

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 742 839**

51 Int. Cl.:

H02J 7/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.12.2014** **E 14197601 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.07.2019** **EP 2884620**

54 Título: **Método para cargar baterías y convertidor para cargar**

30 Prioridad:

13.12.2013 FR 1362612

06.02.2014 DE 102014001724

06.03.2014 DE 102014002973

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

17.02.2020

73 Titular/es:

IAV GMBH (100.0%)

Carnotstrasse 1

10587 Berlin, DE

72 Inventor/es:

BARBÉ, DAVID

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 742 839 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

Método para cargar baterías y convertidor para cargar

[0001] La invención describe un método para cargar baterías y un convertidor para llevar a cabo el método.

5 [0002] A efectos de la solicitud, por baterías se entiende cualquier batería recargable, independientemente de su diseño. Las baterías se utilizan en una variedad de aplicaciones móviles. Aquí los ejemplos de dichas aplicaciones son teléfonos móviles, ordenadores portátiles, vehículos eléctricos y muchas otras aplicaciones. Se conocen diversos materiales de batería. Por ejemplo, se utilizan baterías de iones de litio, baterías de plomo, baterías de NiMh y NiCd. Para cargar las baterías, se utilizan cargadores, que consisten en un convertidor eléctrico. Se conocen diversos convertidores. Por ejemplo, convertidores de CC/CC, convertidores de CA/CC, que pueden transferir la energía por cable o de forma inalámbrica. En el sentido de la invención un convertidor es cualquier unidad controlable que transfiere energía para cargar una batería de forma controlable desde una fuente de energía eléctrica a la batería.

10 [0003] Se conocen diferentes algoritmos de carga para diferentes tipos de baterías. Los algoritmos de carga más simples se caracterizan por una carga de corriente constante o una carga de tensión constante. La corriente y la tensión se aplican a la batería según la capacidad de la batería durante un tiempo de carga definido. Además, se conocen varios algoritmos de carga que se ajustan a los parámetros de la batería o responden de manera adaptativa a los parámetros de la batería durante la carga. Se pueden tener en cuenta varios parámetros de la batería, como la carga máxima, el estado de la batería o la temperatura de la batería. También se conoce el funcionamiento de baterías con modos de carga diferentes entre sí dependiendo de los requisitos. Se conoce el uso de un modo de carga rápida o un modo de carga normal en función del tiempo disponible para la carga. Se conocen cargadores que permiten la selección manual de un modo de carga normal o un modo de carga rápida. Los modos de carga rápida se caracterizan por corrientes de carga más altas, que pueden tener un efecto negativo en la condición de la batería.

15 [0004] Además, se conocen métodos de carga basados en el precio de la energía, que tienen en cuenta el cambiante precio de la energía durante el proceso de carga y adaptan la estrategia de carga en consecuencia. El perfil de carga se diseña para que la cantidad máxima de energía se transfiera a la batería durante un período de bajo precio de la energía. La solicitud de patente china CN102044723 (A) muestra un algoritmo de carga de este tipo. Se describe que se puede elegir entre un modo de carga rápida y un modo de carga económico. Si se conoce el tiempo para el proceso de carga y el tiempo disponible, se puede estimar la necesidad de un modo de carga rápida. Si se selecciona el modo de carga económica, se utiliza un perfil de carga que depende del precio de la energía. El modo de carga económica está diseñado para cargar la mayor parte de la carga en la batería durante un período en el que el precio de la energía es barato. El modo de carga económica descrito no influye en el perfil de carga si el precio de la energía no cambia durante el tiempo de carga.

20 [0005] Las unidades electrónicas que funcionan con baterías, que se utilizan en tiempos previsible por separado, a menudo se pueden cargar sin presión de tiempo durante un período de tiempo cuyo tiempo final y, por lo tanto, su tiempo de carga disponible se conoce. La mayoría de los vehículos eléctricos para transporte privado se utilizan durante el día y se cargan durante la noche en el lugar de estacionamiento residencial. Un perfil de conducción típico muestra largos tiempos de estacionamiento entre cortos períodos de uso. Un ciclo de conducción habitual incluye varios períodos de estacionamiento cuyo tiempo de inactividad ya se conoce al estacionar. Del mismo modo, los vehículos comerciales pequeños para transporte interno, montacargas, etc., generalmente se usan solo durante las horas de trabajo y se cargan fuera de ellas. Lo mismo ocurre con los teléfonos móviles, ordenadores portátiles, etc. La mayoría de las aplicaciones que funcionan con baterías tienen períodos de uso interrumpidos por períodos de carga prolongados, que pueden cargarse sin presión de tiempo y cuyo período de carga es predecible de antemano. Por lo tanto, es posible que muchas aplicaciones utilicen la información del tiempo de carga disponible para crear un perfil de carga inteligente, que difiere de los métodos de corriente constante y tensión constante.

25 [0006] La solicitud de patente alemana DE 10 2010 011 704 A1 describe un vehículo accionado eléctricamente que tiene un modo de carga que depende del precio. La cantidad de energía que cargar y el tiempo final en el que debe completarse el proceso de carga se utilizan para adaptar la corriente de carga. Esta se adapta automáticamente según el tiempo disponible y los costes de energía. Los tiempos de carga más largos generan una corriente de carga reducida porque las fluctuaciones de precios durante el tiempo de carga afectan al perfil de carga.

30 [0007] Otro ejemplo de un perfil de carga orientado al precio se describe en la solicitud de patente francesa FR 2987143. Se describe un algoritmo de carga optimizado que utiliza un modelo de batería cuyo perfil de carga se calcula en función del tiempo de carga disponible, el estado de carga que alcanzar en ese momento y el precio de la energía durante ese tiempo. Se describe una optimización que tiene en cuenta el precio de la energía y el consumo de energía durante el ciclo de carga.

[0008] Según la solicitud de patente US 2009/273320 A1, que forma parte del estado de la técnica, también se contempla controlar el proceso de carga de una batería controlando la corriente de carga, la tensión de carga y la temperatura de la batería.

5 [0009] Además, según la patente US 8 040 110 B2, que forma parte del estado de la técnica, hay que medir uno o más parámetros de una batería o cambios en estos parámetros y determinar un parámetro de carga en función de estos así como suministrar energía a la batería en función de este parámetro de carga.

[0010] Además, según la solicitud de patente europea EP 2 571 131 A1 que forma parte del estado de la técnica, se usan parámetros de batería para un diagnóstico. En este caso, se realizan comparaciones entre los valores medidos y los valores de referencia y, por lo tanto, se deduce la condición relativa de una batería.

10 [0011] La solicitud de patente alemana DE 10 2012 104 434 A1 describe un método para determinar el estado de carga de un acumulador de energía durante el proceso de carga de un acumulador de energía, que comprende las siguientes etapas: controlar la tensión de carga, determinar un período de tiempo con una tensión de carga sustancialmente constante, determinar el gradiente de la corriente de carga y la corriente de carga en el período de tiempo con la tensión de carga sustancialmente constante, determinar los valores de estado de carga del
15 acumulador de energía a partir de las curvas de calibración del gradiente de corriente de carga y, con los valores determinados del gradiente de corriente de carga y la corriente de carga, generar un valor mínimo a partir de los valores de estado de carga determinados como el estado de carga del acumulador de energía.

[0012] De la solicitud de patente US 2013/249466 A1 se conoce un método de carga para una pluralidad de baterías de un sistema fotovoltaico, en el que se utilizan diferentes secuencias de pulso para la carga.

20 [0013] Según DE 103 12 591 A1, se conoce un método de carga para una batería en el que la carga de la batería se controla en función del tiempo del próximo uso de la batería y/o el estado de carga de la batería requerido la próxima vez que se use la batería. El proceso de carga se basa en si en el momento del próximo uso debe estar disponible la capacidad máxima posible de la batería o, posiblemente, incluso una carga parcial de la batería sea suficiente y/o después de que tenga lugar o se espere el próximo uso de la batería.

25 [0014] Según US 2012/212173 A1 se conoce un método para gestionar la recarga de al menos una batería. Este método se caracteriza por el hecho de que incluye una transmisión de las necesidades del estado deseado de carga de una batería en cualquier momento por el usuario o un vehículo a un dispositivo de recarga para que permita la recarga de la batería de manera que alcance un estado de carga que sea mayor o igual al estado de carga deseado en ese momento dado y por el hecho de que utiliza varias fuentes para obtener la energía eléctrica
30 para la recarga de una batería, y por el hecho de que incluye una reducción del coste total para la recarga de la batería mediante la minimización de la suma en la que el coste representa una unidad de energía generada por una fuente para un tiempo y la cantidad de energía producida por una fuente para la recarga de la batería para un tiempo.

35 [0015] Los perfiles de carga descritos en el estado de la técnica están dirigidos al precio de la energía, al estado de la batería o los factores de carga de energía de la red generadora. Las optimizaciones conocidas de los algoritmos de carga reducen la corriente de carga al mínimo, en función del estado de carga y el tiempo de carga. Las optimizaciones basadas en el precio no influyen en el perfil de carga cuando los precios de la energía permanecen constantes durante el tiempo de carga. Los perfiles de carga se calculan a partir de la resistencia interna de la batería y, por lo tanto, su optimización conduce a una minimización de la corriente de carga, de modo que se
40 calcula la corriente de carga más pequeña posible que permite cargar hasta el estado de carga requerido.

[0016] Por lo tanto, la tarea de la invención es proporcionar una estrategia de carga que proporcione un perfil con un valor de referencia dependiente del tiempo para la corriente de carga y/o la tensión de carga y/o la potencia de carga que minimice el consumo de energía durante el tiempo de carga.

45 [0017] La invención se basa en el reconocimiento de que el consumo de energía durante el ciclo de carga varía al menos en función de la corriente de carga y/o la tensión de carga o la potencia de carga para un estado de carga (SOC del inglés State of charge) específico. Los diferentes perfiles del valor de referencia de la corriente de carga y/o tensión de carga o potencia de carga generan una cantidad específica de energía cargada en la batería. Cada perfil de corriente de carga y/o tensión de carga y/o potencia de carga produce un estado de carga específico y una pérdida de energía correspondiente durante el proceso de carga. Si se compara la cantidad de energía cargada en
50 la batería con la cantidad de energía requerida para la carga se tiene una pérdida de energía significativa que depende de la estrategia de carga. Por lo tanto, el objetivo de la invención es definir una estrategia de carga optimizada, que permita controlar el valor de referencia de la corriente de carga y/o tensión de carga o potencia de carga durante el tiempo de carga disponible. La estrategia optimizada se encuentra al minimizar las pérdidas de potencia durante el proceso de carga, lo que lleva a una minimización de la pérdida total de energía durante la
55 carga durante el tiempo de carga disponible. Para ello es necesario conocer el tiempo de carga disponible y el estado mínimo de carga que se debe alcanzar. Se puede generar un perfil de carga optimizado utilizando un modelo que tenga en cuenta al menos las pérdidas de potencia que dependen del estado de carga para la

corriente de carga respectiva y/o la tensión de carga respectiva o la potencia de carga respectiva. La minimización de las pérdidas de potencia en cualquier momento del proceso de carga durante todo el tiempo de carga minimiza la pérdida total de energía, o en otras palabras, la maximización de la eficiencia de carga conduce a un perfil de carga energéticamente óptimo para el tiempo de carga disponible. El uso de un algoritmo de optimización conduce a una trayectoria óptima del valor de referencia para la corriente de carga y/o tensión de carga o potencia de carga. El modelo de pérdidas de potencia durante la carga se utiliza para resolver la tarea de optimización, para encontrar en cada punto del ciclo de carga de acuerdo con las condiciones marginales válidas en ese momento, por ejemplo, el SOC, un valor de referencia para la corriente de carga y/o la tensión de carga o la potencia de carga respectiva que genera una pérdida de potencia mínima durante la carga. Como una condición marginal adicional de la optimización, se debe considerar que el estado mínimo de carga requerido se alcanza dentro del tiempo mínimo disponible. La entrada del período de carga mínimo disponible es aquí necesaria para la optimización. Por lo tanto también se requiere conocer el tiempo más temprano posible en el que se alcanza el estado de carga requerido. El mínimo requerido del estado de carga que alcanzar determina la cantidad de energía que se cargará en la batería. En lugar del mínimo requerido de la energía que cargar, en el caso de que no se conozca, puede establecerse el estado de carga máxima posible (SOC = 100%) como el valor de referencia del estado de carga. La adopción del estado de carga máxima posible puede sustituir la entrada de un estado de carga de referencia mínimo. El estado de carga mínimo que alcanzar se sustituye por el estado de carga máxima alcanzable y la especificación de un período de tiempo mínimo disponible para el proceso de carga es suficiente para la ejecución del algoritmo de optimización. Se utilizan algoritmos de control óptimo para la optimización, que determinan una trayectoria optimizada del valor de referencia con una pérdida de energía total mínima para el modelo dado en las condiciones marginales.

[0018] El modelo de las pérdidas de potencia en la batería durante la carga se puede complementar con otros componentes del modelo de manera ventajosa. Se puede formar un modelo complementado complementando un modelo de al menos las pérdidas de potencia dependientes de la corriente de carga de un cargador y/o un modelo de al menos las pérdidas de potencia dependientes de la corriente de carga de los cables de conexión. La trayectoria óptima del valor de referencia para la corriente de carga y/o la tensión de carga o la potencia de carga se determina a lo largo del tiempo de carga optimizando el modelo complementado de tal manera que se determine la trayectoria del valor de referencia para la corriente de carga y/o la tensión de carga o la potencia de carga en la que para el modelo complementado se produce una pérdida de energía mínima dentro del tiempo de carga mínimo disponible cuando se carga al mínimo requerido del estado de carga que alcanzar.

