

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 943 547**

51 Int. Cl.:

G01R 31/367 (2009.01)

G01R 35/00 (2006.01)

G01N 27/416 (2006.01)

G01R 31/36 (2010.01)

B66B 1/30 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.11.2008** **PCT/US2008/012860**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.05.2010** **WO10056226**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.11.2008** **E 08878169 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.04.2023** **EP 2359128**

54 Título: **Calibración del estado de carga de la batería**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
14.06.2023

73 Titular/es:

OTIS ELEVATOR COMPANY (100.0%)
One Carrier Place
Farmington CT 06032, US

72 Inventor/es:

CHEN, LEI;
VERONESI, WILLIAM, A.;
OGGIANU, STELLA, M. y
BLASKO, VLADIMIR

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 943 547 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Calibración del estado de carga de la batería

5 Antecedentes

La presente invención se refiere a la determinación del estado de carga de una batería.

10 Las demandas de potencia para el funcionamiento de los ascensores van desde la positiva, en la que se utiliza potencia generada externamente (como la de una red eléctrica), hasta la negativa, en la que la carga del ascensor acciona el motor para que produzca electricidad como generador. El uso del motor para producir electricidad como generador se denomina comúnmente regeneración. En los sistemas convencionales, si la energía regenerada no se proporciona a otro componente del sistema de ascensor ni se devuelve a la red pública, se disipa a través de una resistencia de freno dinámico u otra carga. En esta configuración, toda la demanda permanece en la red eléctrica para suministrar energía al sistema de ascensor, incluso durante condiciones de máxima potencia (p. ej., cuando más de un motor arrancan simultáneamente o durante períodos de alta demanda). Por lo tanto, los componentes del sistema de ascensor que suministran energía desde la red eléctrica deben dimensionarse para adaptarse a la demanda máxima de energía, lo que puede resultar más costoso y requerir más espacio. Además, la energía regenerada que se disipa no se utiliza, disminuyendo así la eficiencia del sistema de potencia.

25 Además, un sistema de accionamiento de ascensores típicamente se diseña para funcionar en un intervalo de tensión de entrada específico desde una fuente de alimentación. Los componentes del accionamiento tienen valores nominales de tensión y corriente que permiten que el accionamiento funcione continuamente mientras la fuente de alimentación permanece dentro del intervalo de tensión de entrada designado. En los sistemas convencionales, cuando cae la tensión de la red pública, el sistema de ascensor falla. En los sistemas convencionales, cuando se produce un corte de energía de la red pública o en condiciones de baja calidad de la energía, el ascensor puede quedar bloqueado entre pisos en el hueco de ascensor hasta que el suministro de energía vuelva a su funcionamiento normal.

30 Los sistemas de accionamiento de ascensores pueden incorporar una fuente de alimentación secundaria que se controla para suministrar energía suplementaria al motor de elevación de ascensor durante períodos de demanda de potencia positiva y almacenar energía de la red eléctrica y/o del motor de elevación de ascensor durante períodos de demanda de potencia cero o negativa. Por ejemplo, la patente de EE. UU. n.º 6,431,323, Tajima et al., describe un sistema de accionamiento de ascensores que incluye un aparato de almacenamiento de energía y un controlador para controlar la operación de carga y descarga del aparato de almacenamiento de energía en función de un valor objetivo de carga (p. ej., un valor de carga según la hora del día). Sin embargo, este tipo de control no proporciona un método directo para medir las futuras demandas de energía del sistema de accionamiento de ascensor y no controla los límites de carga superior e inferior del aparato de almacenamiento de energía.

45 Los ascensores equipados con accionamientos regenerativos ofrecen la posibilidad de recuperar una parte significativa de la energía empleada para mover la carga y el contrapeso. La energía recuperada como tal puede devolverse a la red del edificio o almacenarse localmente para uso futuro de los ascensores u otras necesidades en el edificio que alberga los ascensores. El uso de la energía almacenada para alimentar los ascensores es de particular interés para los clientes porque luego se pueden obtener diversos beneficios y funcionalidades, que incluyen la reducción de tamaño del alimentador habilitada por el accionamiento de los dispositivos de almacenamiento y la operación de rescate resultante de una fuente de energía secundaria a la red. Es fundamental controlar el estado de carga (SOC) de la batería para garantizar la operatividad del sistema, preservar la vida útil de la batería y garantizar un funcionamiento seguro.

50 Los métodos de estimación del SOC de la batería informados en la técnica anterior generalmente se basan en una correlación imprecisa entre el SOC y parámetros medibles como la tensión, la corriente y la temperatura del módulo de batería (o paquete de batería). La complejidad de los procesos involucrados en el funcionamiento de la batería hace que la estimación del SOC sea propensa a errores. El recuento de culombios, basado en mediciones de sensores de corriente, generalmente se combina con un filtro de Kalman para estimar el estado del sistema. Sin embargo, los errores sistemáticos que no son aleatorios pueden dar lugar a un error acumulativo que es poco probable que esté acotado. Como resultado, los estimadores de SOC de última generación son capaces de estimar el SOC con una precisión no superior al $\pm 15\%$ en términos del valor absoluto de la capacidad de una batería. En consecuencia, la batería puede funcionar fuera del régimen SOC deseable, lo que puede reducir potencialmente la vida útil de la batería y degradar la eficiencia energética de la batería. Para evitar el funcionamiento fuera del régimen de SOC deseable, es ventajoso calibrar el SOC de la batería con regularidad y, por lo tanto, restablecer cualquier estimación de SOC y acotar el error en esa estimación.

65 Las técnicas de calibración del SOC de la batería son críticas para las industrias de comunicaciones móviles y

vehículos eléctricos híbridos. La Patente de EE. UU. n.º 6,630,814 de Ptasinski et al., destinada a calibrar la batería de teléfonos móviles, enseña un método de recuento de culombios para identificar regularmente a lo largo de la vida útil de una batería la capacidad disponible actualmente. El método se basa en cargar y descargar completamente la batería. La patente de EE. UU. n.º 6,630,814 también enseña un método alternativo de estimación de capacidad basado en una tendencia de envejecimiento de la batería cuando no se permite la carga y descarga completas. Hay varios inconvenientes en el método de carga y descarga completas. En primer lugar, requiere mucho tiempo para completarse, lo que puede no ser factible debido al funcionamiento continuo de la batería. En segundo lugar, es probable que la carga y descarga completas de la batería (lo que representa el 100 % de la profundidad de descarga [DOD]) acelere la degradación de la batería, lo que resultará en una duración significativamente más corta de la batería. Debido a que el ciclo de trabajo de un ascensor suele ser más alto que el de los teléfonos móviles promedio, y la vida útil de la batería en un sistema de ascensor debe ser mucho más larga, los métodos similares a los descritos en la Patente de EE. UU. N.º 6,630,814 pueden no ser aplicables a ascensores.

