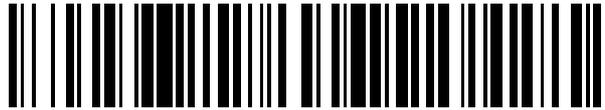


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 763 550**

51 Int. Cl.:

H02J 7/34	(2006.01)
H01G 11/14	(2013.01)
H01G 11/08	(2013.01)
B60L 58/22	(2009.01)
H02J 7/00	(2006.01)
H01M 10/42	(2006.01)
H01M 12/00	(2006.01)
H01M 10/46	(2006.01)
H01M 10/44	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.11.2015 PCT/EP2015/077055**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **02.06.2016 WO16083223**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.11.2015 E 15798035 (0)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.10.2019 EP 3224894**

54 Título: **Procedimiento para el balanceo de un sistema de acumulación de energía eléctrica**

30 Prioridad:

28.11.2014 EP 14195458

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

29.05.2020

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Werner-von-Siemens-Strasse 1
80333 München, DE**

72 Inventor/es:

**KLEFFEL, RÜDIGER;
QUAST, FABIAN y
RUPPERT, SWEN**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 763 550 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

Procedimiento para el balanceo de un sistema de acumulación de energía eléctrica

5 La presente invención hace referencia a un procedimiento para el balanceo de un sistema de acumulación de energía; en donde el sistema de acumulación de energía comprende un circuito en serie de módulos de almacenamiento; en donde el circuito en serie de módulos de almacenamiento presenta al menos dos módulos de almacenamiento capacitivos; en donde los módulos de almacenamiento capacitivos están conectados con un dispositivo de balanceo de tal manera que, mediante un flujo de corriente entre el dispositivo de balanceo y los módulos de almacenamiento capacitivos, se puede influenciar, en cada caso, una carga de los módulos de almacenamiento capacitivos; en donde los módulos de almacenamiento capacitivos presentan respectivamente una capacitancia. La presente invención también hace referencia a un dispositivo de control para la ejecución del procedimiento, así como a una disposición de almacenamiento de energía con un dispositivo de control.

15 El balanceo de un sistema de acumulación de energía consiste en influenciar módulos de almacenamiento individuales en su tensión. Los módulos de almacenamiento individuales son acumuladores de energía, como por ejemplo, condensadores, en particular, condensadores de doble capa (ultracaps), o baterías. Los condensadores o los condensadores de doble capa se denominan también como acumuladores de energía capacitivos. Otros acumuladores de energía, que se pueden asociar al grupo de los acumuladores de energía capacitivos son, por ejemplo, los condensadores de litio. También otros acumuladores híbridos, frecuentemente denominados como acumuladores de mezcla, que al menos parcialmente presentan un comportamiento capacitivo, pueden ser asociados a los acumuladores de energía capacitivos. De manera análoga, módulos de almacenamiento construidos de estos componentes se denominan como módulos de almacenamiento capacitivos. En los sistemas de acumulación de energía considerados, los módulos de almacenamiento individuales están dispuestos en un circuito en serie, también denominado como conexión en serie. El objeto del balanceo consiste en generar una tensión predeterminable en los terminales de conexión de los módulos de almacenamiento individuales en un estado de funcionamiento. Por ejemplo, en el estado cargado, todos los módulos de almacenamiento deben adoptar la tensión máxima en sus terminales de conexión. De esta manera, se evita que células individuales de dicho circuito en serie adopten tensiones mayores que otras y que con ello se exceda la máxima tensión admisible del módulo de almacenamiento individual. Un exceso de la tensión máxima significa una sobrecarga del correspondiente módulo de almacenamiento y conduce a un envejecimiento notablemente mayor del correspondiente módulo de almacenamiento. El balanceo debe llevarse a cabo durante el funcionamiento normal. También es necesario que en una descarga completa, todos los módulos de almacenamiento sean llevados a la tensión nula. El balanceo se utiliza, además, para evitar que, durante una descarga, módulos de almacenamiento individuales traspasen a una tensión negativa.

35 Las diferentes tensiones en el funcionamiento de los módulos de almacenamiento capacitivos individuales se genera, entre otras cosas, por una capacitancia diferente de los módulos de almacenamiento. La misma se puede ocasionar, por ejemplo, por procesos de envejecimiento de los módulos de almacenamiento capacitivos. Habitualmente, la capacitancia de los módulos de almacenamiento disminuye con un envejecimiento en aumento. La disminución de la capacitancia se ve influenciada por condiciones ambientales y de funcionamiento, como por ejemplo, tensión y temperatura. La solicitud EP2475067 revela un procedimiento para el balanceo de un sistema de acumulación de energía que comprende un circuito en serie de condensadores.

40 Un método habitual en el balanceo consiste en que cuando se excede un determinado valor umbral de la tensión del módulo de almacenamiento, se conecta una resistencia de balanceo paralelamente al módulo de almacenamiento, para influir así en la tensión del módulo de almacenamiento. De esta manera, en un estado, como por ejemplo, de carga máxima, se puede realizar un balanceo. Entonces, en el estado de la carga máxima, todos los módulos de almacenamiento presentan la tensión máxima. Mediante estas resistencias de balanceo, también se pueden descargar completamente los módulos de almacenamiento individuales hasta una tensión nula.

Del mismo modo, se conocen circuitos en los cuales la carga desde los módulos de almacenamiento con el fin del balanceo no se suministra a una resistencia de balanceo, sino que tiene lugar un intercambio de cargas entre los módulos de almacenamiento individuales.

50 El objeto de la presente invención consiste en especificar un procedimiento optimizado para el balanceo de un sistema de acumulación de energía.

55 Dicho objeto se resuelve mediante un procedimiento según la reivindicación 1 para el balanceo de un sistema de acumulación de energía; en donde el sistema de acumulación de energía comprende un circuito en serie de módulos de almacenamiento; en donde el circuito en serie de módulos de almacenamiento presenta al menos dos módulos de almacenamiento capacitivos; en donde los módulos de almacenamiento capacitivos están conectados con un dispositivo de balanceo de tal manera que, mediante un flujo de corriente entre el dispositivo de balanceo y los módulos de almacenamiento capacitivos, se puede influenciar, en cada caso, una carga de los módulos de

almacenamiento capacitivos; en donde los módulos de almacenamiento capacitivos presentan respectivamente una capacitancia; en donde el procedimiento comprende los siguientes pasos:

5 - determinación de la capacitancia de cada uno de los módulos de almacenamiento capacitivos; en donde la capacitancia (C_i) de los módulos de almacenamiento capacitivos (2) individuales se determina respectivamente a partir de la variación de la tensión (U_i) del respectivo módulo de almacenamiento capacitivo (2) y de la corriente (i) a través del circuito en serie de los módulos de almacenamiento capacitivos (2);

10 - determinación de una carga de módulo para cada uno de los módulos de almacenamiento capacitivos, al menos, a partir de una tensión del respectivo módulo de almacenamiento capacitivo y de una tensión de balanceo;

- determinación de una carga de referencia, al menos, a partir de las cargas de módulos de los módulos de almacenamiento capacitivos;

15 - determinación de una carga de balanceo para cada uno de los módulos de almacenamiento capacitivos, al menos, a partir de la carga de referencia y de la carga de módulo del respectivo módulo de almacenamiento capacitivo; y

- influencia de la carga de cada uno de los módulos de almacenamiento capacitivos a través del intercambio de las respectivas cargas de balanceo entre el respectivo módulo de almacenamiento capacitivo y el dispositivo de balanceo.

20 Dicho objeto se resuelve, además, mediante un dispositivo de control según la reivindicación 11, para la ejecución del procedimiento, así como mediante una disposición de almacenamiento de energía con un circuito en serie de módulos de almacenamiento y un dispositivo de control. Este objeto también se resuelve mediante un vehículo con una disposición de almacenamiento de energía de este tipo.

25 La presente invención se basa en el conocimiento de que el balanceo de módulos de almacenamiento de energía que están dispuestos en un circuito en serie, se puede realizar de manera sencilla mediante la observación de la carga eléctrica. La relación física entre carga Q_i y tensión U_i de un módulo de almacenamiento capacitivo consiste en:

$$Q_i = C_i \cdot U_i$$

30 Por las distintas capacitancias C_i de los módulos de almacenamiento capacitivos individuales, y a causa de diferentes cargas iniciales eventualmente ya existentes, las tensiones de los módulos de almacenamiento capacitivos individuales se diferencian cuando lo mismos se cargan con la misma carga. La misma carga resulta del hecho de que a través de los módulos de almacenamiento fluye la misma corriente en la disposición del circuito en serie. El objetivo del balanceo consiste, entonces, en influenciar la tensión de los módulos de almacenamiento individuales de tal manera que en un punto de trabajo, los módulos de almacenamiento individuales adopten respectivamente una tensión de balanceo predeterminable. La tensión de balanceo de los módulos de almacenamiento capacitivos individuales no tiene que ser obligatoriamente idéntica. Es decir, las tensiones de balanceo individuales de los módulos de almacenamiento individuales se pueden diferenciar unas de otras.

35 En un primer paso, durante el balanceo, se determina la capacitancia de los módulos de almacenamiento capacitivos individuales dispuestos en serie. El valor de la capacitancia de los módulos de almacenamiento capacitivos individuales, frecuentemente, ya se determina para la determinación del estado de envejecimiento de los módulos de almacenamiento individuales. Dicho valor se puede utilizar para el procedimiento para el balanceo. También es posible, en un primer paso, determinar la capacitancia mediante estimaciones. Para ello, se puede utilizar, por ejemplo, el valor nominal de la capacitancia. Después, dicho valor, se puede determinar con mayor precisión paso a paso a lo largo del tiempo. Allí, existe la posibilidad de repetir la determinación de la capacitancia, particularmente de repetirla cíclicamente.

45 De manera adicional o alternativa, la capacitancia también se puede determinar en función de la carga y la tensión en el módulo de almacenamiento capacitivo. La carga es, en este caso, la integral de la corriente a lo largo del tiempo, de modo que la corriente a través de los módulos de almacenamiento capacitivos y la tensión de los módulos de almacenamiento individuales se puede utilizar para la determinación de la capacitancia de los respectivos módulos de almacenamiento. A partir de estos valores resulta posible determinar con suficiente precisión la capacitancia de los módulos de almacenamiento individuales. En este sentido, se ha demostrado como ventajoso,

determinar la capacitancia C_i de los módulos de almacenamiento individuales durante la primera carga del módulo de almacenamiento, también denominada como arranque.