[0019] Un posible planteamiento para un algoritmo de optimización es el uso de una optimización de la eficiencia. Aquí, las pérdidas totales de energía se consideran y expresan por la integral de las pérdidas de potencia durante el tiempo de carga. A partir de la formulación de un modelo para las pérdidas de potencia, se puede determinar una eficiencia global máxima de las pérdidas de energía para el tiempo de carga disponible. La eficiencia máxima, que tiene en cuenta las pérdidas de potencia respectivas dentro del tiempo de carga disponible, se determina paso a paso. El modelo de pérdidas de potencia durante la carga, que depende al menos del estado de carga respectivo, se forma en el caso más simple mediante un modelo basado en un diagrama característico determinado, por ejemplo, durante las cargas de prueba de diferentes tipos de baterías. En un caso simple, el modelo refleja las pérdidas de potencia para un estado de carga específico en función del valor de referencia de la corriente de carga y/o la tensión de carga o la potencia de carga. El modelo se puede encontrar alternativamente formando un modelo teórico que exprese el ciclo de carga y sus pérdidas utilizando modelos de batería física conocidos. A partir de ecuaciones de sistema conocidas de sistemas de batería o, alternativamente, de ecuaciones de sistema para sistemas de batería y cargadores de batería, se puede formar un modelo general que exprese las pérdidas de potencia durante el proceso de carga. La optimización se utiliza para encontrar un perfil de valor de referencia basado en el tiempo para la corriente de carga y/o la tensión de carga o la potencia de carga. Por lo tanto, se puede definir una trayectoria del valor de referencia optimizada para todo el proceso de carga. El uso de una trayectoria del valor de referencia optimizada para el proceso de carga da como resultado un ahorro de energía que es significativo si el proceso de carga puede ser lo suficientemente largo. También es ventajoso el hecho de que el tiempo de carga disponible se conoce exactamente antes del inicio del proceso de carga o al menos se puede definir un tiempo de finalización más temprano para el tiempo de carga.

[0020] En una realización alternativa de la optimización se usa la función de Hamilton para formular el problema de optimización. Este se basa en la teoría de los controles óptimos, utilizando el principio mínimo descrito por LS Pontrjagin. Para ello, se expresan las pérdidas de energía durante la carga mediante una función de costes. La función de costes es la expresión matemática de la energía requerida para la carga para alcanzar un estado de carga específico. Los costes generalmente indican el esfuerzo necesario para lograr una meta. La función de costes de la presente invención se refiere al consumo de energía durante la carga y es independiente del precio de la energía en la primera etapa. La formulación del problema de optimización se realiza de forma que, mediante la función de Hamilton, se evalúan los costes momentáneos a través de las pérdidas de potencia en relación con los costes para alcanzar un estado de carga específico en el tiempo disponible.

[0021] Otra alternativa para resolver el problema de optimización es el uso de un algoritmo recursivo que comienza desde un estado de carga final definido en un momento definido y busca una ruta óptima hacia el punto de partida. Una posibilidad de la solución es la búsqueda óptima mediante programación dinámica según Bellmann. Cada etapa para cambiar el estado de carga (la ganancia para cada etapa) se evalúa en relación con la pérdida de

energía que se produce. El procesamiento recursivo puede descomponer el problema de optimización en pequeñas tareas de optimización parciales.

5 [0022] Una realización alternativa del algoritmo de optimización calcula las pérdidas totales de energía durante la carga para cada posible trayectoria del valor de referencia y selecciona aquellas con un consumo mínimo de energía para cargar la batería en el tiempo disponible.

10 [0023] En una posible realización del método, las pérdidas dinámicas causadas por los cambios del valor de referencia de la corriente de carga y/o la tensión de carga o la potencia de carga se tienen en cuenta en la determinación de las pérdidas de energía. La trayectoria optimizada del valor de referencia de la corriente de carga y/o la tensión de carga o la potencia de carga evalúa, además de las pérdidas de potencia que ocurren en el cargador durante la carga, las pérdidas causadas por el cambio dinámico del valor de referencia.

15 [0024] Otra posible realización del método tiene en cuenta, en la determinación de las pérdidas de energía, las pérdidas a largo plazo debido a fenómenos de envejecimiento influenciados por la trayectoria seleccionada del valor de referencia de la corriente de carga y/o la tensión de carga o la potencia de carga. La idea aquí es considerar la influencia de la trayectoria del valor de referencia de la corriente de carga y/o la tensión de carga o la potencia de carga con respecto a su influencia en la capacidad restante para futuros ciclos de carga. Los costes a largo plazo generados por la estrategia de carga elegida se evalúan y la trayectoria del valor de referencia de la corriente de carga y/o la tensión de carga o la potencia de carga se adapta cuando las pérdidas de capacidad a largo plazo exceden la ganancia que se logra con la carga optimizada de energía.

20 [0025] Otra posible realización permite la selección entre diferentes modos de carga. El usuario puede seleccionar el modo de carga optimizado con respecto a sus pérdidas de energía entre otros modos de carga. Una realización alternativa permite la selección del modo de carga optimizado en términos de pérdidas de energía cuando, en las condiciones dadas del tiempo de carga disponible y el estado de carga que se debe alcanzar, optimizar el modo de carga optimizado en términos de pérdidas de energía tiene un potencial de ahorro significativo. Alternativamente, el modo de carga, que está optimizado en términos de pérdidas de energía para el caso de que el consumo de energía se pueda minimizar frente a otros modos de carga disponibles y se pueda lograr el estado de carga deseado en el tiempo disponible, puede sugerirse al usuario como un modo de carga preferido, o como alternativa, seleccionarse automáticamente. Es posible simular el consumo de energía durante la carga teniendo en cuenta las pérdidas de energía antes del inicio del proceso de carga. La trayectoria del valor de referencia de la corriente de carga y/o la tensión de carga o la potencia de carga puede determinarse mediante la optimización, en la que se conoce el tiempo de carga y el estado de carga que alcanzar. Las pérdidas de energía durante el tiempo de carga se pueden determinar con una duración de tiempo conocida y la trayectoria del valor de referencia con el modelo de las pérdidas de potencia durante la carga. El modo de carga optimizado en términos de pérdidas de energía puede, por lo tanto, compararse con otros modos de carga, por ejemplo, carga rápida o carga con corriente constante o con tensión constante o una mezcla de las dos. Si la simulación muestra un ahorro significativo de energía, el modo de carga respectivo se propone al usuario o se selecciona automáticamente cuando se puede lograr el estado de carga deseado con el modo de carga respectivo. Por lo tanto también es posible simular diferentes tiempos de carga, de modo que el requerimiento de energía se pueda determinar y mostrar en función del tiempo de carga. Así, se puede determinar y mostrar información que calcule un ahorro de energía en función del tiempo de carga, por ejemplo, proporcionando al usuario información de que una extensión del tiempo de carga de, por ejemplo, una hora genera un ahorro de energía del 2%.

45 [0026] Otra realización de la invención usa valores de medición de la corriente de carga y/o tensión de carga en la entrada y salida del cargador y/o en la entrada de la batería durante el proceso de carga para determinar la pérdida de potencia y compararla con el valor determinado del modelo de la pérdida de potencia. Si se producen desviaciones se adapta la trayectoria del valor de referencia. También es posible adaptar el modelo para que la pérdida de potencia medida y simulada sea aproximada.

50 [0027] Otra realización de la invención calcula los parámetros de la batería, por ejemplo, la resistencia interna, a partir de los valores de medición para la corriente de carga y la tensión de carga, utilizando otros parámetros como la temperatura de la batería o la condición de la batería o la información acumulada sobre ciclos de carga anteriores para crear un modelo de batería específico teniendo en cuenta, por ejemplo, el equilibrado de variaciones específicas de la producción o de envejecimiento durante el funcionamiento. Los parámetros del modelo así determinados para la batería especial se pueden utilizar para la optimización de la trayectoria del valor de referencia. Alternativamente, los parámetros de la batería pueden ser predeterminados o predefinidos por un usuario. Además, se pueden usar los valores predeterminados estándares de la batería. Los parámetros de la batería también se pueden transferir a un cargador, por ejemplo, a través de un canal de comunicación de un sistema de gestión de baterías.

55 [0028] La invención describe además un convertidor eléctrico, que en una realización preferida es un cargador de baterías que realiza el modo de carga descrito anteriormente, que está optimizado en términos de sus pérdidas de energía. En una realización preferida, el convertidor es un transformador de CA/CC. En este caso, el convertidor tiene una tensión de salida controlable y/o una corriente de salida controlable o una potencia de salida controlable

para fijar una trayectoria del valor de referencia en la salida durante la duración de carga deseada. El convertidor tiene para ello una unidad de control que puede recibir al menos el tiempo de carga mínimo disponible y el estado de carga deseado.

5 [0029] La entrada se puede hacer a través de un teclado o una pantalla táctil del cargador o la entrada se realiza a través de un sistema de entrada separado, ya sea conectado por cable o de forma inalámbrica al cargador. Alternativamente, los datos pueden ser recibidos por un sistema de gestión de baterías de un vehículo eléctrico. El cargador puede realizar al menos el modo de carga que fije una trayectoria optimizada del valor de referencia con respecto a la pérdida de energía. En una realización, el cargador puede ser parte de un dispositivo de carga de acceso público, por ejemplo, una estación de carga de un estacionamiento.

10 [0030] Supongamos que se utiliza un cargador para cargar diferentes tipos de baterías, por ejemplo, un cargador estacionario para una flota de camiones industriales, incluyendo un montacargas y un camión con las baterías de diferentes tamaños o capacidad, entonces, la unidad de control del cargador o convertidor transmite, para cada una de estas baterías diferentes, además de un tiempo de carga mínimo disponible y un estado de carga deseado, sus características específicas de batería (capacidad, corriente de carga máxima y mínima, tensión de carga, etc.) y calcula, a través de la unidad de control del método según la invención, la trayectoria optimizada del valor de referencia de manera que la carga de la batería respectiva se pueda llevar a cabo en consecuencia. Según la invención, la unidad de control del cargador puede tener una base de datos que, por ejemplo, incluya las características de las baterías respectivas, de modo que no se requiera la transmisión de estos parámetros a la unidad de control. También es posible que esta base de datos incluya las características de un tipo particular de baterías. También es concebible que esta base de datos según el método de la invención comprenda trayectorias optimizadas del valor de referencia para la respectiva batería o tipo de baterías. Por ejemplo, las trayectorias optimizadas del valor de referencia se pueden almacenar en la unidad de control en función del tiempo de carga mínimo disponible respectivamente y el estado de carga deseado respectivo. En el caso de que una batería específica se cargue mediante diferentes cargadores, por ejemplo, la batería de tracción de un coche eléctrico que use un cargador estacionario en casa y también un cargador estacionario disponible en una estación de carga en un aparcamiento público, donde estos cargadores son diferentes, en particular en relación con el índice de carga o la tensión de carga, etc., es conveniente que el sistema de gestión de la batería del vehículo transmita las características específicas de cada cargador, por lo que a través de este sistema, teniendo en cuenta las características específicas de cada cargador según el método de la invención, se calcula la trayectoria optimizada del valor de referencia y esta información se transmite a su vez a cada cargador para que el proceso de carga de la respectiva batería pueda realizarse mediante el cargador especial en consecuencia. Según la invención, el sistema de gestión de baterías puede tener una base de datos que, por ejemplo, incluya las características de los respectivos cargadores, de modo que no se requiera la transmisión de estas características al sistema de gestión de baterías. También es posible que esta base de datos incluya las características de un tipo particular de cargadores. También es concebible que esta base de datos según el método de la invención comprenda trayectorias optimizadas del valor de referencia para el respectivo cargador o tipo de cargadores. Por ejemplo, las trayectorias optimizadas del valor de referencia se pueden almacenar en el sistema de gestión de baterías en función del tiempo de carga mínimo disponible respectivo y el estado de carga deseado respectivo.

40 [0031] El uso de la programación dinámica para resolver el problema de optimización descrito requiere un cierto tiempo de procesamiento. Por lo tanto, según la invención, se prevé que la solución del problema de optimización descrito no tenga lugar mediante la unidad de control del cargador o mediante el sistema de gestión de baterías del vehículo, sino mediante un ordenador externo que es en particular un superordenador. Para ello, la unidad de control del cargador o el sistema de gestión de baterías del vehículo se conectan, por ejemplo, a través de una red de alta velocidad con este ordenador externo. También es concebible, por medio de un dispositivo central que se encuentre en un vehículo, por ejemplo, por medio de un teléfono inteligente, recopilar la información necesaria para resolver el problema de optimización descrito y luego transmitirlo al ordenador externo o volver a recibir la trayectoria optimizada del valor de referencia externamente y proporcionarla para controlar el cargador.

50 [0032] Según la invención, también se puede usar una pluralidad de dispositivos de carga conectados en paralelo para cargar la batería. Esto sirve particularmente para que los cargadores se adapten mejor a diferentes baterías. Según la invención, el consumo de energía durante la carga de la batería se minimiza de tal manera que en cada caso se determina la trayectoria óptima del valor de referencia para la corriente de carga o la potencia de carga o la corriente de salida o la potencia de salida de cada cargador utilizado, de modo que las pérdidas de potencia son mínimas, en particular la corriente de salida de cada cargador utilizado es guiada a lo largo de estas trayectorias óptimas del valor de referencia. Es decir, según la invención, se determinan las corrientes o potencias de carga correspondientes de los cargadores utilizados que minimizan las pérdidas durante un ciclo de carga específico.

55 [0033] Es decir, el convertidor según la invención puede diseñarse de modo que comprenda una pluralidad de cargadores conectados en paralelo, pudiéndose especificar un tiempo de carga mínimo y un estado de carga que alcanzar mínimo y realizar un proceso de carga optimizado con respecto a las pérdidas de energía por medio del convertidor o los cargadores durante la carga.