La Patente de EE. UU. N.º 6,841,972 de Koo enseña un método para restablecer cualitativamente el SOC de la batería en vehículos eléctricos híbridos en función de la relación entre el SOC y los parámetros de la batería. Este método no requiere cargar y descargar completamente la batería y puede implementarse en línea. El SOC de una batería se divide en tramos del 15 % al 25 %. El SOC real de la batería se estima cualitativamente y se asigna a uno de los tramos.

Otras patentes y solicitudes publicadas que analizan la determinación del estado de carga de la batería incluyen: la patente de EE. UU. n.º 6,356,083 de Ying; Patente de EE.UU. N.º 6,359,419 de Verbrugge et al.; Patente de EE. UU. N.º 6,441,586 de Tate, Jr. et al.; Patente de EE. UU. N.º 6,639,385 de Verbrugge et al.; Patente de EE. UU. N.º 6,653,817 de Tate, Jr. et al.; Patente de EE. UU. N.º 6,686,724 de Coates et al.; Patente de EE. UU. N.º 6,927,554 de Tate, Jr. et al.; Patente de EE. UU. N.º 7,375,497 de Melichar; Publicación de EE. UU. N.º 2003/0214303 de Ying; Publicación de EE. UU. N.º 2004/0162683 de Verbrugge et al.; Publicación de EE. UU. N.º 2005/0189918 de Weisgerber et al.; Publicación de EE. UU. N.º 2005/0231165 de Melichar; Publicación de EE. UU. N.º 2006/0091861 de Melichar; Publicación de EE. UU. N.º 2006/0091862 de Melichar; Publicación de EE. UU. N.º 2006/0091863 de Melichar; Publicación de EE. UU. N.º 2007/0159137 de Verbrugge et al.; Publicación de EE. UU. N.º 2007/0285061 de Zettel et al.; Publicación de EE. UU. N.º 2007/0285097 de Zettel et al.; y Publicación de EE. UU. N.º 2008/0164849 de Ciaramitaro. Los documentos US2001/017234A1 y US2004/035646A1 describen sistemas de ascensores.

Diversas patentes y solicitudes de patentes publicadas sobre la estimación del SOC no proporcionan técnicas adecuadas para calibrar y restablecer la batería de forma cuantitativa. Además, la implementación de esos métodos de calibración puede tener un impacto negativo en la vida útil de la batería; por lo tanto, los métodos de calibración de la batería requieren una evaluación cuidadosa.

Compendio

Se proporciona un método para determinar el estado de carga (SOC) de una batería como se define en la reivindicación 1. También se proporciona un sistema de ascensor según la reivindicación 3. El documento US 2006/170426 A1 se refiere a un método para determinar el estado de carga de baterías de plomo-ácido de diversos pesos específicos. El documento US 6366054 B1 se refiere a un método para determinar el estado de carga de una batería al medir su tensión de circuito abierto.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es una vista esquemática de un sistema de potencia de ascensor que incluye un accionamiento regenerativo y un sistema de almacenamiento de energía eléctrica.

La Figura 2 muestra una relación observada experimentalmente entre V_{OC} de un módulo de batería Ni-MH con seis celdas individuales y el estado de carga (SOC) para dos regímenes de funcionamiento.

Las Figuras 3A y 3B muestran la tensión de la batería y la corriente de la batería, respectivamente, durante una serie de microciclos de carga/descarga desequilibrados.

La Figura 4 es un gráfico que muestra una comparación de perfiles de V_{OC} -SOC resultantes de carga/descarga continua y de microciclos de carga/descarga.

Las Figuras 5A y 5B muestran la tensión de la batería y la corriente de la batería, respectivamente, de un módulo de batería sometido intermitentemente a microciclos para simular el funcionamiento del ascensor.

Las Figuras 6A y 6B son vistas ampliadas de una parte de las Figuras 5A y 5B que muestran la tensión de la batería y la corriente de la batería en una transición entre un primer conjunto de microciclos que dan como resultado disminuciones de carga y un segundo conjunto de microciclos que dan como resultado aumentos de

carga.

La Figura 7 muestra un ejemplo de un perfil energético diario de un ascensor.

5 Descripción detallada

La Figura 1 es una vista esquemática del sistema de potencia 10 que incluye el suministro de potencia primario y el sistema de distribución 20, el convertidor de potencia 22, el bus de CC 24, el condensador de suavizado 26, el inversor de potencia 28, el regulador de tensión 30, el sistema de almacenamiento de energía eléctrica (EES) 32, el controlador de sistema de EES 34 y controlador de accionamiento 36. El convertidor de potencia 22, el bus de CC 24, el condensador de suavizado 26 y el inversor de potencia 28 se incluyen en el accionamiento regenerativo 29. El sistema de distribución y suministro de potencia primario 20 puede ser una empresa de servicio eléctrico, tal como una fuente de energía comercial. El sistema de EES 32 incluye un dispositivo o una pluralidad de dispositivos capaces de almacenar energía eléctrica. El ascensor 14 incluye la cabina de ascensor 40 y el contrapeso 42 que se conectan a través de un cable 44 al motor de elevación 12. El ascensor 14 también incluye un sensor de carga 46, conectado al controlador de accionamiento 36, para medir el peso de la carga en la cabina de ascensor 40.