5 Ya que para algunos acumuladores de energía, la capacitancia también depende de un punto de trabajo, por ejemplo, no es lineal, también es posible, de manera adicional o alternativa, determinar o considerar la capacitancia de los módulos de almacenamiento mediante curvas características o tablas determinadas con anterioridad. Este procedimiento también se ha demostrado como ventajoso, para el caso en el cual la capacitancia depende de la tensión del módulo de almacenamiento. La determinación se puede optimizar y mejorar a continuación mediante mediciones, por ejemplo, como se describe anteriormente o en las reivindicaciones.

10 En un segundo paso, se determina para cada módulo de almacenamiento capacitivo individual la carga de módulo $Q_{eq,i}$ que se necesita para modificar en el correspondiente módulo de almacenamiento capacitivo la tensión U_i presente en el momento a la tensión de balanceo $U_{eq,i}$ predeterminable. El índice i describe el i -ésimo módulo de almacenamiento. De ello la carga de módulo $Q_{eq,i}$ resulta:

$$Q_{eq,i} = C_i \cdot (U_{eq,i} - U_i).$$

15 Incluso ante una misma diferencia de tensión, a causa de los distintos valores de la capacitancia de los módulos de almacenamiento individuales, pueden presentarse diferentes cargas de módulo para cada módulo de almacenamiento individual.

20 A partir de las cargas de módulo individuales, en el tercer paso, se determina una carga de referencia Q_{ref} . La determinación de la carga de referencia depende, entre otros factores de cómo está realizado el dispositivo de balanceo. Se ha demostrado como particularmente ventajoso en el balanceo con resistencias, la conformación de la carga de referencia a partir del máximo de las cargas de módulo. De ello entonces la carga de módulo resulta:

$$Q_{ref} = \text{Max}[C_i \cdot (U_{eq,i} - U_i)]$$

Para el caso en el que el balanceo se realiza a través de intercambios de carga entre los módulos de almacenamiento capacitivos individuales, se ha establecido como apropiada la determinación de la carga de módulo como valor promedio de las cargas de módulo mediante la fórmula:

25
$$Q_{ref} = \overline{[C_i \cdot (U_{eq,i} - U_i)]}$$

El balanceo a través del intercambio de cargas entre los módulos de almacenamiento capacitivos individuales también se denomina como balanceo mediante circuito de transferencia de carga.

30 En un cuarto paso, la carga de balanceo se determina a partir de la carga de referencia y de la carga de módulo de los módulos de almacenamiento capacitivos individuales. Por ejemplo, la carga de balanceo se puede determinar a partir de la diferencia entre la carga de referencia la carga de módulo. Además, también se pueden incluir en la determinación otras variables, como por ejemplo una tolerancia para la tensión de balanceo. Mediante dicha tolerancia se pueden reducir aún más los esfuerzos para la ejecución del procedimiento. También es posible, disminuir las pérdidas que se presentan, a fin de realizar un balanceo eficiente y de pérdida reducida.

35 En un quinto paso, la carga de balanceo determinada se intercambia entre el respectivo módulo de almacenamiento capacitivo y el dispositivo de balanceo. Una ventaja especial del procedimiento consiste en que el balanceo se puede llevar a cabo en cada estado de funcionamiento. En el procedimiento conocido en el estado del arte, el balanceo se vuelve activo sólo cuando uno o varios umbrales se exceden. Esto es entonces el caso, cuando el estado de funcionamiento del sistema se encuentra cerca del estado que debe ser balanceado. Por el contrario, en el procedimiento conforme a la invención, también es posible un balanceo antes de que se alcance el estado de funcionamiento en el cual los módulos de almacenamiento presentan la tensión de balanceo. Se esta manera, es posible obtener un balanceo prospectivo. El estado de balanceo se alcanza entonces cuando la carga de balanceo $Q_{sym,i}$ de los módulos de almacenamiento individuales se ha convertido en cero, independientemente de qué tensión U_i presenten momentáneamente los módulos de almacenamiento.

45 Con el procedimiento conforme a la invención, el balanceo se puede realizar en cada estado de funcionamiento deseado, prospectivamente, es decir con antelación, antes de alcanzar la tensión de balanceo $U_{eq,i}$. De esta manera, resulta posible, en cualquier tensión y en cualquier estado de funcionamiento, llevar el sistema completo de los módulos de almacenamiento a un estado que tras el balanceo esté preparado de tal manera de ser cargado en la

tensión de balanceo. Las tensiones de módulo, en caso de que no sean iguales a la tensión de balanceo, en el estado de balanceo pueden diferenciarse entre sí más pronunciadamente que en el estado de no balanceo. Sin embargo, el factor decisivo es el caso de la carga a la tensión de balanceo. Dicha tensión de balanceo se puede establecer para los módulos de almacenamiento individuales de manera discrecional y en independencia una de la otra. Así, resulta posible fijar la tensión de balanceo en la tensión máxima de los módulos de almacenamiento. Sin embargo, también es útil cambiar la tensión de balanceo a cero en otro momento, por ejemplo, cuando se debe preparar una descarga. Cuando un sistema se inicia desde el estado completamente descargado, es apropiado, tan pronto como sea posible, es decir ya en tensiones bajas, realizar un balanceo según este procedimiento, a la tensión de balanceo, como por ejemplo, de la tensión máxima. De esta manera, en el sistema se logra que ya al alcanzar por primera vez la tensión máxima, se presenten condiciones simétricas. Así, se puede evitar de manera fiable un exceso de la tensión máxima y por lo tanto una sobrecarga de uno o más módulos, asociado a ello. Al evitar que se exceda la tensión máxima de los módulos de almacenamiento individuales, se logra la ventaja adicional de que el contenido energético utilizable de los módulos de almacenamiento individuales sea mayor que en el estado no balanceado. La aplicación del procedimiento conforme a la invención permite aprovechar esta ventaja son que los módulos de almacenamiento individuales deban adoptar la tensión máxima durante un determinado período, parcialmente prolongado.

Con una carga de referencia distinta a cero, el balanceo ya puede estar activo o incluso concluido, antes de alcanzar un determinado estado. Mediante este balanceo prospectivo, es posible un balanceo rápido, incluso con flujos eléctricos relativamente bajos. El circuito de balanceo se puede construir de manera notablemente más económica, debido al diseño dimensional para flujos eléctricos bajos.

Un sistema de acumulación de energía eléctrica se considera equilibrado, cuando la corriente eléctrica a través del circuito en serie puede alcanzar la tensión de balanceo $U_{eq,i}$ de los módulos de almacenamiento individuales sin que el dispositivo de balanceo deba activarse. En este caso, las cargas de balanceo son iguales a cero. Entonces, el sistema de acumulación de energía eléctrica también se encuentra en el estado equilibrado, cuando aún no se ha alcanzado la tensión de balanceo.

Con el procedimiento conforme a la invención, también resulta posible, ante una especificación de la tensión de balanceo de cero, preparar una descarga de los módulos de almacenamiento, incluso cuando el acumulador aún está en funcionamiento. Mediante la aplicación del procedimiento conforme a la invención, se puede evitar de manera fiable una transferencia de carga, es decir un cambio de signo en la tensión del terminal de un módulo de almacenamiento, durante un proceso de descarga. Esto es importante porque una transferencia de carga de un módulo de almacenamiento puede conducir a un envejecimiento más rápido del módulo de almacenamiento en cuestión. Mediante el procedimiento conforme a la invención, se puede alcanzar rápidamente un estado sin tensión, en algunos casos, incluso inmediatamente después de desconectar el sistema de acumulación de energía eléctrica. De esta manera se garantiza una manipulación segura para personal de mantenimiento con el acumulador de energía eléctrica completamente descargado.

El procedimiento conforme a la invención presenta además la ventaja de que el balanceo se puede realizar en cada estado de tensión. Además, el balanceo se puede realizar en cada momento deseado, de modo que el balanceo también se puede realizar durante un período muy prolongado con flujos reducidos. Con ello, la pérdida de potencia que debe disiparse es muy reducida. Otra ventaja, consiste en que todos los módulos de almacenamiento capacitivos se pueden simetrizar al mismo tiempo. De esta manera, el procedimiento conforme a la invención puede simetrizar simultáneamente los módulos de almacenamiento capacitivos. El balanceo se puede realizar con gran exactitud mediante un microprocesador, cuando la detección de tensión es correspondientemente exacta. De esta manera, se gasta sólo muy poca energía eléctrica en resistencias. El estado equilibrado se puede alcanzar en cualquier nivel de tensión. Particularmente, tanto en una tensión nula, así como en una tensión máxima. La tensión de balanceo se puede modificar y por lo tanto predeterminar nuevamente en todo momento. El balanceo se puede realizar ya prospectivamente, incluso cuando aún no se ha alcanzado la tensión en la cual las condiciones de balanceo deberían presentarse. Esto tiene especial sentido en el arranque desde el estado descargado, en el cual ante la diferente capacitancia de los módulos de almacenamiento, inevitablemente se presenta una diferencia de tensión. A fin de evitar un balanceo frecuentemente repetitivo, a causa de las imprecisiones, el balanceo se puede proveer de una cierta tolerancia. De esta manera, la disipación de energía se puede mantener reducida. En el procedimiento conforme a la invención, no se requiere una recarga de los módulos de almacenamiento en el límite de la tensión máxima, como sí resulta necesario en el procedimiento conocido en el estado del arte. De esta manera, tampoco se necesita una fuente de energía eléctrica afectada por pérdida. El cálculo de la frecuencia de carga y de la potencia de descarga, así como de la energía eléctrica de descarga de los módulos de almacenamiento individuales es posible por la suma del sistema completo. A partir de ello se pueden determinar factores de pérdida, así como tendencias de envejecimiento.

Se ha demostrado que resulta particularmente ventajoso equipar a un vehículo, en particular, un autobús o un vehículo ferroviario con una disposición de almacenamiento de energía eléctrica. Debido a los múltiples ciclos de carga con los procesos de arranque y de frenado, el uso del almacenamiento de energía eléctrica puede tener un efecto positivo en el consumo de energía eléctrica. El procedimiento conforme a la invención asegura un alto

aprovechamiento del sistema de acumulación de energía eléctrica, de modo que el mismo esta dimensionado de forma correspondientemente compacta y puede ser integrado en el espacio constructivo disponible, que a menudo resulta pequeño en los vehículos.

Los acondicionamientos ventajosos de la presente invención se indican en las reivindicaciones relacionadas.