[0034] El método según la invención también se puede utilizar para cargar una pluralidad de baterías diferentes o una pluralidad de cargadores conectados en serie. Es decir El método según la invención también se puede utilizar junto con varios subsistemas, teniendo cada subsistema un cargador y una batería. En particular, una primera batería contenida dentro de un primer subsistema puede así cargarse mediante el método según la invención con la menor pérdida posible. El primer subsistema incluye un primer cargador conectado a una red eléctrica y la primera batería. La primera batería es en particular una batería de tracción de alta tensión de un vehículo eléctrico. El primer cargador corresponde a un convertidor eléctrico, preferiblemente un transformador de CA/CC, que tiene al menos una corriente de salida controlable o una potencia de salida controlable para poder especificar una trayectoria del valor de referencia deseada, según el método de la invención, en la salida durante la duración de carga deseada, de modo que las pérdidas de potencia durante el proceso de carga son mínimas. Es decir, el primer cargador se conecta en el lado de entrada a una red eléctrica que tiene una tensión alterna, proporcionando el primer cargador en el lado de salida una tensión continua o una corriente continua para cargar la primera batería. Además, al menos un segundo subsistema está presente, que interactúa con el primer subsistema. En particular, el segundo subsistema comprende un segundo cargador, que preferiblemente corresponde a un transformador de CC/CC, y una segunda batería, por ejemplo, para suministrar el sistema eléctrico de vehículo de un vehículo con un nivel de baja tensión, aproximadamente 12 voltios. El segundo cargador se conecta en el lado de entrada al primer subsistema. Es decir, en el lado de entrada, se aplica una tensión continua, que corresponde a la tensión de carga de la primera batería, al segundo cargador. El segundo cargador tiene, a su vez, al menos una corriente de salida controlable o una potencia de salida controlable para poder especificar una trayectoria del valor de referencia deseada, según el método de la invención, en la salida durante la duración de carga deseada de la segunda batería, de modo que las pérdidas de potencia durante el proceso de carga son mínimas. Es decir, la corriente de carga para cada batería contenida en el subsistema respectivo se determina según el método de la invención, y la corriente de salida o de carga del cargador respectivo se lleva a lo largo de una trayectoria optimizada del valor de referencia, de modo que las pérdidas de potencia totales dentro de cada subsistema son mínimas. Dado que la corriente de salida del primer cargador del primer subsistema se divide en la corriente de carga para la primera batería en el primer subsistema y la corriente de entrada del segundo cargador, es evidente que se determina la trayectoria óptima del valor de referencia para la corriente de salida del primer cargador mediante el método según la invención o para cargar la primera batería en la salida del primer cargador durante la duración de carga deseada de la primera batería, de modo que la primera corriente de carga se conduce de tal manera que las pérdidas de potencia durante la carga de la primera batería sean mínimas y el segundo cargador se alimente, por lo que una cierta potencia de entrada está lista para el segundo o para cada cargador adicional. Además, puede estar presente un tercer subsistema o incluso más, que a su vez interactúe con el segundo subsistema. Además, puede estar presente un subsistema adicional, que a su vez interactúe con el tercero, es decir, el subsistema anterior respectivo. El número de subsistemas que interactúan de esta manera no está limitado.

[0035] A continuación se describe la invención por medio de unos ejemplos de realización preferidos. El alcance exacto de la protección está determinado por las reivindicaciones.

La Figura 1 muestra una estructura básica del sistema de carga.

La Figura 2 muestra un circuito equivalente simple del sistema de carga.

La Figura 3 muestra la trayectoria del valor de referencia resultante en un diagrama característico tridimensional utilizando la función de Hamilton para formular y resolver el problema de optimización.

La Figura 4 muestra la trayectoria del valor de referencia resultante en un diagrama característico tridimensional utilizando la optimización en términos de máxima eficiencia.

Las Figuras 5 y 13 muestran representaciones esquemáticas de algoritmos recursivos.

La Figura 6 muestra la trayectoria del valor de referencia resultante en un diagrama característico tridimensional utilizando el método de programación dinámica según Bellmann.

La Figura 7 muestra las pérdidas de potencia y de energía para diferentes modos de carga.

La Figura 8 muestra el curso de la curva del estado de carga y la trayectoria del valor de referencia para diferentes modos de carga.

La Figura 9 muestra una comparativa de las pérdidas de energía para diferentes modos de carga.

Las Figuras 10 y 12 muestran otros circuitos equivalentes simples del sistema de carga.

La Figura 11 muestra el curso de las trayectorias de los valores nominales de la corriente de carga utilizando varios cargadores.

[0036] La Figura 1 muestra una estructura básica de un sistema de carga. Un cargador 2 está conectado a una red eléctrica 1 y una batería 3. El cargador 2 tiene una entrada de CA y una salida de CC.

[0037] La Figura 2 muestra un circuito equivalente simple de un sistema de carga. El cargador 2 está representado como un recuadro negro entre una red eléctrica 1 y una tensión de salida U_{Out} . La batería se expresa como un circuito equivalente a través de la tensión de la batería U_{Bat} y la resistencia interna R_{iBat} . Por lo tanto, las ecuaciones de sistema del sistema de batería se pueden representar como sigue.

[0038] La derivada (\dot{SOC}) del estado de carga (SOC) de la batería se expresa por la ecuación dinámica:

$$\dot{SOC} = \frac{1}{Q_{Bat}} \cdot \frac{U_{OCV} - \sqrt{U_{OCV}^2 - 4 \cdot Ri_{Bat} \cdot P_{Bat}}}{2 \cdot Ri_{Bat}}$$

donde

U_{OCV} es la tensión en circuito abierto de la batería,

I_{Bat} es la corriente de carga,

Ri_{Bat} es la resistencia interna de la batería, que es una función del estado de carga SOC, de la condición SOH y la temperatura T de la batería,

P_{Bat} es la potencia de carga que se expresa por el producto de $U_{Bat} \times I_{Bat}$.

5

10

[0039] El estado de carga SOC puede obtenerse a través de la integral $SOC = \int_{t_0}^{t_f} \dot{SOC}(t) \cdot dt$. La integral del cambio de estado de carga (SOC) se forma entre un tiempo de inicio t_0 y un tiempo de finalización t_f del proceso de carga. La caída de tensión a través de la batería U_{Bat} depende del estado de carga SOC y la potencia de carga P_{Bat} o de la corriente de carga I_{Bat} y se puede expresar como $U_{Bat} = f(SOC, P_{Bat})$.

15

[0040] El cargador se puede expresar mediante un modelo de eficiencia. El cargador se expresa a través de su potencia de salida de carga P_{Out} en el lado de CC (lado de corriente continua) y la potencia de entrada en el lado de corriente alterna, lado de CA P_{AC} y una eficiencia del cargador $\eta_{Charger}$ y puede formularse como:

$$P_{AC} = \frac{P_{Out}}{\eta_{Charger}}$$

20

[0041] La eficiencia del cargador $\eta_{Charger}$ tiene al menos una dependencia de la corriente de salida I_{out} en el lado de corriente continua. Otras posibles variables influyentes pueden ser la tensión de salida U_{out} del lado de corriente continua, la tensión de entrada U_{AC} del lado de corriente alterna y la corriente de entrada del lado de corriente alterna I_{AC} . Si se consideran todas las variables influyentes mencionadas, la eficiencia del cargador puede formularse como $\eta_{Charger} = g(U_{AC}, U_{out}, I_{AC}, I_{out})$.

25

[0042] Se obtiene un modelo que suma las pérdidas de energía totales (P_{losses}) de la adición de $P_{Losses_charger} + P_{Losses_Cable} + P_{Losses_Battery}$ de las pérdidas de energía del cargador, la batería y los cables de alimentación. Se puede expresar con las siguientes ecuaciones:

$$P_{losses} = P_{Losses_Charger} + P_{losses_Cable} + P_{losses_Battery}$$

$$P_{losses} = P_{Losses_Charger} + R_{cables} \cdot I_{Bat}^2 + Ri_{Bat} \cdot I_{Bat}^2$$

$$P_{losses} = U_{out} \cdot I_{bat} \cdot \left(\frac{1}{\eta_{charger}} - 1 \right) + R_{cables} \cdot I_{Bat}^2 + Ri_{Bat} \cdot I_{Bat}^2$$

$$P_{losses} = \left(R_{cables} \cdot I_{Bat}^2 + U_{bat} \cdot I_{bat} \right) \cdot \left(\frac{1}{\eta_{charger}} - 1 \right) + R_{cables} \cdot I_{Bat}^2 + Ri_{Bat} \cdot I_{Bat}^2$$

30

R_{Cables} designa la resistencia óhmica de los cables de alimentación.

35

[0043] Una eficiencia global η_{global} se puede definir con

$$\eta_{global} = \frac{P_{stored}}{P_{AC}} = \frac{P_{stored}}{P_{out}} \cdot \eta_{Charger}$$

40

[0044] La potencia almacenada en la batería. P_{stored} se obtiene de la potencia suministrada a la batería menos las pérdidas de potencia en la batería. Además, a partir de la potencia de salida del cargador P_{out} se expresa la eficiencia del cargador $\eta_{Charger}$ como la suma de la potencia suministrada a la batería y las pérdidas de potencia en los cables de alimentación.

$$\eta_{\text{global}} = \frac{U_{\text{Bat}} \cdot I_{\text{Bat}} - R_{i_{\text{Bat}}} \cdot I_{\text{Bat}}^2}{U_{\text{Bat}} \cdot I_{\text{Bat}} + R_{\text{cables}} \cdot I_{\text{Bat}}^2} \cdot \eta_{\text{Charger}}$$

[0045] Las ecuaciones modelo se utilizan para generar una estrategia de carga que está optimizada con respecto a las pérdidas de potencia durante la carga. La solución del problema de optimización lleva a una estrategia de carga con un mínimo de pérdidas de energía durante la carga. Se puede generar una trayectoria optimizada del valor de referencia de la corriente de carga I_{Bat} y/o tensión de carga U_{Bat} o potencia de carga P_{Bat} para cargar una batería en un tiempo de carga disponible para un estado de carga SOC deseado. Los siguientes ejemplos describen varios métodos de optimización para generar la trayectoria optimizada del valor de referencia descrita anteriormente. La trayectoria del valor de referencia de la corriente de carga I_{Bat} y/o tensión de carga U_{Bat} o potencia de carga P_{Bat} puede optimizarse con respecto a las pérdidas de potencia P_{Losses} si el tiempo de carga disponible es lo suficientemente largo.

[0046] La Figura 3 muestra un diagrama característico tridimensional con una trayectoria del valor de referencia (línea negra continua) de la corriente de carga I_{Bat} para cargar una batería, que se obtiene a partir de una consideración mínima de las pérdidas de potencia P_{Losses} . La formulación y la solución del problema de optimización se realizan según Hamilton. La trayectoria del valor de referencia se lleva en cada caso a lo largo del mínimo de los costes para cargar la batería en el tiempo disponible. La figura muestra una trayectoria del valor de referencia de la corriente de carga I_{Bat} que se genera en función de las pérdidas de potencia P_{Losses} para cada momento del tiempo de carga. El modelo de pérdida de potencia para cargar la batería se puede representar mediante el diagrama característico tridimensional. En el eje z se representa el valor del criterio de Hamilton como una expresión del coste, el eje y muestra la corriente de carga I_{Bat} y el eje x es el tiempo en minutos.

[0047] Como bondad de ajuste J se expresa el mínimo de las pérdidas de energía minimizando las pérdidas de potencia P_{Losses} integradas por

$$J = \min \left[\int_{t_0}^{t_f} P_{\text{Losses}}(t) dt \right]$$

$$t_f = t \Big|_{\text{SOC} = x\%}$$

$$t_0 = t \Big|_{\text{SOC} = y\%}$$

donde el tiempo de finalización del proceso de carga t_f se define como el momento en el que se alcanza un estado de carga deseado $\text{SOC} = x\%$. El tiempo de inicio del proceso de carga expresa el comienzo de un estado de carga $\text{SOC} = y\%$. Para resolverlo se formula la función de Hamilton

[0048] $H = P_{\text{Losses}} - p \cdot \text{SOC}$, donde las pérdidas de potencia P_{Losses} se relacionan con los costes para conseguir un cambio específico del estado de carga SOC. El factor p expresa la variable de coestado (costate variable), que pondera el coste para alcanzar un estado de carga específico en un momento anterior. Su derivada \dot{p} se formula

$$\dot{p} = - \frac{\partial H}{\partial \text{SOC}}$$

mediante . El estado de carga SOC se puede formular como se describe para la Figura 2.

[0049] La Figura 4 muestra, en un diagrama característico tridimensional, una trayectoria del valor de referencia (línea continua negra) para la corriente de carga I_{Bat} para cargar una batería. El diagrama se obtuvo considerando la máxima eficiencia. La trayectoria del valor de referencia se obtuvo guiando la corriente de carga I_{Bat} a lo largo de un valor de referencia, en el que la eficiencia de carga es óptima, donde se establece la condición de alcanzar un determinado estado de carga SOC en un tiempo disponible. La figura muestra el valor de referencia de la corriente de carga, que depende del curso de la eficiencia en el momento respectivo. El modelo de pérdidas de potencia P_{Losses} se expresa por la eficiencia total η_{global} para cargar la batería. El diagrama característico tridimensional visualiza el modelo formado para un proceso de carga ilustrativo, donde se muestra en el eje z la eficiencia total η_{global} durante la carga, en el eje y la corriente de carga I_{Bat} y en el eje x el tiempo. El diagrama característico se obtiene mediante las ecuaciones que se describen a continuación.

$$\eta_{\text{global}} = \frac{U_{\text{Bat}} \cdot I_{\text{Bat}} - R_{i_{\text{Bat}}} \cdot I_{\text{Bat}}^2}{U_{\text{Bat}} \cdot I_{\text{Bat}} + R_{\text{cables}} \cdot I_{\text{Bat}}^2} \cdot \eta_{\text{Charger}}$$

La eficiencia total

se utiliza para formular la bondad de ajuste J para el consumo mínimo de energía durante la carga. Esto da

$$J = \min \left[\int_{t_0}^{t_f} P_{Losses}(t) \cdot dt \right] = \min \left[\int_{t_0}^{t_f} P_{stored}(t) \cdot \left(\frac{1}{\eta_{global}(t)} - 1 \right) \cdot dt \right]$$

$$t_f = t|_{SOC=100\%}$$

$$t_0 = t|_{SOC=0\%}$$

donde $P_{stored}(t)$ expresa la potencia suministrada a la batería en un momento determinado.

