

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 732 158**

51 Int. Cl.:

H02J 7/34 (2006.01)

H02J 7/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.12.2014 PCT/EP2014/003331**

87 Fecha y número de publicación internacional: **25.06.2015 WO15090544**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.12.2014 E 14818872 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.03.2019 EP 3084918**

54 Título: **Dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica con circuito equilibrador**

30 Prioridad:

18.12.2013 DE 102013021535

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

20.11.2019

73 Titular/es:

**LIEBHERR-COMPONENTS BIBERACH GMBH
(100.0%)
Hans-Liebherr-Strasse 45
88400 Biberach an der Riß, DE**

72 Inventor/es:

**SCHUSTER, WOLFGANG y
WELSER, SVEN**

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 732 158 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

Dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica con circuito equilibrador

5 La presente invención se refiere a un dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica con una pluralidad de celdas de almacenamiento eléctrico conectadas en serie y un circuito equilibrador inductivo para el equilibrado de las tensiones de celda de almacenamiento, presentando el circuito equilibrador un transformador de equilibrado con devanados con separación de potencial para las celdas de almacenamiento, así como un conmutador eléctrico para cada celda de almacenamiento.

10 Para poder hacer funcionar de manera eficiente máquinas eléctricas que presentan consumos de potencia variables y cíclicos, es necesario proporcionar acumuladores de energía que almacenen elevadas cantidades de energía y puedan alojarlas y emitir las en un breve plazo. Tales requisitos se presentan, por ejemplo, en máquinas de trabajo autopropulsadas que comprenden accionamientos de marcha eléctricos, por ejemplo, máquinas de construcción
15 móviles, pero también instalaciones estacionarias que, debido al consumo de potencia muy variable, hasta ahora no pueden conectarse a la red eléctrica de suministro y requieren un generador propio. De manera general, tales acumuladores de energía, sin embargo, son útiles también para máquinas conectadas a la red con accionamientos eléctricos cuando estos presentan un consumo de potencia muy variable y cíclico.

20 Elementos de almacenamiento de energía eléctrica como condensadores que posibilitan una carga y descarga rápida, disponen, sin embargo, por lo común de un contenido de energía limitado que no es suficiente para aplicaciones para las que deban almacenarse grandes cantidades de energía. Por ello, suele ser necesario conectar tales elementos de almacenamiento de energía con módulos de almacenamiento. Para poder alcanzar en este sentido elevados valores de tensión, en el caso de tensiones nominales bajas de los elementos individuales deben
25 conectarse en serie múltiples elementos de almacenamiento de energía.

En particular al cargar elementos de almacenamiento de energía eléctrica conectados en serie, sin embargo, debe garantizarse que ni uno solo de los elementos de almacenamiento de energía sea sobrecargado con tensión. Tanto en acumuladores como en condensadores existe el peligro de una sobrecarga de un elemento individual si este, al
30 cargarse, ya está cargado con la tensión nominal, pero otros elementos, sin embargo, están claramente lejos de su tensión nominal y, por ello, siguen cargándose.

Particularmente potentes en sí, pero también provistos de una tensión nominal bastante baja, son los condensadores de doble capa que no contienen ningún dieléctrico eléctricamente aislante, sino que presentan entre
35 sus dos electrodos por lo común un electrólito. El almacenamiento de la energía eléctrica se efectúa en este caso mediante desplazamiento de carga a las superficies límite, por medio de lo cual se obtienen grandes valores de capacidad, pero simultáneamente la tensión admisible queda limitada a pocos voltios. Si un acumulador de energía se compone de varios de tales condensadores que están conectados en serie, ninguno de los condensadores individuales puede sobrepasar su máximo de tensión admisible, ya que, en caso contrario, se producirían cambios
40 irreversibles del electrólito.