Como se describirá en este documento, el sistema de potencia 10 se configura para controlar el intercambio de energía entre el motor de elevación de ascensor 12, el suministro de potencia primario y el sistema de distribución 20 y/o el sistema de EES 32 en función de la demanda de potencia (positiva o negativa) del motor de ascensor 12 y el estado de carga (SOC) del sistema de EES 32, y especificaciones para el uso de la red. Por ejemplo, cuando la demanda de potencia del motor de elevación de ascensor 12 es positiva, el sistema de potencia 10 puede accionar el motor de elevación 12 desde el suministro de potencia primario y el sistema de distribución 20 y el sistema de EES 32 en una proporción que es función de la magnitud de la demanda y el estado de carga del sistema de EES 32. Como otro ejemplo, cuando la demanda de potencia del motor de elevación de ascensor 12 es negativa, el sistema de potencia 10 puede proporcionar la potencia generada por el motor de elevación de ascensor 12 al sistema de suministro y distribución de potencia 20 y al sistema de EES 32 en una proporción que es función del estado de carga del sistema de EES 32. El sistema de potencia 10 también controla la distribución de energía entre el suministro de potencia primario y el sistema de distribución 20 y el sistema de EES 32 cuando la demanda de potencia del motor de elevación de ascensor 12 es aproximadamente cero (es decir, un período inactivo), y entre el sistema de EES 32 y el motor de elevación de ascensor 12 en caso de fallo del sistema de suministro y distribución de potencia primaria 20.

El convertidor de potencia 22 y el inversor de potencia 28 se conectan por el bus de CC 24. El condensador de suavizado 26 se conecta a través del bus de CC 24. El sistema de distribución y suministro de potencia primario 20 proporciona energía eléctrica al convertidor de potencia 22. El convertidor de potencia 22 es un inversor de potencia trifásico que puede funcionar para convertir la potencia de CA trifásica del suministro de potencia primario y el sistema de distribución 20 a tensión de CC en el bus de CC 24. En una realización, el convertidor de potencia 22 comprende una pluralidad de circuitos de transistores de potencia que incluyen transistores 50 y diodos 52 conectados en paralelo. Cada transistor 50 puede ser, por ejemplo, un transistor bipolar de puerta aislada (IGBT). El electrodo controlado (es decir, puerta o base) de cada transistor 50 se conecta al controlador de accionamiento 36. El controlador de accionamiento 36 controla los circuitos de transistores de potencia para convertir la potencia de CA trifásica del suministro de potencia primario y el sistema de distribución 20 a tensión de CC en el bus de CC 24. El condensador de suavizado 26 suaviza la potencia rectificada proporcionada por el convertidor de potencia 22 en el bus de CC 24. Es importante tener en cuenta que, si bien el sistema de distribución y suministro de potencia primario 20 se muestra como un sistema de distribución y suministro de potencia de CA trifásica, el sistema de potencia 10 puede adaptarse para recibir energía de cualquier tipo de fuente de energía, incluidos (entre otros) una fuente de potencia de CA monofásica y una fuente de potencia de CC.

Los circuitos de transistores de potencia del convertidor de potencia 22 también permiten que la potencia en el bus de CC 24 se invierta y se suministre a la suministro de potencia primario y al sistema de distribución 20. En una realización, el controlador de accionamiento 36 emplea modulación de ancho de pulso (PWM) para producir pulsos de activación para conmutar periódicamente los transistores 50 del convertidor de potencia 22 para proporcionar una señal de potencia de CA trifásica al suministro de potencia primario y al sistema de distribución 20. Esta configuración regenerativa reduce la demanda en el suministro de potencia primaria y el sistema de distribución 20.

El inversor de potencia 28 es un inversor de potencia trifásico que es operable para invertir la potencia de CC del bus de CC 24 a potencia de CA trifásica. El inversor de potencia 28 comprende una pluralidad de circuitos de transistores de potencia que incluyen transistores 54 y diodos 56 conectados en paralelo. Cada transistor 54 puede ser, por ejemplo, un transistor bipolar de puerta aislada (IGBT). El electrodo controlado (es decir, puerta o base) de cada transistor 54 se conecta al controlador de accionamiento 36, que controla los circuitos de transistor de potencia para invertir la potencia de CC en el bus de CC 24 a potencia de salida de CA trifásica. La potencia de CA trifásica en las salidas del inversor de potencia 28 se proporciona al motor de elevación 12.

En una realización, el controlador de accionamiento 36 emplea PWM para producir pulsos de activación para conmutar periódicamente los transistores 54 del inversor de potencia 28 para proporcionar una señal de potencia de CA trifásica al motor de elevación 12. El controlador de accionamiento 36 puede variar la velocidad y la dirección del movimiento del ascensor 14 al ajustar la frecuencia, la fase y la magnitud de los pulsos de activación de los transistores 54.

Además, los circuitos de transistores de potencia del inversor de potencia 54 funcionan para rectificar la potencia que se genera cuando el ascensor 14 acciona el motor de elevación 12. Por ejemplo, si el motor de elevación 12 está generando potencia, el controlador de accionamiento 36 controla los transistores 54 en el inversor de potencia 28 para permitir que la potencia generada se convierta y se suministre al bus de CC 24. El condensador de suavizado 26 suaviza la potencia convertida proporcionada por el inversor de potencia 28 en el bus de CC 24. La energía regenerada en el bus de CC 24 se puede usar para recargar los elementos de almacenamiento del sistema de EES 32, o se puede devolver al suministro de potencia primario y al sistema de distribución 20 como se ha descrito anteriormente.

El motor de elevación 12 controla la velocidad y la dirección del movimiento entre la cabina de ascensor 40 y el contrapeso 42. La potencia necesaria para accionar el motor de elevación 12 varía con la aceleración y la dirección del ascensor 14, así como con la carga en la cabina de ascensor 40. Por ejemplo, si la cabina de ascensor 40 está siendo acelerada, sube con una carga mayor que el peso del contrapeso 42 (es decir, carga pesada) o baja con una carga menor que el peso del contrapeso 42 (es decir, carga liviana), se requiere potencia para accionar el motor de elevación 12. En este caso, la demanda de potencia del motor de elevación 12 es positiva. Si la cabina de ascensor 40 baja con una carga pesada o sube con una carga ligera, la cabina de ascensor 40 acciona el motor de elevación 12 y regenera potencia. En este caso de demanda de potencia negativa, el motor de elevación 12 genera potencia de CA que se convierte en potencia de CC mediante el inversor de potencia 28 bajo el control del controlador de accionamiento 36. Como se ha descrito anteriormente, la potencia de CC convertida puede devolverse al suministro de potencia primario y al sistema de distribución 20, usarse para recargar el sistema de EES 32 y/o disiparse en una resistencia de freno dinámico conectada a través del bus de CC 24. Si el ascensor 14 se nivela o funciona a una velocidad fija con una carga equilibrada, puede que esté usando una cantidad menor de potencia. Si el motor de elevación 12 no funciona ni genera potencia, la demanda de potencia del motor de elevación 12 es aproximadamente cero.

