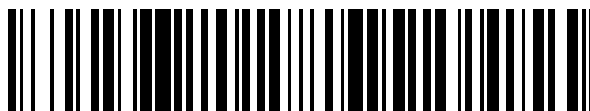


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 521 040**

51 Int. Cl.:

H02J 7/00 (2006.01)

H01M 10/46 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.02.2011 E 11702059 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.08.2014 EP 2532068**

54 Título: **Sistema de equilibrado de carga para baterías**

30 Prioridad:

22.07.2010 FR 1003087

21.07.2010 FR 1003071

05.02.2010 FR 1000478

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

12.11.2014

73 Titular/es:

**COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE ATOMIQUE ET
AUX ÉNERGIES ALTERNATIVES (100.0%)
Bâtiment "Le Ponant D" 25, rue Leblanc
75015 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**MERCIER, SYLVAIN;
CHATROUX, DANIEL;
DAUCHY, JULIEN y
FERNANDEZ, ERIC**

74 Agente/Representante:

LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 521 040 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).

DESCRIPCION

Sistema de equilibrado de carga para baterías

5 **[0001]** La invención se refiere a un sistema de equilibrado de carga para baterías de acumuladores electroquímicos, que pueden ser utilizadas particularmente en el ámbito de los transportes eléctricos, híbridos y los sistemas embarcados. La invención se refiere en particular a las baterías del tipo litio-ión (Li-ion) adaptadas para este tipo de aplicaciones, debido a su posibilidad de almacenar una fuerte energía con una escasa masa. La invención se puede aplicar igualmente a los super-condensadores.

10 **[0002]** Un acumulador electroquímico tiene una tensión nominal del orden de algunos voltios, y más precisamente 3,3 V para las baterías de Li-ion a base de fosfato de hierro y 4,2 V para una tecnología Li-ion a base de óxido de cobalto. Si esta tensión es demasiado baja en relación con las necesidades del sistema a alimentar, se colocan varios acumuladores en serie. Resulta igualmente posible colocar en paralelo de cada acumulador asociado en serie, uno o más acumuladores en paralelo con el fin de aumentar la capacidad disponible y proporcionar una corriente y una potencia superiores. Los acumuladores asociados en paralelo forman así una fase. Una fase está constituida como mínimo por un acumulador. Las fases se ponen en serie para alcanzar el nivel de tensión deseado.

15 La asociación de acumuladores se denomina una batería de acumuladores.

20 **[0003]** La carga o descarga de un acumulador se traduce respectivamente por un aumento o disminución de la tensión en sus bornes. Se considera un acumulador cargado o descargado cuando éste ha alcanzado un nivel de tensión definido por el proceso electroquímico. En un circuito que utiliza varias fases de acumuladores, la corriente que pasa por las fases es la misma. El nivel de carga o de descarga de las fases depende por consiguiente de las características intrínsecas de los acumuladores, a saber la capacidad intrínseca y las resistencias internas parásitas en serie y paralelas, del electrolito o de contacto entre los electrodos y el electrolito. Diferencias de tensión entre las fases son por lo tanto posibles debido a las desigualdades de fabricación y de envejecimiento.

25 **[0004]** Para un acumulador de tecnología Li-ion, una tensión demasiado elevada o demasiado baja, llamada tensión de umbral, puede dañar o destruir este último. Por ejemplo, la sobrecarga de un acumulador de Li-ion a base de óxido de cobalto, puede producir su disparo térmico y un conato de fuego. Para un acumulador de Li-ion a base de fosfato de hierro, una sobrecarga se traduce por una descomposición del electrolito que disminuye su duración o puede deteriorar el acumulador. Una descarga demasiado importante que conduce a una tensión inferior a 2 V, por ejemplo, produce principalmente una oxidación del colector de corriente del electrodo negativo cuando éste es de cobre y por consiguiente un deterioro del acumulador. En consecuencia, la vigilancia de las tensiones en los bornes de cada fase de acumuladores resulta obligatoria en la carga y descarga por una cuestión de seguridad y fiabilidad.

30 Un dispositivo denominado de vigilancia en paralelo de cada fase permite asegurar esta función.

35 **[0005]** El dispositivo de vigilancia tiene por función seguir el estado de carga y de descarga de cada fase de acumuladores y de transmitir la información al circuito de control con el fin de detener la carga o la descarga de la batería cuando una fase ha alcanzado su tensión de umbral. Sin embargo, en una batería con varias fases de acumuladores dispuestos en serie, si la carga se detiene cuando la fase más cargada ha alcanzado su tensión de umbral, las otras fases pueden no estar totalmente cargadas. A la inversa, si la descarga se detiene cuando la fase más descargada ha alcanzado su tensión de umbral, las otras fases pueden no estar totalmente descargadas. La carga de cada fase de acumuladores no es por lo tanto explotada de forma óptima, lo cual representa un problema importante en aplicaciones del tipo de transporte y embarcados con fuertes dependencias de autonomía. Para paliar este problema, el dispositivo de vigilancia generalmente está asociado con un dispositivo de equilibrado.

40

[0006] El dispositivo de equilibrado tiene por función optimizar la carga de la batería y por consiguiente su autonomía llevando las fases de acumuladores puestas en serie a un estado de carga y/o descarga idéntica. Existen dos categorías de dispositivos de equilibrado, los dispositivos de equilibrado llamados de disipación de energía, o llamados de transferencia de energía.

