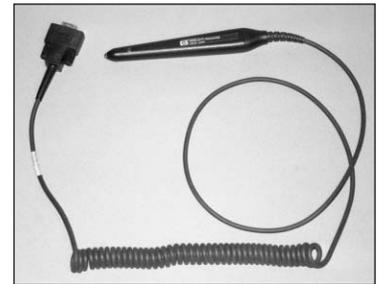
- Mini-CTs para medir corriente en cables de pequeño diámetro y en un cable simple incluido en un manajo.



- Las extensiones de prueba se pueden instalar en los Receptores y probadores de los instrumentos BITE 3, BITE 2, BITE 2P, MBITE y EBITE. Son ideales para la medición de baterías en gabinetes y sitios difíciles de acceder. Con estas extensiones de prueba, las baterías no necesitan ser sacadas de línea para hacer mediciones — un aparato en tiempo real y ahorrador de costos.



- Lector óptico de código de barras es para ingresar la información de cabecera tal como ubicación, iniciales del operador y temperatura de la habitación. Esta información se convierte en parte permanente de la información de la cadena y es descargable con cada prueba.



- Hidrómetro digital mide la gravedad específica y temperatura para cada celda y calcula una gravedad específica ajustada por temperatura para ahorrar tiempo — todo en un aparato manual. Puede almacenar hasta 256 celdas por cadena en hasta ocho cadenas. No se necesita preocupar acerca de parallax o escribir manualmente datos en hojas, etc. Es mucho más seguro que los hidrómetros de bulbo y sin ningún derrame de ácido de limpiar.



EQUIPO LOCALIZADOR DE FALLAS A TIERRA

Existen dos instrumentos para ubicación de fallas a tierra de Fallas a Tierra en el sistema de Baterías: el modelo BGFT y el modelo BGL. El modelo BGFT tiene una superior eliminación de ruido mientras que el BGL tienen un puente automático para diferenciar entre alta capacitancia y baja resistencia. La siguiente es una descripción breve de cada instrumento.

Localizador de Fallas a Tierra de Batería - BGFT

- Ubica fácilmente fallas a tierra en sistemas de baterías de DC no aterrizadas
- Opera en ambientes de alto ruido eléctrico
- Simplifica el trazado de fallas identificando las magnitudes características de falla (resistiva y capacitiva)

Este es un instrumento económico, balanceado manualmente, que identifica, localiza y ubica fallas a tierra en sistemas de baterías de DC no aterrizadas - en-línea. Es particularmente efectivo en ambientes de alto ruido eléctrico, puesto que la potencia de la corriente de prueba se puede ajustar en hasta 80W. El BGFT es particularmente útil en cualquier industria donde el suministro de potencia para medición de equipos de operación, medición, comunicación y control es crítico.

El Localizador de Fallas a Tierra de Baterías acelera la ubicación de fallas eliminando los procedimientos de intento-y-error y debido a que las fallas se pueden ubicar sin salir de línea. Es operado por la línea y tiene un puente manual. El puente manual se usa para diferenciar entre fallas verdaderas resistivas y fantasmas capacitivas, usando un cable de realimentación para anular la capacitancia. El puente manual no se requiere a fin de trazar fallas.

El BGFT opera convirtiendo frecuencia de línea a 20 Hz. Esto luego empuja la señal de AC a través de algún condensador de acoplamiento para evitar transitorios en la barra de DC y

aplica la señal de AC dentro del sistema de DC mientras está en línea. Usando el trazador manual, sigue las señales con las lecturas más altas hasta que se encuentra la falla.

Localizador de Falla a Tierra de Baterías (BGL)

- Las fallas a tierra en baterías de DC no aterrizadas son localizadas fácilmente.
- Ofrece un puente automático
- Operado a batería
- Simplifica el trazado de fallas identificando las magnitudes características de falla (resistiva y capacitiva)

El Localizador de Falla a Tierra de Baterías fué desarrollado para detectar, rastrear y localizar fallas a tierra en sistemas de baterías sin acudir al seccionamiento! El BGL rastrea y ubica fallas a tierra en sistemas de baterías energizados o no. Para ahorrar horas de

innecesaria búsqueda y solución de problemas, el BGL diferencia fácilmente entre las corrientes de falla resistivas y las corrientes de carga capacitivas. Esta característica permite al instrumento detectar y rastrear rutas de fuga, aún en presencia de condensadores para supresión de frentes de onda.

El BGL opera filtrando y aplicando una señal de AC a la barra de DC en línea. La salida de bajo nivel del BGL permite que sea operado por batería pero es más sensible a ruido del sistema. Tiene un puente automático incorporado para diferenciar entre fallas reales (resistivas) y fantasma (capacitivas) en forma tal que solo las fallas reales son trazadas. El BGL se mueve de panel a panel para continuar el proceso de trazado hasta que se encuentre la falla. Puesto que tiene un puente automático es muy fácil trazar fallas y como tal es el mejor diseño para usuarios novatos.