5 En una forma de ejecución ventajosa del procedimiento, las tensiones de balanceo de los módulos de almacenamiento capacitivos individuales se puede predeterminar independientemente entre sí. Entonces, para a cada módulo de almacenamiento se puede predeterminar una propia tensión de balanceo independientemente de la tensión de equilibrio de los otros módulos de almacenamiento capacitivos. La tensión de balanceo de los módulos de almacenamiento individuales pueden ser idénticas o diferenciarse respectivamente. De esta manera, en un circuito
10 en serie pueden funcionar módulos de almacenamiento que presenten un diseño constructivo diferente y/o distintas tensiones máximas, por ejemplo, por envejecimiento. Además, a lo largo tiempo, se puede fijar una tensión de balanceo cambiante a los módulos de almacenamiento capacitivos individuales. El cambio se puede realizar para los módulos de almacenamiento capacitivos simultáneamente o también con un retraso temporal. En particular, se ha demostrado como favorable, fijar la tensión máxima de los módulos de almacenamiento como tensión de balanceo.
15 Más allá de eso, o como alternativa, se ha demostrado como favorable, establecer la tensión de balanceo de los módulos de almacenamiento en cero, cuando está prevista una desconexión del sistema de acumulación de energía eléctrica o cuando se detecta un error en el sistema de acumulación de energía eléctrica.

En otra forma de realización ventajosa, la carga de referencia se conforma por el valor máximo de las cargas de módulo. Esto resulta particularmente ventajoso cuando el dispositivo de balanceo presenta una resistencia.
20 Mediante la resistencia, la carga del módulo de alimentación sólo se puede reducir pero no aumentar. Cuando la carga de referencia se selecciona como el máximo de las cargas de módulo, entonces, para el proceso de balanceo sólo puede salir de los módulos de almacenamiento la carga que se convierte en calor en la resistencia. Al seleccionar la carga de referencia como el máximo de las cargas de módulo, en el caso de módulos de almacenamiento pequeño, no es necesario suministrar cargas a los módulos de almacenamiento mediante el dispositivo de balanceo. Para esta selección de la tensión de referencia, el balanceo con una resistencia se puede realizar de manera particularmente sencilla, económica y fiable.
25

En otra forma de configuración ventajosa, la carga de referencia se conforma por el valor promedio de las cargas de módulo. La conformación de un valor medio de las cargas de módulo para determinar la carga de referencia resulta particularmente ventajosa, en caso de que sea posible, intercambiar cargas entre los módulos de almacenamiento capacitivo individuales mediante el dispositivo de balanceo. Dicho dispositivo de balanceo también se denomina
30 "circuito de transferencia de carga de balanceo". Las cargas de balanceo se pueden determinar, entonces, de manera que la suma de los aportes de las cargas de balanceo positivas sea igual a la suma de los aportes de las cargas de balanceo negativas. De esta manera, no es necesario suministrar al dispositivo de balanceo energía eléctrica desde el exterior, ni consumir la energía eléctrica de los módulos de almacenamiento, o convertirla en calor.
35 De esta manera, esta forma de configuración no implica prácticamente pérdidas. Las mínimas pérdidas significan a un uso económico del procedimiento. En particular, para las tensiones de balanceo frecuentemente cambiantes, dicha forma de configuración es particularmente económica de implementar a causa de bajas pérdidas.

En otra forma de configuración ventajosa, la capacitancia de los módulos de almacenamiento capacitivos individuales se determina respectivamente a partir de la variación de la tensión del respectivo módulo de almacenamiento capacitivo y de la corriente a través del circuito en serie de los módulos de almacenamiento capacitivos. En caso de que la capacitancia ya no esté disponible a partir de una consideración de la durabilidad, la cual monitorea el estado de envejecimiento de los módulos de almacenamiento capacitivos individuales en función de su capacitancia, de una manera particularmente sencilla, se puede determinar la capacitancia de los módulos de almacenamiento individuales a partir de la tensión del módulo de almacenamiento y de la corriente que fluye a través
40 de él. Cuando no se realiza un intercambio de carga del dispositivo de balanceo para el respectivo módulo de almacenamiento, la corriente a través del módulo de almacenamiento es igual a la corriente que fluye en el circuito en serie de los módulos de almacenamiento. Para la ejecución del procedimiento, la tensión de los módulos de almacenamiento ya es conocida por una correspondiente unidad de regulación. Para la protección del sistema de acumulación de energía eléctrica se ha demostrado como apropiado detectar también la corriente a través del
45 circuito en serie de los módulos de almacenamiento. De esta manera, es posible reconocer y evitar a tiempo sobrecargas de los módulos de almacenamiento y eventualmente posibles daños térmicos vinculados con las mismas. Del cociente de la corriente a través del circuito en serie de los módulos de almacenamiento y de la variación de la tensión del respectivo módulo de almacenamiento, se puede determinar de manera sencilla rápida y fiablemente la capacitancia del respectivo módulo de almacenamiento.
50

55 En otra forma de configuración ventajosa, los módulos de almacenamiento capacitivos individuales están respectivamente enlazados con una resistencia; en donde la capacitancia de los módulos de almacenamiento capacitivos individuales se determina respectivamente a partir de la tensión del respectivo módulo de almacenamiento capacitivo o de la corriente a través de la resistencia. Ya que habitualmente el dispositivo de balanceo presenta una resistencia, la misma se puede utilizar sencillamente para la determinación de la

capacitancia. A partir de la tensión, en particular, del desarrollo temporal de la tensión, en el módulo de almacenamiento capacitivo, se puede determinar la capacitancia del módulo de almacenamiento cuando se conoce el valor de resistencia de la resistencia dispuesta en paralelo. Esto puede suceder, por ejemplo, a través de la constante de tiempo, que resulta como un producto del valor de resistencia y de la capacitancia del módulo de almacenamiento. La constante de tiempo puede tomarse del desarrollo temporal de la tensión del módulo de almacenamiento capacitivo, en particular, de la elevación de la tensión, o del desarrollo temporal de la corriente a través de la resistencia. La ventaja de este procedimiento consiste en que solamente un punto de medición, la tensión en el módulo de almacenamiento debe evaluarse para determinar de manera fiable la capacitancia. Por lo tanto, el proceso es menos propenso a averías. Por lo general, ya existe una resistencia para el control de la carga o para la descarga segura del módulo de almacenamiento, de modo que la determinación de la capacitancia se puede realizar con los componentes y los dispositivos de medición ya existentes de una manera particularmente sencilla.

En otra forma de configuración ventajosa, la determinación de la carga de balanceo para los módulos de almacenamiento capacitivos se realiza a partir de la diferencia entre la carga de referencia y la carga de módulo del respectivo módulo de almacenamiento capacitivo. En este procedimiento, la carga de balanceo se determina de una manera particularmente sencilla. Este procedimiento se puede utilizar tanto cuando para el balanceo de los módulos de almacenamiento se utiliza una resistencia, como también para una transferencia de carga de las cargas entre los módulos de almacenamiento individuales, por ejemplo mediante fuentes de energía eléctrica. Cuando la carga de módulo excede el valor de la carga de referencia, al respectivo módulo de almacenamiento se debe suministrar carga en el valor de la carga de balanceo. En caso de que la carga de referencia exceda el valor de la tensión de módulo, entonces se debe retirar al módulo de almacenamiento la operación de la carga de balanceo. La operación matemática de la diferencia se puede realizar de manera particularmente sencilla a través de un adecuado medio para el cálculo, en particular, un microprocesador de la regulación/control, de modo que un correspondiente diseño constructivo para la ejecución del procedimiento se puede fabricar de manera sencilla y económica.

En otra forma de configuración ventajosa, la carga de balanceo para los módulos de almacenamiento capacitivos se determina en función de una banda de tolerancia predeterminada de la tensión de balanceo. La banda de tolerancia puede ser utilizada para asegurar grados de libertad en la regulación. Por ejemplo, es posible prescindir del descenso de una tensión de un módulo de almacenamiento, conectando una o más resistencias para reducir así las pérdidas eléctricas del proceso de balanceo. Del mismo modo, en el caso de un dispositivo de balanceo que permita el intercambio de cargas entre módulos de almacenamiento, se puede prescindir del intercambio de cargas y de las pérdidas eléctricas asociadas al mismo, cuando la tensión resultante de los módulos de almacenamiento se encuentra dentro de una banda de tolerancia predeterminable alrededor de la tensión de balanceo. Así, se pueden evitar intervenciones frecuentes del dispositivo de balanceo sin necesidad de asumir una alta desviación de la tensión de balanceo predeterminada. Esto puede reducir la carga en los actuadores del dispositivo de balanceo y, con ello, prolongar la vida útil del dispositivo de balanceo. Esta forma de configuración también permite reducir los flujos entre los módulos de almacenamiento y el dispositivo de balanceo y, por lo tanto, minimizar las pérdidas durante el funcionamiento y aumentar la eficiencia del sistema de acumulación de energía eléctrica. La baja pérdida de potencia presenta la ventaja energética de que se deben disipar menos pérdidas térmicas, ya que se evita un balanceo frecuente innecesario, en particular, a causa de imprecisiones en el sistema.

En una forma de configuración ventajosa, las cargas entre los módulos de almacenamiento capacitivos se intercambian mediante los dispositivos de balanceo. Para el caso de que sea posible intercambiar carga entre los módulos de almacenamiento, las pérdidas del balanceo se pueden reducir completamente, al menos significativamente o al menos parcialmente. Mediante la apropiada selección de la carga de referencia, particularmente, mediante la determinación de la carga de referencia como valor promedio de las cargas de módulo, se puede evitar el uso de resistencias y por lo tanto, pérdidas eléctricas vinculadas con el mismo, o al menos reducirlas. De esta manera, tampoco se generan pérdidas óhmicas, o sólo mínimas. Los costes para la refrigeración y la exigencia de las resistencias existentes, particularmente con respecto a la resistencia térmica, se pueden reducir parcialmente de manera significativa. Esto conduce a costes reducidos en la construcción y el funcionamiento de un correspondiente sistema de acumulación de energía eléctrica.