45 **[0007]** Con los dispositivos de equilibrado de disipación de energía, la tensión en los bornes de las fases se uniformiza devolviendo la corriente de carga de una o de las fases que han alcanzado la tensión de umbral y disipando la energía en una resistencia. En variante, la tensión en los bornes de las fases se uniformiza descargando una o más fases que han alcanzado la tensión de umbral. Sin embargo, tales dispositivos de equilibrado de disipación de energía presentan el inconveniente principal de consumir más energía de la necesaria para cargar la batería. En efecto, este circuito obliga a descargar varios acumuladores o derivar la corriente de carga de varios acumuladores para que el o los últimos acumuladores un poco menos cargados terminen su carga. La energía disipada puede por consiguiente ser muy superior a la energía de o de las cargas que deben terminarse. Además, disipan la energía sobrante en calor, lo cual no es compatible con las necesidades de integración en las aplicaciones de tipo transporte y embarcados, y el hecho de que la duración de los acumuladores baja fuertemente cuando la temperatura se eleva.

50

55

[0008] Los dispositivos de equilibrado por transferencia de energía intercambian energía entre la batería de acumuladores o una red auxiliar de energía y las fases de acumuladores.

[0009] Se conoce por ejemplo por la patente US5659237 un dispositivo que permite la transferencia de energía de la red auxiliar a fases mediante una estructura «flyback» con varias salidas y que utilizan una inductancia acoplada como elemento de almacenado. Este último es un componente específico pues está dedicado para esta aplicación. El coste de un componente de este tipo es prohibitivo con relación a la función a cumplir.

5 **[0010]** Se conoce por otro lado por la patente CN 1905259 un dispositivo que permite la transferencia de energía de las fases a la batería y que utiliza en cuanto al mismo una inductancia por acumulador como elemento de almacenado. Sin embargo, este dispositivo no opta por una transferencia de energía optimizada para el equilibrado de baterías en las aplicaciones de tipo transporte y embarcadas. En efecto, el final de carga de una batería se determina por la última fase que alcanza la tensión umbral. Para terminar la carga de una batería, la energía se
10 extrae de una o varias fase(s) y la misma es restituida al conjunto de fases. Cuando una o varias fase(s) de acumuladores está o están un poco menos cargada(s), la energía no se transfiere por lo tanto en prioridad a esta o estas últimas que tiene o tienen necesidad sino igualmente a o a las fases a las cuales se extrae la energía. El equilibrado necesita por consiguiente extraer la energía al conjunto de fases al final de la carga con el fin de evitar cargarlas a una tensión demasiado elevada. El equilibrado se realiza por consiguiente con pérdidas elevadas debido
15 al número de convertidores importante en funcionamiento. Además, los acumuladores ya al final de la carga son atravesados por componentes de corriente alterna o continua no útiles.

[0011] La invención tiene por consiguiente por objeto proponer un dispositivo de equilibrado mejorado que no presente estos inconvenientes del estado del arte de la técnica.

20 **[0012]** A este respecto, la invención tiene por objeto un sistema de equilibrado para batería que comprende al menos dos fases de acumuladores puestos en serie, comprendiendo cada fase de acumuladores al menos un acumulador caracterizado porque el indicado sistema comprende.

- al menos un generador de tensión que comprende al menos un polo positivo y al menos un polo negativo,

25 - por cada fase de acumuladores un dispositivo de carga asociado alimentado por el indicado al menos un generador de tensión y que comprende: al menos una inductancia, al menos un primer condensador cuyo primer extremo está conectado con el indicado polo positivo de dicho al menos un generador de tensión, al menos un segundo condensador cuyo primer extremo está conectado con el mencionado polo negativo de dicho generador de tensión,
30 al menos un primer diodo conectado por su ánodo con el polo negativo de dicha fase de acumuladores y por su cátodo con el segundo extremo de dicho al menos un primer condensador, al menos un segundo diodo conectado por su ánodo con el polo negativo de la fase de acumuladores asociada y por su cátodo con el segundo extremo de dicho al menos un segundo condensador, al menos un interruptor conectado directa o indirectamente por su primer extremo a al menos una inductancia y por su segundo extremo al polo positivo de la fase de acumuladores asociada,
y

35 - un dispositivo de control configurado para controlar el indicado al menos un generador de tensión y para cerrar el indicado al menos un interruptor de un dispositivo de carga asociado en una fase de acumuladores a cargar, para que la indicada al menos una inductancia almacene energía y para transferir esta energía a la indicada fase de acumuladores asociada.