Para explotar al máximo posible el contenido de energía admisible de los elementos de almacenamiento, pero, por otro lado, evitar una sobrecarga o sobretensiones, se pueden emplear circuitos de equilibrado. Si se equilibran las
45 tensiones de celda de almacenamiento de un bloque de almacenamiento, las celdas de almacenamiento envejecen del mismo modo y el bloque obtiene de esta manera su vida útil más larga. En el caso de celdas de almacenamiento de condensadores de doble capa totalmente cargadas, una tensión adicional de solo 0,1 V puede reducir a la mitad la vida útil.

Para tales circuitos de equilibrado hay diferentes planteamientos. En primer lugar, se diferencia entre soluciones pasivas y soluciones activas. Mientras que, en soluciones pasivas, en caso de elevada tensión de celda se
50 transforma energía en calor y la tensión de celda, por tanto, baja, las soluciones activas pueden producir una compensación de carga entre las celdas con tensión baja y las celdas con tensión alta.

Hay soluciones activas de este tipo con componentes de circuito capacitivos o inductivos. En procedimientos capacitivos, se conecta generalmente un condensador por medio de la celda con alta tensión, instalándose este
55 condensador por medio de la celda la tensión más baja. En el caso de las soluciones inductivas, se produce un equilibrado por medio de muchos transformadores individuales o un transformador común con muchos devanados.

Se conocen distintos circuitos de equilibrado previos para celdas de almacenamiento conectadas en serie, por ejemplo, por los documentos DE 100 39 407 A1, DE 10 2005 034 588 A1, DE 10 2009 041 005 A1 o DE 10 2008
60 048 382 A1.

En el caso de los mencionados circuitos de equilibrado inductivos activos, que producen con componentes inductivos una compensación de carga entre las celdas con tensión baja y las celdas con tensión alta, las soluciones
65 conocidas hasta el momento son mejorables desde diferentes puntos de vista. Si, debido al elevado precio de muchos transformadores individuales, se utiliza solo un transformador de equilibrado común para las celdas de