Cabe señalar que, si bien se muestra un solo motor de elevación 12 conectado al sistema de alimentación 10, el sistema de alimentación 10 se puede modificar para alimentar múltiples motores de elevación 12. Por ejemplo, se puede conectar una pluralidad de inversores de potencia 28 en paralelo a través del bus de CC 24 para proporcionar potencia a una pluralidad de motores de elevación 12. Además, mientras que el sistema de EES 32 se muestra conectado al bus de CC 24, el sistema de EES 32 puede conectarse alternativamente a una fase de la entrada trifásica del convertidor de potencia 22.

El sistema de EES 32 puede incluir uno o más dispositivos capaces de almacenar energía eléctrica que se conectan en serie o en paralelo. El sistema de EES 32 incluye al menos una batería recargable, que puede incluir cualquiera de níquel-cadmio (Ni-Cd), ácido de plomo, hidruro de níquel-metal (Ni-MH), iones de litio (Li-ion), polímero de iones de litio (Li-Poly), níquel-hierro, níquel-zinc, zinc/alcalinas/dióxido de manganeso, flujo de zinc-bromo, flujo de vanadio y baterías de azufre de sodio. En algunas realizaciones, el sistema de EES 32 también puede incluir al menos un supercondensador, que puede incluir supercondensadores simétricos o asimétricos. El sistema de EES 32 puede incluir un tipo de dispositivo de almacenamiento o puede incluir combinaciones del mismo o diferentes tipos de dispositivos de almacenamiento.

El sistema de potencia 10 aborda la demanda de potencia del motor de elevación 12 con el suministro de potencia primario y el sistema de distribución 20 y el sistema de EES 32. Esto reduce la demanda total de potencia en el sistema de suministro y distribución de potencia primario 20, lo que permite una reducción del tamaño (y, en consecuencia, el coste) de los componentes que entregan potencia desde el sistema de suministro y distribución de potencia primario 20 al sistema de potencia 10 (por ejemplo, convertidor 22). Además, al controlar la parte de energía proporcionada por el sistema de EES 32 en función de su estado de carga (SOC), se prolonga la vida del sistema de EES 32. Además, el sistema de potencia 10 puede proporcionar una operación de rescate y servicio prolongado después de un fallo en el suministro de potencia primario 10 al entregar potencia hacia y desde el sistema de EES 32 para abordar la demanda del motor de elevación 12.

El funcionamiento adecuado del sistema de potencia 10 y, en particular, del sistema de EES 32 requiere que se monitoree el SOC. Mantener el SOC dentro de un régimen deseado (o intervalo operativo) asegura la disponibilidad de potencia desde el sistema de EES 32 cuando sea necesario. Además, mantener el SOC dentro del intervalo operativo deseado puede prolongar la vida útil de las baterías utilizadas para almacenar energía eléctrica.

El controlador de sistema de EES 34 monitoriza el SOC del sistema de EES 32 y controla la carga y descarga del sistema de EES para mantener el sistema de EES 32 dentro del régimen de SOC deseado. El controlador

de sistema de EES 34 calibra el estado de carga de una batería basándose en la correlación SOC-tensión de circuito abierto (V_{OC}) al cargar o descargar parcialmente la batería para eliminar la dependencia histórica de carga que normalmente confunde tales correlaciones. La profundidad de descarga requerida para determinar el SOC es mucho menor que las técnicas de calibración de SOC anteriores que requieren una carga o descarga completas de la batería. Minimizar la profundidad de descarga prolonga la vida útil de la batería en relación con los métodos de carga completa o descarga completa.

El controlador de sistema de EES 34 determina primero cualitativamente si el SOC está por encima o por debajo de un régimen o intervalo de SOC deseado al comparar la tensión de la batería bajo cierta carga con una tensión predeterminada. Si el SOC está por encima del régimen SOC deseado, la calibración se regulará para hacer que el SOC disminuya durante una descarga parcial del sistema de EES 32; de lo contrario, la calibración se dirigirá a aumentar el SOC durante una carga parcial del sistema de EES 32.

En una realización, el controlador de sistema de EES 34 establece la estrategia de gestión de la batería durante la calibración del SOC de modo que el SOC aumente o disminuya de manera monótona durante un período de tiempo al disminuir proporcionalmente la descarga o aumentar la carga durante los períodos de inactividad (es decir, cuando el motor de elevación 12 no está funcionando). A medida que el cambio de SOC alcanza ca. 20 % o el valor mínimo que permite que el V_{OC} atraviese una correlación V_{OC} -SOC conocida (es decir, una curva límite de carga o descarga), el controlador de sistema de EES 34 determinará o estimará un valor de estado estable de V_{OC} , usando métodos convencionales que requieren un tiempo sustancial, o usando un método acelerado que estime el estado estacionario V_{OC} basado en un período de observación más corto. Para estimar el V_{OC} de una batería sin un largo tiempo de descanso, se puede utilizar un método predictivo que permite estimar un V_{OC} con una relajación corta dentro de varios minutos a decenas de minutos en lugar de horas. Este método puede proporcionar una aproximación que sirva para asegurar la operabilidad y controlabilidad del sistema.

La carga/descarga parcial, que conduce a un cambio específico en SOC para una batería, puede ser controlada por el controlador EES 34 en función del recuento de Coulomb. Otros parámetros como la temperatura, la tasa de cambio de temperatura, la tensión y la tasa de cambio de tensión se monitorizan durante la oscilación del SOC para evitar que la batería se sobrecargue o se descargue en exceso. Obsérvese que determinar el signo del cambio en el SOC no requiere calcular con precisión las cargas; en cambio, el aumento o disminución de SOC se puede determinar observando la tendencia de la tensión cuando se elimina la carga, es decir, en condiciones de circuito abierto. Por ejemplo, excepto en los períodos de relajación de baja tensión, la caída de la tensión generalmente indica un aumento en el SOC antes que el resto, y la recuperación de la tensión indica una disminución en el SOC.