[0013] El indicado sistema de equilibrado puede además comprender una o varias características siguientes, tomadas por separado o en combinación:

40 - el indicado sistema comprende además: al menos un tercer diodo conectado por su cátodo con el primer extremo de la indicada inductancia y por su ánodo con el cátodo del indicado al menos un primer diodo, y al menos un cuarto diodo conectado por su cátodo con el primer extremo de la indicada inductancia y por su ánodo con el cátodo del indicado al menos un segundo diodo,

- el indicado al menos un tercer diodo está conectado con una primera inductancia y el indicado al menos un cuarto diodo está conectado con una segunda inductancia,

45 - el indicado dispositivo de carga comprende además: al menos un quinto diodo conectado por su cátodo con el primer extremo de la indicada primera inductancia y por su ánodo con el polo negativo de la fase de acumuladores asociada, y al menos un sexto diodo conectado por su cátodo con el primer extremo de la mencionada segunda inductancia y por su ánodo con el polo negativo de la fase de acumuladores asociada,

50 - el indicado al menos un tercer diodo y el indicado al menos un cuarto diodo están conectados a una misma inductancia,

- el mencionado dispositivo de carga comprende además al menos un quinto diodo conectado por su cátodo con el primer extremo de la indicada inductancia y por su ánodo con el polo negativo de la fase de acumuladores asociada,

- el indicado dispositivo de carga está configurado para funcionar en conducción discontinua, independientemente

de los niveles de tensiones de la fase de acumuladores asociada y de la batería durante la fase de carga,

- los acumuladores son de tipo litio-ión,
- la batería comprende super-condensadores.

5 **[0014]** Otras características y ventajas de la invención aparecerán más claramente con la lectura de la descripción siguiente, dada a título de ejemplo ilustrativo y no limitativo, y de los dibujos adjuntos entre los cuales:

- la figura 1 representa un esquema sinóptico de una batería que comprende una puesta en serie de fases de acumuladores y de un sistema de equilibrado de carga de la batería que comprende un dispositivo de carga por fase de acumuladores y un generador de tensión,
- 10 - la figura 2 representa un esquema sinóptico de una variante del sistema de equilibrado de la figura 1 que comprende un generador de tensión por cada dispositivo de carga,
- la figura 3 representa un esquema sinóptico de otra variante del sistema de equilibrado de la figura 1 que comprende un generador de tensión por módulo elemental que comprende un número predeterminado de fases de acumuladores puestos en serie,
- 15 - la figura 4 representa un esquema sinóptico de otra variante del sistema de equilibrado de la figura 3 que comprende un dispositivo de carga suplementario por módulo elemental,
- la figura 5a ilustra un esquema sinóptico de un primer modo de realización de un dispositivo de carga del sistema de equilibrado,
- la figura 5b ilustra un esquema sinóptico de una primera variante de realización del dispositivo de carga de la figura 5a,
- 20 - la figura 5c ilustra un esquema sinóptico de una segunda variante de realización del dispositivo de carga de la figura 5a,
- la figura 6 ilustra un esquema sinóptico de un ejemplo de realización de un generador de tensión asociado con un dispositivo de carga de las figuras 5a a 5c, 11, 12, 13,
- la figura 7 ilustra un esquema sinóptico de una variante de realización del generador de tensión de la figura 6,
- 25 - la figura 8 es un esquema sinóptico de una segunda variante de realización del generador de tensión de la figura 6, y
- la figura 9 es un esquema sinóptico de una tercera variante de realización del generador de tensión de la figura 6,
- la figura 10 es un diagrama que representa de modo esquemático la evolución de las diferentes corrientes en función del tiempo en el dispositivo de carga de las figuras 5a, 5b, 5c,
- 30 - la figura 11 ilustra un esquema sinóptico de un segundo modo de realización de un dispositivo de carga del sistema de equilibrado,
- la figura 12 ilustra un esquema sinóptico de un tercer modo de realización de un dispositivo de carga del sistema de equilibrado, y
- 35 - la figura 13 ilustra un esquema sinóptico de un cuarto modo de realización de un dispositivo de carga del sistema de equilibrado.

[0015] En estas figuras, los elementos sustancialmente idénticos llevan las mismas referencias.

40 **[0016]** La figura 1 representa una batería 1 de acumuladores. Esta batería 1 está compuesta de N fases, indicadas por E_t conectadas en serie. Cada fase E_t está compuesta por un acumulador o varios acumuladores A_{ij} conectados en paralelo. El índice i representa aquí el número de la fase, este índice i varía en el ejemplo ilustrado en la figura 1 de 1 a N, y el índice j representa el número de cada acumulador en una fase dada, este índice j varía en el ejemplo ilustrado de 1 a M. Los bornes de los acumuladores A_{ij} de una misma fase E_t están unidos juntos por mediación de conexiones eléctricas, todo como cada fase E_t está igualmente unido a las fases E_t adyacentes por mediación de conexiones eléctricas.

45 **[0017]** La invención tiene por objeto un sistema de equilibrado de carga 2 para dicha batería 1 de acumuladores, que comprende al menos dos fases E_t puestas en serie.

[0018] El sistema de equilibrado 2 comprende además un dispositivo de control 3, una pluralidad de dispositivos de carga 5 idénticos respectivamente asociados a una fase de acumulador E_{ti} , y un generador de tensión 7 (figura 1) o varios generadores de tensión 7 (figuras 2, 3 y 4).

5 **[0019]** Los dispositivos de carga 5 y el o los generador(es) de tensión 7 son accionados por el dispositivo de control 3.

10 **[0020]** El sistema de equilibrado 2 puede comprender además un dispositivo de medición de tensión (no representado) para medir la tensión de cada fase E_{ti} y para transferir una información de tensión al dispositivo de control 3 que puede a partir de esta información de tensión determinar si una fase de acumulador E_{ti} debe cargarse y accionar consecuentemente el dispositivo de carga 5 en paralelo de la fase de acumuladores así como el generador de tensión 7 asociado.