- almacenamiento conectadas en serie, generalmente, además de los muchos devanados individuales, se prevé en cada caso por cada celda de almacenamiento otro devanado común que esté conectado con la tensión de salida del bloque de almacenamiento.
- 5 A este respecto, de la tensión total del bloque de almacenamiento se extrae energía y se monta una fuente conmutada, por ejemplo, en forma de un "flyback" que guarde la energía almacenada por medio de diodos en cada celda individual. Los diodos pueden hacer que la celda con la tensión más baja reciba más de esta energía, de tal modo que se produzca así una compensación. Por otro lado, también se puede montar a partir de la energía de las celdas de almacenamiento una fuente conmutada, el almacenaje inductivo puede alimentarse centralmente a una barra colectora. En este caso, la celda de almacenamiento con la mayor tensión es la que más contribuye al flujo de corriente, de tal modo que su tensión baja. A este respecto, el transformador también debe presentar, además de los devanados individuales, otro devanado que posea un índice que se calcule a partir del índice del devanado individual por el número de las celdas de almacenamiento.
- 10
- 15 En ambos casos, el transformador de equilibrado común requiere, además de los devanados n para las n celdas de almacenamiento, un devanado adicional con un índice elevado que debe calcularse para un determinado número de celdas en cada caso y se modifica cuando se utiliza otro número de celdas.
- 20 Por el documento US 2012/212056 A1, se conoce una conexión de puente en la que están previstas varias celdas de almacenamiento conectadas en serie y un circuito equilibrador inductivo para el equilibrado de las tensiones de celda de almacenamiento. Además, el documento WO 2006/084797 muestra una fuente conmutada cuya unidad de potencia se desconecta en el funcionamiento en "stand-by", transmitiéndose la energía auxiliar requerida secundariamente de manera exclusiva por medio de devanados auxiliares de un transformador.
- 25 En los mencionados procedimientos, que transportan energía de las celdas de almacenamiento por medio de un transformador común a otras celdas o una barra colectora, generalmente el flujo de corriente de compensación no está limitado. Sin embargo, esto hace que la corriente pueda adoptar un valor elevado, no definido, que depende de la diferencia de tensión entre las celdas individuales. Correspondientemente, el conmutador electrónico para las celdas individuales, en particular el correspondiente transistor, debe estar dimensionado de gran tamaño, ya que la corriente máxima no está fijada. Además, también los cables del circuito equilibrador a las conexiones del bloque de almacenamiento requieren una mayor sección transversal. Los sistemas de conexión son caros.
- 30
- 35 Partiendo de ello, la presente invención se basa en el objetivo de crear un dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica mejorado del tipo mencionado al principio que evite desventajas del estado de la técnica y perfeccione este último de manera ventajosa. En particular, debe crearse un circuito equilibrador eficiente, de estructura sencilla e inductivo cuyo transformador de equilibrado posea una estructura sencilla y económica y cuyos conmutadores puedan controlarse de manera sencilla y solo estén expuestos a pequeñas cantidades de energía.
- 40 De acuerdo con la invención, el objetivo mencionado se resuelve mediante un dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica de acuerdo con la reivindicación 1. Diseños preferentes de la invención son objeto de las reivindicaciones dependientes.
- 45 De acuerdo con la invención, por tanto, está previsto que los devanados del transformador de equilibrado estén conectados por medio en cada caso de al menos una inductancia y un conmutador conectado con la mencionada inductancia con un polo de la respectiva celda de almacenamiento, estando unido cada uno de los conmutadores asociado a la correspondiente celda de almacenamiento por medio de un diodo con un polo de una celda de almacenamiento previa o posterior en cada caso. Por medio de los mencionados diodos, se pueden limitar corrientes de compensación y los conmutadores pueden funcionar con corrientes o tensiones limitadas.
- 50 A este respecto, en particular en un perfeccionamiento de la invención, los componentes de circuito asociados a una correspondiente celda de almacenamiento, incluidos un conmutador eléctrico, el devanado con separación de potencial del transformador de equilibrado, una inductancia y un diodo, pueden estar unidos entre sí de tal modo que una primera conexión del devanado mencionado esté conectada con el polo positivo de la correspondiente celda de almacenamiento, una segunda conexión del devanado mencionado esté conectada con una primera conexión de la inductancia, la segunda conexión de la inductancia esté conectada con una primera conexión del conmutador mencionado, la segunda conexión del conmutador esté conectada con el polo negativo de la correspondiente celda de almacenamiento, el ánodo del mencionado diodo esté conectado con la primera conexión del conmutador y el cátodo del diodo esté conectado con el polo positivo de la celda de almacenamiento que sigue a continuación en dirección positiva en la conexión en serie. El diodo conectado con una primera celda de almacenamiento puede estar conectado, por tanto, con el polo positivo de la segunda celda de almacenamiento que sigue en dirección positiva como siguiente a la primera celda de almacenamiento. En principio, también podría considerarse saltar en la unión del diodo una o varias celdas de almacenamiento, es decir, conectar el diodo unido con el conmutador de la primera celda de almacenamiento con el polo positivo de la tercera o cuarta celda de almacenamiento. La unión previamente mencionada con la celda de almacenamiento inmediatamente próxima en dirección positiva permite, sin embargo, una conexión más sencilla y una compensación de tensión más uniforme.
- 55
- 60
- 65

De acuerdo con otro perfeccionamiento de la invención, se puede invertir el orden en la conexión en serie de devanado de transformador e inductancia, en particular de tal modo que la inductancia esté conectada con la primera conexión en cada caso con el polo positivo de la correspondiente celda de almacenamiento y la segunda conexión del devanado de transformador esté conectada con la primera conexión del conmutador.