En otra forma de configuración preferida, la especificación de la tensión de balanceo de los módulos de almacenamiento capacitivos individuales se realiza en función de un intervalo de mantenimiento predefinible y/o de la capacitancia de los respectivos módulos de almacenamiento capacitivos. El envejecimiento de los módulos de almacenamiento se caracteriza, entre otras cosas, por una capacitancia reducida del módulo de almacenamiento en cuestión. A causa de la reducida capacitancia aumentan las fluctuaciones de tensión. Entonces, las mayores tensiones de los valores máximos de las fluctuaciones de tensión y la temperatura más alta debido a los mayores flujos, generados por los valores mínimos de las fluctuaciones de tensión, conducen a un proceso de envejecimiento más pronunciado de los módulos de almacenamiento. Este proceso de envejecimiento conduce a mayor disminución de la capacitancia. Para contrarrestar el envejecimiento, los correspondientes módulos de almacenamiento pueden funcionar con una tensión más baja. Esto lentifica el proceso de envejecimiento. En un criterio predeterminado para el final de la vida útil, por ejemplo, definiendo una cierta capacitancia mínima, en la cual se debe realizar un reemplazo del módulo de almacenamiento en cuestión, el final de la vida útil puede retrasarse mediante una tensión de funcionamiento más baja. Para ello, la tensión de balanceo predeterminable del respectivo módulo de

almacenamiento capacitivo se selecciona correspondientemente más baja. Con esta medida el proceso de envejecimiento se lentifica. Al especificar diferentes tensiones de balanceo U_{eq_i} para los módulos de almacenamiento capacitivos individuales, el proceso de envejecimiento de los módulos de almacenamiento individuales se puede ajustar para que envejezcan en la misma medida. En un determinado intervalo de mantenimiento, la desaceleración del proceso de envejecimiento se puede ajustar mediante la tensión de balanceo reducida de tal modo que se pueda prescindir de un mantenimiento no programado o al menos reducirlo significativamente. Del mismo modo, una consideración del envejecimiento de los módulos de almacenamiento conduce a una menor probabilidad de fallos de los módulos de almacenamiento individuales. La mayor fiabilidad, que se obtiene de esta manera, conduce a un funcionamiento económico del sistema de acumulación de energía eléctrica.

En otra forma de configuración ventajosa, el dispositivo de balanceo presenta una resistencia. La resistencia representa una posibilidad particularmente económica de influenciar la carga de un módulo de almacenamiento. Se ha demostrado que resulta ventajoso proporcionar un interruptor como actuador para controlar/regular la corriente a través de la resistencia. El mismo puede ser un interruptor mecánico, electrónico o un interruptor electrónico de potencia, particularmente un transistor. Con dicha disposición, el balanceo se puede realizar de una manera particularmente sencilla. Además de ello, la capacitancia del módulo de almacenamiento también se puede determinar de manera particularmente sencilla y fiable a partir del proceso de carga/descarga.

En otra forma de configuración ventajosa, el dispositivo de balanceo presenta una fuente de energía eléctrica. La fuente de energía eléctrica permite un intercambio de cargas con el módulo de almacenamiento en ambas direcciones. A diferencia de la resistencia, no solo se puede quitar carga del módulo de almacenamiento, sino que también se puede aumentar la carga del módulo de almacenamiento. La fuente de energía eléctrica representa entonces un actuador para el intercambio de carga con el módulo de almacenamiento. En contraposición a la resistencia, en donde una corriente se ajusta en función de la tensión en el módulo de almacenamiento y el valor de resistencia, la fuente de corriente puede generar prácticamente cualquier flujo. En particular, independientemente de la tensión del módulo de almacenamiento se puede generar una corriente eléctrica. Cuando para el balanceo, en paralelo a cada módulo de almacenamiento está dispuesta una fuente de energía eléctrica y las fuentes energía eléctrica están conectadas entre sí, con la disposición resultante se puede realizar un intercambio de carga entre los módulos de almacenamiento individuales. Con un balanceo compensado entre la carga a absorber y la carga a liberar de los módulos de almacenamiento individuales, se puede prescindir del suministro de energía eléctrica. De esta manera, se puede lograr un balanceo prácticamente sin pérdidas del sistema de suministro de energía eléctrica.

En otra forma de configuración ventajosa, el circuito en serie de módulos de almacenamiento presenta al menos otro módulo de almacenamiento. Se ha demostrado que el procedimiento para el balanceo también se puede utilizar cuando en el circuito en serie de los módulos de almacenamiento capacitivos hay al menos otro módulo de almacenamiento. En este caso el módulo de almacenamiento adicional puede tratarse, por ejemplo, de baterías, acumuladores rotativos o cualquier otro dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica. También se puede disponer otro módulo de almacenamiento capacitivo en el circuito en serie, como otro módulo de almacenamiento. La diferencia, por ejemplo, con los otros módulos de almacenamiento capacitivos consiste en que el mismo no debe necesariamente estar conectado con el dispositivo de balanceo. El balanceo de los módulos de almacenamiento capacitivos también se puede realizar de manera fiable en esta disposición.

En otra forma de configuración ventajosa, al menos un módulo de almacenamiento capacitivo presenta un circuito en serie y/o un circuito en paralelo de células acumuladoras. Para aumentar, por ejemplo, la cantidad de energía que se debe almacenar o para aumentar, por ejemplo, aún más la tensión máxima o la corriente máxima de un módulo de almacenamiento, se ha demostrado que es ventajoso integrar una pluralidad de células acumuladoras en un módulo de almacenamiento. En el caso de las células acumuladoras, se trata de acumuladores de energía que presentan un comportamiento capacitivo. Para ello, se han destacado particularmente los condensadores. Esto permite fabricar módulos de almacenamiento que son particularmente apropiados para el uso en sistemas de acumulación de energía eléctrica, en términos de tamaño, diseño, cantidad de energía que se puede almacenar, intercambiabilidad, sostenibilidad, etc. Por lo tanto, la estructura de los módulos de almacenamiento está desacoplada del desarrollo tecnológico o del desarrollo posterior, ya que las celdas acumuladoras individuales no necesariamente tienen que ser cada vez más potentes para poder fabricar módulos de almacenamiento de mayor calidad. También se puede fabricar un correspondiente módulo de almacenamiento de alto rendimiento integrando varias o una gran cantidad de celdas acumuladoras en un módulo de almacenamiento. De esta manera, los módulos de almacenamiento se pueden graduar fácilmente y ser adaptados y dimensionados para el correspondiente campo de aplicación.

En otra forma de configuración ventajosa, el sistema de acumulación de energía presenta al menos una unidad constructiva; en donde la unidad constructiva presenta al menos un módulo de almacenamiento capacitivo y al menos partes del dispositivo de balanceo. En la disposición de almacenamiento de energía eléctrica, una pluralidad de módulos de almacenamiento se pueden agrupar en una unidad constructiva. En esta unidad constructiva también pueden integrarse partes del dispositivo de balanceo, que se ocupan del balanceo de los módulos de almacenamiento de dicha unidad constructiva. En referencia a la manipulación, en particular, con respecto a las dimensiones y al peso, se pueden crear unidades que sean fáciles de reemplazar. Se ha demostrado que es

particularmente ventajoso construir el sistema de acumulación de energía eléctrica a partir de múltiples unidades constructivas idénticas.

A continuación, la presente invención se explica en detalle mediante los ejemplos de ejecución representados en las figuras. Los dibujos muestran:

5 Figura 1, un primer ejemplo de ejecución de un sistema de acumulación de energía;

Figura 2, un esquema de bloques para la ejecución del procedimiento;

Figura 3, otro esquema de bloques para la ejecución del procedimiento;

Figura 4, Figura 5, diagramas para el comportamiento eléctrico de los módulos de almacenamiento;

10 Figura 6 a Figura 8, relaciones entre tensiones y cargas de los módulos de almacenamiento para diferentes ejemplos de ejecución;

Figura 9, un ejemplo de ejecución de un módulo de almacenamiento y partes de un dispositivo de balanceo;

Figura 10, otro ejemplo de ejecución de un módulo de almacenamiento y partes de un dispositivo de balanceo; y

Figura 11, una disposición de almacenamiento de energía.

15 La figura 1 muestra un sistema de acumulación de energía 1, el cual comprende módulos de almacenamiento capacitivos 2 y un dispositivo de balanceo 4. Los módulos de almacenamiento capacitivos 2 están dispuestos en un circuito en serie. Cada uno de dichos módulos de almacenamiento capacitivos 2 está conectado con el dispositivo de balanceo 4. Los dos extremos del circuito en serie se dirigen hacia el exterior como conexiones del sistema de acumulación de energía 1

20 La figura 2 muestra un esquema de bloques para la determinación de la carga de balanceo $Q_{sym,i}$. EL esquema de bloques presenta medios 31 para la determinación de la capacitancia C_i , medios 32 para la determinación de la carga de módulo $Q_{eq,i}$, medios 33 para la determinación de la carga de referencia Q_{ref} , así como medios 34 para la determinación de la carga de balanceo $Q_{sym,i}$. Los pasos de cálculo de los medios 31, 32, 34 para la determinación de la capacitancia C_i , la carga de módulo $Q_{eq,i}$ y la carga de balanceo $Q_{sym,i}$ se realizan respectivamente para los módulos de almacenamiento capacitivos 2 individuales. El índice i indica que el correspondiente cálculo se refiere al i -ésimo módulo de almacenamiento capacitivo 2 de los al menos dos módulos de almacenamiento capacitivos 2. El medio 33 para la determinación de la carga de referencia Q_{ref} requiere las cargas de módulo $Q_{eq,i}$ de los módulos de almacenamiento individuales para la determinación de la carga de referencia Q_{ref} . En este punto, se hace referencia a la figura 3 y al correspondiente cálculo de la carga de referencia Q_{ref} . La carga de módulo $Q_{eq,i}$ se determina con ayuda de los medios 32 para la determinación de la carga de módulo $Q_{eq,i}$. Como variables de entrada para ello se utilizan la capacitancia C_i del respectivo módulo de almacenamiento capacitivo 2, la tensión U_i del módulo de almacenamiento capacitivo 2, así como la tensión de balanceo $U_{eq,i}$ del respectivo módulo de almacenamiento capacitivo 2. La capacitancia C_i puede ser tomada, por ejemplo, por un monitoreo de estado del sistema de acumulación de energía, que monitorea el estado de envejecimiento de los módulos de almacenamiento capacitivos 2 individuales. En el ejemplo de ejecución representado en la figura 2, la capacitancia C_i de cada módulo de almacenamiento 2 se determina a través de un medio 31 para la determinación de la capacitancia C_i . Allí, se indican como variables de entrada la tensión U_i del módulo de almacenamiento capacitivo 2, así como la corriente i a través del circuito en serie de los módulos de almacenamiento 2. Alternativamente, se puede prescindir de la corriente i a través del circuito en serie de los módulos de almacenamiento capacitivos 2 cuando la determinación de la capacitancia C_i se realiza por el desarrollo de tensión de la tensión U_i durante la descarga del módulo de almacenamiento capacitivo 2 mediante una resistencia con un valor de resistencia conocido.