[0021] Los dispositivos de carga 5 están conectados por una parte al polo negativo, indicado por N_i , y al polo positivo, indicado por P_i , de cada fase de acumuladores E_{ti} , y por otra parte al polo positivo, indicado por v_2 , y al polo negativo, indicado por v_1 , de uno o varios generador(es) de tensión 7.

15 **[0022]** En el caso de un generador de tensión 7 único (figura 1), este último está conectado con el conjunto de dispositivos de carga 5.

[0023] En el caso de generadores de tensión 7 múltiples, cada generador de tensión 7 está conectado con un dispositivo de carga 5 si el número de generadores de tensión 7 es igual al número de fases E_{ti} , como se ilustra a título de ejemplo en la figura 2.

20 **[0024]** Según otra alternativa representada en la figura 3, un generador de tensión 7 puede conectarse a varios dispositivos de carga 5 si el número de generadores de tensión 7 es inferior al número de fases E_{ti} .

25 **[0025]** A título de ejemplo, cuando se utiliza en serie un número consecutivo de fases de acumuladores E_{ti} , como es el caso para los vehículos eléctricos con por ejemplo cien acumuladores en serie, la batería 1 puede estar constituida por una puesta en serie de módulos elementales 9 (figura 3), comprendiendo por ejemplo cada uno de diez a doce fases de acumuladores E_{ti} puestos en serie. Así, la conexión del o de los generador(es) de tensión 7 se realiza en los bornes de diez a doce elementos. El comportamiento en tensión de los diodos e interruptores accionados está limitado, en función de la tecnología de la batería Li-ion, a aproximadamente 45 V – 60 V, que es un valor de mantenimiento en tensión estandarizado en el ámbito del semi-conductor. El mantenimiento de un número consecutivo de módulos elementales 9, como es el caso para los vehículos eléctricos, se facilita.

30 **[0026]** Además, aparte de los dispositivos de carga 5 por fases de acumuladores E_{ti} , se pueden utilizar dispositivos de carga 5 idénticos mediante la puesta en serie de N fases, como lo ilustra la figura 4. Esta variante permite transferir energía entre las N fases adyacentes, y por consiguiente entre los módulos elementales 9 asociados en serie. En este caso, uno o más generador(es) de tensión 7 suplementario(s), es o son utilizado(s) para proporcionar la energía a los dispositivos de carga 5 conectados en los bornes de N fases.

35 **[0027]** El o los generador(es) de tensión 7 proporciona o proporcionan a los dispositivos de carga 5 impulsos de tensión de polaridad(es) positiva, negativa o positiva y negativa y de forma que pueda ser variada, por ejemplo en forma almenada o sinusoidal.

[0028] Se describen ahora diferentes modos de realización del sistema de equilibrado 2.

Primer modo de realización:

Dispositivo de carga

40 **[0029]** Haciendo referencia a la figura 5a, según un primer modo de realización un dispositivo de carga 5 comprende:

- una primera inductancia L_{1i} ,
- una segunda inductancia L_{2i}
- un primer condensador C_{1i} del cual el primer extremo está conectado con el polo v_2 de un generador de tensión 7 y el segundo extremo está conectado con el primer extremo de la primera inductancia L_{1i} ,
- un segundo condensador C_{2i} del cual el primer extremo está conectado con el polo v_1 del generador de tensión 7 y el segundo extremo está conectado con el primer extremo de la segunda inductancia L_{2i} ,
- un primer diodo D_{1i} del cual el ánodo y el cátodo están respectivamente conectados con el polo N_i de la

fase y con el segundo extremo del condensador $C1_i$,

- un segundo diodo $D2_i$ del cual el ánodo y el cátodo están respectivamente conectados con el polo N_i de la fase y con el primer extremo de la segunda inductancia $L2_i$,
- un interruptor $SW1_i$, por ejemplo un transistor MOSFET, del cual el primer extremo está conectado con los segundos extremos de las dos inductancias $L1_i$ y $L2_i$ y el segundo extremo con el polo P_i de la fase de acumulador.

[0030] Este dispositivo de carga 5 está adaptado para ser utilizado con un generador de tensión 7 proporcionando una almena de tensiones positiva e igualmente negativa.

[0031] Variantes de posición del interruptor $SW1_i$ para este modo de realización del dispositivo de carga 5 se ilustran en las figuras 5b y 5c.

[0032] En la figura 5b, el interruptor $SW1_i$ está conectado por su primer extremo al polo positivo $v2$ del generador de tensión 7 y por su segundo extremo al primer extremo del primer condensador $C1_i$. Las dos inductancias $L1_i$ y $L2_i$ están entonces conectadas al polo P_i de la fase de acumulador.

[0033] En la figura 5c, el primer extremo del interruptor $SW1_i$ está conectado con el segundo extremo del primer condensador $C1_i$ y su segundo extremo está conectado con el cátodo del primer diodo $D1_i$.

[0034] Además como se observa en estas figuras 5b y 5c, un interruptor suplementario $SW11_i$ debe conectarse además bien sea a la salida $v1$ del generador de tensión 7 y al primer extremo del segundo condensador $C2_i$ (figura 5b), o bien al segundo extremo del segundo condensador $C2_i$ y al cátodo del segundo diodo $D2_i$ (figura 5c).

[0035] Estos otros dos posicionamientos posibles del interruptor $SW1_i$ tales como se ha representado en las figuras 5b y 5c, permiten evitar cuando el interruptor $SW1_i$ del dispositivo de carga 5 se encuentra en estado abierto y cuando el generador de tensión 7 es accionado, que se descargue energía entre los componentes del generador de tensión 7 y del dispositivo de carga 5.