En la siguiente discusión, la calibración del SOC de la batería se describirá mediante ejemplos basados en las características de una batería de Ni-MH. La batería recargable de hidruro metálico de níquel (Ni-MH) es un dispositivo de almacenamiento de energía preferido para aplicaciones de ascensores debido a su densidad de energía y potencia, construcción con materiales ambientalmente benignos y seguridad. Sin embargo, también se pueden usar otros tipos de baterías y presentar desafíos similares para la monitorización de SOC. Los principios y la metodología discutidos son aplicables a otros tipos de baterías.

La tensión de circuito abierto (V_{OC}) de una batería (como una batería Ni-MH) es igual a la diferencia en los potenciales de electrodo de la batería cuando el transporte de masa y las reacciones parásitas son insignificantes. El potencial de electrodo en equilibrio es un valor termodinámico que depende de la composición del material del electrodo y de las condiciones ambientales. Por tanto, la V_{OC} puede ser un indicador del estado de carga de la batería. Los modelos de electrodo positivo ($Ni(OH)_2$) y electrodo negativo (hidruro metálico (MH)) de una batería de Ni-MH han sido propuestos por varios investigadores y validados bajo condiciones relevantes. Ver, Mukul Jain, ALE, Michael Matthews y John Weidner, Thermodynamic considerations of the reversible potential for the nickel electrode. *Electrochimica Acta.*, 1998, 43(18): pág. 2649-2660; y Bala S. Haran, BNP, y Ralph E. White, Theoretical analysis of metal hydride electrodes. *Revista de la Sociedad Electroquímica*, 1998, 145(12): pág. 4082-4090, y A. Ledovskikh, DD, WJJ Rey y PH Notten, Modeling of hydrogen storage in hydride-forming materials: Termodinámica estadística. *Revisión física B*, 2006, 73(1): pág. 014106. La dificultad práctica de calcular el SOC directamente a partir de V_{OC} surge de la mezcla no ideal de especies de electrodos y la naturaleza no equilibrada del electrodo en condiciones prácticas. Además, la correlación observada entre V_{OC} y SOC presenta una histéresis pronunciada o dependencia del historial de carga o descarga de la batería.

La Figura 2 muestra una relación observada experimentalmente entre la V_{OC} de un módulo de batería Ni-MH (6,5 Ah), que consiste en 6 celdas individuales con una tensión nominal de 1,2 V por celda, y su SOC para dos regímenes de funcionamiento. Un procedimiento o régimen operativo para obtener la relación V_{OC} -SOC mostrada en la Figura 2 era cargar o descargar el módulo de batería desde o hasta cero SOC continuamente con corriente constante y detener la corriente en SOC parciales para registrar la V_{OC} correspondiente después de que se permitía que la batería estuviera en circuito abierto durante 2 horas para cada SOC. El perfil V_{OC} -SOC resultante de este procedimiento se denomina bucle frontera 100 e incluye el perfil de carga 100C y el

perfil de descarga 100D.

Otro procedimiento o régimen de operación es cargar y descargar la batería desde un SOC parcial entre carga
 5 cero y capacidad total y registrar la V_{OC} utilizando el mismo método. Este perfil de V_{OC} -SOC se denomina bucle
 interior 110 y se muestra en la Figura 2 por los símbolos cuadrados huecos y sólidos. El bucle interior 110
 incluye el perfil de carga 110C y el perfil de descarga 110D.

Tanto en el bucle frontera 100 como en el bucle interior 110, la histéresis era observable y repetible. El
 10 fenómeno de histéresis de las baterías de Ni-MH puede originarse por la intercalación de protones
 concomitante con la conversión entre $Ni(OH)_2$ y $NiOOH$ de electrodos positivos. La histéresis generalmente se
 trata mediante el uso de ecuaciones empíricas en la mayoría de los casos B. Wu, MM, D. Brigham, R. Elder,
 RE White, A non-isothermal model of a nickel-metal hydride cell. Revista de Fuentes de Energía, 2001. 101:
 págs. 149-157. Se ve que la diferencia en los SOC estimados asociados con la misma V_{OC} basada en el bucle
 15 frontera 100 y el bucle interior 110 es tremenda; por lo tanto, la precisión de una estimación de SOC basada
 en V_{OC} depende en gran medida de la elección del perfil de V_{OC} -SOC correcto para que coincida con el historial
 de carga de la batería.

Para un sistema de ascensor regenerativo como el que se muestra en la Figura 1, el perfil de carga del uso de
 una batería puede representarse con mayor precisión mediante microciclos que consisten en carga y descarga
 20 en un ciclo y provocan una pequeña desviación del SOC dentro del ciclo y una deriva más lenta del SOC de la
 batería durante un período de tiempo. En las Figuras 3A y 3B se muestra una serie de tales ciclos.

La relación V_{OC} -SOC resultante del microciclo que simula el funcionamiento del ascensor se muestra en la
 Figura 4 y se compara con la resultante de la carga y descarga continua presentada en la Figura 2. La similitud
 25 de los dos perfiles de V_{OC} -SOC sugiere que la correlación de V_{OC} -SOC está determinada principalmente por el
 estado de los materiales del electrodo. Además, se observó en estas pruebas que un cambio de SOC máximo
 e invariable (cerca del 20 % SOC) provocó que la subsiguiente correlación V_{OC} -SOC atravesara el bucle
 frontera 100 de V_{OC} -SOC. El cambio de SOC que sería efectivo para eliminar los efectos del historial de carga
 o descarga (se asume un estado pseudo-estacionario para V_{OC}) y obligar a que la subsiguiente correlación
 30 V_{OC} -SOC se encuentre en el perfil 100C o el perfil 100D del bucle frontera 100 es probable que sea menos del
 20 % para otros valores SOC mayores o menores que los representados para el bucle interior 110 de la Figura
 2, porque los perfiles de frontera 100C y 100D tienden a converger cuando el SOC se acerca a valores altos o
 bajos. Un proceso general para garantizar que la batería se cargue o se descargue con un cambio de
 aproximadamente un 20 % en relación con la carga completa constituye la base para acondicionar la batería
 35 en preparación para estimar el SOC. Este tipo de proceso de calibración utiliza una oscilación en SOC que es
 lo suficientemente grande como para eliminar la incertidumbre de la correlación V_{OC} -SOC que surge de la
 histéresis, mientras minimiza la oscilación para preservar la vida útil de la batería.