25
30
35
40

La carga de módulo $Q_{eq,i}$ se suministra a continuación al medio 34 para la determinación de la carga de balanceo $Q_{sym,i}$. Como otra variable de entrada del medio 34 para la determinación de la carga de balanceo $Q_{sym,i}$ se requiere la carga de referencia Q_{ref} . La determinación de la carga de referencia Q_{ref} se realiza en base a las cargas de módulo $Q_{eq,i}$ individuales, como está representado en la figura 3. En el ejemplo de ejecución representado, la determinación de la carga de balanceo $Q_{sym,i}$ se realiza por la diferencia de la carga de referencia Q_{ref} y de la carga de módulo $Q_{eq,i}$ del respectivo módulo de almacenamiento capacitivo 2. Como resultado se obtiene la carga de balanceo $Q_{sym,i}$.

45

La figura 3 muestra la determinación de la carga de referencia Q_{ref} en función de las cargas de módulo individuales $Q_{eq,i}$. Como variable de entrada se utilizan las cargas de módulo $Q_{eq,i}$ de los módulos de almacenamiento capacitivos 2 dispuestos en serie. En general, en este ejemplo de realización, el número de módulos de almacenamiento capacitivos 2 conectados en serie se indica con n . De allí, se puede observar que en este ejemplo

50

de ejecución, para el cálculo de la carga de referencia Q_{ref} , se utiliza la carga de módulo de todos los módulos de almacenamiento capacitivos 2 dispuestos en serie. La carga de referencia Q_{ref} se puede determinar entonces en función de las variables de entrada de las cargas de módulo $Q_{eq,i}$. Se ha demostrado que es particularmente ventajoso cuando la carga de referencia Q_{ref} se determina por el valor máximo de la carga de módulo $Q_{eq,i}$. Además, alternativamente, se ha demostrado como ventajoso cuando para la determinación de la carga de referencia Q_{ref} se utiliza el valor promedio de las cargas de módulo $Q_{eq,i}$ individuales.

La figura 4 muestra un comportamiento de la tensión U_i de diferentes módulos de almacenamiento capacitivos 2 en la introducción de cargas Q_i . Dependiendo de la capacitancia C_i del módulo de almacenamiento capacitivo 2 individual, la tensión U_i aumenta al introducir la carga Q_i . Cuanto menor es la capacitancia C_i , más aumenta la tensión U_i al introducir una correspondiente carga Q_i . La carga Q_i resulta de la corriente i a través del módulo de almacenamiento. Una correspondiente corriente aumenta continuamente la carga Q_i del módulo de almacenamiento. La carga Q_i se determina a partir de la integral de la corriente i a lo largo del tiempo. El ejemplo de ejecución mostrado en la figura 4 se trata de un sistema de acumulación de energía eléctrica que está balanceado en el estado operativo $U_i = 0$. La tensión de balanceo $U_{eq,i}$ es de 0V en este ejemplo de ejecución. Se puede observar que sin la intervención de un dispositivo de balanceo, con una aplicación de carga Q_i en ascenso, es decir, cuando la corriente i fluye, las tensiones U_i difieren a causa de las distintas capacitancias C_i de los módulos de almacenamiento capacitivos 2 individuales.

La figura 5 muestra un correspondiente sistema de acumulación de energía eléctrica 1, en el cual, a diferencia de la figura 4, la tensión de balanceo $U_{eq,i}$ se corresponde con la tensión máxima U_{max} . Para evitar repeticiones, en referencia a componentes idénticos del diagrama se remite a las descripciones de la figura 4, así como a los símbolos de referencia introducidos allí.

La figura 6 muestra la relación entre cargas y tensiones de los módulos de almacenamiento capacitivos 2 individuales para el procedimiento para el balanceo. Sobre el eje horizontal están indicados, allí, los módulos de almacenamiento capacitivos 2 individuales. Las tensiones U_i de los módulos de almacenamiento capacitivos 2 individuales están indicadas sobre el eje vertical. Allí, están indicadas las tensiones U_i de los módulos de almacenamiento capacitivos 2 individuales, así como la correspondiente tensión de balanceo $U_{eq,i}$. Para el caso, en el que la capacitancia C_i de los módulos de almacenamiento capacitivos 2 es idéntica, la longitud de las flechas indica una medida para la correspondiente carga. Sin embargo, por lo general, la capacitancia C_i de los módulos de almacenamiento capacitivos 2 individuales difiere, de modo que la longitud de las flechas no es una medida para la correspondiente carga de módulo $Q_{eq,i}$. Mientras mayor es la capacitancia C_i de un módulo de almacenamiento capacitivo 2, más carga requiere para modificar la correspondiente tensión del módulo de almacenamiento.

En este ejemplo de ejecución, el balanceo se debe realizar con la tensión de balanceo $U_{eq,i}$ para los módulos de almacenamiento capacitivos 2 individuales. Para explicar el principio, como se puede observar en el diagrama, la tensión de balanceo $U_{eq,i}$ es la misma para todos los módulos de almacenamiento capacitivos 2. En general, la tensión de balanceo $U_{eq,i}$ de los módulos de almacenamiento 2 individuales se puede especificar independientemente entre sí. En el presente estado operativo, los módulos de almacenamiento capacitivos 2 individuales presentan diferentes tensiones U_i . En un primer paso, se deben determinar las cargas $Q_{eq,i}$ que se requieren para llevar los módulos de almacenamiento capacitivos 2 individuales a la tensión $U_{eq,i}$.

A partir de las cargas de módulo $Q_{eq,i}$ individuales se determina la tensión de referencia Q_{ref} . En este ejemplo de ejecución, la determinación de la carga de referencia U_{ref} se realiza a partir del valor máximo de las cargas de módulo $Q_{eq,i}$ individuales. En este ejemplo, la carga del módulo $Q_{eq,3}$ representa la carga de referencia Q_{ref} . La carga de referencia Q_{ref} influye la tensión U_i de los módulos de almacenamiento capacitivos 2 individuales durante la carga/descarga del sistema de acumulación de energía eléctrica 1 a través de la corriente i del circuito en serie. Las tensiones desiguales resultantes deben ser compensadas por las cargas de balanceo $Q_{sym,i}$. En el diagrama se muestra al respecto que el efecto de la carga de referencia Q_{ref} está influenciado por la carga de balanceo $Q_{sym,i}$ de tal manera que la tensión de los módulos de almacenamiento capacitivos 2 individuales adopta la tensión de balanceo $U_{eq,i}$. Este ejemplo de ejecución es particularmente adecuado para un dispositivo de balanceo 4, que puede tomar carga de los módulos de almacenamiento capacitivos 2 individuales con ayuda de una o más resistencias. Al seleccionar la carga de referencia Q_{ref} como el máximo de las cargas de módulo $Q_{eq,i}$ individuales, sólo resultan cargas de balanceo $Q_{sym,i}$ que en la figura 6 están orientadas hacia abajo. Las cargas de balanceo orientadas hacia abajo representan allí las cargas que se deben tomar de los módulos de almacenamiento capacitivo 2. Esto puede suceder fácilmente con la ayuda de una resistencia. El suministro de cargas a un módulo de almacenamiento capacitivo 2 no es necesario en este ejemplo de ejecución. Se puede observar allí que no existe una carga de balanceo $Q_{sym,i}$, que en la figura 6 representa una flecha orientada hacia arriba.

La figura 7 muestra otro ejemplo de ejecución para el procedimiento para el balanceo. En este ejemplo, junto a la carga de balanceo $U_{eq,i}$, está indicada una banda de tolerancia $\Delta Q_{eq,i}$ para la tensión de balanceo. Para evitar repeticiones, en referencia a componentes idénticos del diagrama se remite a las descripciones de la figura 6, así como a los símbolos de referencia introducidos allí. A partir de la especificación de la banda de tolerancia $\Delta Q_{eq,i}$, las cargas de balanceo $Q_{sym,i}$ individuales pueden ser menores. De esta manera se reducen las pérdidas eléctricas

causadas por el flujo de corriente durante el balanceo, en particular por la resistencia. En el caso del segundo módulo de almacenamiento capacitivo 2, el dispositivo de balanceo 4 no necesita ser activado, ya que mediante la carga de referencia Q_{ref} , la tensión del segundo módulo de almacenamiento capacitivo 2 ya se encuentra dentro de la banda de tolerancia ΔQ_{eq_i} para la tensión de balanceo U_{eq_i} . También este ejemplo de ejecución resulta apropiado en particular para el balanceo mediante una o más resistencias.

La figura 8 muestra otro diagrama para el comportamiento eléctrico de los módulos de almacenamiento. Allí, la carga de referencia Q_{ref} resulta como el valor promedio de las cargas de módulo Q_{eq_i} individuales. De ello resultan tanto cargas de balanceo Q_{sym_i} en las cuales se toma carga del módulo de almacenamiento capacitivo 2 como también cargas de balanceo Q_{sym_i} en las cuales se agrega carga al módulo de almacenamiento capacitivo. Las cargas de balanceo Q_{sym_i} que deben ser retiradas se pueden reconocer en el diagrama porque la correspondiente carga de balanceo Q_{sym_i} está representada por una flecha que apunta hacia abajo. Este es el caso de los módulos de almacenamiento capacitivo con el número 1 y el número 2. En el caso de los módulos de almacenamiento capacitivo con el número 3 y el número n, la flecha orientada hacia arriba de la carga de balanceo Q_{sym_i} muestra que a estos correspondientes módulos de almacenamiento capacitivo 2 se debe introducir carga. Para evitar repeticiones, en referencia a componentes idénticos del diagrama se remite nuevamente a las descripciones de las figuras 6 y 7, así como a los símbolos de referencia introducidos allí. El ejemplo de ejecución representado en la figura 8, es particularmente apropiado para una construcción con fuentes de energía eléctrica para el balanceo de los módulos de almacenamiento capacitivos 2 individuales. En este sentido, se ha demostrado como ventajoso, configurar las fuentes de energía eléctrica como fuentes bidireccionales de energía. Esto encuentra fundamento en el hecho de que no sólo se debe quitar carga a los módulos de almacenamiento capacitivos 2 individuales, sino que también se debe agregar carga a los módulos de almacenamiento capacitivos 2 individuales. Para ello es necesaria una correspondiente fuente de energía. Se ha demostrado que es particularmente ventajoso utilizar el procedimiento representado aquí cuando existe la posibilidad de la transferencia de carga de módulos de almacenamiento capacitivos 2 individuales. En esta transferencia de carga, la carga de los módulos de almacenamiento capacitivos 2 individuales que deben ser descargados se suministra a otros módulos de almacenamiento capacitivos 2, a los que se los debe agregar una correspondiente carga de balanceo Q_{sym_i} . En el caso de que la carga a liberar y a tomar de los módulos de almacenamiento capacitivos 2 sea en total de igual magnitud, no es necesario suministrar al dispositivo de balanceo 4 energía eléctrica desde el exterior. La correspondiente alimentación con carga se puede realizar mediante transferencia de carga entre los módulos de almacenamiento capacitivos 2 individuales. Esto da como resultado una pérdida eléctrica nula o al menos sólo leve durante el balanceo.