[0036] El dispositivo de control 3 permite cerrar y abrir el interruptor $SW1_i$ y/o el interruptor $SW11_i$ cuando existe.

[0037] Un dispositivo de carga 5 de este tipo funciona tanto en régimen de conducción continua como discontinua.

[0038] Hay que favorecer el funcionamiento en régimen de conducción discontinua pues presenta la ventaja de ser más fácil de poner en práctica y de fabricarlo a menor coste.

[0039] En efecto, en modo de conducción discontinua, la corriente a través de la inductancia $L1_i$ se anula por definición antes de cada período T de funcionamiento del dispositivo de carga 5. El valor de la corriente que pasa por la inductancia $L1_i$ cuando el generador de tensión 7 proporciona energía puede deducirse por la tensión aplicada en los bornes de la inductancia $L1_i$, el tiempo de almacenamiento de energía en la inductancia $L1_i$ y el valor de esta última. En respuesta, el control del generador de tensión 7 puede realizarse mediante un comando con tiempo de conducción fijo.

[0040] Otra variante de realización consiste en utilizar para cada dispositivo de carga 5 un interruptor accionado en lugar de cada diodo. Una rectificación llamada de tipo síncrono resulta entonces posible. El rendimiento del dispositivo de carga 5 puede ser aumentado gracias a la disminución de la caída de tensión al estado conductor del componente.

Generador de tensión

[0041] En las figuras 6 a 9 se han representado diferentes modos de realización de un generador de tensión 7 que genera a la salida una almena de tensiones positiva y negativa.

[0042] El generador de tensión 7 puede conectarse a los bornes de un módulo elemental 9 pero igualmente a los bornes de la batería 1, incluso a los bornes de una fuente auxiliar (12 V vehículo por ejemplo).

[0043] Un primer ejemplo de realización del generador de tensión consiste en utilizar un puente completo con cuatro interruptores $SW2_i$ a $SW5_i$ y un transformador $T1_i$ (figura 6) o según una variante del transformador $T1_i$ ilustrada por la figura 7. Según esta variante, el transformador $T1_i$ está constituido por un devanado primario y varios devanados secundarios.

[0044] La utilización de varios devanados secundarios permite disminuir el mantenimiento en tensión de los condensadores de los dispositivos de carga 5.

[0045] Un segundo ejemplo de realización del generador de tensión 7 ilustrado en la figura 8 consiste en utilizar un medio puente con dos interruptores $SW2_i$ y $SW3_i$, y un transformador $T1_i$ cuyo primario está conectado entre los puntos centrales de los dos interruptores $SW2_i$ y $SW3_i$ y de dos condensadores $C4_i$ y $C5_i$.

5 **[0046]** El segundo ejemplo de realización presenta la ventaja de tener un número de interruptores reducido con relación al primer ejemplo, e igualmente de evitar todo riesgo de saturación del transformador debido a un desequilibrio de la secuencia de mando de los interruptores gracias a los condensadores $C4_i$ y $C5_i$ en serie con el devanado primario del transformador $T1_i$.

10 **[0047]** Un tercer ejemplo de realización del generador de tensión consiste en utilizar un transformador $T1_i$ con punto central en el primario y dos interruptores $SW2_i$ y $SW3_i$ (figura 9). El tercer ejemplo de realización presenta la ventaja de una referencia común para el accionamiento de los dos interruptores $SW2_i$ y $SW3_i$.

[0048] Sea cual fuere el generador de tensión 7 utilizado, el tiempo de conducción de los interruptores $SW2_i$ y $SW3_i$ está definido para que cada dispositivo de carga 5 funcione en régimen de conducción discontinua.

Funcionamiento

15 **[0049]** El funcionamiento del sistema de equilibrado 2 comprendiendo un dispositivo de carga 5 según un primer modo de realización tal como se ha ilustrado en la figura 5a y un generador de tensión 7 según la figura 8 se describe a continuación.

[0050] Los dispositivos de carga 5 permiten continuar la carga de algunas fases en carga. El funcionamiento del montaje en régimen de conducción discontinua es preferido por los motivos descritos anteriormente.

20 **[0051]** Por ejemplo, cuando el dispositivo de control 3 acciona la transferencia de energía a una fase Et_i , por ejemplo a la fase Et_1 el interruptor $SW1_i$ del dispositivo de carga 5 en paralelo de la fase Et_1 correspondiente es cerrado por el dispositivo de control 3.

[0052] El generador de tensión 7, que alimenta el dispositivo de carga 5, es activado igualmente por el dispositivo de control 3.

25 **[0053]** Las fases en serie con la fase Et_1 no se cargan mientras el interruptor $SW1_i$ de los dispositivos de carga 5 en paralelo de cada fase permanezca en estado abierto.

[0054] Cuando un dispositivo de carga 5 se pone en funcionamiento y cuando el generador de tensión 7 funcionaba antes, la velocidad de cierre del interruptor $SW1_i$ debe controlarse con el fin de evitar proporcionar una corriente demasiado importante a la fase.

30 **[0055]** Los interruptores se consideran como perfectos cuando se encuentran en el estado bloqueado y no dejan por consiguiente pasar ninguna corriente cuando se encuentran en este estado.