[0050] La Figura 5 muestra una representación esquemática de un algoritmo recursivo en un diagrama en el que el estado de carga SOC se representa en el eje y, y el tiempo de carga en el eje x. Los algoritmos de optimización recursivos comienzan desde el final del proceso, que aquí es el estado de carga SOC, que corresponde al estado final de carga deseado SOC_Final que alcanzar, donde se busca una ruta óptima al punto de inicio SOC_Initial, en el que, dependiendo de la trayectoria del valor de referencia de la corriente de carga I_{Bat} y/o la tensión de carga U_{Bat} o potencia de carga P_{Bat} se genera un proceso de carga minimizado en términos de pérdidas de energía. El ejemplo describe el método de programación dinámica según Bellman. La ruta óptima hacia el punto de partida se encuentra dividiendo el problema de optimización en una multitud de subtarear. El cambio del estado de carga SOC se valora, en cada etapa de optimización, con las pérdidas de potencia P_{Losses} que se presentan durante la carga. La ruta óptima para la trayectoria del valor de referencia de la corriente de carga I_{Bat} y/o tensión de carga U_{Bat} o potencia de carga P_{Bat} se determina buscando en cada etapa el mayor cambio posible del estado de carga SOC para las pérdidas de potencia P_{Losses} menos frecuentes. Se puede utilizar un factor de aceleración alfa, que depende del tiempo para alcanzar el estado de carga SOC. La función de valor V se determina según las siguientes ecuaciones para el tiempo precedente respectivo (t-1). Su valor se calcula de forma recursiva utilizando la función F de la ganancia, es decir, el cambio máximo de estado de carga, teniendo en cuenta las pérdidas de potencia que se producen. El factor alfa se determina a partir del tiempo final t_f para alcanzar el estado de carga deseado. La función de valor V tiene para el tiempo final t_f un valor V_F aplicable que corresponde al estado de carga SOC que alcanzar.

$$SOC = \frac{1}{Q_{bat}} \cdot \frac{U_{OCV} - \sqrt{U_{OCV}^2 - 4Ri_{Bat}U_{bat} \cdot I_{Bat}}}{2Ri_{Bat}}$$

$$V(SOC(t)) = \max(F(SOC, I_{Bat}) + V(SOC(t+1)))$$

$$F(SOC, I_{Bat}) = \alpha SOC - P_{Losses}$$

$$V(SOC(t_f)) = V_F$$

[0051] F expresa la función de la ganancia, que de forma recursiva conduce del tiempo t+1 al tiempo t.

[0052] I_{Bat} se elige de tal manera que la siguiente etapa de optimización tenga lugar con un máximo de ganancias, donde este se define como un cambio de estado de carga SOC en relación con las pérdidas de potencia P_{Losses} producidas. La trayectoria del valor de referencia así encontrada conduce desde el estado de carga final hasta el punto de partida y puede usarse invertida en el tiempo como una trayectoria del valor de referencia para cargar.

[0053] La Figura 5 ilustra esquemáticamente el algoritmo en el que partiendo del tiempo final t_f y el estado de carga SOC deseado en este tiempo, se encuentra una trayectoria del valor de referencia que sigue la optimización descrita anteriormente. Los círculos blancos simbolizan la ruta óptima hacia el punto de inicio.

[0054] Alternativamente, el modelo de pérdidas de potencia P_{Losses} se formará empíricamente durante la carga mediante varias pruebas. Para ello, se registran los ciclos de carga para la prueba y se registran los valores de medición de la corriente de carga I_{Bat} y/o la tensión de carga U_{Bat} o la potencia de carga P_{Bat} y una determinación de las pérdidas de potencia P_{Losses} asociadas y posiblemente la medición de otras variables influyentes, como la temperatura, el estado de carga, etc., de modo que las pérdidas de potencia específicas se puedan representar en un modelo x-dimensional de las variables influyentes. A partir del modelo se puede determinar una trayectoria del valor de referencia de la corriente de carga I_{Bat} y/o la tensión de carga U_{Bat} o la potencia de carga P_{Bat} donde se tienen en cuenta las pérdidas de potencia específicas P_{Losses} .

[0055] La Figura 6 describe el curso de una trayectoria del valor de referencia de la corriente de carga I_{Bat} según lo determinado de acuerdo con la programación dinámica de Bellman descrita en la Figura 5 para las condiciones marginales ilustrativas. El eje x del diagrama característico tridimensional expresa el valor de referencia de la corriente de carga para la batería medida en amperios. El eje y representa el tiempo medido en minutos. El eje z expresa el valor de la función de valor V. Según la tarea de optimización, el valor de referencia de la corriente de

carga I_{Bat} es llevado cerca del máximo de la función de valor V para alcanzar el estado de carga deseado en el tiempo disponible. La Figura 7 muestra comparativamente pérdidas de energía y potencia de una carga de corriente constante y el algoritmo descrito anteriormente para las Figuras 5 y 6 para generar una trayectoria del valor de referencia para la corriente de carga I_{Bat} usando la programación dinámica. La línea discontinua ilustra la carga complementada por pequeños cuadrados superpuestos expresa las pérdidas de potencia P_{Losses} en vatios durante la carga con una corriente constante, que es casi constante durante el tiempo de carga de 130 minutos representado en el eje x. La pérdida de energía asociada, que está simbolizada por la línea discontinua, muestra correspondientemente un aumento casi lineal. La pérdida de potencia P_{Losses} y la pérdida de energía se representan en el eje y, donde la pérdida de energía se aplica solo cualitativamente sin referencia a los valores numéricos de la pérdida de potencia. La trayectoria del valor de referencia de la corriente de carga I_{Bat} que se ha descrito con referencia a la Figura 6, genera un curso de las pérdidas de potencia P_{Losses} correspondiente a la curva que se muestra en líneas continuas. Esto da como resultado un curso asociado de pérdida de energía, que se muestra como una línea discontinua con triángulos. El punto final respectivo de las curvas de pérdida de energía muestra la pérdida de energía producida para alcanzar el mismo estado de carga SOC. El curso de la pérdida de energía, generado por una trayectoria optimizada del valor de referencia de la corriente de carga I_{Bat} según la Figura 6 produce en total al final del tiempo de carga una pérdida de energía menor en comparación con el algoritmo de corriente constante.

[0056] La Figura 8 muestra el curso de la corriente de carga I_{Bat} en amperios y además el curso del estado de carga SOC en % en el eje y durante el tiempo de carga (eje x). Las curvas del estado de carga conducen al mismo estado de carga SOC del 100% al final del tiempo de carga de 130 minutos. La línea discontinua con cuadrados superpuestos muestra el curso del estado de carga en función del tiempo de carga que se generó mediante una corriente de carga I_{Bat} constante. La línea continua muestra la curva del estado de carga que se generó al cargar la batería mediante una trayectoria optimizada del valor de referencia con programación dinámica de la corriente de carga I_{Bat} . La trayectoria del valor de referencia de la corriente de carga I_{Bat} con carga de corriente constante se representa como una línea discontinua casi paralela al eje x (eje de tiempo). La línea continua muestra la trayectoria optimizada del valor de referencia de la corriente de carga I_{Bat} optimizada con el algoritmo de optimización de la programación dinámica. Ambas trayectorias del valor de referencia conducen al mismo estado de carga SOC al final del proceso de carga.

[0057] La Figura 9 muestra las pérdidas de energía medidas en Wh, que se representan por medio de dos barras. La barra 1 muestra la pérdida de energía que se generó al cargar la batería mediante una trayectoria optimizada del valor de referencia con programación dinámica de la corriente de carga I_{Bat} . La barra 2 expresa la pérdida de energía durante la carga de la batería al mismo estado de carga mediante un algoritmo de corriente constante.

[0058] La Figura 10 muestra un circuito equivalente simple de un sistema de carga con un primer cargador 2a y un segundo cargador 2b. Los dos cargadores 2a y 2b están representado como un recuadro negro entre una red eléctrica 1 y una tensión de salida U_{Out} para suministrar. La batería se expresa como un circuito equivalente a través de la tensión de la batería U_{Bat} y la resistencia interna R_{Bat} . Por lo tanto, las ecuaciones de sistema de este sistema de batería se pueden representar como sigue.

[0059] La derivada (\dot{SOC}) del estado de carga (SOC) de la batería se expresa por la ecuación dinámica:

$$\dot{SOC} = \frac{1}{Q_{Bat}} \cdot \frac{U_{OCV} - \sqrt{U_{OCV}^2 - 4 \cdot R_{i_{Bat}} \cdot P_{Bat}}}{2 \cdot R_{i_{Bat}}}$$

donde I_{Bat} es la corriente de carga que se obtiene de la suma de las corrientes de carga I_1 o I_2 según la gran cantidad arbitraria de los respectivos cargadores usados y P_{Bat} es la potencia de carga que se expresa a través del producto de $U_{Bat} \times I_{Bat}$.

$$SOC = \int_{t_0}^{t_f} \dot{SOC}(t) \cdot dt$$

El estado de carga SOC puede expresarse a través de la integral. La integral del cambio de estado de carga (\dot{SOC}) se forma entre un tiempo de inicio t_0 y un tiempo de finalización t_f del proceso de carga. La caída de tensión a través de la batería U_{Bat} depende del estado de carga SOC y la potencia de carga P_{Bat} o de la corriente de carga I_{Bat} y se puede expresar como $U_{Bat} = f(SOC, P_{Bat})$. El cargador respectivo 2a o 2b se puede expresar mediante un modelo de eficiencia. El cargador respectivo 2a o 2b se puede expresar mediante su potencia de salida de carga P_{Out_1} o P_{Out_2} en el lado de CC (lado de corriente continua) y la potencia de entrada en el lado de corriente alterna, lado CA P_{AC_1} o P_{AC_2} y una eficiencia del cargador $\eta_{Charger_1}$ o $\eta_{Charger_2}$ y por lo tanto puede formularse como

$$P_{AC_1} = \frac{P_{Out_1}}{\eta_{Charger_1}} \quad \text{o} \quad P_{AC_2} = \frac{P_{Out_2}}{\eta_{Charger_2}}$$

La potencia de carga P_{Bat} se obtiene así de

$P_{Bat} = P_{Out_1} + P_{Out_2} - (R_{Cables}) \cdot I_{Bat}^2$ donde R_{Cables} expresa la resistencia óhmica de los cables de alimentación.

[0060] La eficiencia del cargador $\eta_{Charger_1}$ tiene al menos una dependencia de la corriente de salida I_1 o I_2 en el lado de corriente continua. Otras posibles variables influyentes pueden ser la tensión de salida U_{out} del lado de corriente continua, la tensión de entrada U_{AC} del lado de corriente alterna y la respectiva corriente de entrada del lado de corriente alterna I_{AC} . Si se consideran todas las variables influyentes mencionadas, la eficiencia del cargador puede formularse como $\eta_{Charger_1} = g(U_{AC}, U_{out}, I_{AC}, I_1)$ o $\eta_{Charger_2} = h(U_{AC}, U_{out}, I_{AC}, I_2)$. La tensión de salida U_{out} en el lado de corriente continua se obtiene de $U_{out} = U_{Bat} + R_{cables} \cdot I_{Bat}$.

[0061] Se obtiene un modelo que suma las pérdidas de potencia totales P_{Losses} de la adición de $P_{Losses_Charger_1} + P_{Losses_Charger_2} + P_{Losses_Cable} + P_{Losses_Battery}$ de las pérdidas de potencia de los varios cargadores 2a y 2b, de la batería y de los cables de alimentación. Se puede expresar con las siguientes ecuaciones:

$$P_{Losses} = P_{Losses_Charger_1} + P_{Losses_Charger_2} + P_{Losses_Cable} + P_{Losses_Battery}$$

$$P_{Losses} = P_{Losses_Charger_1} + P_{Losses_Charger_2} + R_{cables} \cdot I_{Bat}^2 + R_{i_Bat} \cdot I_{Bat}^2$$

$$P_{Losses} = U_{out} \cdot I_1 \cdot \left(\frac{1}{\eta_{charger_1}} - 1 \right) + U_{out} \cdot I_2 \cdot \left(\frac{1}{\eta_{charger_2}} - 1 \right) + R_{cables} \cdot I_{Bat}^2 + R_{i_Bat} \cdot I_{Bat}^2$$

[0062] En el curso posterior, como ya se describió para el uso de un solo cargador 2, se genera una estrategia de carga para el uso de varios cargadores 2a y 2b, que es óptima en términos de pérdidas de potencia durante la carga. Es decir, la solución del problema de optimización lleva a una estrategia de carga con un mínimo de pérdidas de energía durante la carga. Se puede generar una trayectoria optimizada del valor de referencia de la respectiva corriente de carga I_1 del primer cargador 2a y corriente de carga I_2 del segundo cargador 2b o la respectiva potencia de carga P_{Out_1} del primer cargador 2a o P_{Out_2} del segundo cargador 2b para cargar una batería en un tiempo de carga disponible hasta un estado de carga SOC deseado. En el curso posterior, se utiliza un algoritmo recursivo o la programación dinámica de Bellmann como un posible método de optimización para generar las trayectorias optimizadas del valor de referencia descritas anteriormente, como ya se ha descrito en relación con el uso de un único cargador 2 junto con las Figuras 5 y 6. Es decir un algoritmo recursivo o la programación dinámica según Bellmann son adecuados para determinar las respectivas trayectorias del valor de referencia para cualquier número de cargadores para minimizar las pérdidas de potencia totales P_{Losses} .