La figura 9 muestra un ejemplo de ejecución de un módulo de almacenamiento capacitivo y partes de un dispositivo de balanceo 4. El módulo de almacenamiento capacitivo 2 presenta allí un circuito en serie de células acumuladoras 3. En el caso de las células acumuladoras 3 se trata, por ejemplo, de condensadores. La tensión U_i está presente en los terminales del módulo de almacenamiento capacitivo. La corriente i fluye a través del circuito en serie y, por lo tanto, también a través del módulo de almacenamiento capacitivo 2 representado en la figura 9. En el ejemplo de ejecución representado, el módulo de almacenamiento capacitivo 2 está conectado con una resistencia 5 y con un actuador 7 del dispositivo de balanceo 4. El actuador 7 representa aquí un interruptor. Se ha demostrado que resulta ventajoso proporcionar una correspondiente resistencia 5 y un actuador 7 para cada módulo de almacenamiento capacitivo 2. A través del actuador 7, el interruptor, se puede tomar carga del módulo de almacenamiento capacitivo 2 por medio de la resistencia 5. El actuador 7 se controla, allí, por un correspondiente regulador/control, que no se está representado en este ejemplo de ejecución.

La figura 10 muestra otro ejemplo de ejecución de un módulo de almacenamiento y partes de un dispositivo de balanceo 4. Para evitar repeticiones, se remite a la descripción de la figura 9 y a los símbolos de referencia introducidos allí. El dispositivo de balanceo 4 presenta en este ejemplo, una fuente de corriente 6 que al mismo tiempo funciona como actuador 7. Esta fuente de energía eléctrica está conectada eléctricamente con el módulo de almacenamiento capacitivo 2. A diferencia de la disposición con resistencia, en este diseño constructivo, no sólo se puede tomar carga del módulo de almacenamiento capacitivo 2, sino que también se puede agregar carga. Además, la corriente entre el módulo de almacenamiento capacitivo 2 y la fuente de energía eléctrica 6 se puede predeterminedir independientemente de la tensión U_i del módulo de almacenamiento capacitivo 2. Se ha demostrado como ventajoso conectar respectivamente cada módulo de almacenamiento capacitivo 2 con una fuente de energía eléctrica 6. Además, cuando resulta posible un intercambio de carga entre las fuentes de energía eléctrica 6, entonces, se puede realizar un intercambio de las cargas entre módulos de almacenamiento capacitivo 2 individuales. Esto representa una posibilidad de realizar un circuito de transferencia de carga. De esta manera, se pueden reducir las pérdidas eléctricas en el sistema de acumulación de energía eléctrica 1.

La figura 11 muestra una disposición de almacenamiento de energía 12. La misma comprende un sistema de acumulación de energía 1 y un dispositivo de control 10. El sistema de acumulación de energía 1 presenta igualmente un circuito en serie de módulos de almacenamiento capacitivos 2. Dicho circuito en serie presenta, además, otros módulos de almacenamiento 21. Estos módulos de almacenamiento adicionales 21 pueden ser igualmente otros módulos de almacenamiento capacitivos 21 o también baterías, acumuladores de inercia u otros acumuladores de energía eléctrica o química. En principio, cualquier acumulador de energía puede ser utilizado como otro módulo de almacenamiento 21. Los módulos de almacenamiento capacitivos 2 están respectivamente

5 conectados eléctricamente con el dispositivo de balanceo 4. El control del intercambio de carga entre el módulo de almacenamiento capacitivo 2 y el dispositivo de balanceo 4 se controla mediante el dispositivo de control 10. Para
ello, las variables de estado se transmiten desde los módulos de almacenamiento capacitivos 2 a la entrada 11 del dispositivo de control 12. A partir de estas informaciones se determinan comandos de control para al menos un
10 actuador 7 del dispositivo de balanceo 4. El actuador 7 puede tratarse de un interruptor que permita un flujo de corriente a través de una resistencia 7, o de una fuente de energía eléctrica 6. Allí, el dispositivo de control 10 puede
estar dispuesto tanto dentro del sistema de acumulación de energía 1 o, como se muestra, fuera del sistema de acumulación de energía 1. Se ha demostrado que es particularmente ventajoso transmitir la tensión U_i de los
15 módulos de almacenamiento capacitivos como variable de estado a la entrada 11 del dispositivo de control 10. De esta manera, la ejecución del procedimiento descrito para el balanceo resulta fiablemente posible. Además, también
ha demostrado ser apropiado que la corriente i esté disponible para el dispositivo de control 10 a través del circuito en serie de los módulos de almacenamiento 2, 21. Para ello, un correspondiente valor de medición de la corriente i
debe ser suministrado a la entrada 11 del dispositivo de control 10. El mismo se puede utilizar para el monitoreo de la funcionalidad del sistema de acumulación de energía eléctrica o para la determinación de la capacitancia C_i de los
módulos de almacenamiento capacitivos individuales.

Aunque la invención ha sido descrita e ilustrada en detalle a través de ejemplos de ejecución preferidos, dicha invención no está limitada por los ejemplos revelados y, sin abandonar el alcance de la presente invención, el especialista puede derivar de aquí otras variaciones.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para el balanceo de un sistema de acumulación de energía (1); en donde el sistema de acumulación de energía (1) comprende un circuito en serie de módulos de almacenamiento (2, 21); en donde el módulo de almacenamiento capacitivo (2) presenta un condensador, un condensador de doble capa o un condensador de litio; en donde el circuito en serie de módulos de almacenamiento (2, 21) presenta al menos dos módulos de almacenamiento capacitivos (2); en donde los módulos de almacenamiento capacitivos (2) están conectados con un dispositivo de balanceo (4) de tal manera que, mediante un flujo de corriente entre el dispositivo de balanceo (4) y los módulos de almacenamiento capacitivos (2), se puede influenciar, en cada caso, una carga de los módulos de almacenamiento capacitivos (2); en donde los módulos de almacenamiento capacitivos (2) presentan respectivamente una capacitancia (C_i); en donde el procedimiento comprende los siguientes pasos:
- determinación de la capacitancia (C_i) de cada uno de los módulos de almacenamiento capacitivos (2); en donde respectivamente la capacitancia (C_i) de los módulos de almacenamiento capacitivos (2) individuales se determina a partir de la variación de la tensión (U_i) del respectivo módulo de almacenamiento capacitivo (2) y de la corriente (i) a través del circuito en serie de los módulos de almacenamiento capacitivos (2), o se determina a partir de la tensión (U_i) del respectivo módulo de almacenamiento capacitivo (2) a de una corriente a través de una resistencia (5); en donde los módulos de almacenamiento capacitivos (2) individuales están respectivamente enlazados con una resistencia (5);
 - determinación de una carga de módulo (Q_{eq_i}) para cada uno de los módulos de almacenamiento capacitivos (2), al menos, a partir de una tensión (U_i) y de la capacitancia (C_i) del respectivo módulo de almacenamiento capacitivo (2) y de una tensión de balanceo (U_{eq_i}) predeterminable;
 - determinación de una carga de referencia (Q_{ref}), al menos, a partir de las cargas de módulos (Q_{eq_i}) de los módulos de almacenamiento capacitivos (2);
 - determinación de una carga de balanceo (Q_{sym_i}) para cada uno de los módulos de almacenamiento capacitivos (2), al menos, a partir de la carga de referencia (Q_{ref}) y de la carga de módulo (Q_{eq_i}) del respectivo módulo de almacenamiento capacitivo (2); y
 - influencia de la carga de cada uno de los módulos de almacenamiento capacitivos (2) a través del intercambio de las respectivas cargas de balanceo (Q_{sym_i}) entre el respectivo módulo de almacenamiento capacitivo (2) y el dispositivo de balanceo (4).
2. Procedimiento según la reivindicación 1; en donde los módulos de almacenamiento capacitivos (2) individuales se cargan con la misma carga, por el hecho de que a través de los módulos de almacenamiento (2) fluye la misma corriente en la disposición del circuito en serie.
3. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 ó 2, en donde las tensiones de balanceo (U_{eq_i}) de los módulos de almacenamiento capacitivos (2) individuales se puede predeterminar independientemente entre sí.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, en donde la carga de referencia (Q_{ref}) se conforma por el valor máximo de las cargas de módulo (Q_{eq_i}).
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, en donde la carga de referencia (Q_{ref}) se conforma por el promedio de las cargas de módulo (Q_{eq_i}).
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, en donde la determinación de la carga de balanceo (Q_{sym_i}) para los módulos de almacenamiento capacitivos (2) se realiza a partir de la diferencia entre la carga de referencia (Q_{ref}) y la carga de módulo (Q_{eq_i}) del respectivo módulo de almacenamiento capacitivo (2).
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, en donde la carga de balanceo (Q_{sym_i}) para los módulos de almacenamiento capacitivos (2) se determina en función de una banda de tolerancia (ΔU_{eq_i}) predeterminada de la tensión de balanceo (U_{eq_i}).
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7, en donde las cargas entre los módulos de almacenamiento capacitivos (2) se intercambian mediante los dispositivos de balanceo (4).
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 8, en donde la especificación de la tensión de balanceo (U_{eq_i}) de los módulos de almacenamiento capacitivos (2) individuales se realiza en función de un intervalo de mantenimiento predefinible y/o de la capacitancia (C_i) de los respectivos módulos de almacenamiento capacitivos (2).

10. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 9, en donde la determinación de la capacitancia (C_i) se realiza cíclicamente.
- 5 11. Dispositivo de control (10) para la ejecución del procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 10; en donde el dispositivo de control (10) presenta una entrada (11) para la detección de al menos una tensión U_i del número de módulos de almacenamiento (2); en donde el dispositivo de control (10) presenta medios (31) para la determinación de la capacitancia (C_i) del respectivo módulo de almacenamiento capacitivo (2), y en donde el dispositivo de control está enlazado con un actuador (7), con el cual se puede controlar un intercambio de carga entre el módulo de almacenamiento (2) y el dispositivo de balanceo (4).
12. Disposición de almacenamiento de energía (12) que presenta:
- 10 - un circuito en serie de módulos de almacenamiento (2, 21); en donde el circuito en serie de módulos de almacenamiento (2, 21) presenta al menos dos módulos de almacenamiento capacitivos (2, 21); en donde el módulo de almacenamiento capacitivo (2) presenta un condensador, un condensador de doble capa o un condensador de litio; en donde los módulos de almacenamiento capacitivos (2) están respectivamente
- 15 conectados con un dispositivo de balanceo (4) de tal manera que, mediante un flujo de corriente entre el dispositivo de balanceo (4) y el respectivo módulo de almacenamiento capacitivo (2), se puede influenciar una carga (Q_i) de los módulos de almacenamiento capacitivos (2);
- un dispositivo de control (10) según la reivindicación 11.
13. Disposición de almacenamiento de energía (12) según la reivindicación 12, en donde los dos extremos del circuito en serie están realizados como conexiones del sistema de acumulación de energía (1).
- 20 14. Disposición de almacenamiento de energía (12) según la reivindicación 12 ó 13, en donde el dispositivo de balanceo (4) presenta una resistencia (5).
15. Disposición de almacenamiento de energía (12) según una de las reivindicaciones 12 a 14, en donde el dispositivo de balanceo (4) presenta una fuente de energía eléctrica (6).
- 25 16. Disposición de almacenamiento de energía (12) según una de las reivindicaciones 12 a 15, en donde el circuito en serie de módulos de almacenamiento (2, 21) comprende al menos otro módulo de almacenamiento (21).
17. Disposición de almacenamiento de energía (12) según una de las reivindicaciones 12 a 16, en donde al menos un módulo de almacenamiento capacitivo (2) presenta un circuito en serie y/o un circuito en paralelo de células acumuladoras (3).
- 30 18. Disposición de almacenamiento de energía (12) según una de las reivindicaciones 12 a 17, en donde la disposición de almacenamiento de energía (12) presenta al menos una unidad constructiva; en donde la unidad constructiva presenta al menos un módulo de almacenamiento capacitivo (2) y al menos partes del dispositivo de balanceo (4).
19. Vehículo, particularmente un autobús o un vehículo ferroviario, con una disposición de almacenamiento de energía (12) según una de las reivindicaciones 12 a 18.

