

BATERÍAS DE IONES DE LITIO: ESTRUCTURA, FUNCIONAMIENTO, FALLAS Y SUS CAUSAS

Lithium ion batteries: structure, operation, failures and their causes

Ing. Adriel Castro Díaz (*)

adriel.castro@seisa.cu

ORCID: 0000-0002-9954-1936

CDPS-CIDi-SEISA, Cuba

Ing. Reiniel Wanton Suárez

reiniel.wanton@seisa.cu

CDPS-CIDi-SEISA, Cuba

(*) Autor para correspondencia.

ÍNDICE

Baterías de iones de litio: estructura, funcionamiento, fallas y sus causas	23
Resumen	23
Introducción	24
Desarrollo	24
Resultados y discusión	25
Conclusiones	27
Referencias bibliográficas	28

RESUMEN

Las baterías forman parte de nuestra vida hace muchos años. Son utilizadas en gran variedad de aplicaciones. Desde una simple calculadora hasta en vehículos eléctricos, robots y satélites. A través del tiempo, los fabricantes de baterías mantienen el objetivo de mejorar su rendimiento. En la actualidad, las baterías de iones de litio son las más usadas debido a su alta densidad de energía, su alta eficiencia energética y su prolongado tiempo de vida. Este trabajo muestra un resumen de aspectos relevantes sobre las baterías de iones de litio. El artículo introduce una terminología relacionada con el mundo de las baterías. Además, reflexiona sobre las características y herramientas que hacen a las baterías de iones de litio una de las más utilizadas actualmente. Por otro lado, se mencionan aspectos relevantes de un sistema de gestión de baterías, herramienta necesaria para salvaguardar el funcionamiento y vida útil de estas.

ABSTRACT

Batteries have been part of our lives for many years. They have been used in different applications from a simple calculator to electric vehicles, robots and satellites. Over time, various types of batteries have been manufactured with the aim of improving their performance. Currently, lithium-ion batteries have been used more frequently due to their high energy density, high energy efficiency, and long lifespan. This work presents a summary of relevant aspects about lithium ion batteries. The developed article introduces the terminology related to the world of batteries. In addition, it studies the characteristics and tools that make lithium-ion batteries one of the most widely used batteries today. On the other hand, this study mentions relevant aspects of a battery management system, a necessary tool to safeguard the operation and life of the battery.

Palabras clave

Batería
iones de litio
electrodo
carga
descarga

Keywords

battery
lithium ion
electrode
charge
discharge

Fecha recibido:
03 / 11 / 2022

Fecha publicación:
20 / 05 / 2023

INTRODUCCIÓN

Antes que todo, consideramos prudente ubicar al lector en que el presente trabajo constituye parte del estudio de las baterías de iones de litio, que aportará a la preparación de un futuro proyecto vinculado con la seguridad contra incendio de las motos eléctricas.

Una fuente de energía portable se ha convertido en el salvavidas del mundo tecnológico moderno. Las baterías de iones de litio son reconocidas por tener una densidad alta de energía, y cuando no se está usando, retiene su carga por un periodo de tiempo mayor en comparación con otros tipos de baterías, además, las de iones de litio no necesitan descargarse completamente para ser recargadas.

Actualmente, en nuestro país, hay una demanda creciente de tecnología de este tipo, la que ha presentado varias fallas, provocando daños a la propiedad y accidentes peligrosos para la vida.

En ese sentido, la empresa de Servicios Integrales de Seguridad (SEISA), posee en sus diferentes unidades organizativas setenta motos eléctricas y quince triciclos de carga.

En una indagación sobre este referente se determinó la necesidad de lograr que los usuarios se apropien de conocimientos sobre el funcionamiento y normas de seguridad, que contribuyan a un mejor manejo de las baterías de iones de litio.

A partir de los elementos anteriormente abordados y de la problemática existente: insuficiencias en el conocimiento sobre el funcionamiento de las baterías de iones de litio en SEISA, que limita el manejo adecuado de las terminologías y normas de seguridad, se determinó como objetivo: realizar una sistematización sobre la estructura, funcionamiento y principales causas de las fallas más comunes de las baterías de iones de litio, que contribuyan a la aplicación de acciones preventivas para evitar accidentes.

Primero para lograr una mejor comprensión, explicaremos las partes de una batería de iones de litio y su funcionamiento.

DESARROLLO

MATERIALES Y MÉTODO

La estructura básica de una batería de iones de litio incluye un electrodo negativo, generalmente compuesto de carbono, llamado ánodo, además hay un electrodo positivo de óxido de litio, llamado cátodo, y un electrolito que contiene sal de litio. También posee un separador que evita el cortocircuito de los terminales, pero es penetrable por los iones de litio que flotan libremente entre los terminales en una solución llamada el electrolito, dando lugar a la diferencia de potencial que produce la corriente, como se muestra en la figura 1.