[0063] Es decir, haciendo referencia nuevamente a la Figura 5, la Figura 5 muestra una representación esquemática de un algoritmo recursivo en un diagrama en el que el estado de carga SOC se representa en el eje y y el tiempo de carga en el eje x. Los algoritmos de optimización recursivos comienzan desde el final del proceso, que aquí es el estado de carga SOC, que corresponde al estado final de carga deseado SOC_Final que alcanzar, donde se busca una ruta óptima al punto de inicio SOC_Initial, en el que, dependiendo de la trayectoria del valor de referencia de la corriente de carga I_1 y/o la potencia de carga P_{Out_1} del primer cargador o en función de la trayectoria del valor de referencia de la corriente de carga I_2 o potencia de carga P_{Out_2} del segundo cargador, se genera un proceso de carga minimizado en términos de pérdidas de energía. Es decir, el método de programación dinámica según Bellmann descrito aquí es adecuado, para determinar tanto la trayectoria óptima del valor de referencia para la corriente de carga I_1 o potencia de carga P_{Out_1} del primer cargador, así como la trayectoria óptima del valor de referencia para la corriente de carga I_2 o potencia de carga P_{Out_2} del segundo cargador. La ruta óptima hacia el punto de partida se encuentra, respectivamente, dividiendo el problema de optimización en una multitud de subtarear. El cambio del estado de carga SOC se valora, en cada etapa de optimización, con las pérdidas de potencia P_{Losses} que se presentan durante la carga. La ruta óptima para la respectiva trayectoria del valor de referencia de la corriente de carga I_1 o I_2 o la potencia de carga P_{Out_1} o P_{Out_2} se determina buscando en cada etapa el mayor cambio posible del estado de carga SOC para las pérdidas de potencia P_{Losses} menos frecuentes. Se puede utilizar un factor de aceleración alfa, que depende del tiempo para alcanzar el estado de carga SOC. La función de valor V se determina según las siguientes ecuaciones para el tiempo precedente respectivo (t-1). Su valor se calcula de forma recursiva utilizando la función F de la ganancia, es decir, el cambio máximo de estado de carga, teniendo en cuenta las pérdidas de potencia que se producen. El factor alfa se determina a partir del tiempo final t_f para alcanzar el estado de carga deseado.

[0064] F expresa la función de la ganancia, que de forma recursiva conduce del tiempo t + 1 al tiempo t. La corriente de carga I_1 o I_2 se elige de tal manera que la siguiente etapa de optimización tenga lugar con un máximo de ganancias definido como un cambio de estado de carga SOC en relación con las pérdidas de potencia P_{Losses} producidas. La respectiva trayectoria del valor de referencia así encontrada conduce desde el estado de carga final hasta el punto de partida y puede usarse invertida en el tiempo como la respectiva trayectoria del valor de referencia para cargar.

$$S\dot{O}C = \frac{1}{Q_{bat}} \cdot \frac{U_{OCV} - \sqrt{U_{OCV}^2 - 4Ri_{Bat}U_{bat} \cdot I_{Bat}}}{2Ri_{Bat}}$$

$$V(S\dot{O}C(t)) = \max_{I_1, I_2}(F(SOC, I_1, I_2) + V(S\dot{O}C(t+1)))$$

5

$$F(S\dot{O}C, I_1, I_2) = \alpha S\dot{O}C - P_{Losses}(S\dot{O}C(t), I_1, I_2)$$

10

15

[0065] La Figura 11 expresa el curso de las trayectorias del valor de referencia de la corriente de carga I_1 del primer cargador (puntos grandes) y la corriente de carga I_2 del segundo cargador (puntos pequeños) así como la corriente de carga I_{Bat} (línea continua), que depende de la trayectoria del valor de referencia de la corriente de carga I_1 del primer cargador y la corriente de carga I_2 del segundo cargador, que se ha determinado según la programación dinámica de Bellman descrita con referencia a la Figura 5 como condición marginal ilustrativa. El eje x del diagrama característico tridimensional expresa el respectivo valor de referencia de la corriente de carga para la corriente de carga I_1 del primer cargador y la corriente de carga I_2 del segundo cargador a la batería en amperios. El eje y representa el tiempo en minutos. El eje z expresa el valor de la función de valor V. Según la tarea de optimización, el valor de referencia de la respectiva corriente de carga I_1 o I_2 o I_{Bat} es llevado cerca del máximo de la función de valor V para alcanzar el estado de carga deseado en el tiempo disponible.

20

[0066] La Figura 12 muestra un circuito equivalente simple de un sistema de carga con un primer y un segundo subsistema. El primer subsistema incluye un primer cargador 2a conectado a una red eléctrica 1 así como una primera batería. El primer cargador 2a está representado como un recuadro negro entre la red eléctrica 1 y una tensión de salida U_{Out} para suministrar. La primera batería es en particular una batería de tracción de alta tensión de un vehículo eléctrico. El primer cargador corresponde a un convertidor eléctrico, preferiblemente un transformador de CA/CC, es decir, en la entrada del primer cargador 2a hay una tensión alterna. La primera batería se expresa como un circuito equivalente a través de la tensión de la batería U_{Bat1} y la resistencia interna R_{Bat1} . Por lo tanto, las ecuaciones de sistema de este primer sistema de batería se pueden representar como sigue.

La derivada ($S\dot{O}C_1$) del estado de carga (SOC_1) de la primera batería se expresa por la ecuación dinámica:

25

$$S\dot{O}C_1 = \frac{1}{Q_{Bat1}} \cdot \frac{U_{OCV1} - \sqrt{U_{OCV1}^2 - 4 \cdot Ri_{Bat1} \cdot P_{Bat1}}}{2 \cdot Ri_{Bat1}}$$

donde

30

U_{OCV1} es la tensión en circuito abierto de la primera batería,
 I_{Bat1} es la corriente de carga de la primera batería,
 Ri_{Bat1} es la resistencia interna de la primera batería,
 P_{Bat1} es la potencia de carga que se expresa por el producto de U_{Bat1} x I_{Bat1} .

35

[0067] La corriente I_1 que fluye en el lado de salida del primer cargador 2a corresponde, como se muestra en la Figura 12, a la suma de la corriente de carga de la primera batería I_{Bat1} y la corriente $I_{1,p}$ que fluye desde el lado de entrada de un segundo cargador 2b. El segundo cargador 2b se describirá más tarde con detalle. El estado de

carga SOC puede expresarse a través de la integral $SOC_1 = \int_{t_0}^{t_f} S\dot{O}C_1(t) \cdot dt$. La integral del cambio de estado de carga ($S\dot{O}C_1$) se forma entre un tiempo de inicio t_0 y un tiempo de finalización t_f del proceso de carga. La caída de tensión a través de la batería U_{Bat1} depende del estado de carga SOC_1 y la potencia de carga P_{Bat1} o de la corriente de carga I_{Bat1} y se puede expresar como $U_{Bat1} = f(SOC_1, P_{Bat1})$.

40

[0068] El primer cargador 2a se puede expresar mediante un modelo de eficiencia. El primer cargador 2a se expresa a través de su potencia de salida de carga $P_{Out,1}$ en el lado de CC (lado de corriente continua) y la potencia de entrada en el lado de corriente alterna, lado de CA $P_{IN,1}$ y una eficiencia del cargador $\eta_{Charger,1}$ y puede formularse como

$$P_{IN,1} = \frac{P_{Out,1}}{\eta_{Charger,1}}$$

45

La potencia de carga P_{Bat1} se obtiene así de $P_{Bat1} = P_{Out,1} - (R_{Cables1}) \cdot I_{Bat1}^2$, donde $R_{Cables1}$ expresa la resistencia óhmica de los cables de alimentación en el primer subsistema. La eficiencia del segundo cargador $\eta_{Charger,1}$ depende al menos de la corriente de salida I_1 en el lado de corriente continua. Otras posibles variables influyentes pueden ser la tensión de salida U_{out1} del lado de corriente continua, la tensión de entrada U_{IN1} del lado de corriente alterna y la respectiva corriente de entrada del lado de corriente alterna I_{IN1} . Si se consideran todas las variables

influyentes mencionadas, la eficiencia del cargador puede formularse como $\eta_{Charger_1} = g(U_{IN1}, U_{out1}, I_{IN1}, I_1)$. La tensión de salida U_{out1} en el lado de corriente continua se obtiene de $U_{out1} = U_{Bat1} + R_{cables1} \cdot I_1$.

[0069] Se obtiene un modelo que suma las pérdidas de energía totales P_{Losses_1} dentro del primer subsistema de la adición de $P_{Losses_Charger_1} + P_{Losses_Cable1} + P_{Losses_Battery1}$ de la pérdida de potencia del primer cargador 2a, la primera batería y los cables de alimentación.

[0070] Se puede expresar con la siguiente ecuación:

$$P_{Losses_1} = R_{cables1} \cdot I_1^2 + R_{iBat1} \cdot I_{Bat1}^2 + U_{out1} \cdot I_1 \left(\frac{1}{\eta_{Charger_1}} - 1 \right).$$

[0071] El segundo subsistema comprende un segundo cargador 2b conectado al primer subsistema así como una segunda batería. El segundo cargador 2b está representado como un recuadro negro entre el primer subsistema y una tensión de salida U_{out2} para suministrar. La segunda batería se proporciona en particular para suministrar el sistema eléctrico de un vehículo con un nivel de baja tensión, aproximadamente 12 voltios. El segundo cargador corresponde a un convertidor eléctrico, es decir, un transformador de CC/CC, es decir, en la entrada del segundo cargador 2b hay una tensión continua. La segunda batería se expresa como un circuito equivalente a través de la tensión de la batería U_{Bat2} y la resistencia interna R_{Bat2} . Por lo tanto, las ecuaciones de sistema de este segundo sistema de batería se pueden representar como sigue.

[0072] La derivada (\dot{SOC}_2) del estado de carga (SOC_2) de la segunda batería se expresa por la ecuación dinámica:

$$\dot{SOC}_2 = \frac{1}{Q_{Bat2}} \cdot \frac{U_{OCV2} - \sqrt{U_{OCV2}^2 - 4 \cdot R_{iBat2} \cdot P_{Bat2}}}{2 \cdot R_{iBat2}}$$

donde

- U_{OCV2} es la tensión en circuito abierto de la segunda batería,
- I_{Bat2} es la corriente de carga de la segunda batería,
- R_{iBat2} es la resistencia interna de la segunda batería,
- P_{Bat2} es la potencia de carga que se expresa por el producto de $U_{Bat2} \times I_{Bat2}$.

[0073] La corriente I_2 que fluye en el lado de salida del segundo cargador 2b corresponde, como se muestra en la Figura 12, a la corriente de carga de la segunda batería I_{Bat2} . El estado de carga SOC_2 puede expresarse a través de la integral

$$SOC_2 = \int_{t_0}^{t_f} \dot{SOC}_2(t) \cdot dt$$

La integral del cambio de estado de carga (\dot{SOC}_2) se forma entre un tiempo de inicio t_0 y un tiempo de finalización t_f del proceso de carga. La caída de tensión a través de la batería U_{Bat2} depende del estado de carga SOC_2 y la potencia de carga P_{Bat2} o de la corriente de carga I_{Bat2} y se puede expresar como $U_{Bat2} = f(SOC_2, P_{Bat2})$.

[0074] El segundo cargador 2b se puede expresar mediante un modelo de eficiencia. El segundo cargador 2b se expresa a través de su potencia de salida de carga P_{Out_2} en el primer lado de CC (lado de corriente continua) y la potencia de entrada en el segundo lado de CC P_{IN_2} y una eficiencia del cargador $\eta_{Charger_2}$ y por tanto puede

$$P_{IN_2} = \frac{P_{Out_2}}{\eta_{Charger_2}}$$

formularse como $\eta_{Charger_2}$ o al vincular el segundo subsistema con el primer subsistema, la potencia de entrada también se puede expresar de la siguiente manera $P_{IN_2} = U_{Bat1} \cdot I_{1.p}$. La potencia de carga P_{Bat2} se obtiene así de $P_{Bat2} = P_{Out_2} - (R_{cables2}) \cdot I_{Bat2}^2$, donde $R_{cables2}$ expresa la resistencia óhmica de los cables de alimentación en el primer subsistema. La eficiencia del segundo cargador $\eta_{Charger_2}$ depende al menos de la corriente de salida I_2 en el segundo lado de corriente continua. Otras posibles variables influyentes pueden ser la tensión de salida U_{out2} del segundo lado de corriente continua, la tensión de entrada U_{Bat1} del primer lado de corriente continua y la respectiva corriente de entrada del primer lado de corriente continua $I_{1.p}$. Si se consideran todas las variables influyentes mencionadas, la eficiencia del cargador puede formularse como $\eta_{Charger_2} = g(U_{Bat1}, U_{out2}, I_{1.p}, I_2)$. La tensión de salida U_{out2} en el segundo lado de corriente continua se obtiene de $U_{out2} = U_{Bat2} + R_{cables2} \cdot I_2$.

[0075] Se obtiene un modelo que suma las pérdidas de energía totales P_{Losses_2} dentro del segundo subsistema de la adición de $P_{Losses_Charger_2} + P_{Losses_Cable2} + P_{Losses_Battery2}$ de la pérdida de potencia del segundo cargador 2b, la segunda batería y los cables de alimentación.