[0056] Haciendo referencia a las figuras 5a, 8 y 10, durante un tiempo de conducción $t1$, se aplica una tensión positiva entre los bornes $v2$ y $v1$ del generador de tensión 7.

35 **[0057]** El interruptor $SW2_i$ está cerrado y el interruptor $SW3_i$ está abierto. El generador de tensión 7 proporciona por consiguiente una almena de tensión positiva mientras que el interruptor $SW2_i$ está cerrado y cuando el interruptor $SW3_i$ está abierto.

[0058] Durante el tiempo $t1$, la energía se almacena en la inductancia $L1_i$. La corriente a través de la inductancia $L1_i$ aumenta proporcionalmente a la tensión aplicada en sus bornes, igual aproximadamente a la tensión del secundario del transformador $T1_i$, menos la tensión de la fase Et_i en carga.

[0059] La corriente atraviesa únicamente la fase Et_i .

40 **[0060]** La corriente a través de los condensadores $C1_i$ y $C2_i$ del dispositivo de carga 5 en funcionamiento es igual a la corriente a través de la inductancia $L1_i$. Los condensadores $C1_i$ y $C2_i$ son de valor lo suficientemente importante con el fin de transmitir la corriente necesaria para imponer una tensión casi-constante en los bornes de las inductancias $L1_i$ y $L2_i$.

45 **[0061]** Durante este tiempo $t1$, el segundo diodo $D2_i$ del dispositivo de carga 5 conduce y el primer diodo $D1_i$ está bloqueado.

[0062] Al cabo del tiempo $t1$, el interruptor $SW2_i$ del generador de tensión 7 se abre.

[0063] La corriente en la inductancia $L1_i$ alcanza en ese instante un valor pico I_{pic} , igual aproximadamente a la

tensión aplicada a los bornes de la inductancia L_{11} cuando el generador de tensión proporciona energía, multiplicada por t_1 y dividida por el valor de la inductancia L_{11} . Esta fórmula es aproximada en la medida en que la misma considera que la corriente en la inductancia es nula antes de cada periodo de funcionamiento del dispositivo de carga 5.

5 **[0064]** Al cabo del tiempo t_1 y hasta la mitad del periodo de funcionamiento $T/2$, el generador de tensión 7 impone una tensión nula (figuras 6 y 9) o no impone tensión (figura 8) en los bornes v_2 y v_1 del dispositivo de carga 5 de la fase Et_1 . Los interruptores SW_{31} y SW_{21} están abiertos. La corriente a través de la inductancia L_{11} disminuye proporcionalmente a la tensión aplicada en sus bornes.

[0065] Durante esta fase, el segundo diodo D_{21} está bloqueado.

10 **[0066]** El primer diodo D_{11} es conductor hasta que la suma de las corrientes a través de las inductancias L_{11} y L_{21} se anula. El primer diodo D_{11} conduce por consiguiente la corriente a través de la inductancia L_{11} e igualmente la corriente a través de la inductancia L_{21} . La corriente a través de la inductancia L_{21} es considerada constante durante esta fase en la medida en que la impedancia del secundario del transformador es considerada claramente superior a la impedancia de las inductancias L_{11} y L_{21} . La corriente a través de la inductancia L_{21} es igual a la corriente de magnetización del transformador. Se indica I_m en la figura 10.

15 **[0067]** Cuando el primer diodo D_{11} se bloquea, la corriente a través de la inductancia L_{21} ya no pasa por la fase sino que es igual opuestamente a la corriente a través de la inductancia L_{11} .

20 **[0068]** Al cabo de la mitad de tiempo $T/2$ y hasta el final del tiempo $T/2$ más el tiempo t_1 , se aplica una tensión negativa entre los bornes v_2 y v_1 del generador de tensión. El interruptor SW_{31} se cierra y el interruptor SW_{21} se abre. La energía se almacena en la inductancia L_{21} . La corriente pasa por la inductancia L_{21} aumenta proporcionalmente a la tensión aplicada en sus bornes. La corriente pasa únicamente por la fase Et_1 en carga. La corriente a través de los condensadores C_{11} y C_{21} del dispositivo de carga en funcionamiento es igual a la corriente a través de la inductancia L_{21} .

[0069] Durante esta fase, el primer diodo D_{11} es conductor. El segundo diodo D_{21} está bloqueado.

25 **[0070]** Al cabo del periodo de tiempo $T/2$ más t_1 , el interruptor SW_{31} se abre. La corriente en la inductancia L_{21} alcanza en ese instante un valor pico I_{pic} igual aproximadamente a la tensión aplicada en los bornes de la inductancia L_{21} cuando el generador de tensión 7 proporciona energía, multiplicada por t_1 y dividida por el valor de la inductancia. Como anteriormente, esta fórmula es aproximativa en la medida en que la misma considera que la corriente en la inductancia es nula antes de cada periodo de funcionamiento del dispositivo de carga 5.

30 **[0071]** Al cabo del tiempo $T/2$ más t_1 hasta el final del periodo T , el generador de tensión 7 no impone tensión en los bornes v_2 y v_1 del dispositivo de carga 5 de la fase Et_1 . Los interruptores SW_{31} y SW_{21} están abiertos. La corriente a través de la inductancia L_{21} disminuye proporcionalmente a la tensión aplicada en sus bornes.