5 En la celda de almacenamiento superior que está conectada con el polo positivo del bloque de almacenamiento y, de manera concreta, en particular directamente sin conexión intermedia de otras celdas de almacenamiento, la inductancia puede estar realizada como bobina de almacenamiento, pudiendo comprender la mencionada bobina de almacenamiento dos devanados iguales. De manera ventajosa, a este respecto un primer devanado de esta bobina
10 de almacenamiento puede estar conectado correspondientemente a las inductancias en las otras celdas de almacenamiento, mientras que el segundo devanado de la mencionada bobina de almacenamiento conduce ventajosamente en serie con otro diodo en cada caso a la conexión positiva y a la conexión negativa de la celda de almacenamiento inferior que hace contacto en la conexión negativa del bloque de almacenamiento. De manera ventajosa, a este respecto el cátodo de este otro diodo puede apuntar al polo positivo de la celda de
15 almacenamiento inferior.

De manera ventajosa, el circuito equilibrador se basta con solo un transformador de equilibrado que está asociado a todas las celdas de almacenamiento conjuntamente, pudiendo presentar el mencionado transformador solo devanados con el mismo número de espiras, pudiendo estar realizado el devanado ventajosamente con un cable plano habitual en el mercado. Para una disposición de n celdas de almacenamiento -por ejemplo, 24- se prevén n devanados separados -por ejemplo, en este caso 24-, lo que se puede realizar con un correspondiente cable plano de n polos -por ejemplo, 24- de manera fácil y económica.

En un perfeccionamiento de la invención, el transformador de equilibrado puede estar formado a partir de un núcleo de transformador alrededor del cual se enrollen espiras de un cable plano. De manera ventajosa, cada conductor del cable plano puede formar un devanado separado galvánicamente o con separación potencial sobre el transformador de equilibrado.

De manera ventajosa, un cable plano de este tipo del transformador de equilibrado puede estar guiado y conectado o contactado con conectores de cable plano convencionales sobre un circuito impreso en el que estén previstos otros componentes del circuito equilibrador.

De manera ventajosa, el mencionado transformador de equilibrado puede poseer varios de tales devanados con cables planos.

El núcleo del transformador de equilibrado, en un perfeccionamiento de la invención puede estar compuesto al menos parcialmente de un material ferrítico de alta permeabilidad. En un perfeccionamiento de la invención, el núcleo del transformador de equilibrado puede estar compuesto al menos parcialmente de materiales nanocristalinos y/o amorfos ferríticos.

Con respecto a los conmutadores asociados a las celdas de almacenamiento, en una configuración ventajosa de la invención puede estar previsto que, por cada celda de almacenamiento, solo esté previsto un conmutador.

Los conmutadores eléctricos pueden estar configurados a este respecto básicamente diferentes. En un perfeccionamiento de la invención, al menos uno de los conmutadores eléctricos está realizado como transistor, pudiendo estar realizados en un perfeccionamiento de la invención todos los conmutadores eléctricos como transistores.

En un perfeccionamiento de la invención, al menos uno, en particular también cada conmutador eléctrico puede estar configurado como transistor MOSFET o IGBT.

Otra configuración ventajosa de la invención puede consistir en que al menos uno, en particular cada uno de los conmutadores eléctricos, esté realizado como transistor bipolar NPN con un diodo en antiparalelo.

55 En un perfeccionamiento de la invención, para varios, preferentemente para todos los conmutadores eléctricos que están asociados a las celdas de almacenamiento, puede estar previsto un control unitario que puede estar realizado en particular en forma de un único circuito de control.

De acuerdo con la invención, las conexiones de control de todos los conmutadores eléctricos pueden solicitarse con una señal de igual forma de tal modo que todos los conmutadores conecten simultáneamente y/o desconecten simultáneamente de manera sincrónica.

De manera ventajosa, para el control de todas las conexiones de control puede utilizarse solo un circuito generador de impulsos.

65 El control de los conmutadores eléctricos puede estar separado potencial o galvánicamente por medio de un

transformador de rejilla y/o por medio de optoacopladores del bloque de almacenamiento.