[0076] Se puede expresar con la siguiente ecuación:

$$P_{Losses_2} = R_{cables2} \cdot I_2^2 + Ri_{Bat2} \cdot I_{Bat2}^2 + U_{out2} \cdot I_2 \cdot \left(\frac{1}{\eta_{charger_2}} - 1 \right).$$

[0077] En el curso posterior, como ya se describió para el uso de un solo cargador 2, se genera una estrategia de carga para el uso de varios cargadores 2a y 2b, cada uno asignado a un subsistema, que es óptima en términos de pérdidas de potencia durante la carga. Es decir, la solución del problema de optimización lleva a una estrategia de carga con un mínimo de pérdidas de energía durante la carga. Se puede generar una trayectoria optimizada del valor de referencia de la corriente I_1 que fluye desde el lado de salida del primer cargador 2a así como de la corriente I_2 que fluye desde el lado de salida del segundo cargador 2b o de las corrientes de carga I_{Bat1} , I_{Bat2} o la respectiva potencia de carga P_{Out_1} del primer cargador 2a o P_{Out_2} del segundo cargador 2b para cargar la batería asignada al subsistema respectivo en un tiempo de carga disponible hasta un estado de carga deseado SOC. En el curso posterior, se utiliza un algoritmo recursivo o la programación dinámica de Bellmann como un posible método de optimización para generar las trayectorias optimizadas del valor de referencia descritas anteriormente, como ya se ha descrito en relación con el uso de un único cargador 2 junto con las Figuras 5 y 6. Es decir un algoritmo recursivo o la programación dinámica según Bellmann son adecuados para determinar las respectivas trayectorias del valor de referencia para cualquier número de cargadores para minimizar las pérdidas de potencia totales P_{Losses} durante la carga de la batería asignada al respectivo subsistema. La pérdida de potencia total P_{Losses} se obtiene así de la suma de las pérdidas de potencia de los subsistemas individuales P_{Losses_1} o P_{Losses_2} . Es decir, según la invención, para cada cargador se forman trayectorias del valor de referencia para la respectiva corriente que fluye del lado de salida o corriente de carga, de modo que la pérdida de potencia de todo el sistema, que comprende varios subsistemas, es mínima cuando se cargan las baterías individuales asignadas a los respectivos subsistemas.

[0078] La Figura 13 muestra una representación esquemática de un algoritmo recursivo en un diagrama, como se describe en relación con la Figura 5. Sin embargo, a diferencia de la Figura 5, según la Figura 13, se muestra el estado de carga final deseado respectivamente SOC_Final_1 y SOC_Final_2 de las dos baterías que cargar, donde se busca una ruta óptima al punto de inicio respectivo SOC_Initial_1 y SOC_Initial_2, en la que, dependiendo de la trayectoria del valor de referencia de las corrientes de salida I_1 , I_2 del respectivo lado de corriente continua se genera un proceso de carga minimizado con respecto a las pérdidas de energía. Como se muestra en la Figura 13, las rutas óptimas al punto de inicio respectivo pueden ser diferentes. Es decir, el método de programación dinámica según Bellmann descrito aquí es adecuado para determinar tanto la trayectoria óptima del valor de referencia para la corriente de carga I_{Bat1} o potencia de carga P_{Out_1} del primer cargador, así como la trayectoria óptima del valor de referencia para la corriente de carga I_{Bat2} o potencia de carga P_{Out_2} del segundo cargador o las corrientes de salida I_1 , I_2 del respectivo lado de corriente continua. La ruta óptima hacia el punto de partida se encuentra, respectivamente, dividiendo el problema de optimización en una multitud de subareas. El cambio del estado de carga SOC se valora, en cada etapa de optimización, con las pérdidas de potencia P_{Losses} que se presentan durante la carga. La ruta óptima para la respectiva trayectoria del valor de referencia de las corrientes de salida I_1 , I_2 del respectivo lado de corriente continua se determina buscando en cada etapa el mayor cambio posible del estado de carga SOC para las pérdidas de potencia P_{Losses} menos frecuentes.

[0079] Se puede utilizar un factor de aceleración alfa, que depende del tiempo para alcanzar el estado de carga SOC. La función de valor V se determina según las siguientes ecuaciones para el tiempo precedente respectivo (t-1). Su valor se calcula de forma recursiva utilizando la función F de la ganancia, es decir, el cambio máximo de estado de carga, teniendo en cuenta las pérdidas de potencia que se producen. El factor alfa se determina a partir del tiempo final t_f para alcanzar el estado de carga deseado.

[0080] F expresa la función de la ganancia, que de forma recursiva conduce del tiempo t +1 al tiempo t. Las corrientes de salida I_1 , I_2 de cada lado de corriente de salida se eligen de tal manera que la siguiente etapa de optimización tenga lugar con un máximo de ganancias, donde este se define como un cambio de estado de carga SOC en relación con las pérdidas de potencia P_{Losses} producidas. La respectiva trayectoria del valor de referencia así encontrada conduce desde el estado de carga final hasta el punto de partida y puede usarse invertida en el tiempo como la respectiva trayectoria del valor de referencia para cargar.

$$V(SOC_1(k), SOC_2(k)) = \max_{I_1, I_2} (F(I_1, I_2, k) + V(SOC_1(k+1), SOC_2(k+1)))$$

$$F(I_1, I_2, k) = \alpha SOC_1 + \beta SOC_2 - P_{Losses}(SOC_1(k), SOC_2(k), I_1, I_2)$$

$$P_{Losses} = P_{Losses_1} + P_{Losses_2}$$

Lista de números de referencia

	[0081]	
	1	red eléctrica
5	2, 2a, 2b, 2n	cargador
	3	batería
	SOC, SOH, T	estado de carga, condición y temperatura de la batería
	S _{OC}	derivada del estado de carga (cambio de estado de carga)
	Q _{Bat}	carga nominal
10	U _{Bat} , U _{OCV}	tensión de la batería, tensión de circuito abierto de la batería
	I _{Bat}	corriente de carga
	R _I Bat	resistencia interna de la batería
	P _{Bat}	potencia de carga
	t ₀	tiempo de inicio del proceso de carga
15	t _f	tiempo de finalización del proceso de carga
	P _{Out}	potencia de salida del cargador
	P _{AC}	potencia registrada del lado de CA del cargador (potencia de entrada)
	P _{stored}	potencia almacenada en la batería
	η _{Charger}	eficiencia del cargador
20	I _{Out}	corriente de salida del cargador (lado de CC)
	U _{Out}	tensión de salida del cargador (lado de CC)
	I _{AC}	corriente de entrada del cargador (lado de CA)
	U _{AC}	tensión de entrada del cargador (lado de CA)
	P _{Losses}	pérdidas de potencia totales
25	P _{Losses_Charger}	pérdidas de potencia en el cargador durante la carga
	P _{Losses_Cables}	pérdidas de potencia en los cables durante la carga
	P _{Losses_Battery}	pérdidas de potencia en la batería durante la carga
	η _{global}	eficiencia global
	J	Bondad de ajuste para el mínimo de pérdidas de energía
30	P	variable de coestado (costate variable)
	H	Valor de la función de Hamilton
	R _{Cables}	resistencia óhmica de los cables de alimentación

REIVINDICACIONES

1. Método para cargar una batería, en el que se conoce un mínimo de tiempo de carga disponible para cargar y un mínimo requerido del estado de carga (SOC) que alcanzar, en el que se va a cargar la batería, antes de comenzar el proceso de carga, caracterizado por que el método comprende las siguientes etapas:
- 5 – determinar una trayectoria óptima del valor de referencia para la corriente de carga (I_{Bat}) y/o la tensión de carga (U_{Bat}) o la potencia de carga (P_{Bat}) en el transcurso del tiempo de carga que minimice las pérdidas de potencia en la batería ($P_{Losses_Battery}$) durante la carga, usando un modelo de las pérdidas de potencia para determinar la trayectoria óptima del valor de referencia que expresa las pérdidas de potencia ($P_{Losses_Battery}$) en la batería durante la carga en el curso del proceso de carga, donde el modelo depende al menos del estado de carga (SOC) respectivo de la batería y además de la corriente de carga (I_{Bat}) y/o la tensión de carga (U_{Bat}) o la potencia de carga (P_{Bat}), en donde la trayectoria óptima del valor de referencia para la corriente de carga (I_{Bat}) y/o la tensión de carga (U_{Bat}) o la potencia de carga (P_{Bat}) se determina de tal manera que, para el modelo dado de pérdidas de potencia, se produce una pérdida de energía mínima dentro del tiempo de carga mínimo disponible durante la carga al mínimo requerido del estado de carga (SOC) que alcanzar, donde la minimización de las pérdidas de potencia ($P_{Losses_Battery}$) conduce a una pérdida de energía mínima dentro del tiempo de carga disponible en cualquier momento durante el proceso de carga durante todo el tiempo de carga, y
- 10 – llevar un valor de referencia para la corriente de carga (I_{Bat}) y/o la tensión de carga (U_{Bat}) o la potencia de carga (P_{Bat}) a lo largo de la trayectoria del valor de referencia determinado para cargar la batería.
- 20 2. Método según la reivindicación 1, en el que el modelo de pérdidas de potencia en la batería ($P_{Losses_Battery}$) durante la carga es complementado por un modelo de al menos las pérdidas de potencia dependientes de la corriente de carga de un cargador ($P_{Losses_Charger}$) y/o un modelo de al menos las pérdidas de potencia dependientes de la corriente de carga del cable de conexión (P_{Losses_Cables}), en donde se determina una trayectoria óptima del valor de referencia para la corriente de carga (I_{Bat}) y/o la tensión de carga (U_{Bat}) o la potencia de carga (P_{Bat}) en el transcurso del tiempo de carga, en la que las pérdidas de potencia (P_{Losses}) totales se pueden minimizar durante la carga debido a que para el modelo complementado, que está compuesto por el modelo de pérdida de potencia en la batería ($P_{Losses_Battery}$) y un complemento al modelo de al menos las pérdidas de potencia dependientes de la corriente de carga de un cargador ($P_{Losses_Charger}$) y/o un complemento al modelo de al menos las pérdidas de potencia dependientes de la corriente de carga del cable de conexión (P_{Losses_Cables}), se lleva a cabo una optimización tal que se determina la trayectoria del valor de referencia para la corriente de carga (I_{Bat}) y/o la tensión de carga (U_{Bat}) o la potencia de carga (P_{Bat}) en la que, para el modelo complementado, se produce una pérdida de energía mínima dentro del tiempo de carga mínimo disponible durante la carga al mínimo requerido del estado de carga (SOC) que alcanzar.
- 25 3. Método según las reivindicaciones 1 a 2, en el que el modelo de pérdidas de potencia en la batería ($P_{Losses_Battery}$) se representa durante la carga mediante al menos un modelo dependiente de la corriente de carga y del estado de carga, donde el cambio de la resistencia interna de la batería (R_{i_Bat}) causada por las influencias de la temperatura y/o el estado de envejecimiento de la batería se considera una variable de influencia adicional del modelo.
- 30 4. Método según la reivindicación 1, en el que cuando un primer subsistema, que tiene un primer cargador (2a) y una primera batería, actúa junto con otro subsistema, que tiene otro cargador (2b) y otra batería, y la tensión continua (U_{Bat1}) aplicada a la primera batería se aplica en el lado de entrada sobre el otro cargador (2b), y la corriente de salida (I_1) del primer cargador (2a) es la suma de la corriente de carga (I_{Bat1}) para la primera batería y la corriente de entrada (I_{1_p}) del otro cargador (2b), se determina, según el método de la reivindicación 1, una trayectoria óptima del valor de referencia de la corriente de salida, (I_1) del primer cargador (2a) y se lleva un valor de referencia para la corriente de salida (I_1) del primer cargador (2a) a lo largo de esta trayectoria del valor de referencia y se determina una trayectoria óptima del valor de referencia para la corriente de carga (I_{Bat2}) para la otra batería y se lleva un valor de referencia para la corriente de carga (I_{Bat2}) para la otra batería a lo largo de esta trayectoria del valor de referencia.
- 35 45 5. Método según la reivindicación 1, en el que cuando para cargar la batería se usa una pluralidad de cargadores conectados en paralelo (2a, 2b, 2n), la respectiva trayectoria óptima del valor de referencia para la corriente de salida (I_1, I_2, I_n) de cada cargador utilizado (2a, 2b, 2n) se determina según el método de la reivindicación 1, en donde un valor de referencia para la corriente de salida (I_1) del primer cargador (2a) se lleva a lo largo de esta trayectoria del valor de referencia y un valor de referencia para la corriente de salida (I_2) del segundo cargador (2b) se lleva a lo largo de esta trayectoria del valor de referencia.
- 50 55 6. Método según las reivindicaciones 1 a 3, en el que para resolver el problema de optimización para que se produzcan pérdidas de potencia (P_{Losses}) mínimas durante la carga a un estado de carga (SOC) que alcanzar en un tiempo de carga dado en un proceso por etapas, se determina cada posible trayectoria del valor de referencia de la corriente de carga (I_{Bat}) y/o la tensión de carga (U_{Batt}) o la potencia de carga (P_{Batt}) y sus pérdidas de energía totales asociadas durante la carga, donde se determinan las pérdidas de potencia (P_{Losses}) para cada etapa

ES 2 742 839 T3

utilizando el modelo de pérdidas de potencia (P_{Losses}) y se suma la pérdida de energía total durante todo el tiempo de carga y se selecciona la trayectoria del valor de referencia que realiza un mínimo de pérdidas de energía durante la carga.