[0072] Durante esta fase, el primer diodo D_{11} está bloqueado.

35 **[0073]** El segundo diodo D_{21} es conductor hasta que la suma de las corrientes a través de las inductancias L_{11} y L_{21} en carga se anula. El segundo diodo D_{21} conduce la corriente a través de la inductancia L_{21} e igualmente la corriente a través de la inductancia L_{11} . La corriente a través de la inductancia L_{11} es igual a la corriente de magnetización (I_m) del transformador.

[0074] Cuando el segundo diodo D_{21} se bloquea, la corriente a través de la inductancia L_{11} no pasa ya por la fase sino que es igual opuestamente a la corriente a través de la inductancia L_{21} .

40 **[0075]** Al final del periodo de tiempo T , comienza una nueva secuencia de funcionamiento si el interruptor SW_{11} está siempre en estado cerrado. El generador de tensión 7 es accionado de manera que no tenga los dos interruptores SW_{21} y SW_{31} en estado conductor al mismo tiempo con el fin de evitar un cortocircuito de la batería.

Segundo modo de realización

45 **[0076]** Según un segundo modo de realización ilustrado en la figura 11, el dispositivo de carga 5 comprende además:

- un tercer diodo D_{10i} montado en serie con la primera inductancia L_{1i} , conectada por su cátodo con el primer extremo de la primera inductancia L_{1i} y por su ánodo con el cátodo del primer diodo D_{1i} , y

- un cuarto diodo D_{20i} montado en serie con la segunda inductancia L_{2i} , conectada por su cátodo con el primer extremo de la segunda inductancia L_{2i} y por su ánodo con el cátodo del segundo diodo D_{2i} .

[0077] El funcionamiento del sistema de equilibrado 2 con un dispositivo de carga 5 según el segundo modo de realización es sustancialmente idéntico al funcionamiento del primer modo de realización.

5 [0078] Sin embargo, cuando la primera inductancia L_{1i} almacena energía durante el periodo de tiempo t_1 , siendo el segundo diodo D_{2i} conductor y estando el primer diodo D_{1i} bloqueado, el cuarto diodo D_{20i} montado en serie con la segunda inductancia L_{2i} está igualmente bloqueado con el fin de impedir que pase la corriente por la segunda inductancia L_{2i} .

[0079] De igual modo, cuando es la segunda inductancia L_{2i} la que almacena energía, siendo el primer diodo D_{1i} conductor y el segundo diodo D_{2i} bloqueado, el tercer diodo D_{10i} montado en serie con la primera inductancia L_{1i} está igualmente bloqueada de forma que impida que pase la corriente por la primera inductancia L_{1i} .

10 [0080] Se evita así la aparición de una sobretensión en los bornes de la inductancia L_{1i} o L_{2i} cuando respectivamente el interruptor SW_{3i} o SW_{2i} se abre.

Tercer modo de realización:

[0081] Según un tercer modo de realización ilustrado en la figura 12, el dispositivo de carga 5 comprende además con relación al segundo modo de realización:

15 - un quinto diodo D_{11i} conectado por su cátodo con el primer extremo de la primera inductancia L_{1i} y con el cátodo del tercer diodo D_{10i} , y por su ánodo con el polo negativo N_i de la fase de acumuladores asociada, y

- un sexto diodo D_{21i} conectado por su cátodo con el primer extremo de la segunda inductancia L_{2i} y con el cátodo del cuarto diodo D_{20i} , y por su ánodo con el polo negativo N_i de la fase de acumuladores asociada.

20 [0082] El funcionamiento del sistema de equilibrado 2 con un dispositivo de carga 5 según el tercer modo de realización es idéntico al funcionamiento del segundo modo de realización. Sin embargo, los quinto D_{11i} y sexto D_{21i} diodos permiten obtener un rendimiento de transferencia de energía aumentado con relación segundo modo de realización debido a que no depende más que de un solo umbral de diodo D_{11i} o D_{21i} en lugar de dos umbrales de diodo D_{1i} y D_{10i} o D_{2i} y D_{20i} como en el segundo modo de realización cuando disminuye la corriente a través de las inductancias L_{1i} , L_{2i} . Se minimizan así las pérdidas debidas a los diodos durante la fase de rueda libre del instante t_1 al instante donde la corriente se anula a través de la inductancia, por consiguiente durante la fase que dura más tiempo.

Cuarto modo de realización:

30 [0083] Por último, según un cuarto modo de realización ilustrado en la figura 13, el dispositivo de carga 5 difiere del tercer modo de realización, por el hecho de que solo hay una sola inductancia L_{10i} y no ya una primera L_{1i} y una segunda L_{2i} inductancias tal como se ha descrito anteriormente.

[0084] Más precisamente, esta inductancia L_{10i} corresponde a las dos inductancias L_{1i} y L_{2i} de los anteriores modos de realización cuyos primeros extremos se conectan juntos. Las inductancias L_{1i} y L_{2i} desde ahora conectadas en paralelo son sustituidas por una inductancia sola L_{10i} .