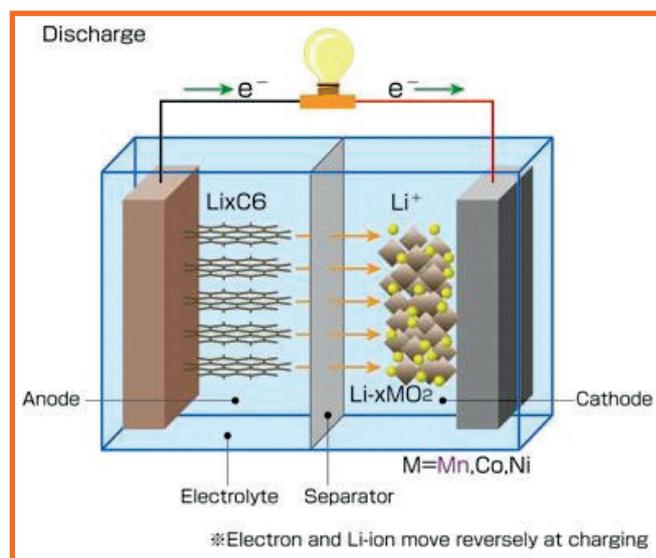


Figura 1. Celda de una batería de iones de litio.

Para comprender el funcionamiento de las baterías, así como los métodos y herramientas utilizados para conocer su estado, es necesario manejar algunos conceptos y la definición de estos. A continuación definimos los principales conceptos relacionados con la batería, así como la información que se obtiene de las hojas técnicas de los fabricantes.

Capacidad: es la cantidad de corriente que puede suministrar una batería en un tiempo específico. Suele medirse en amperios-horas.

Ciclo: se define como el proceso de descargar una batería que ha sido cargada completamente.

Degradación: se define como el proceso en el que se disminuye la capacidad de almacenamiento de energía de la batería.

Electrodo negativo: se define como el lugar donde un elemento o componente químico se somete a una reacción electroquímica de oxidación.

Electrodo positivo: se define como el lugar donde un elemento o componente químico se somete a una reacción electroquímica de reducción.

Electrolito: Es una solución acuosa o no acuosa de sales, bases y ácidos que permite el flujo de electrones.

Estado de carga (SOC): se define como la energía que está disponible en la batería.

Estado de salud (SOH): se define como el porcentaje de degradación sufrida por la batería.

Impedancia interna: se define como la medida de oposición al paso de la corriente en un circuito cuando se aplica un voltaje.

Proceso de carga: se define como el proceso inverso donde la reacción de oxidación ocurre en el electrodo positivo y la reacción de reducción ocurre en el electrodo negativo.

Proceso de descarga: se define como el flujo de electrones desde el ánodo (reacción de oxidación) hasta el cátodo (reacción de reducción) a través de una carga externa.

Profundidad de descarga (DoD): se define como el porcentaje de cuánta energía se ha usado.

Vida útil remanente: se define como la capacidad máxima de energía remanente en la batería.

Voltaje nominal: se define como el voltaje de operación del dispositivo o instrumento.

Voltaje de corte de descarga: se define como el voltaje mínimo al cual puede llegar la batería durante el proceso de descarga. Se utiliza como medida de protección para evitar daños irreversibles en la batería.

Las baterías de iones de litio, como se muestra en la figura 2, ofrecen numerosas ventajas: tienen una mayor densidad de energía, una mayor eficiencia y un ciclo de vida más largo. Las baterías de plomo ácido permiten 1 500 ciclos de vida, mientras que la tecnología de las baterías de litio ofrece una duración de hasta 2 500 ciclos. Pero, la desventaja de las baterías de iones de litio es su riesgo potencial de explosiones e incendios, que pueden suceder si se sobrecargan o se cargan muy rápido con demasiada corriente. Debido a ese riesgo, debe existir un sistema de circuitos para proteger contra cualquiera de esos eventos. El litio por sí mismo puede reaccionar de manera explosiva cuando es expuesto al agua, de manera que las baterías de iones de litio deben construirse de forma sólida para resistir traumas mecánicos.



Figura 2. BMS de batería de iones de litio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las baterías de litio pueden presentar diversos problemas que originan un rendimiento menor o incluso, se conviertan en un peligro.

Diversos son los factores que pueden alterar la condición de la batería. Desde caídas, aplastamientos hasta uso inadecuado al someter a la batería a niveles de corriente, voltaje y temperatura superiores a los establecidos en la hoja técnica. Tres de las problemáticas más comunes presentadas por las

baterías de litio, que pueden causar cortocircuitos y explosiones, son la sobrecarga, la fuga térmica y el crecimiento de dendritas de litio.

