

¿Revela la resistencia interna la capacidad de la batería?

Por Isidor Buchmann. Artículo cedido por Adler Instrumentos.

Isidor Buchmann es el fundador y director ejecutivo de Cadex Electronics Inc. en Vancouver, Canadá. I. Buchmann proviene del medio de las radiocomunicaciones y ha estudiado el comportamiento de las baterías recargables en aplicaciones diarias y prácticas durante dos décadas. Autor premiado por sus numerosos artículos y libros sobre baterías, Buchmann ha impartido innumerables ponencias técnicas en todo el mundo. Cadex Electronics es fabricante de cargadores y analizadores de baterías y software de PC. www.cadex.com.

Estudio sobre métodos de prueba rápida para baterías estacionarias y del sector automotriz

Durante los últimos 20 años han surgido tres métodos básicos de pruebas:

- Método DC
- Conductancia AC
- Espectroscopía de impedancia electroquímica de frecuencia múltiple (EIS).

Todos los métodos se basan en la medida de resistencia, característica que revela la capacidad de la batería para suministrar corriente. La resistencia interna provee información útil para detectar problemas e indicar cuando una batería debe ser reemplazada. Sin embargo, la resistencia únicamente no posee una relación lineal con la capacidad de la batería. El incremento de resistencia interna solamente se relaciona con el envejecimiento y brinda algunas indicaciones de posibles fallos.

Cuando se realiza una medición de la resistencia interna de un mismo conjunto de celdas nuevas VRLA, es común notar variaciones de hasta un 8 %. El proceso de fabricación y los materiales utilizados son solamente dos de las variables que contribuyen a dicha variación. En vez de basarse en una lectura absoluta de resistencia, los técnicos de servicio toman una instantánea de la resistencia de las celdas cuando se instala la batería y luego miden las pequeñas variaciones a medida que las celdas envejecen. Un aumento de resistencia del 25 % indica una caída de rendimiento de aproximadamente un 80 %. Los fabricantes de baterías aceptan las devoluciones en garantía si la resistencia interna aumenta un 50 %.

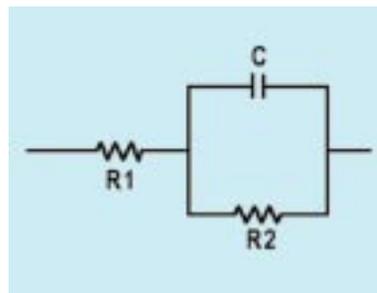
Antes de analizar los diferentes métodos de análisis, veamos brevemente lo que significa resistencia interna e impedancia, términos que se usan frecuentemente de forma incorrecta cuando se habla de la conductividad de una batería.

La resistencia es puramente resistiva y no tiene reactancia. No existe desfase entre tensión y corriente, es decir ambas van en fase. La resistencia de un calefactor eléctrico es un buen ejemplo de carga resistiva pura de ese tipo. Funciona igualmente bien con corriente continua (DC) que con corriente alterna (AC).

La mayoría de las cargas eléctricas, incluyendo la batería, contienen una componente de reactancia. La parte reactiva de la carga varía con la frecuencia. Por ejemplo, la reactancia capacitiva o capacitancia de un condensador disminuye a medida que la frecuencia aumenta.

Un condensador es un circuito abierto para señales DC, es decir no puede pasar la corriente a través de él. Por el contrario una inductancia pura actúa en la dirección opuesta y su reactancia aumenta a medida que la frecuencia aumenta.

Una bobina o inductancia pura es un cortocircuito para señales DC. Una batería combina la resistencia óhmica, así como la reactancia capacitiva e inductiva.



El término *impedancia* engloba los tres tipos.

La batería puede verse como un conjunto de elementos eléctricos. La figura 1 ilustra el modelo básico de Randles para baterías de plomo como un circuito equivalente con resistencias y condensadores (R_1 , R_2 y C).

La reactancia inductiva normalmente se omite porque juega un rol imperceptible en una batería a bajas frecuencias.

Métodos de prueba rápida de baterías y su funcionamiento

Veamos ahora los distintos métodos de pruebas de baterías y evaluemos sus factores favorables y sus limitaciones. Es importante saber que cada método provee una lectura de resistencia interna diferente cuando se mide en la misma batería. Ninguna de las lecturas es correcta o incorrecta.

Por ejemplo, una celda puede llegar a tener lecturas de resistencia más altas con el método de carga DC que con una señal de 1000 hertz AC. Esto indica simplemente que la batería funciona mejor con una carga AC que con una DC. Los fabricantes aceptan todas las variaciones en la medida que las lecturas sean tomadas con el mismo instrumento.