Una observación que respalda la viabilidad de predecir V_{OC} con un tiempo de descanso relativamente corto es
 40 que la relajación de la batería puede facilitarse cuando están presentes microciclos de disminución de carga y
 microciclos de aumento de carga. Estos microciclos parecían acelerar la relajación de la tensión de circuito
 abierto posiblemente al cancelar la acumulación de gradiente de concentración subyacente resultante del
 cambio de SOC. Se puede encontrar una base de transporte de masa para el comportamiento de relajación en
 la disertación de Ta, KP, Medición del coeficiente de difusión de estado sólido y modelado de materiales de
 45 intercalación, Departamento de Ingeniería Química, 1998, Universidad de California, Berkeley. Esto se
 evidencia por los resultados mostrados en las Figuras 5A y 5B, que muestran perfiles de tensión de batería V_b
 y corriente de batería I_b , respectivamente, del ciclo del que se obtuvo depende la V_{OC} -SOC en la Figura 4.

Las pruebas presentadas en las Figuras 5A y 5B comenzaron con un módulo de batería totalmente descargado.
 50 Las Figuras 5A y 5B muestran una carga continua inicial 200 seguida de una serie de microciclos 210A-210J
 de disminución del SOC y una serie de microciclos 220A-220F de aumento del SOC. En la Figura 5A, se puede
 ver que el comportamiento de relajación resultante de los microciclos 210A-210J de disminución del SOC es
 diferente del comportamiento de relajación de la carga continua 200, y el comportamiento de relajación de los
 55 microciclos 220A-220F de aumento del SOC.

En la Figura 5A, la carga continua 200 resultó en un aumento del SOC del 60 % al principio. La carga continua
 200 creó un gradiente de concentración significativo y, en consecuencia, un tiempo de relajación más
 prolongado. Los microciclos posteriores 210A-210J, que redujeron el SOC gradualmente a un ritmo más lento,
 60 parecieron permitir que la relajación subsiguiente procediera más rápidamente. Los microciclos de disminución
 de carga 210A-210J fueron seguidos por un conjunto de microciclos de aumento de carga 220A-220F. Los
 microciclos 220A parecían conducir a una dinámica de caída de V_{OC} más rápida, aunque todos los microciclos
 210A-210J anteriores provocaron que el SOC se desviara un 20 % en su conjunto durante un período de
 aproximadamente 20 horas. Se observó que la relajación de V_{OC} en cada condición de circuito abierto
 65 intermitente durante el período de disminución de carga producido por los microciclos 210A-210J mostró
 constantes de tiempo más o menos similares. El efecto histórico resultante de la carga continua inicial 200 no
 pareció afectar significativamente al comportamiento, presumiblemente, debido a su efecto decreciente a lo

largo del tiempo. El cambio en la relajación en la Figura 5A a medida que se invirtió el cambio de SOC se puede ver más claramente en la Figura 6A, que muestra los microciclos 210J y 220A con mayor detalle.

En función del trazado de relajación de V_{OC} en la Figura 6A, es posible ajustar los datos de relajación inicial de un tiempo corto (por ejemplo, minutos o decenas de minutos durante el tiempo de inactividad) para predecir un pseudo- V_{OC} que es una aproximación razonable del estado estacionario V_{OC} . Las constantes de tiempo para ajustar el trazado de V_{OC} oscilan entre 100 s y 10000 s según el historial de ciclos de una batería y los requisitos sobre errores de ajuste. Sin embargo, la variación de V_{OC} se vuelve sustancialmente más pequeña después de cerca de 1000 s. Por lo tanto, la estimación del estado estacionario V_{OC} puede derivarse analizando los datos de relajación de V_{OC} obtenidos durante el tiempo inicial de la condición de circuito abierto, que puede ser inferior a decenas de minutos cuando se mejora la dinámica de relajación. Un tiempo de relajación puede estar disponible durante el tiempo de uso bajo del ascensor en función del perfil de tráfico diario anterior del ascensor. El método predictivo se implementa para reducir el requisito de un tiempo de relajación extremadamente largo para registrar con precisión el V_{OC} .

El ajuste de la operación de aumento o disminución de carga para la batería en un sistema de ascensor regenerativo se puede realizar a través de las estrategias de gestión de energía descritas anteriormente. Por lo tanto, se puede implementar un método predictivo de V_{OC} para estimar la V_{OC} con el fin de calibrar el SOC en función de la correlación V_{OC} -SOC almacenada en una base de datos. Alternativamente, la V_{OC} de estado estacionario puede identificarse a través de un modelo de tensión de terminal de batería que requiere más parámetros de la batería.

La carga o descarga parciales pueden sincronizarse con el perfil de tráfico de un sistema de ascensor para minimizar la interrupción del funcionamiento del ascensor durante la calibración. Un perfil de energía diario típico que se muestra en la Figura 7 revela que el SOC del sistema de EES 32 podría desviarse en una cantidad notable sin la intervención del controlador de sistema de EES 34, una de cuyas funciones principales es minimizar la desviación del SOC. Por lo tanto, es posible obtener una cantidad bruta de cambio de SOC en una duración razonable para realizar el método de calibración.

Una realización hace uso de la excursión del SOC en función de un perfil de tráfico para permitir que el SOC se desvíe una cantidad bruta de no más del 20 % o el valor mínimo necesario para garantizar que se minimice el efecto del historial de uso para un tipo particular de batería. En la Figura 7 se muestra un perfil de energía horario típico asociado con un perfil de tráfico para un ascensor regenerativo. Para un perfil de tráfico/energía de este tipo, el sistema puede causar fácilmente un cambio de SOC en una cantidad mayor para establecer la batería en un estado que tenga una correlación V_{OC} -SOC conocida, generalmente en el bucle frontera, con una interferencia mínima del flujos de energía.