El proceso de sobrecarga se relaciona con el flujo de corriente inyectado a la celda aun cuando esta se encuentra en su máxima capacidad. El concepto de fuga térmica se refiere al aumento de temperatura producido por un uso incorrecto; y el crecimiento de dendritas de litio se refiere al proceso a través del cual se perfora el separador y hacen contacto los electrodos de la batería.

Revisando la literatura relacionada con el tema, diversos han sido los mecanismos desarrollados para abordar esas problemáticas: por ejemplo, en los vehículos eléctricos se propone un circuito eléctrico de protección para evitar sobrecargas de voltaje. Además, tienen un sistema para evitar la fuga térmica, que es propensa a la formación de dendritas de litio, provocando la reducción de la vida útil.

SISTEMA DE GESTIÓN DE BATERÍA (BMS)

El Sistema de Gestión de Baterías, que se muestra en la figura 3, es un grupo de dispositivos electrónicos que controla y administra todos los aspectos del rendimiento de una batería. El BMS es una herramienta que permite obtener información del estado de la batería al monitorear la corriente y el voltaje de entrada y salida, la temperatura, la impedancia, la pérdida de capacidad, el sistema de control de carga y descarga, el control de gestión de energía. Además, el BMS es el encargado de diagnosticar fallas, así como de estimar parámetros como el Estado de Carga (SOC) y el Estado de Salud (SOH).

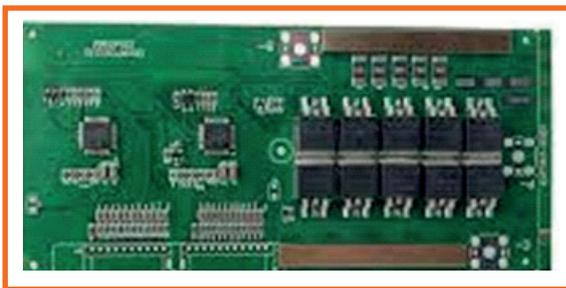


Figura 3. BMS de batería de litio para motocicleta eléctrica.

¿CUÁLES SON LAS FALLAS COMUNES DEL BMS? SUS CAUSAS

El Sistema de Gestión de Batería es un accesorio importante del paquete de baterías de iones de litio que tiene muchas funciones, es una garantía sólida de operación de batería segura, de modo que la batería, en gran medida, mantiene un proceso de carga y descarga segura y controlada. Mejora el ciclo de vida útil de la batería en su uso real. Además, es importante destacar que las baterías de iones de litio son más propensas al fracaso. Los diez casos de fallas comunes y sus causas, son los siguientes:

1. Todo el sistema no funciona después de que está alimentado.

Las razones comunes son la fuente de alimentación anormal, el cortocircuito o la rotura en el arnés de cableado, y sin salida de voltaje del convertor Digital-Digital (DC-DC). Los pasos son:

- a) Verifique si la fuente de alimentación externa al sistema de administración es normal y si puede alcanzar el voltaje mínimo de trabajo requerido por el sistema de administración.
 - b) Véase si la fuente de alimentación externa tiene una configuración de corriente limitada, lo que resulta en una fuente de alimentación insuficiente al sistema de administración.
 - c) Compruebe si hay un cortocircuito o un circuito roto en el arnés de cableado del sistema de gestión.
 - d) Si la fuente de alimentación externa y el arnés de cableado son normales, verifique si el DC-DC del sistema tiene salida de voltaje y reemplace el módulo DC-DC incorrecto si existe alguna anomalía.
2. BMS no se puede comunicar con ECU (Unidad de Control de Energía) que recibe la información de diferentes sensores para controlar parámetros del motor como la combustión, el carburante, las revoluciones o las emisiones.

Las razones comunes son que el módulo de control maestro (BMU) no funciona y la línea de señal de lata se desconecta. Los pasos son.