Método de carga DC

La medición óhmica pura es uno de los métodos de prueba más antiguos y más confiables (fig. 2). El instrumento aplica una carga que dura unos pocos segundos. La corriente de carga va desde 25 a 70 amperios, dependiendo del tamaño de la batería. La caída de tensión dividida por la corriente da el valor de resistencia (Ley de Ohm). Las lecturas son muy exactas y repetitivas.

Los fabricantes dicen que las lecturas de resistencia se encuentran en el rango de los 10mW. Durante la prueba, la unidad se calienta y será necesario un enfriamiento entre mediciones.

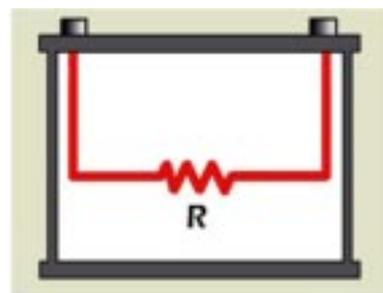


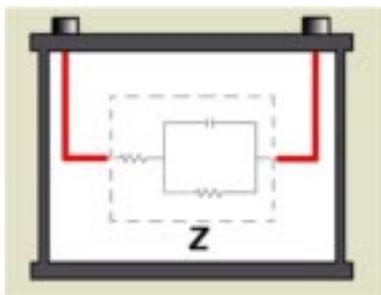
Figura 1. Modelo Randles de una batería de plomo. La resistencia general de la batería consiste en resistencia óhmica pura, reactancia inductiva y capacitiva. Los valores de estos componentes son diferentes en cada batería probada.

Figura 2. Método de carga DC. No se puede ver la verdadera integridad del modelo Randles. R_1 y R_2 aparecen como un único valor óhmico.

La carga DC mezcla a R1 y R2 del modelo Randles en una única resistencia combinada e ignora el condensador. C es un componente muy importante de la batería y representa 1.5 faradios por cada 100 Ah de capacidad de celda.

Método de conductancia AC

En lugar de una carga DC, el instrumento inyecta en la batería una señal AC. Se elige una frecuencia entre 80 y 100 Hz para minimizar la reactancia. En esta frecuencia, la reactancia inductiva y capacitiva convergen, resultando en un retraso mínimo de tensión (compensándose sus efectos).



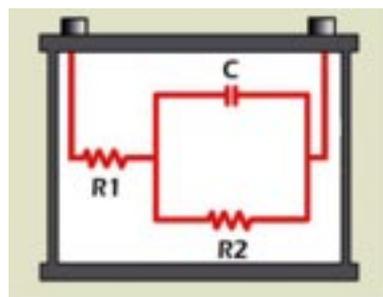
Los fabricantes de equipos de conductancia AC dicen que las lecturas de resistencia de batería están en el rango de los 50mW. El método de la conductancia AC se reactivó en 1992; los instrumentos son pequeños y no se calientan durante el uso.

La tecnología de frecuencia única ve a los componentes del modelo Randles como una impedancia compleja llamada el módulo Z (fig. 3). La mayoría de la contribución proviene de la conductancia de la primera resistencia.

Espectroscopía de impedancia electroquímica de frecuencia múltiple (EIS)

Cadex Electronics ha desarrollado un método de prueba rápida basado en EIS. Llamado Spectro™, el instrumento inyecta 24 frecuencias de excitación que van de 20 a 2000 Hz. Las señales sinusoidales se

regulan a 10 mV/celda, para permanecer dentro de la tensión térmica de la batería de plomo. Esto permite lecturas constantes para baterías pequeñas y grandes.



Con la espectroscopia de impedancia de frecuencias múltiples, se pueden establecer los tres valores de resistencia del modelo de Randles (ver fig. 4). Un proceso patentado evalúa las sutilezas entre cada frecuencia para permitir un análisis profundo de batería.

Spectro™ es el más complejo de los tres métodos. La prueba de 30 segundos procesa 40 millones de transacciones. El instrumento es capaz de lectura hasta un nivel muy bajo de mW. Más importante aún, Spectro™ es capaz de brindar lecturas de la reserva de capacidad de la batería en Ah, conductancia (CCA) y estado de carga.

El concepto de EIS no es nuevo. En el pasado, los sistemas EIS se conectaban a computadoras especiales y a distintos equipos de laboratorio. Se requería de electroquímicos capacitados para interpretar los datos. Los avances en análisis de datos automatizaron este proceso y los procesadores de señales de alta velocidad redujeron la tecnología a dispositivos portátiles de mano.