En el lado de los elementos de almacenamiento, se puede prescindir de comparadores, amplificadores operacionales y otros componentes de circuito de control.

5 La invención se describe a continuación con más detalle con ayuda de un ejemplo de realización y un correspondiente dibujo. En el dibujo muestra:

10 la figura 1: una representación esquemática de un sistema de almacenamiento de energía eléctrica con varias celdas de almacenamiento conectadas en serie en forma de condensadores, así como un circuito equilibrador inductivo para el equilibrado de las tensiones de celda de almacenamiento según una realización ventajosa de la invención.

15 Como muestra la figura 1, un acumulador de energía 1 o un módulo de almacenamiento de energía puede comprender varias celdas de almacenamiento C1, C2 y C3 que están conectadas en serie y están conectadas con un polo negativo conjunto y un polo positivo conjunto del almacenamiento de energía 1. La celda de almacenamiento C1 está unida directamente con el polo negativo, mientras que la celda de almacenamiento C3 se sitúa más cerca del polo positivo del almacenamiento de energía 1.

20 Aunque la figura 1 solo muestra tres celdas de almacenamiento C1, C2 y C3, se entiende que el acumulador de energía 1 puede comprender un número discrecional, en particular una pluralidad de tales celdas de almacenamiento C1 ... Cn que están conectadas en serie.

25 Como muestra la figura 1, a las celdas de almacenamiento C1, C2 y C3 conectadas en serie está asociado un circuito equilibrador 2 que comprende un transformador de equilibrado 3 común para todas las celdas de almacenamiento que comprende un número de devanados Tr1, Tr2 y Tr3 separados galvánicamente correspondientemente al número de celdas de almacenamiento -en el ejemplo de realización según la figura 1, tres. Los devanados Tr1 ... Tr3 mencionados pueden estar configurados a este respecto en forma de un cable plano que está enrollado en torno a un núcleo de transformador 4. Los conductores del mencionado cable plano forman los devanados separados que están asociados a las celdas de almacenamiento.

30 Como muestra la figura 1, cada uno de los devanados Tr1, Tr2 y Tr3 puede estar conectado en cada caso con una primera conexión con el polo positivo de la celda de almacenamiento C1, C2 y C3 asociada en cada caso, mientras que la en cada caso segunda conexión del mencionado devanado de transformador Tr1, Tr2 o Tr3 está conectada con una primera conexión de una inductancia L1, L2 y L3 que también en cada caso están asociadas a una de las celdas de almacenamiento C1, C2 y C3 mencionadas. Las inductancias L1, L2 y L3 mencionadas, como muestra la figura 1, pueden estar conectadas a este respecto en cada caso con su primera conexión con uno de los mencionados devanados Tr1, Tr2 y Tr3, mientras que la segunda conexión de la correspondiente inductancia L1, L2 y L3 está conectada con la primera conexión de un conmutador eléctrico T 1, T2 o T3, estando asociado en cada caso un conmutador T1, T2 y T3 de este tipo a la correspondiente celda de almacenamiento C1, C2 o C3. En particular, la segunda conexión de cada conmutador T1, T2 y T3 puede estar conectada con el polo negativo de la celda de almacenamiento C1, C2 o C3 asociada en cada caso, véase figura 1.

35 En la conexión en serie de devanado Tr1, Tr2 y Tr3 y de la inductancia L1, L2 y L3, el orden puede estar invertido a este respecto de tal modo que la inductancia L1, L2 y L3 en cada caso con la primera conexión esté conectada con el polo positivo de la correspondiente celda de almacenamiento C1, C2 y C3, mientras que la segunda conexión del devanado Tr1, Tr2 y Tr3 esté conectada con la primera conexión del conmutador T 1, T2 y T3.