Esta invención ayuda a prolongar la vida útil de una batería al proporcionar una estimación precisa del SOC de la batería y permitir así que los sistemas eviten el funcionamiento fuera de los niveles deseables de SOC. En el caso de los sistemas de ascensores regenerativos, es probable que la batería funcione durante más tiempo cada día que la batería de un vehículo eléctrico híbrido típico; por lo tanto, la necesidad de calibración puede ser mayor que para el vehículo eléctrico híbrido. Los beneficios logrados por el método de calibración incluyen fiabilidad mejorada, bajo mantenimiento y reemplazo de batería poco frecuente. Además, con buenas estrategias y tecnología de extensión de la vida útil de la batería, se puede optimizar el tamaño de la batería y se puede reducir el coste de brindar un nivel dado de rendimiento.

Aunque la presente invención se ha descrito con referencia a realizaciones preferidas, los expertos en la técnica reconocerán que se pueden realizar cambios en forma y detalle sin apartarse del alcance de la invención, que se define en las reivindicaciones adjuntas. Por ejemplo, la calibración del SOC de la batería se ha descrito en el contexto de un sistema de ascensor particular que se muestra en la Figura 1, pero es aplicable a una amplia variedad de diferentes sistemas de ascensores, así como a otros sistemas en los que se necesita la calibración del SOC de la batería.

REIVINDICACIONES

1. Un método para determinar el estado de carga (SOC) de una batería, comprendiendo el método:
 - 5 realizar la calibración de SOC al cambiar el SOC de la batería en una parte de un intervalo completo de SOC siguiendo una tensión de circuito abierto conocida frente al perfil de estado de carga, V_{OC} -SOC, en donde cambiar el SOC comprende parcialmente, pero no completamente, cargar o descargar el sistema de almacenamiento de energía siguiendo el perfil V_{OC} -SOC conocido;
 - 10 determinar un valor de V_{OC} ; y
estimar el SOC de la batería basándose en el valor de V_{OC} y el perfil conocido de V_{OC} -SOC;
caracterizado por que: - 15 cambiar el SOC comprende además hacer funcionar la batería con una serie de microciclos, que simulan el funcionamiento del ascensor, que comprende tanto la carga como la descarga;
en donde la serie de microciclos se produce mediante el funcionamiento de un accionamiento regenerativo de un sistema de ascensor;
 - 20 y que el método comprende además:
sincronizar el cambio de SOC con un perfil de tráfico del sistema de ascensor; y
 - 25 en donde la determinación de un valor de V_{OC} se produce durante un circuito abierto de corta duración al contrarrestar la tendencia de cambio de SOC anterior para mejorar la dinámica de relajación de tensión mediante la regulación del uso de la batería con una referencia al perfil de tráfico.
- 30 2. El método de la reivindicación 1, en donde la determinación de un valor de V_{OC} se basa en la V_{OC} medida y las características de relajación de tensión de la V_{OC} .
3. Un sistema de ascensor que comprende:
 - 35 un accionamiento regenerativo (29);
un motor de elevación (12) operado por el accionamiento regenerativo;
un sistema de almacenamiento de energía eléctrica (EES) (32) conectado al accionamiento regenerativo; y
 - 40 un controlador de sistema de EES (34) configurado para controlar la carga y descarga del sistema de EES en función del estado de carga (SOC) y para realizar la calibración del SOC al cargar o descargar parcialmente, pero no completamente, el sistema de EES a una curva de frontera conocida de tensión de circuito abierto V_{OC} -SOC, medir la V_{OC} del sistema de EES, y estimar el SOC en función de la V_{OC} y la curva de frontera de V_{OC} -SOC;
 - 45 caracterizado por que el controlador de sistema de EES (34) se configura además para realizar el método de la reivindicación 1.
- 50 4. El sistema de ascensor de la reivindicación 3, en donde el controlador de sistema de EES (34) se configura además para cargar o descargar el sistema de EES (32) durante la calibración del SOC para producir un cambio del SOC de hasta aproximadamente el 80 % de un intervalo completo del SOC.
- 55 5. El sistema de ascensor de la reivindicación 3, en donde el controlador de sistema de EES (34) se configura además para cargar o descargar el sistema de EES (32) durante la calibración SOC con una serie de microciclos producidos por el funcionamiento del accionamiento regenerativo.