Mediciones de capacidad

El método DC y la conductancia AC tienen una limitación mayor en el sentido de que estos métodos no pueden medir capacidad. Con la

demanda creciente de energía auxiliar en coches y camiones y la necesidad de evaluar el rendimiento de sus baterías de forma no invasiva, se necesitan comprobadores que puedan estimar la capacidad de la batería. Cadex lo ha conseguido para baterías de automóviles. La compañía está trabajando en aplicar esta tecnología a baterías estacionarias.

La Figura 5 revela lecturas de reserva de capacidad (RC) de 24 baterías de coches, dispuestas en orden creciente en el eje horizontal. Las baterías se probaron primero conforme a la norma SAE J537, la cual incluye una carga completa, un periodo de descanso y una descarga de 25 A a 1.75 V/celda durante la cual se midió la reserva de capacidad (rombos negros).

Las pruebas se repitieron luego con Spectro™ (cuadros morados) usando matrices específicas para cada batería. Los resultados derivados se acercan a las normas de laboratorio, tal como indica la gráfica.

Algunas personas dicen que existe una relación estrecha entre la conductancia de la batería (valores óhmicos) y su capacidad. Otras dicen que las lecturas de resistencia interna son de poco uso práctico y no tienen relación con la capacidad. La verdad se encuentra en el medio de los dos. Se puede hacer una analogía con un doctor, éste no solamente toma la temperatura del cuerpo para determinar la salud de un paciente, sino que además observa la presión

Figura 4. Método Spectro™. R1, R2 y C pueden ser medidos de forma separada, permitiendo la estimación de la conductividad y capacidad de batería.

Figura 3. Método de conductancia AC. No se pueden distinguir los componentes individuales del modelo de Randles y aparecen borrosos.

Figura 5: Reserva de Capacidad de 24 baterías con una matriz específica por modelo. Los rombos negros muestran lecturas de capacidad derivadas de una descarga de 25 A; los cuadritos morados representan las lecturas de Spectro™.

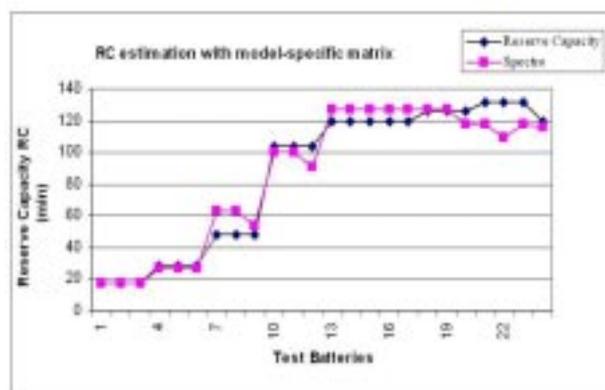


Figura 7: Comprobador de baterías para el sector automotriz Spectro CA-12. El instrumento indica el CCA, la capacidad de reserva y el estado de carga de forma independiente. Se está desarrollando una unidad para baterías estacionarias.

sanguínea, los niveles de glucosa y las lecturas de colesterol. Al tomar más de un parámetro en consideración se puede hacer una mejor evaluación del estado de salud.

Para demostrar la relación entre resistencia y capacidad, Cadex Electronics ha llevado a cabo una prueba amplia en 175 baterías de automóviles en la cual la corriente de arranque en frío (CCA) se comparó con las lecturas de RC. Los CCA representan la conductancia de la batería y se encuentra estrechamente relacionada a la resistencia interna. La Figura 6 muestra los resultados de las pruebas. Las lecturas de CCA en el eje vertical Y, y la RC en el horizontal X. Para facilitar las lecturas, las baterías se grafican como porcentaje de su valor nominal y están dispuestas de forma creciente en el eje de las X.

