

Baterías de Ion Litio. ¿Porqué son inteligentes?

Dr. Jorge Barreto



Dr. Jorge Barreto
Departamento Desarrollo
Mundilecs S.L.

No es objeto de este trabajo estudiar todas las etapas por las que ha pasado el desarrollo tecnológico de la batería, baste decir que su "leit motiv" siempre ha sido el mismo: más energía en menos volumen y mejor eficiencia. El analizar las baterías de Litio Ion y no otras, es una consecuencia directa de su posición en el mercado actual; Complejidad, Perspectivas de desarrollo, Relativa novedad, Amplia implantación en el mercado y Sensibilidad en cuanto a su seguridad, son las características que las hacen preferentes para este estudio.



Baterías Primarias y Secundarias

Las baterías de Litio Ion (Li-Ion), pueden ser tanto primarias como secundarias. Las baterías primarias son aquellas que se emplean "una sola vez", su estructura interna no permite regenerar la energía extraída de la batería y una vez usadas se desechan. Típicas son las baterías, denominadas "secas" de Zn/C (1898-1900) de

ZnCl₂, y posteriormente las denominadas "alcalinas" basadas en Zn/MnO₂. (1950-1960). Baratas y adecuadas para casi todas las aplicaciones del mercado de gran público, a pesar del tiempo transcurrido desde su creación conviven en armonía con el resto.

Las baterías de Li-Ion (1980-2010) primarias son diversas tanto en estructura como en aplicaciones preferentes, las más generalizadas son las basadas en una estructura del tipo Li-MnO₂ (Li-Mn, o "CR"), relativamente baratas, pero más caras que las anteriores, se considera que ocupan aproximadamente el 80% del mercado. Siguiendo el esquema las Li-Fe (Li/Fe₂) se consideran las substitutas de las alcalinas dado que su voltaje en circuito abierto (VOC) es similar.

Por contraposición, las baterías secundarias son aquellas que pueden ser "recargadas de energía" una vez que han sido vaciadas. Es en esta división, en la que se encuentran las baterías más complejas y delicadas desde el punto de vista de funcionamiento y explotación.

Repasemos algunas de los exponentes más significativos.

Indiscutiblemente las baterías de Plomo Acido (1859) (VOC=2.1Volts, 0.14 Mj/kg) son consideradas las baterías recargables por excelencia. Su amplia difusión y popularidad se debe indiscutiblemente a su uso como "batería de arranque" para prácticamente todo el parque de transporte en explotación en el mundo. Eso le ha permitido sobrevivir y mantener un nicho en el mercado a pesar de su longevidad. Tecnológicamente más depurada, la batería de Ni-Cd (1946) (VOC=1.2Volts, 0.14 Mj/kg) ocupa el segundo lugar. Son por excelencia las baterías recargables que el mercado de gran público ha asimilado y su presencia se cifraba en el año 2000 en 1.5 Billones de unidades. Hoy en día, su comercialización está siendo limitada por su componente activo, el Cd tóxicamente activo. En tercer lugar y como variante desarrollada

de la batería de Ni-Cd, la batería de Ni-MH (VOC=1.2Volts, 0.36 Mj/kg) se presenta como un serio competidor, al retener más energía por unidad de volumen y ser más baratas. Carecen de las limitaciones ecológicas al no tener Cd en su constitución y se prevé que por el momento no serán sometidas a restricciones. Sin embargo, para aplicaciones en las que se requieran bajos niveles de consumo o altos niveles de descarga sigue siendo preferible el uso de las de Ni-Cd.

El cuarto lugar la ocupan las baterías basadas en la química del Litio. Las tres versiones más comercializadas de estas baterías son las baterías de Litio-Ion (LIB) Li-Ion (VOC=3.6Volts, 0.46 Mj/kg) Litio-Polímero (Li-PO) y las de Litio-Fosfato de hierro (Li-FePO₄ o LFP).

Son tres, los elementos que hacen de esta modalidad de celda un producto interesante al mercado; su alta capacidad para almacenar energía, mayor que las anteriores de Ni-Cd y Ni-MH, su voltaje en circuito abierto (VOC), y su baja corriente de pérdidas.