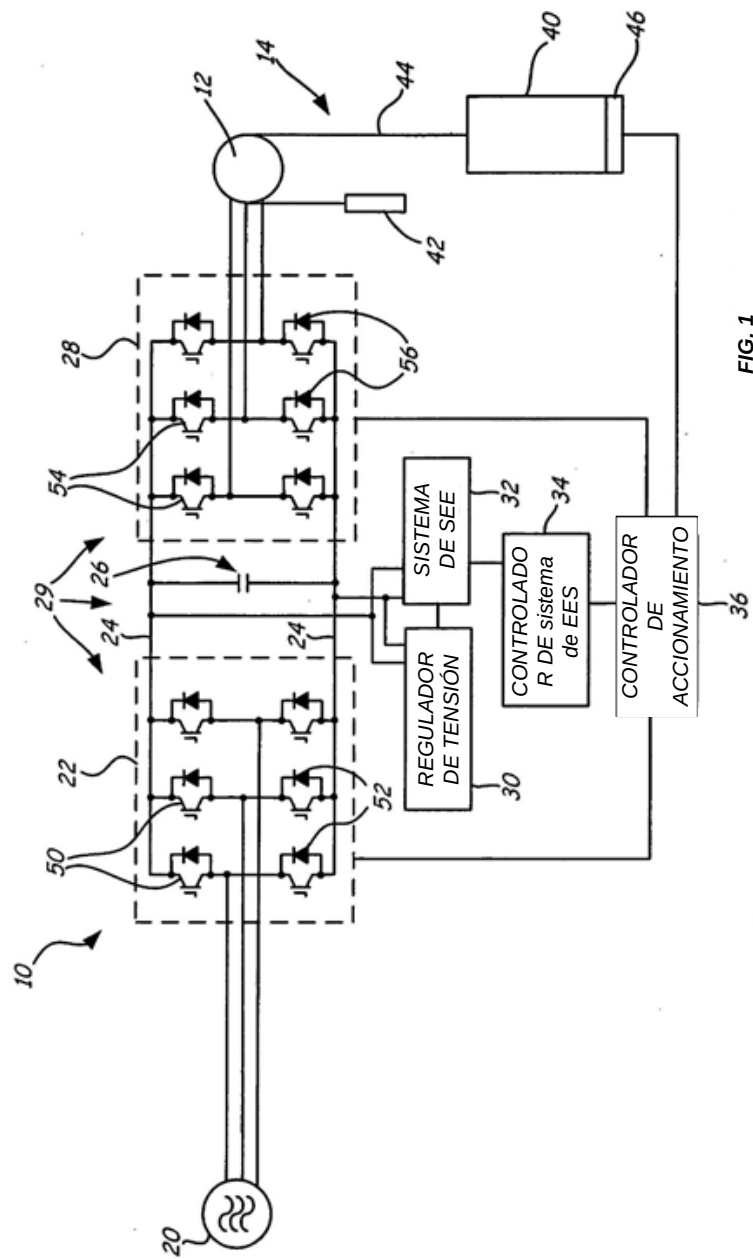


FIG. 1

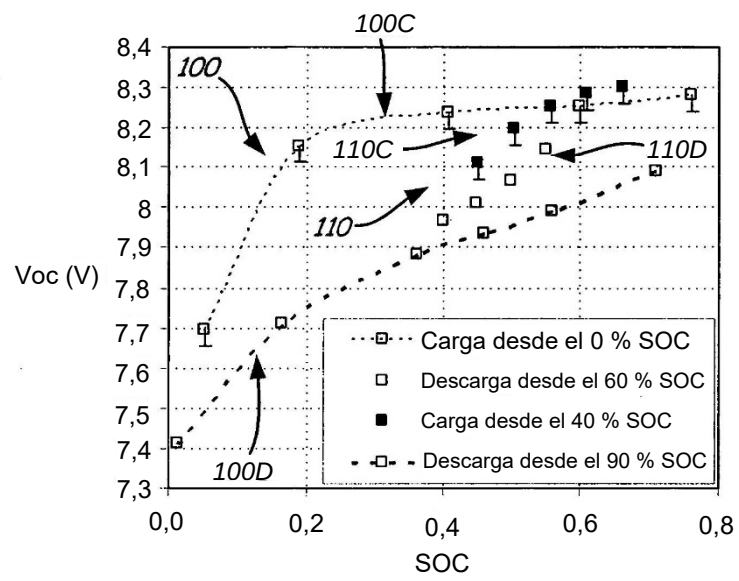


FIG. 2

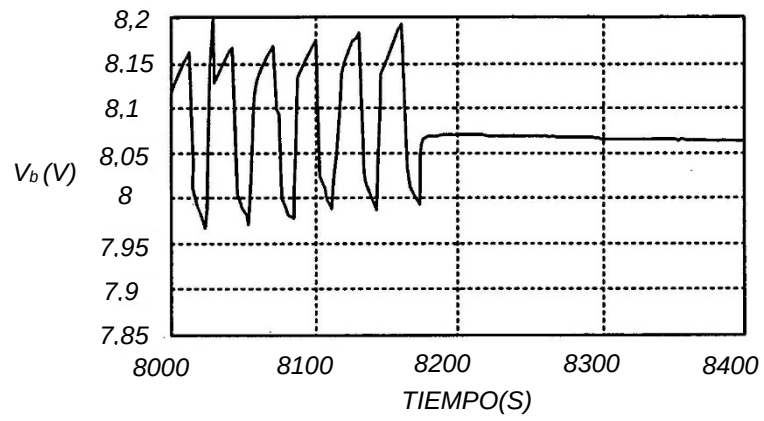


FIG. 3A

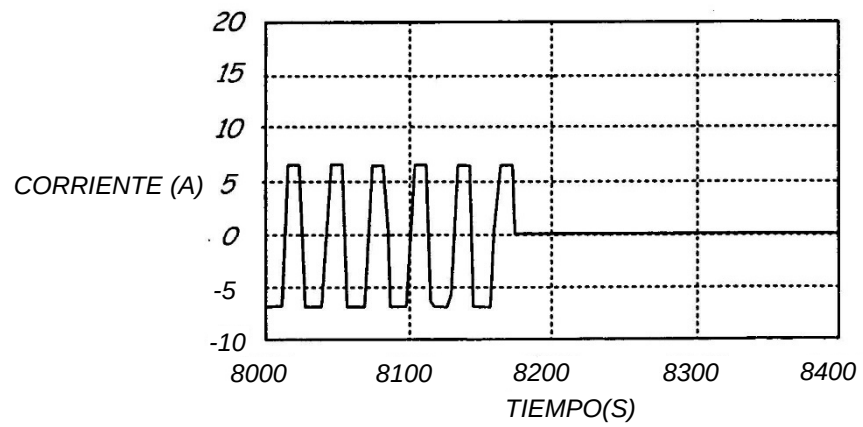


FIG. 3B

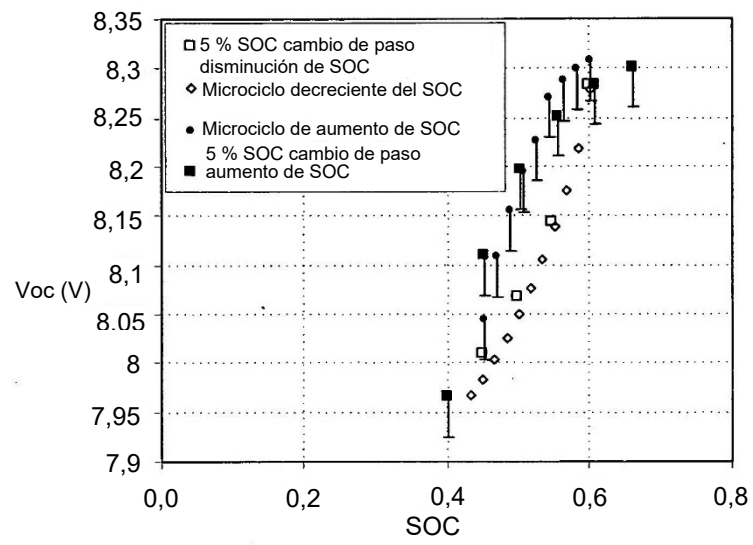


FIG. 4