FIG 1

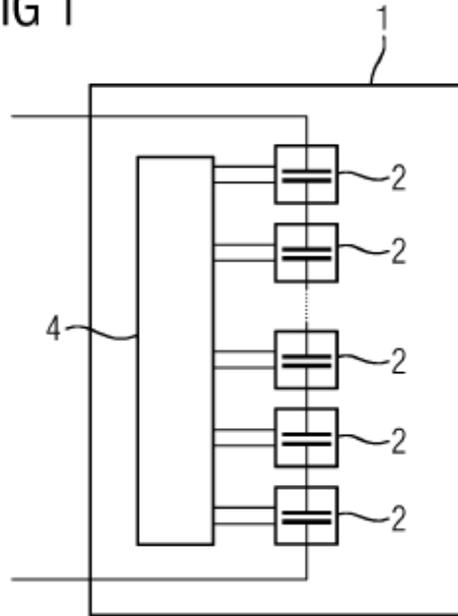


FIG 2

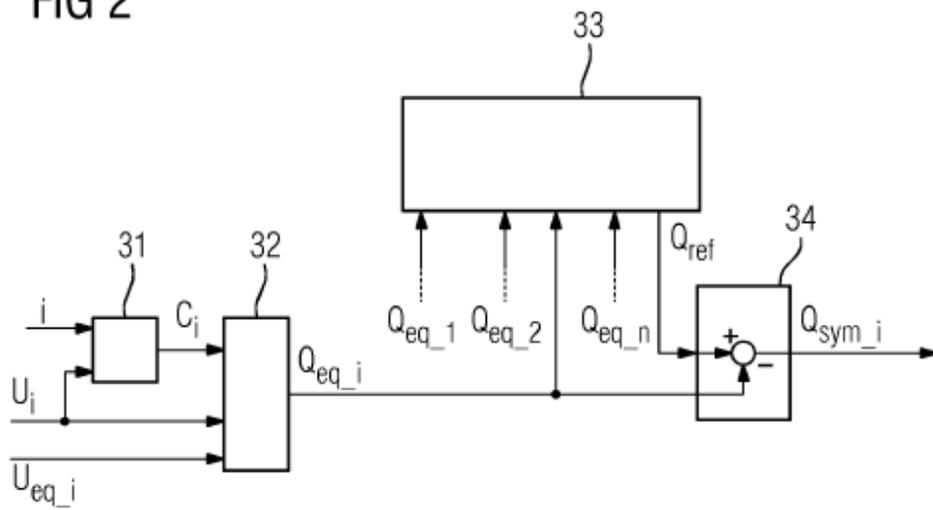


FIG 3

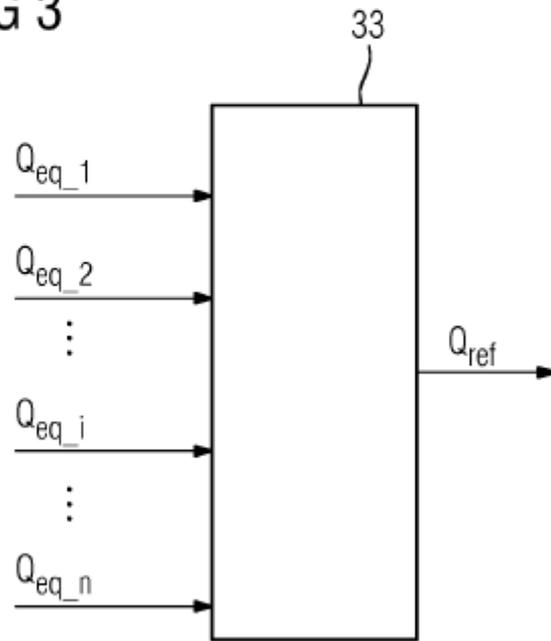


FIG 4

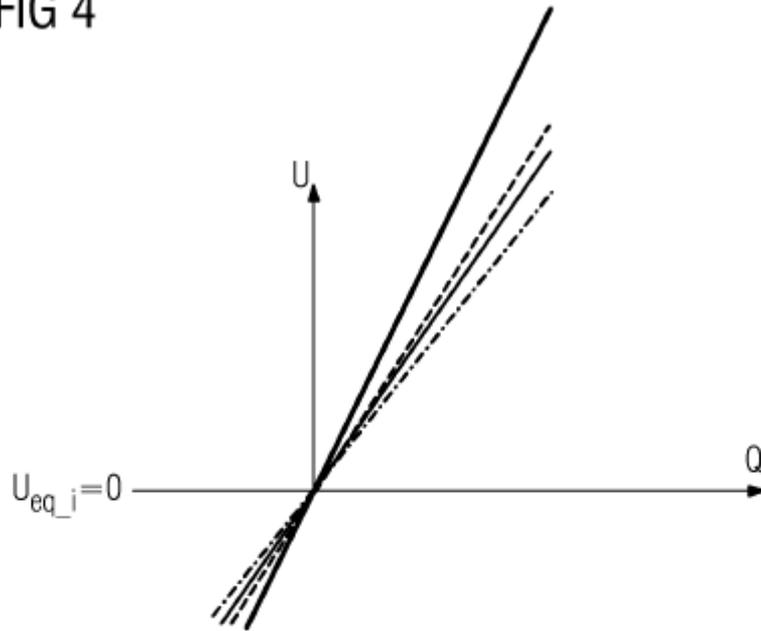


FIG 5

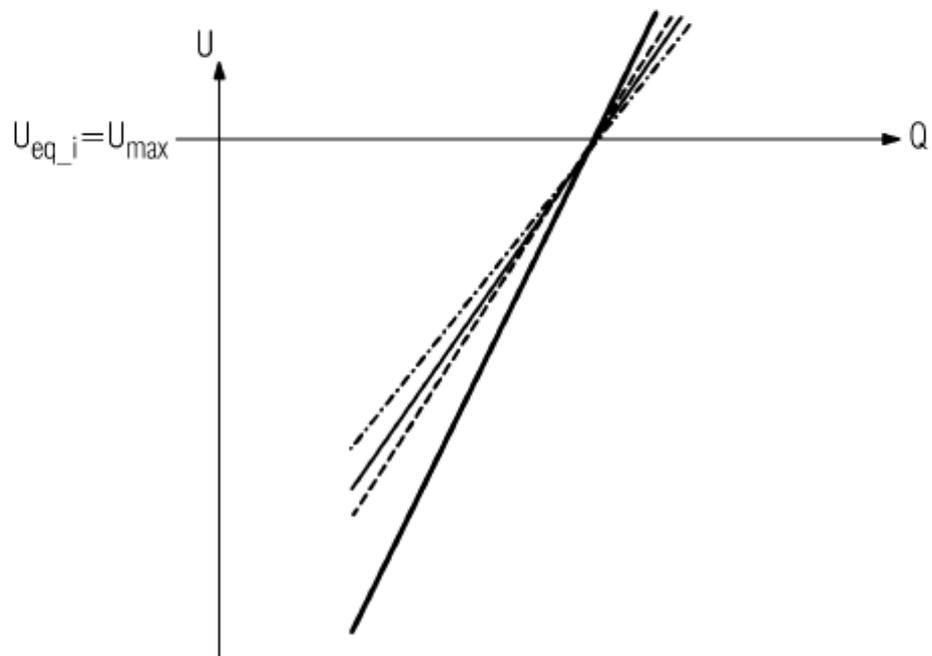


FIG 6

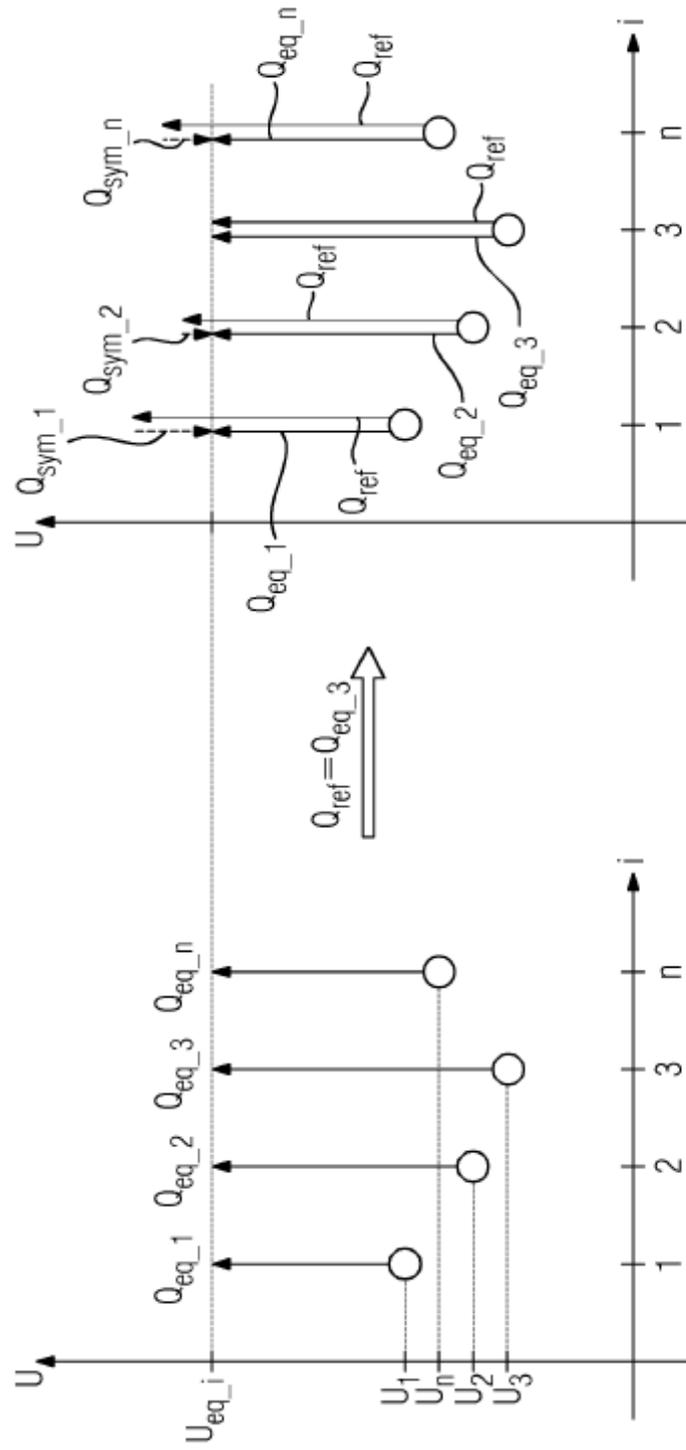


FIG 7

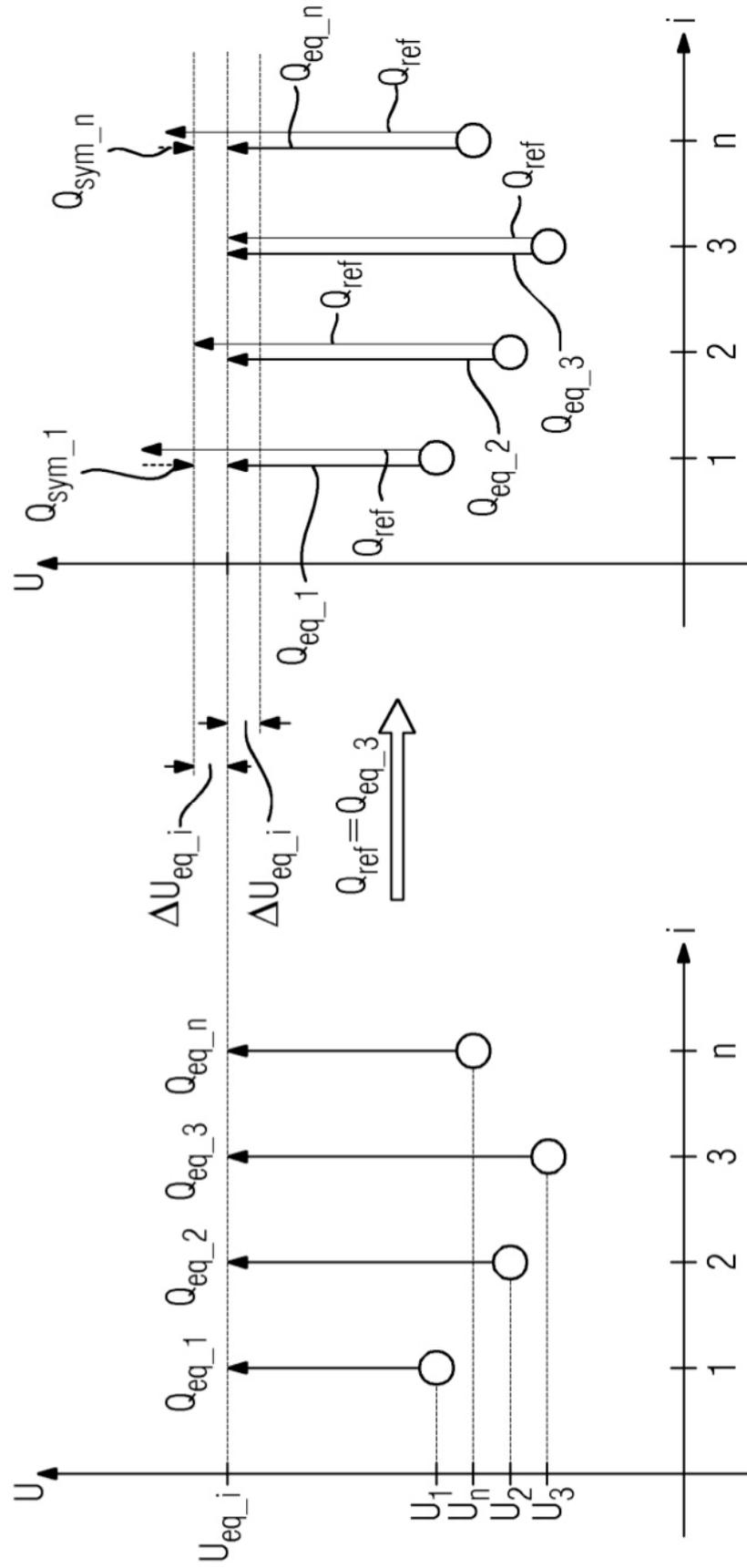


FIG 8

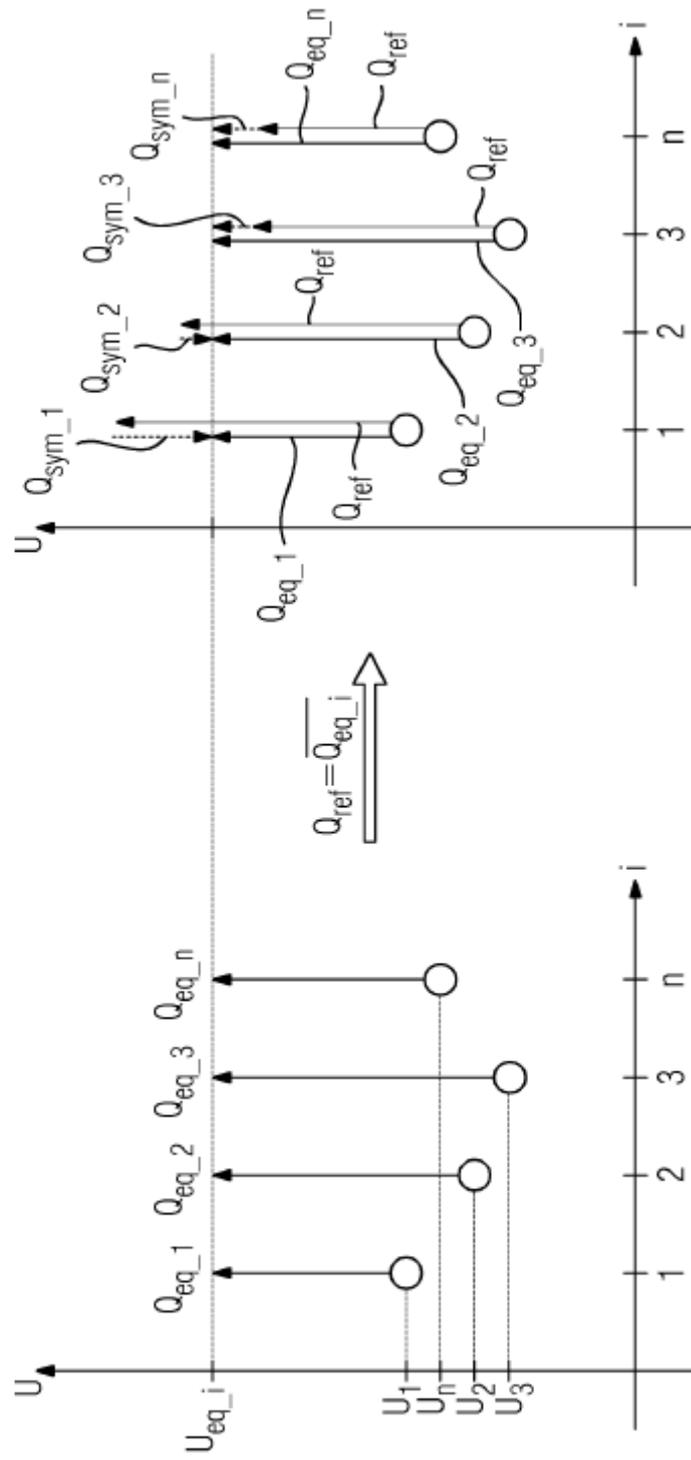


FIG 9

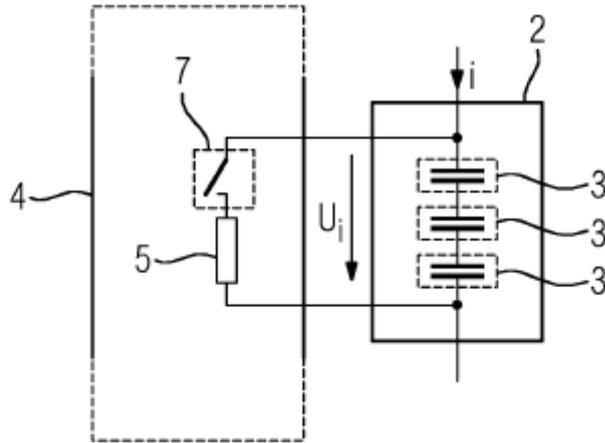


FIG 10

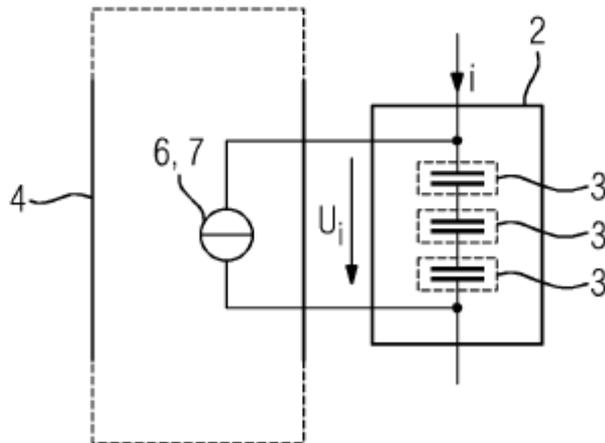


FIG 11