Parámetros relativos a las Celdas Secundarias

Los parámetros básicos que son necesarios tener en cuenta al valorar las bondades y/o comportamiento de una batería del tipo secundario son:

- 1.-Voltaje en circuito Abierto (VOC), Voltaje Nominal (Volts)
- 2.-Voltajes Max y Min (V_{min} , V_{max}) por celda (Volts)
- 3.-Energía específica, Densidad Energética, Potencia Específica (Wh/kg, Wh/L, W/kg)
- 4.-Corriente Máxima de Carga y Corriente Máxima de Descarga (A)
- 5.-Resistencia Interna (mOhm)
- 5.-Intervalo Térmico de Trabajo (°C)
- 6.-Carga Eléctrica Almacenada (Amp-hora, "C")
- 7.-Eficiencia en régimen de Carga-Descarga (%)
- 8.-Ciclos permitidos y reales de Carga-Descarga. (n)

Baterías de Li-Ion y Circuitos de Control y de medición



- 9.-Estado de Carga (SOC), Estado de Descarga (DOD)
10.-Estado de Salud (SOH)

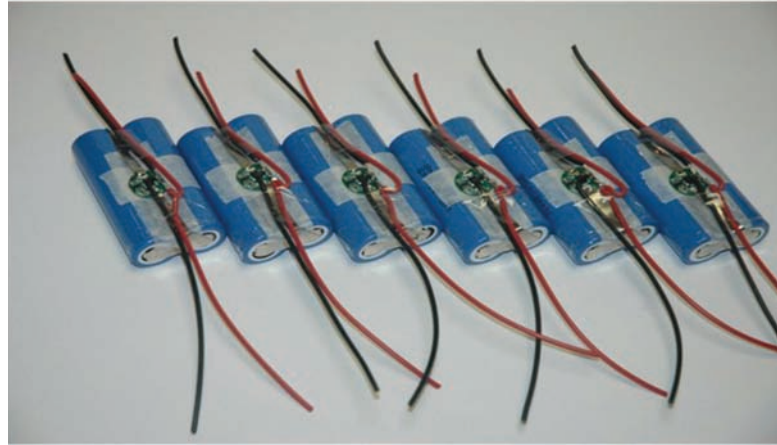
La lista anterior de parámetros resulta suficiente para la adecuada valoración del comportamiento de una celda o grupos de celdas del tipo secundario. Su estudio detallado queda fuera del objetivo de este trabajo, pero baste decir que, cada uno de ellos aporta un elemento necesario a valorar a la hora de determinar si un tipo de batería es la adecuada o no a nuestras necesidades. A partir de la lista de parámetros que hemos enunciado anteriormente, resulta fácil entender el porqué de la necesidad de contar con un sistema que sea capaz de valorarlos correctamente y de forma continuada.

Las celdas de Li-Ion en especial son extraordinariamente sensibles a uno de los parámetros antes enunciados, nos referimos a los voltajes MÁXIMO y voltajes MÍNIMO por celda. Este parámetro exige un control muy exigente, normalmente de 4.0 a 3.0 \pm 0.05 Volts y violar cualquiera de estos límites, puede llevar a un accidente catastrófico con la destrucción física de la celda, o a su inoperabilidad definitiva.

Baterías de Li-Ion 18650 con circuitos de Control

Esta necesidad de control, es la que conlleva a que en todas las celdas de Li-Ion, se incluyan circuitos especiales que monitorizan de forma continua estas tensiones.

Tanto durante el proceso de Descarga como en el proceso de Carga la tensión de la celda va incrementándose o decrementándose, según sea el caso, y la función de estos circuitos es la medición continuada de la tensión de celda bloqueando el paso de la corriente de descarga o carga inmediatamente que se sobrepasen los límites. También existen circuitos de control que simultáneamente, no sólo monitorizan los voltajes de celda, sino también, las corrientes permitidas máximas en carga o en descarga. Este control da a las celdas de Li-Ion secundarias una característica especial; están activas y en pleno funcionamiento o se desconectan relativamente de forma brusca, no hay términos medios.



Baterías de Li-Ion 18650 con circuitos de Control

Otro efecto importante a considerar y relativo a estos circuitos de control es que en la mayoría de los modelos existentes, una vez bloqueados, ya sea porque han sido sobrepasados los voltajes de referencia, o las corrientes límites, el sistema necesita de acciones externas para reiniciarse.

Los circuitos de Control empleados en las celdas de Li-Ion, pueden ser diseñados para el control de una celda o varias. Existen circuitos que controlan 2, 3, 4, 5, 6 y hasta 18 celdas en serie de forma simultánea.

Las celdas de Li-Ion al igual que el resto de las baterías permiten su interconexión en configuraciones en serie o en paralelo. La buena calidad de la celda es en este caso un factor determinante en el funcionamiento del sistema. Dada la sensibilidad de los circuitos de control, las configuraciones de celdas en los denominados "packs" paralelos o en serie requieren de un estricto control de las tensiones de Voltaje en circuito abierto de cada uno de los bloques que se pretende agrupar. Una ligera diferencia entre los grupos de celdas que se interconectan puede conllevar que se detecten falsas "violaciones" de las tensiones de la celda y el pack resulta inestable y muchas veces con comportamiento impredecible tanto en el proceso de carga o de descarga.