40 Como muestra la figura 1, puede estar previsto un control unitario para los mencionados conmutadores T1, T2 y T3, pudiendo estar previsto en particular un circuito generador de impulsos 5 común para todos los conmutadores T1, T2 y T3 que solicite todos los conmutadores eléctricos T1, T2 y T3 con una señal de igual forma, de tal modo que todos los conmutadores T 1, T2 y T3 conecten simultáneamente y también desconecten simultáneamente de manera sincrónica.

45 En el caso de la celda de almacenamiento superior C3 que está conectada con el polo positivo del bloque de almacenamiento 1, la inductancia L3 puede estar realizada como bobina de almacenamiento con dos devanados preferentemente iguales, pudiendo estar conectado el primer devanado de esta bobina de almacenamiento de tal modo que las otras inductancias L1 y L2 estén conectadas en las otras celdas de almacenamiento C1 y C2; la primera conexión de la inductancia, con el devanado; y la segunda conexión de la inductancia, con el conmutador T3 (o de la manera inversa mencionada anteriormente). El segundo devanado de la mencionada bobina de almacenamiento L3 puede conducir en serie con otro diodo D3 en cada caso hacia la conexión positiva y la conexión negativa de la celda de almacenamiento inferior C1 que hace contacto en la conexión negativa del almacenamiento de energía 1, apuntando el cátodo de este otro diodo D3 hacia el polo positivo de la celda de almacenamiento inferior.

50 Como muestra la figura 1, el circuito equilibrador 2 puede comprender diodos D1, D2 que estén previstos en cada

caso para una celda de almacenamiento C1 y C2 asociada, estando conectado el ánodo del correspondiente diodo D1, D2 ventajosamente con la primera conexión del conmutador T1, T2 previamente mencionado de la correspondiente celda de almacenamiento C1, C2, mientras que el cátodo del diodo D1, D2 puede estar conectado con el polo positivo de la correspondiente celda de almacenamiento C1, C2 que sigue a continuación en la conexión en serie en dirección positiva, véase la figura 1.