Ohmetros digitales de baja resistencia

Muchas veces fallan las baterías no debido a celdas débiles sino debido a conexiones entre celdas débiles. La aplicación de torque es un método mecánico para asegurar que la resistencia de ruta eléctrica es muy baja. Pero esto no indica verdaderamente la calidad de la resistencia de ruta eléctrica. El único método verdadero es medir cada resistencia de conexión entre celdas con un Ohmetro digital de baja resistencia.

Megger tiene varios DLROs que son apropiados para la medición de la resistencia de conexión entre celdas. La portabilidad de los instrumentos permite una fácil movilidad alrededor de las cadenas de baterías.

Los instrumentos DLRO están contruídos dentro de cajas robustas, livianas que sirven igualmente en el hogar, en el campo o en el laboratorio. Son livianas y lo suficientemente pequeñas para usarlas en áreas que fueron previamente muy pequeñas para tener acceso. Todos tienen pantallas LED grandes, fáciles de leer mientras que el DLRO10X tiene una pantalla LCD grande, retroiluminada.

DLRO® Serie 247000

- Resolución hasta $0.1\mu\Omega$ en rango de $599.9\mu\Omega$
- Precisión estándar de $\pm 0.25\%$
- Grandes LED para lectura digital



La serie 247000 de DLROs es una familia de instrumentos altamente precisa que proporciona un medio simple, práctico y confiable de hacer pruebas de baja resistencia en el campo. Son también ideales para control de calidad en la fabricación.

Operan bajo el principio de medición de cuatro hilos, eliminando así resistencias de cables y contactos.

Con precisiones básicas de $\pm 0.25\%$ y resolución por debajo de $0.1\mu\Omega$, no obstante se diseñan para ser robustos, portables para uso en el sitio de trabajo. Se ofrecen una variedad de cables de prueba opcionales y estándares de resistencia de calibración.

DLRO10 y DLRO10X

- Resultados precisos en menos de tres segundos
- Protegido con fusible para 600 V
- La batería de NiMH reduce el peso
- Detecta automáticamente continuidad en conexiones de potencial y corriente
- Advertencia visible de altas tensiones presentes en los terminales
- Modos múltiples de operación, incluyendo totalmente automático

- Teclado alfa numérico para ingreso de notas de prueba (DLRO10X)
- Límites altos y bajos configurables por el usuario (DLRO10X)
- Salida de impresora y memoria (DLRO10X)

El DUCTER® DLRO10 y DUCTER DLRO10X brindan nuevos estándares para la medición de baja resistencia. Ambos son instrumentos totalmente automáticos, seleccionando la corriente de prueba más adecuada de hasta 10 A de DC para medir resistencia desde $0.1\mu\Omega$ a 2000Ω en uno de siete rangos. Para usuarios que desean más control sobre el proceso de medición, el DLRO10X usa un sistema de menú para permitir la selección manual de la corriente de prueba. El DLRO10X adiona también descarga en tiempo real de resultados y almacenamiento integrado para descarga posterior a una PC.



Medidores tipo gancho Digitales

- Características de auto-rango y auto-encerado
- Completa funcionalidad de multímetro
- Verdadero RMS para precisión, aún con cargas con armónicas

Megger ofrece una familia de medidores de gancho DCM-R que son ideales para uso en la instalación, mantenimiento, monitoreo o chequeo de baterías y otros sistemas o equipos eléctricos. Los tres modelos en esta serie proporcionan una solución versátil, segura y precisa para mediciones de corriente no invasivas, tanto en AC como en DC, para diagnosticar fallas en sistemas energizados de baterías. La serie mide AC, DC, corriente de pulso y mezcla e incluye un probador de diodos.



La salida analógica de estos instrumentos permite la conexión a grabadores, registradores y osciloscopios.

Estos instrumentos multi-propósito ofrecen un rango de funciones adecuadas para aplicaciones individuales. Su diseño robusto es ideal para ambientes severos, como cuartos de baterías y refleja versatilidad y calidad de mano de obra.

Su fuente "Completa" para todas sus necesidades de equipos de pruebas eléctricas

- Equipo de prueba de baterías
- Equipo de ubicación de falla de cables
- Equipo de prueba de interruptores de circuito
- Equipo de prueba de comunicaciones de datos
- Equipo de prueba de fibra óptica
- Equipo de prueba de resistencia a tierra
- Equipo de prueba de factor de potencia del aislamiento (C&DF)
- Equipo de prueba de resistencia del aislamiento
- Equipo de prueba de línea
- Ohmetros de baja resistencia
- Equipo de prueba de motor y rotación de fase
- Multímetros
- Equipo de prueba de aceite
- Probadores de aparatos eléctricos y herramientas
- Instrumentos para calidad de servicio
- Equipo de prueba de reconectores
- Equipo de prueba de relés
- Equipo de prueba de redes E1
- Tacómetros & instrumentos de medir velocidad
- Equipo de prueba TDR
- Equipo de prueba de transformadores
- Equipo de prueba de deterioro de transmisión
- Equipo de prueba de medidores de vatio hora
- Borneras y contactos de prueba STATES®
- Programas profesionales de entrenamiento práctico de técnica y seguridad

Megger es un líder mundial en fabricación y suministro de instrumentos de prueba y medición usados dentro de las industrias de potencia eléctrica, cableado de edificios y telecomunicaciones.