Existen otros factores que pueden afectar el comportamiento operativo de una celda de Li-Ion, pero ninguno tan importante como los anteriormente señalados. La obligada monitorización de la celda ha llevado muchas veces a denominar a la celda de Li-Ion erróneamente como una "batería inteligente". Es cierto, que en el resto de las celdas secundarias, Ni-Cd, o Ni-MH las exigencias de operación no requie-

ren de circuitos especializados, por lo que las celdas pueden ser ensambladas de forma relativamente simple. En el mejor de los casos un sensor térmico con un terminal exterior, permite controlar de forma más o menos segura los procesos de carga y descarga y un monitor de tensión puede ser un indicador del nivel más o menos real de la carga de la batería.

Baterías inteligentes

La diferencia fundamental de las baterías inteligentes con respecto a las que no lo son, es que este tipo de baterías, constan con circuitos especializados que no solo realizan las funciones básicas de regulación en cuanto a ciertos parámetros eléctricos de las baterías, y que ya hemos señalado, sino que además, permiten monitorizar dichos parámetros tanto en tiempo real como a posteriori almacenando la "historia" de su comportamiento.

Mediante este sistema "inteligente" no sólo es posible medir, sino también, "personalizar" los parámetros de explotación de la batería en cuestión; Tensiones máxima de Carga por celda, Corrientes máximas de descarga, Corrientes máximas de carga, Protección a sobrecargas tanto en tensión como en corriente, Carga almacenada residual, Temperaturas de explotación a que se ha visto expuesta, y un largo listado de parámetros pueden ser objeto de monitorización y regulación.

Los últimos dos parámetros enunciados en nuestra lista; SOC y SOH son quizás los más representativos en lo que a "valoración inteligente" de una batería se refiere. Ambos definen la "capacidad de futuro" esperado para una batería. Mientras que el SOH es

estado de salud de la batería es un índice arbitrario valorado a partir de una serie de parámetros reales, el SOC intenta medir de una forma precisa la carga real (estado de C) o energía almacenada residual. Estos son imposibles de monitorizar directamente pues no son parámetros físicos reales y por ello requieren de algoritmos de análisis complementarios a partir de otros valores medidos. Esto necesita de un componente especializado y que va más allá del simple control de la medición.

Una ventaja del sistema es que el acceso a estos parámetros puede realizarse tanto localmente, como a distancia, permitiendo conocer el estado real de explotación de todos los sistemas instalados en cada momento y consecuentemente realizar acciones preventivas o de mantenimiento. Básicamente los circuitos de control asociados a las baterías inteligentes se comunican con el exterior (usuario) mediante cuatro sistemas básicos: RS232, USB, Can Bus y Ethernet o Telemetría. La posibilidad de mantener este contacto en tiempo real con los parámetros de las baterías en explotación es el elemento que a nuestro entender, abre un amplio abanico de expectativas comerciales.

Ventajas de las baterías Inteligentes

Ejemplos típicos de sus ventajas se podrían dar en:

- Redes dispersas de Seguridad, que requieren que las baterías instaladas y que funcionan en modo SOPORTE estén siempre disponibles. Un sistema basado en estas baterías inteligentes, permitiría monitorizar el estado en tiempo real de cada una de ellas desde un ordenador central conectado a la red, vía inalámbrica o Internet.
- Aplicaciones Industriales, donde el acceso a las baterías resulta difícil y un eventual fallo no controlado de la batería podría resultar en costes importantes.
- Aplicaciones en explotaciones marítimas, donde las distancias y la accesibilidad directa a las instalaciones podrían resultar costosas.
- Aplicaciones médicas, donde el fallo de la batería en un instrumento de control o soporte vital en una intervención crítica podría tener resultados catastróficos.
- Aplicaciones militares y de vigilancia, donde la seguridad y garantía del funcionamiento la batería involucrada en el sistema resulta de capital importancia.

- Aplicaciones en automoción, donde resulta imprescindible conocer la Carga residual real de la batería para tomar decisiones en cuanto a su uso inmediato, carga o reemplazo.

Conclusión

¿Las baterías basadas en la química del Li son peligrosas?... Sí y no. Son peligrosas si no se domina profundamente su mecánica de funcionamiento, se preparan inadecuadamente no previendo el uso al que se verán sometidas, se explotan en regímenes de trabajo inadecuados, y si se manipulan descuidadamente.

Los controles de calidad, la rigurosidad en su fabricación, el uso de adecuados medios de montaje y el material básico de calidad, son las únicas garantías de seguridad.

Las celdas de Li, en general son en el mercado actual, las que garantizan mayores niveles de densidad Energética y de Potencia. Su envejecimiento natural es poco significativo y por sus bajas resistencias internas pueden disponer de grandes magnitudes de corriente instantánea asumiendo tanto funciones en sistemas con bajo y alto régimen de consumo energético. 