5

REIVINDICACIONES

- 5 1. Dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica con una pluralidad de celdas de almacenamiento eléctrico (C1, C2, C3) conectadas en serie y un circuito equilibrador inductivo (2) para el equilibrado de las tensiones de celda de almacenamiento, presentando el circuito equilibrador (2) un transformador de equilibrado (3) con devanados (Tr1, Tr2, Tr3) con separación de potencial para las celdas de almacenamiento (C1, C2, C3), así como los conmutadores eléctricos (T1, T2, T3) para cada celda de almacenamiento (C1, C2, C3), estando conectados los devanados (Tr1, Tr2, Tr3) con separación de potencial del transformador de equilibrado (3) por medio en cada caso de al menos una inductancia (L1, L2, L3) y un conmutador (T1, T2, T3) conectado con la mencionada inductancia (L1, L2, L3) con un polo de la respectiva celda de almacenamiento (C1, C2, C3), estando unido cada uno de los conmutadores (T1, T2, T3) asociados a la respectiva celda de almacenamiento (C1, C2, C3) por medio de un diodo (D1, D2, D3) con un polo de una celda de almacenamiento (C1, C2, C3) previa o posterior en cada caso, caracterizado por que las conexiones de control de todos los conmutadores eléctricos (T1, T2, T3) son solicitadas con una señal de control de igual forma, de tal modo que todos los conmutadores (T1, T2, T3) conectan simultáneamente y/o desconectan simultáneamente de manera sincrónica.
- 20 2. Dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica según la reivindicación 1, estando unidos entre sí los componentes de circuito equilibrador asociados a la correspondiente celda de almacenamiento (C1, C2, C3), incluidos un conmutador eléctrico (T1, T2, T3), un devanado (Tr1, Tr2, Tr3) con separación de potencial del transformador de equilibrado (3), una inductancia (L1, L2 y L3) y un diodo (D1, D2, D3), de tal modo que una primera conexión del devanado con separación de potencial está conectada con el polo positivo de la celda de almacenamiento, una segunda conexión del devanado con separación de potencial está conectada con una primera conexión de la inductancia, la segunda conexión de la inductancia está conectada con una primera conexión del conmutador, una segunda conexión del conmutador está conectada con el polo negativo de la celda de almacenamiento, el ánodo del diodo está conectado con la mencionada primera conexión del conmutador y el cátodo del diodo está conectado con el polo positivo de la celda de almacenamiento que sigue a continuación en dirección positiva en la conexión en serie de las celdas de almacenamiento.
- 35 3. Dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica según la reivindicación 2, estando invertido el orden en la conexión en serie de devanado con separación de potencial e inductancia de tal modo que la inductancia está conectada con la primera conexión con el polo positivo de la celda de almacenamiento y la segunda conexión del devanado con separación de potencial con la primera conexión del conmutador.
- 40 4. Dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica según una de las reivindicaciones precedentes, estando configurada en una celda de almacenamiento superior (C3) que está conectada con el polo positivo del almacenamiento de energía (1), la inductancia (L3) como bobina de almacenamiento con dos devanados preferentemente iguales, estando dispuesto el primer devanado de la mencionada bobina de almacenamiento entre el devanado con separación de potencial (Tr3) del transformador de equilibrado (3) y el conmutador eléctrico (T3) que están asociados a la celda de almacenamiento superior (C3) y estando conectado con una conexión con el devanado con separación de potencial y con la otra conexión con el mencionado conmutador, mientras que el segundo devanado de la mencionada bobina de almacenamiento (L3) conduce en serie con un diodo (D3) en cada caso a una conexión positiva y una conexión negativa de la celda de almacenamiento (C1) que está conectada en la conexión negativa del bloque de almacenamiento (1), apuntando el cátodo de este diodo (D3) hacia el polo positivo de la celda de almacenamiento (C1) conectada en el polo negativo.
- 50 5. Dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica según una de las reivindicaciones precedentes, estando configurados los conmutadores eléctricos (T 1, T2, T3) como transistores.
- 55 6. Dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica según una de las reivindicaciones precedentes, estando configurados los conmutadores eléctricos (T 1, T2, T3) como transistores MOSFET o IGBT.
7. Dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica según una de las reivindicaciones precedentes, estando realizados los conmutadores eléctricos (T 1, T2, T3) como transistores NPN bipolares con un diodo en antiparalelo.
- 60 8. Dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica según una de las reivindicaciones precedentes, estando previsto para todos los conmutadores eléctricos (T1, T2, T3) un control unitario mediante un único circuito de control en forma de un circuito generador de impulsos (5) para el control de todos los conmutadores eléctricos (T1, T2, T3).
- 65 9. Dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica según una de las reivindicaciones precedentes, estando separado el control de los conmutadores eléctricos (T1, T2, T3) galvánicamente por medio de un

transformador de rejilla y/o mediante circuitos optoacopladores de las celdas de almacenamiento (C1, C2, C3).

- 5 10. Dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica según una de las reivindicaciones precedentes, comprendiendo el transformador de equilibrado (3) un núcleo de transformador (4) en torno al que están enrollados los devanados de un cable plano cuyos conductores forman devanados independientes (Tr1, Tr2, Tr3) en el transformador de equilibrado (3), estando unido y contactado el cable plano con conectores de cable plano sobre un circuito impreso que presenta más componentes de equilibrado del circuito equilibrador (2), presentando el transformador de equilibrado (3) varios devanados con cables planos.
- 10 11. Dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica según una de las reivindicaciones precedentes, estando compuesto el núcleo de transformador (4) del transformador de equilibrado (3) al menos parcialmente de un material ferrítico de alta permeabilidad y/o al menos parcialmente de materiales nanocristalinos y/o amorfos ferríticos.
- 15 12. Dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica según una de las reivindicaciones precedentes, estando asociado a cada celda de almacenamiento (C1, C2, C3) solo un conmutador eléctrico (T1, T2, T3) y estando configurado el control del circuito equilibrador por el lado de las celdas de almacenamiento (C1, C2, C3) libre de comparadores y amplificadores operacionales.
- 20 13. Dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica según una de las reivindicaciones precedentes, comprendiendo el circuito equilibrador (2) solo el mencionado un transformador de equilibrado (3) que está asociado conjuntamente a todas las celdas de almacenamiento (C1, C2, C3).
- 25 14. Dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica según una de las reivindicaciones precedentes, estando asociada a cada celda de almacenamiento (C1, C2, C3) solo una inductancia (L1, L2, L3) y/o estando previsto para cada celda de almacenamiento (C1, C2, C3) en cada caso solo un diodo (D1, D2, D3).