- 5 7. Convertidor para cargar una batería con una unidad de control, en el que se puede especificar un mínimo de tiempo de carga disponible y un mínimo del estado de carga (SOC) que alcanzar, donde el convertidor comprende un cargador (2) adaptado para realizar un proceso de carga optimizado con respecto a las pérdidas de energía durante la carga según las reivindicaciones anteriores 1 a 3.
- 10 8. Convertidor para cargar una batería con una unidad de control, en el que se puede especificar un mínimo de tiempo de carga disponible y un mínimo del estado de carga (SOC) que alcanzar, donde el convertidor comprende varios cargadores (2a, 2b, 2c) adaptados para realizar un proceso de carga optimizado con respecto a las pérdidas de energía durante la carga según las reivindicaciones anteriores 4 o 5.
9. Convertidor según la reivindicación 7 u 8, en el que un usuario puede introducir a la unidad de control el mínimo de tiempo de carga disponible y el mínimo de estado de carga que alcanzar a través de una interfaz.
- 15 10. Convertidor según la reivindicación 7, 8 o 9, en el que los parámetros de la batería son introducidos por un usuario o son transferibles a través de una interfaz entre un sistema de gestión de baterías y la unidad de control del convertidor, o los parámetros de la batería están disponibles en la unidad de control del convertidor en una memoria interna que tiene valores predeterminados para tipos de batería definidos.