Con instalaciones de investigación, ingeniería y de fabricación en USA y UK, combinado con ventas y soporte técnico en la mayoría de los países, Megger está ubicado singularmente para satisfacer las necesidades de sus clientes a nivel mundial.

Para más información acerca de Megger y sus diversificadas líneas de instrumentos de prueba y medición, contacte:

Llame: 1-214-333-3201 - Fuera de USA

Fax: 1-214-331-7379

Email: latinsales@megger.com

O visite nuestro sitio web: www.megger.com

Megger
PO Box 118 Cherrybrook
NSW 2126
AUSTRALIA
T +61 (0)2 9875 4765
F +61 (0)2 9875 1094
E ausales@megger.com

Megger
PO Box 15777
Kingdom of BAHRAIN
T +973 254752
F +973 274232
E mesales@megger.com

Megger Limited
110 Milner Avenue Unit 1
Scarborough Ontario M1S 3R2
CANADA
T 1 800 297 9688 (Canada only)
T +1 416 298 6770
F +1 416 298 0848
E casales@megger.com

Megger SARL
23 rue Eugène Henaff
ZA du Buisson de la Coudré
78190 TRAPPES
T +01 30 16 08 90
F +01 34 61 23 77
E infos@megger.com

Megger
PO Box 12052
Mumbai 400 053
INDIA
T +91 22 6315114
F +91 22 6328004
E insales@megger.com

Megger
MBE No 393
C/Modesto Lafuente 58
28003 Madrid
ESPAÑA
T + 44 1304 502101
F + 44 1304 207342
E espana@megger.com

Megger Limited
Archcliffe Road Dover
CT17 9EN
UK
T +44 (0) 1304 502100
F +44 (0) 1304 207342
E uksales@megger.com

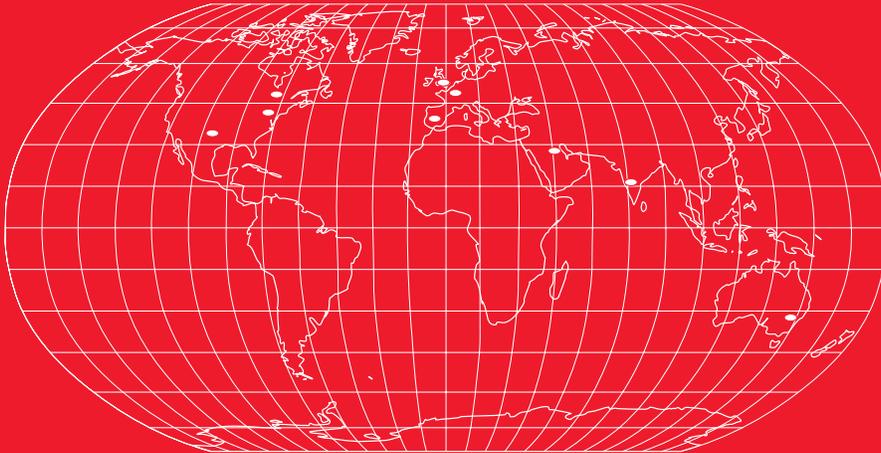
Megger
4271 Bronze Way
Dallas, TX 75237-1019 USA
T 1 800 723 2861 (USA only)
T +1 214 333 3201
F +1 214 331 7399
E ussales@megger.com

With sales offices and authorized distributors in most countries, Megger can provide a unique local service for the electrical and communications industries across a complete range of test and measurement instruments. Contact Megger today for expert assistance.

Avec des bureaux de vente et de distributeurs autorisés dans la plupart des pays, Megger peut fournir un service local unique pour les industries spécialisées dans l'électricité et la communication à travers une gamme complète d'instruments d'essai et de mesure. N'hésitez pas à contacter Megger dès aujourd'hui pour une assistance spécialisée.

Gracias a las oficinas de ventas y de distribución autorizadas en la mayoría parte de los países, Megger puede proporcionar a un servicio local único a las industrias especializadas en eléctrica y comunicación a través de una gama completa de los de instrumentos de prueba y medida. No vacilan en contactar Megger a partir de hoy para la asistencia especializada.

Mit Verkaufsbüros und authorisierten Distributoren in vielen Ländern bietet Megger einen einzigartigen Service an Elektrischen und Kommunikations Prüf und Messgeräten. Für Fachbetreuung setzen Sie sich jetzt gleich mit Megger in Verbindung.



Megger

WWW.MEGGER.COM