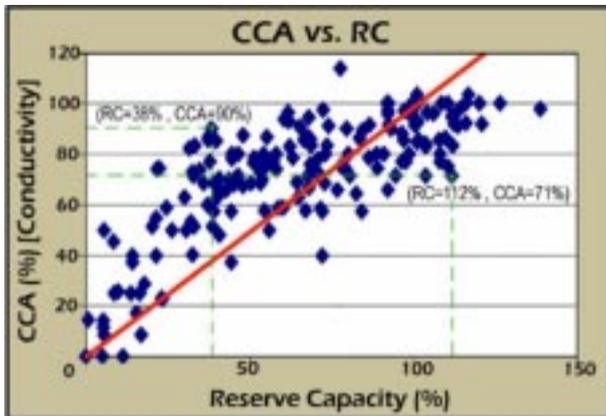
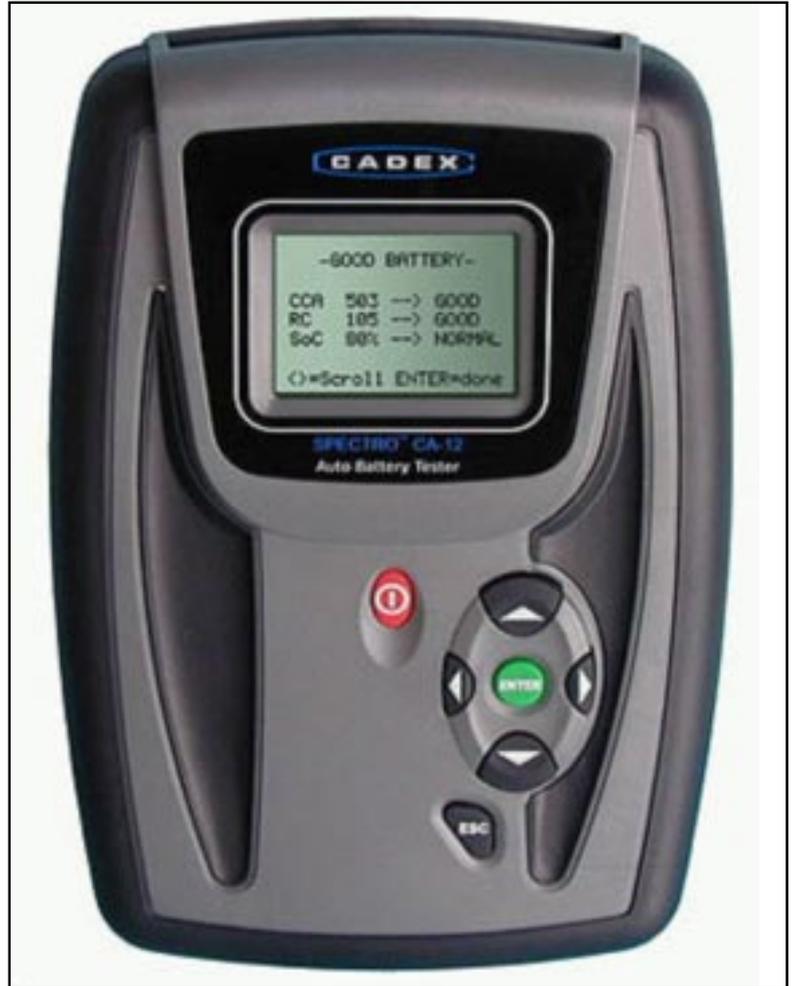


Figura 6: CCA en función de la reserva de capacidad (RC). La resistencia interna (representada por CCA) y la capacidad, no siguen la línea roja de cerca. Los valores de resistencia únicamente no brindan lecturas exactas de capacidad.

Las lecturas de CCA y RC fueron obtenidas de acuerdo a las normas SAE J537. CCA se define como una descarga de una batería totalmente cargada a -18°C a la corriente de valor CCA. Si la tensión permanece en o por encima de 7.2 V después de 30 segundos, la batería pasa.

La RC se basa en una carga completa, el periodo de descanso y una descarga a 25 A a 1.75 V/celda. Si la resistencia interna (CCA) fuera lineal con la capacidad, entonces los rombos azules estarían muy próximos a la línea roja de referencia. En



realidad, el CCA y la RC se mueven en ambas direcciones. Por ejemplo, el 90 % de la batería de CCA produce una RC de solamente el 38 %, mientras que 71 % del CCA entrega una capacidad extraordinaria del 112 % (línea verde punteada).

Se cubre una importante necesidad

Cadex ha implementado la tecnología EIS en un comprobador manual portátil, actualmente pasando las pruebas beta en los EE.UU., Canadá, Europa y Japón. La fabricación está prevista para el otoño de 2004. El modelo Spectro CA-12 (Figura 7) es el primero de una serie de com-

probadores de baterías con medidas de capacidad, CCA y estado de carga. Una unidad ligeramente más grande está en la etapa de diseño y va a poder comprobar baterías estacionarias. Se ha otorgado una patente por la tecnología Spectro™ a Cadex Electronics.

El poder medir la capacidad de la batería hace de los comprobadores Spectro™ uno de los sistemas de prueba más buscados para baterías de automóviles, marina, de aviación, defensa, sillas de ruedas, tracción y UPS. La pérdida de capacidad debida al envejecimiento y a otras deficiencias puede ser rastreada y se puede programar un reemplazo oportuno. □