Fig. 1

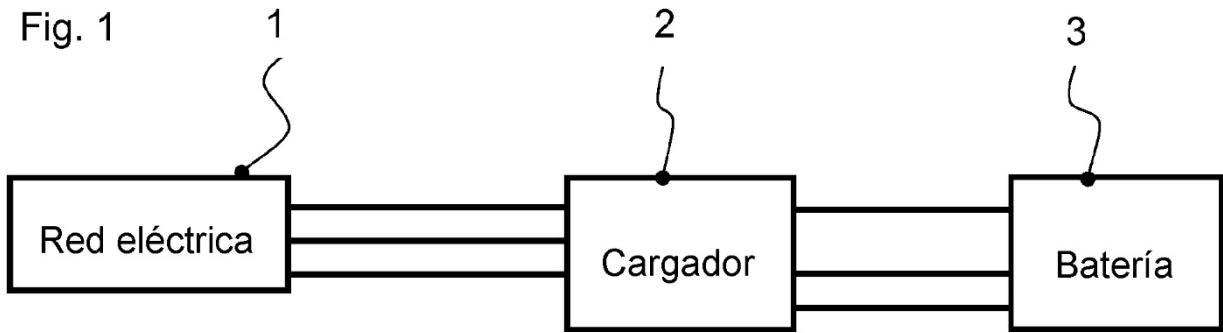


Fig. 2

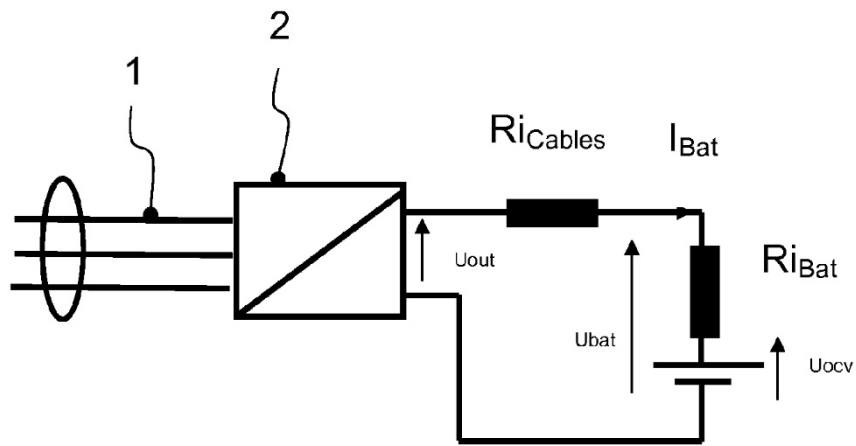


Fig. 3

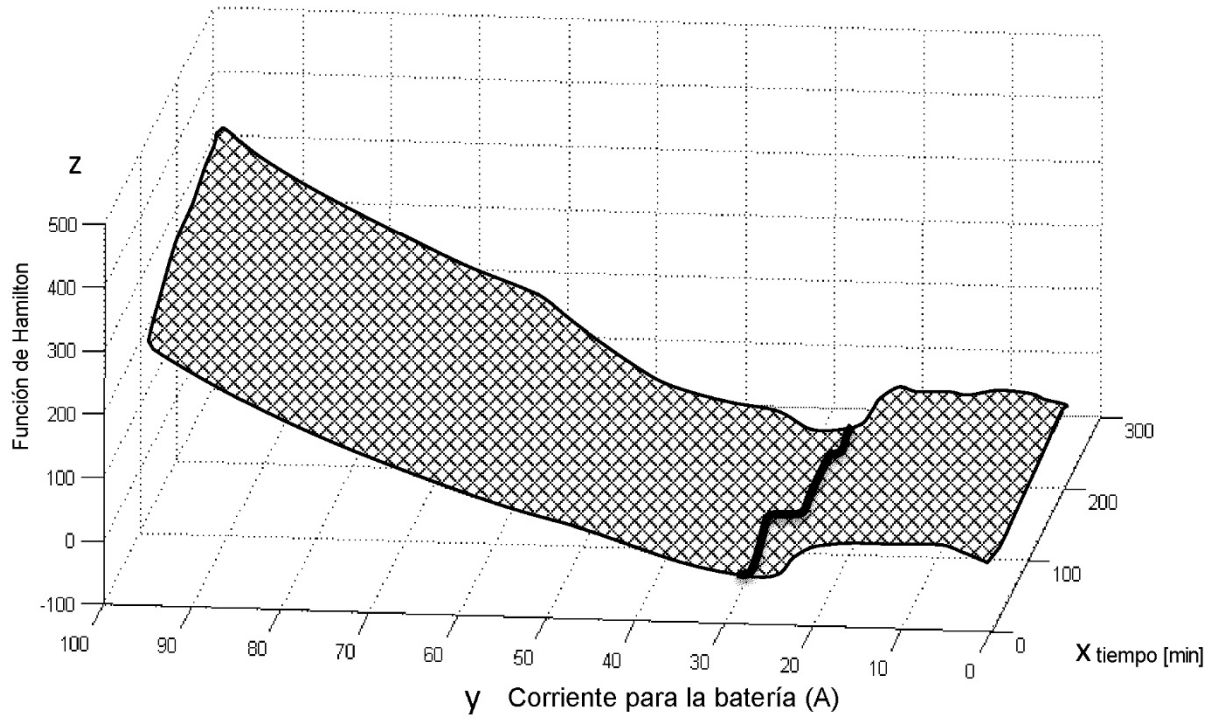


Fig. 4

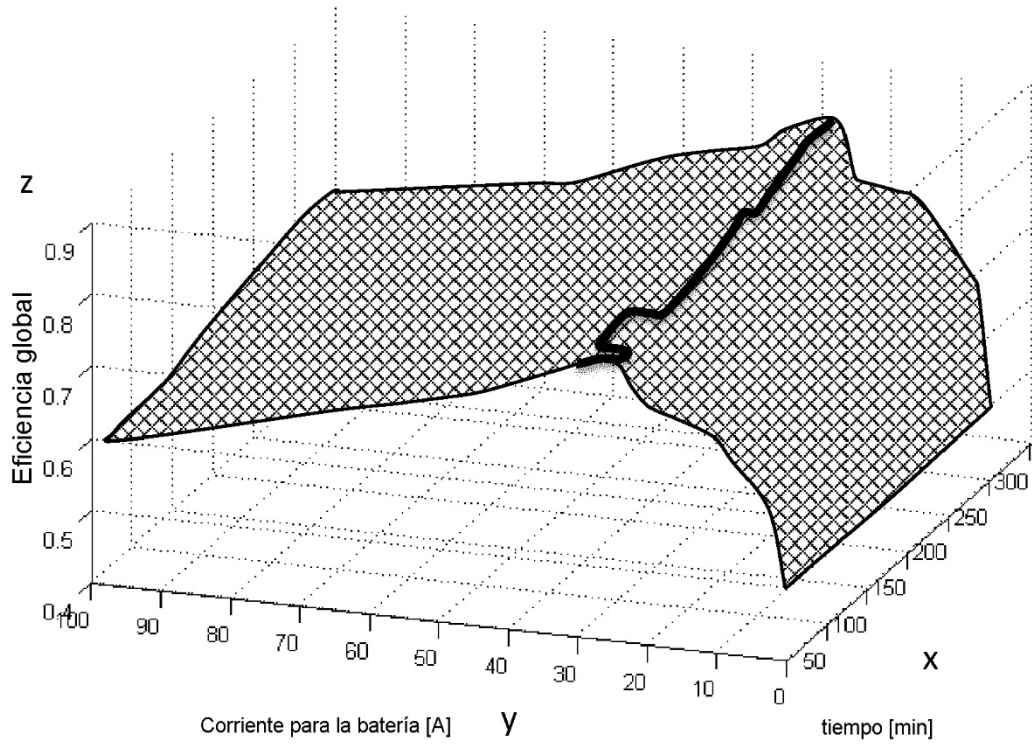


Fig. 5

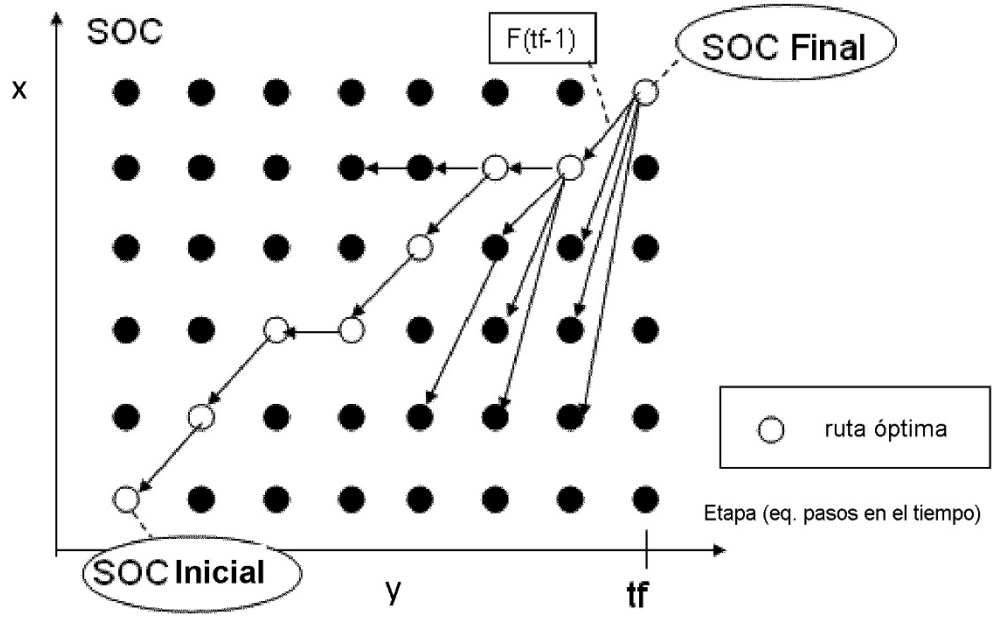


Fig. 6

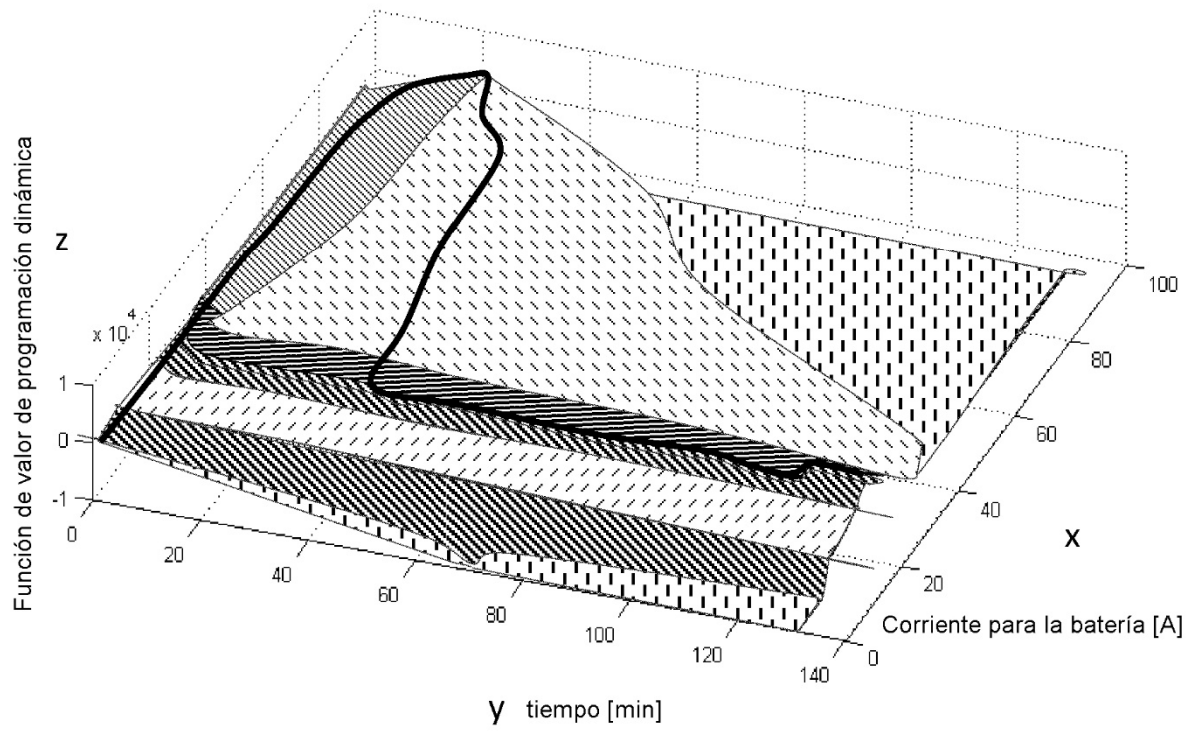


Fig. 7

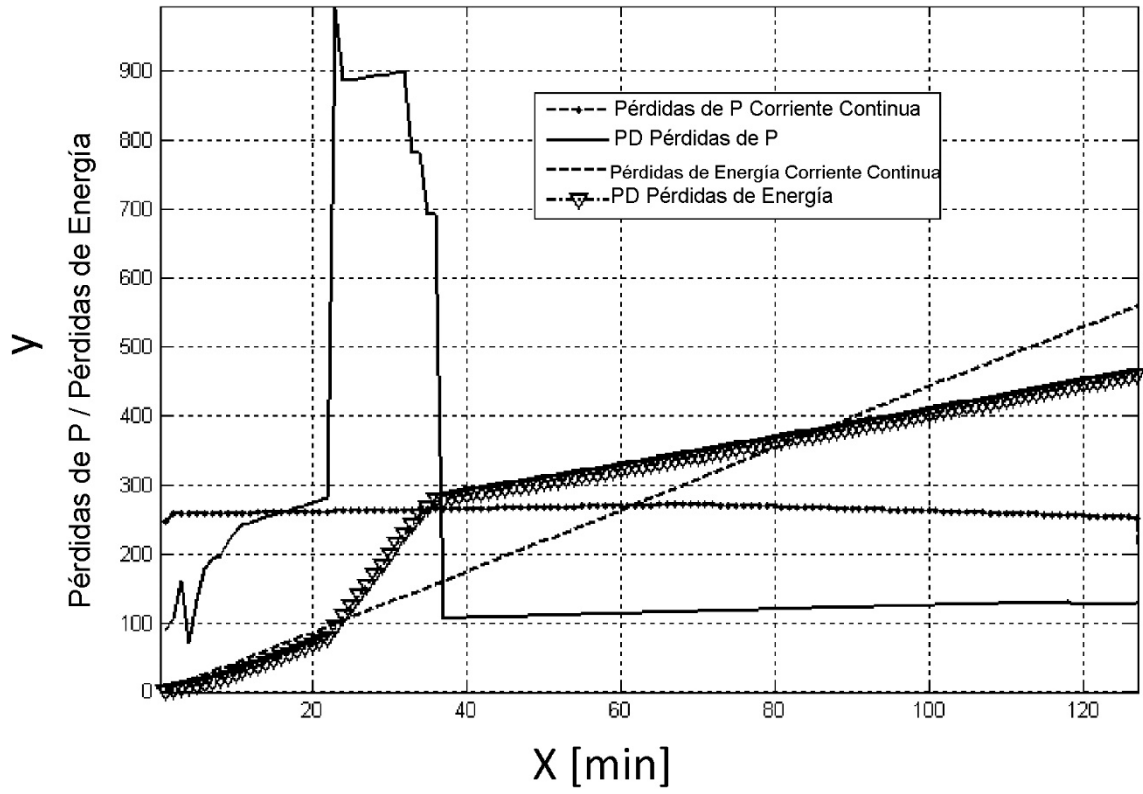


Fig. 8

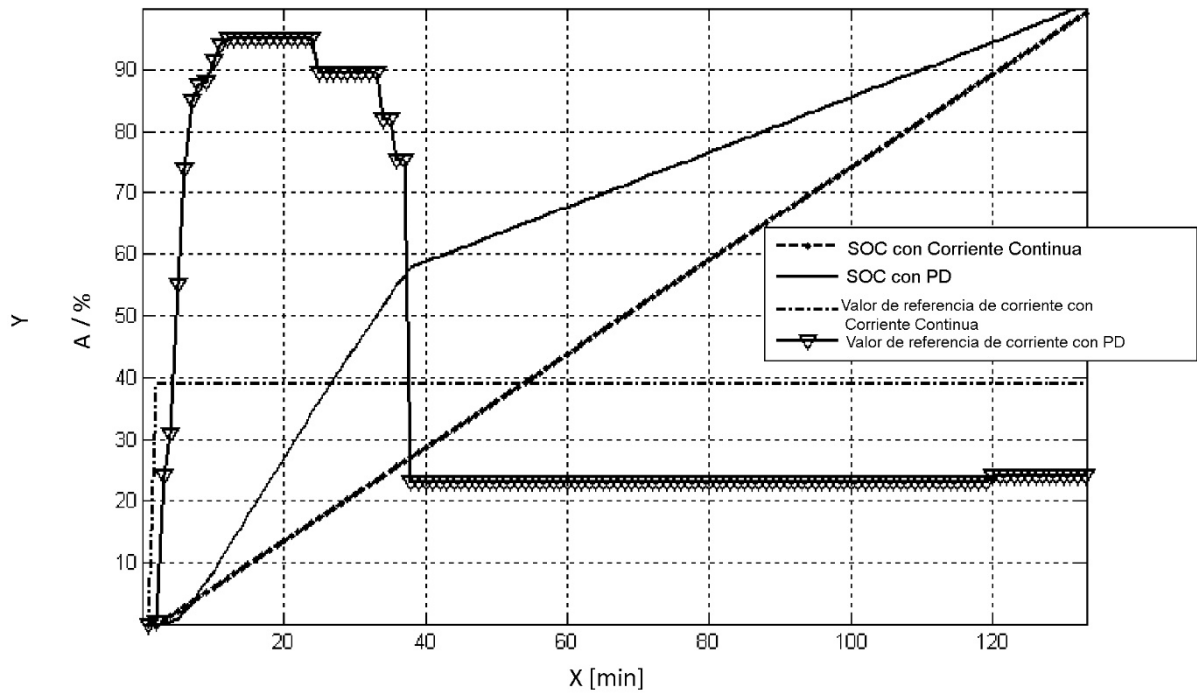


Fig. 9

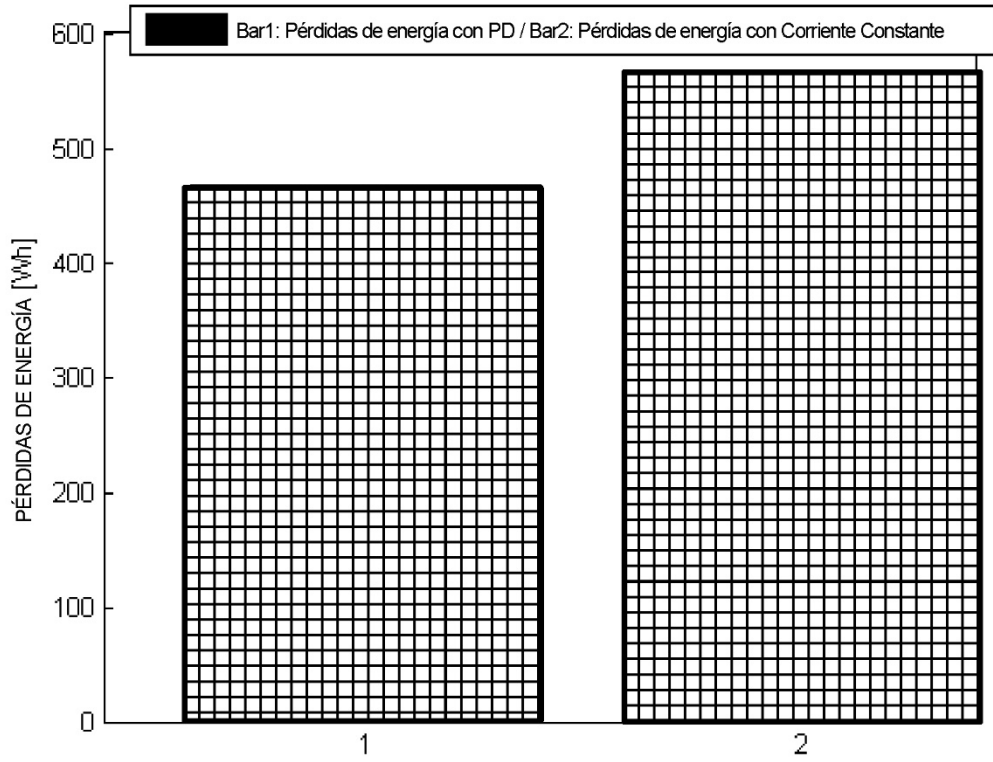


Fig. 10

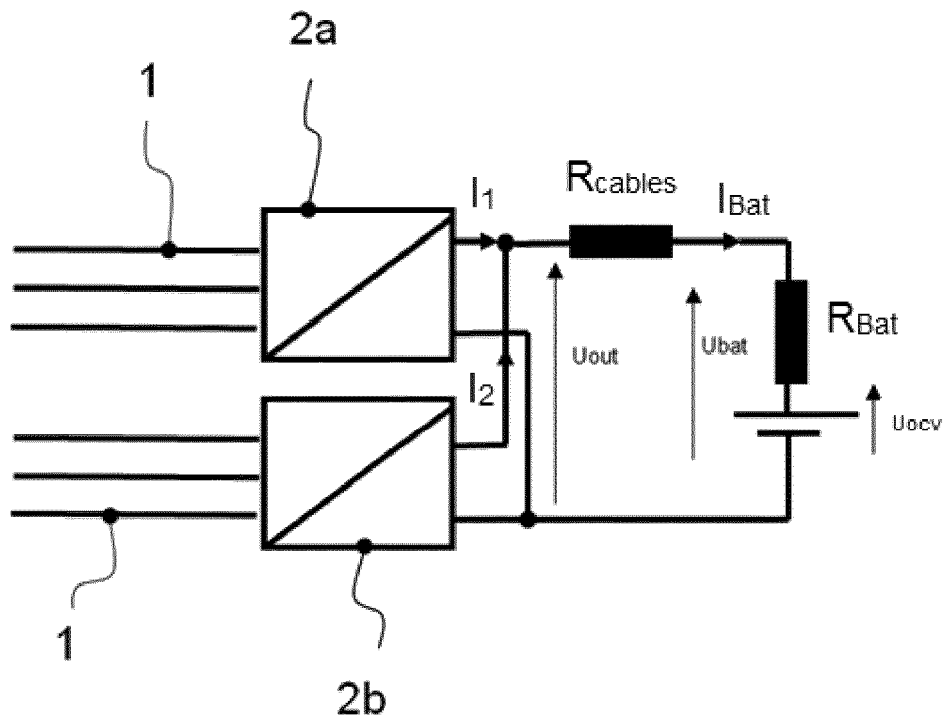


Fig. 11

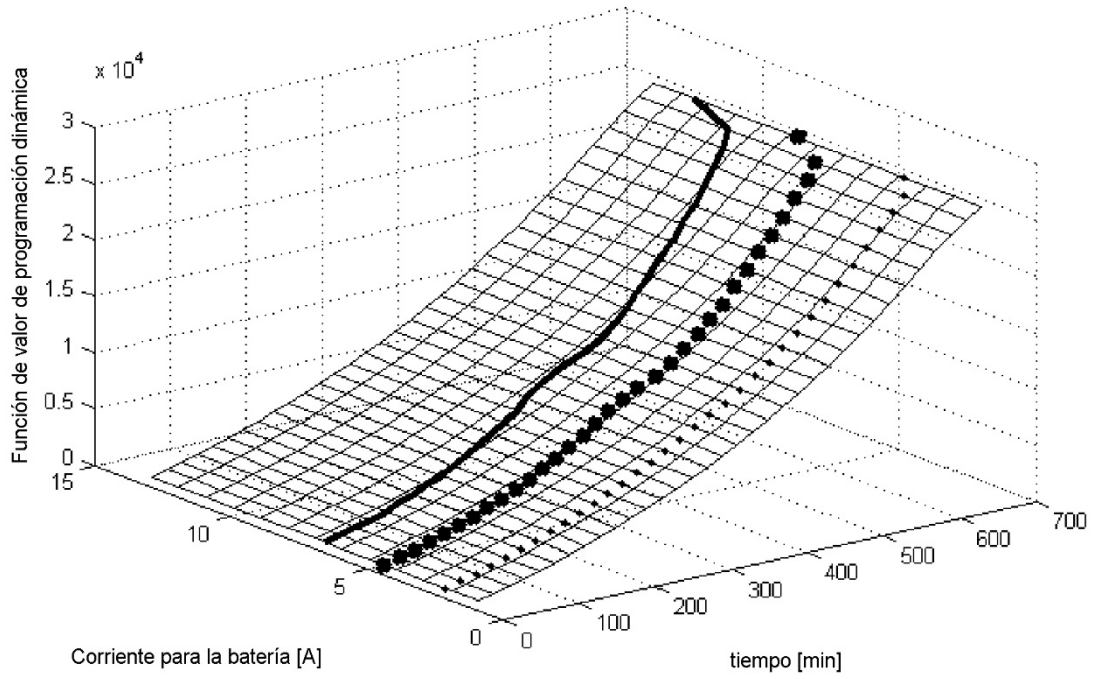
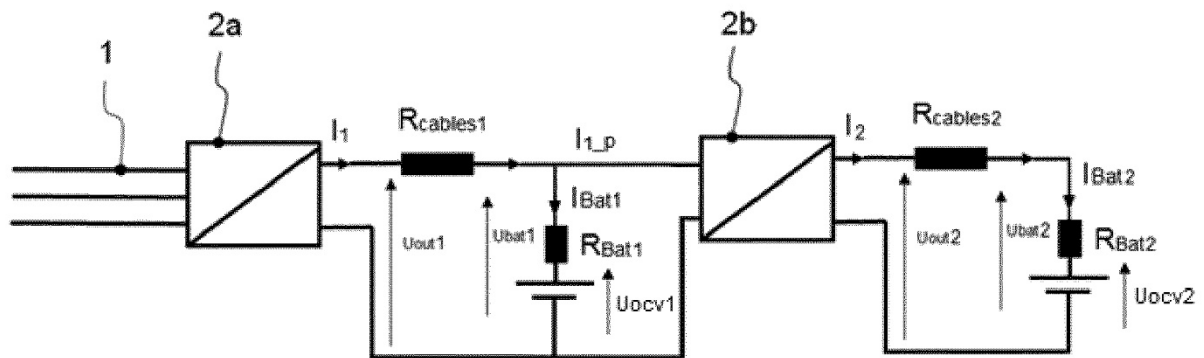


Fig. 12



Figur 13