- a) Compruebe si la fuente de alimentación 12 V/ 24 V de la BMU es normal.
 - b) Compruebe si la línea de transmisión y el conector de la transmisión de la señal pueden ser normales, y observe si se puede recibir el paquete de datos.
3. La comunicación interna de BMS es inestable.
- Las razones comunes son la línea de comunicación suelta, la alineación puede no estar estandarizada, la dirección BSU se ha repetido.
4. Los datos del módulo de recogida son 0.
- Las razones comunes son la desconexión de la línea de recolección del módulo y daños en este.
5. La diferencia de temperatura de la batería es demasiado grande.
- Las razones comunes son un tapón de ventilador de enfriamiento suelto, falla del ventilador de refrigeración, daño de la sonda de temperatura.
6. No puede usar la carga del cargador.
- Puede ser el cargador y la comunicación BMS no es normal, puede usar un cargador de reemplazo o BMS para confirmar si es la falla de BMS o el cargador.
7. Fenómeno anormal de SOC.
- SOC cambia mucho durante la operación del sistema, o salta repetidamente entre varios valores. Durante la carga y descarga del sistema, SOC tiene una gran desviación; SOC sigue mostrando valores fijos sin cambios. Las posibles causas son la calibración incorrecta del muestreo de corriente, el desajuste entre el tipo de sensor de corriente y el programa *host*, y la batería no se carga y se descarga profundamente durante mucho tiempo.
8. Error de datos de corriente de la batería.
- Causas posibles: Línea de señal de salida suelta (enchufe). Daños del sensor de *hall*. Daño del módulo de adquisición. Pasos de solución de problemas.
- a) Desenchufe el sensor de la línea la salida.
 - b) Compruebe si la fuente de alimentación del sensor *hall* es normal y la salida de la señal es normal.
 - c) Reemplace el módulo de adquisición.
9. La temperatura de la batería es demasiado alta o demasiado baja.
- Causas posibles: Enchufe de ventilador de enfriamiento suelto, falla del ventilador de refrigeración, daño de la sonda de temperatura. Pasos de solución de problemas.
- a) Desenchufe el cable del tapón del ventilador nuevamente.
 - b) Energice el ventilador y compruebe si el ventilador es normal.
 - c) Compruebe si la temperatura real de la batería es demasiado alta o demasiado baja.
 - d) Mida la resistencia interna de la sonda de temperatura.
10. Falla de monitoreo de aislamiento.
- Si el sistema de celdas de alimentación está deformado o tiene fugas, se producirá una falla de aislamiento. Si no se detecta la BMS, esto puede llevar a una descarga eléctrica. Por lo tanto, los sistemas BMS tienen los requisitos más altos para monitorear los sensores. Evitar la falla del sistema de monitoreo puede mejorar considerablemente la seguridad de la batería de alimentación.

CONCLUSIONES

1. El diseño es la vía definitiva para crear una economía más rentable, es la base de una economía circular que apuesta para que el valor de los productos, materiales y recursos se mantengan activos el mayor tiempo posible, reduciendo al mínimo la generación de residuos, y cerrando los bucles o flujos económicos y ecológicos de los recursos.
2. Aboga por utilizar generalmente materiales biodegradables posibles en la fabricación de bie-

nes de consumo y que estos puedan volver a la naturaleza sin causar daños medioambientales al agotar su vida útil. En los casos que no sea posible utilizar estos materiales, el objetivo será facilitar un desacople sencillo para darle una nueva vida reincorporándolos al ciclo de producción y componer una nueva pieza. Cuando no sea posible, se reciclará de una manera respetuosa con el medio ambiente.

3. El diseñador debe interactuar con diversos ámbitos y disciplinas de desarrollo, siendo esta la más eficiente vía con la que podremos obtener la suficiente retroalimentación. Así adquiriremos la necesaria visión holística de los problemas a resolver y ser capaces de solucionarlos, nosotros tenemos en nuestras manos el medio para hacerlo y esto es la creatividad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Badiola, N. (s. f.). 3 consejos para hacer tu web más sostenible. <https://nbadiola.com/consejos-hacer-web-mas-sostenible/>
- El impacto de los procesos industriales en el medio ambiente. Ceupe Magazine. Consultado el 11 de mayo de 2023. <https://www.ceupe.com/blog/impacto-procesos-industriales-medio-ambiente.html>

- La Prehistoria. Edad de Piedra y Edad de los Metales. (20 de diciembre de 2022). Sobre prehistoria, by Tendencias. <https://sobrehistoria.com/prehistoria/>
- Márquez, A. (2021, 20 febrero). Consumismo: qué es, tipos, ejemplos y consecuencias. Ecología verde. <https://www.ecologiaverde.com/consumismo-que-es-tipos-ejemplos-y-consecuencias-3239.html>
- Miranda Murillo, L.M. (2013). Cultura ambiental: un estudio desde las dimensiones de valor, creencias, actitudes y comportamientos ambientales. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5012134>.
- Mizar Moreno, D. y Munzón Pastran, C. (2017). Impacto ambiental de los procesos de producción. Una revisión de su evolución y tendencias, Revista I+D en TIC, vol. 8, no. 1, pp.15-20. Recuperado de: <https://revistas.unisimon.edu.co/index.php/identific/issue/view/203>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (s. f.). Revista TUNZA. <https://www.unep.org/publications-data>
- <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/obsolescencia-programada>
- Serbusa (2012, 3 de diciembre). Ecomáquina-herramientas: diseño ecológico en la industria. <https://www.serbusa.net/2012/12/03/ecomaquinas-herramienta-ecodisenio-en-el-sector-de-maquina-herramienta/>