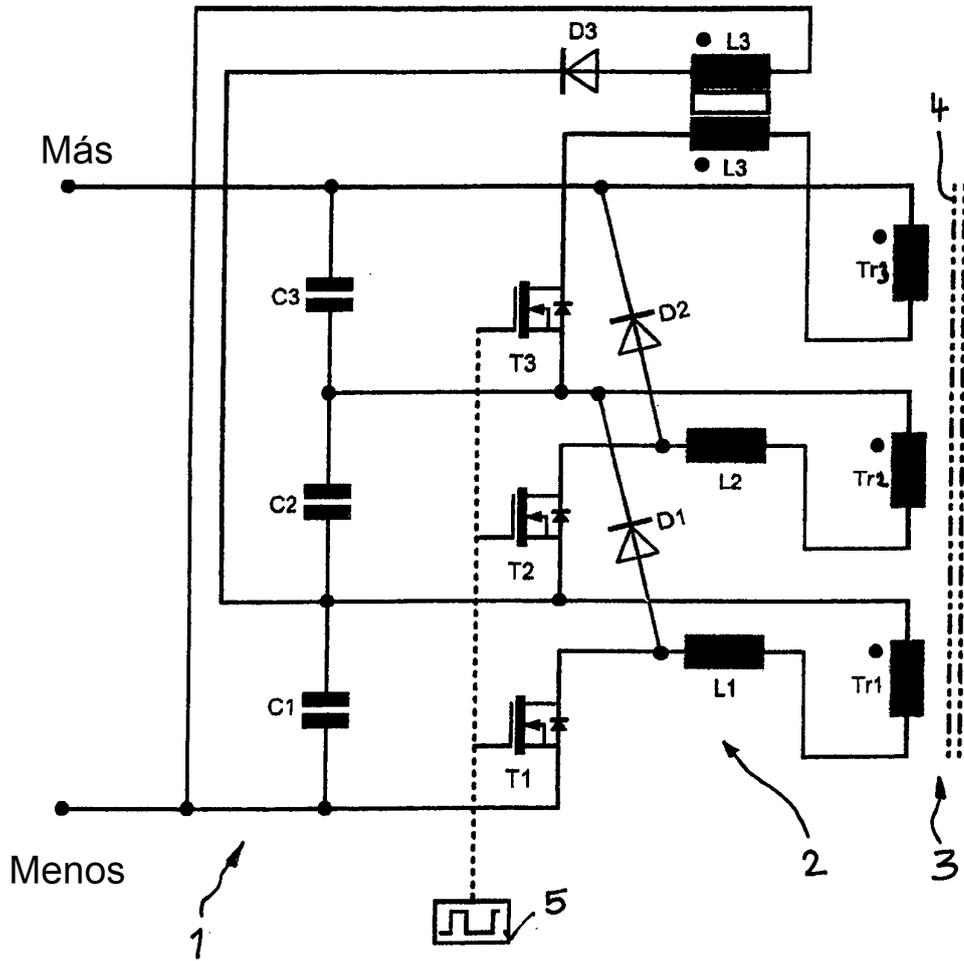


Fig. 1