35 [0085] El funcionamiento del sistema de equilibrado 2 con un dispositivo de carga 5 según el cuarto modo de realización es idéntico al funcionamiento según el tercer modo de realización solo con la diferencia de que, sea cual fuere la polaridad de la tensión de salida del generador de tensión 7, una sola inductancia L_{10i} almacena energía durante el tiempo t_1 , la continuidad de la corriente a través de la inductancia L_{10i} está asegurada por un solo diodo D_{100i} cuando el generador de tensión 7 impone una tensión nula o no impone tensión en la entrada del transformador T_{1i} . Este diodo D_{100i} corresponde por analogía al tercer modo de realización a los quinto D_{11i} y sexto D_{21i} diodos conectados en paralelo.

40 [0086] Esto permite reducir el número de componentes asegurando un rendimiento de transferencia de energía similar al tercer modo de realización.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de equilibrado para batería que comprende al menos dos fases de acumuladores (E_i) dispuestas en serie, comprendiendo cada fase de acumuladores (E_i) al menos un acumulador (A_{ij}) colocado entre los polos negativo (N_i) y positivo (P_i) de la fase de acumuladores (E_i), **caracterizado por que** el indicado sistema comprende:

- 5 - un generador de tensión (7) que comprende al menos un borne positivo (v_2) y un borne negativo (v_1),
- por cada fase de acumuladores (E_i) un dispositivo de carga (5) asociado alimentado por el generador de tensión (7) y que comprende:

- . al menos una inductancia (L_{1i} , L_{2i} , L_{10i}),

- 10 . un primer condensador (C_{1i}) cuyo primer extremo está conectado a un borne (v_2 , v_1) del generador de tensión (7) y cuyo segundo extremo está conectado a una inductancia asociada (L_{1i} , L_{10i}),

- . un segundo condensador (C_{2i}) cuyo primer extremo está conectado a un borne (v_1 , v_2) del generador de tensión (7) y cuyo segundo extremo está conectado con una inductancia asociada (L_{2i} , L_{10i}),

- . un primer diodo (D_{1i}) conectado por su ánodo al polo negativo (N_i) de la fase de acumuladores asociada y por su cátodo con el segundo extremo del primer condensador (C_{1i}),

- 15 . un segundo diodo (D_{2i}) conectado por su ánodo con el polo negativo (N_i) de la fase de acumuladores asociada y por su cátodo con el segundo extremo del segundo condensador (C_{2i}),

- . al menos un diodo (D_{1i} , D_{2i} ; D_{11i} , D_{21i} ; D_{100i}) conectado por su ánodo al polo negativo (N_i) de dicha fase de acumuladores asociada y conectado con un extremo de una inductancia (L_{1i} , L_{2i} , L_{10i}) asociada, de forma que permita cuando el diodo (D_{1i} , D_{2i} ; D_{11i} , D_{21i} , D_{100i}) es conductor una circulación de una corriente de carga a través de la fase de acumuladores asociada, el diodo (D_{1i} , D_{2i} ; D_{11i} , D_{21i} ; D_{100i}) y la inductancia (L_{1i} , L_{2i} , L_{10i}) asociada; y

- 20 . al menos un interruptor (SW_{1i} , SW_{11i}) conectado con una inductancia (L_{1i} , L_{2i} , L_{10i}) y conectado a un polo (P_i) de la fase de acumuladores asociada, de forma que un interruptor (SW_{1i} , SW_{11i}), una inductancia (L_{1i} , L_{2i} , L_{10i}) y un condensador (C_{1i} , C_{2i}) asociados con un dispositivo de carga (5) se conectan en serie entre un borne (v_2 , v_1) del generador de tensión (7) y un polo de la fase de acumuladores asociada, y

- 25 - un dispositivo de control (3) configurado:

- . para durante un tiempo de conducción aplicar una variación de tensión entre los bornes (v_2 , v_1) del generador de tensión (7) y para cerrar el interruptor (SW_{1i} , SW_{11i}) de un dispositivo de carga (5) asociado con una fase de acumuladores (E_i) a cargar, de forma que la inductancia (L_{1i} , L_{2i} , L_{10i}) y el interruptor (SW_{1i} , SW_{11i}) sean atravesados por una corriente de alimentación creciente procedente del generador de tensión (7) y que la inductancia (L_{1i} , L_{2i} , L_{10i}) asociada almacene energía y

- 30 . para al cabo del tiempo de conducción, interrumpir la corriente de alimentación a través de la inductancia asociada (L_{1i} , L_{2i} , L_{10i}) y permitir la transferencia de la energía almacenada en la inductancia (L_{1i} , L_{2i} , L_{10i}) a la fase de acumuladores (E_i) asociada por circulación de una corriente de carga en disminución a través de la inductancia (L_{1i} , L_{2i} , L_{10i}) y el diodo (D_{1i} , D_{2i} ; D_{11i} , D_{21i} ; D_{100i}) asociado.

2. Sistema de equilibrado para batería según la reivindicación 1, **caracterizado por que** el generador de tensión (7) permite aplicar una tensión positiva o negativa entre sus bornes (v_1 , v_2) y **por que** el dispositivo de control (3) está configurado para:

- 40 - aplicar una tensión positiva durante un primer tiempo de conducción y una tensión negativa durante un segundo tiempo de conducción, de forma que una corriente pase por los primero (C_{1i}) y segundo (C_{2i}) condensadores en un primer sentido en el primer tiempo de conducción y en un segundo sentido, opuesto al primer sentido, en el segundo tiempo de conducción, e

- 45 - interrumpir la indicada corriente de alimentación entre el primer tiempo de conducción y el segundo tiempo de conducción, con el fin de permitir la transferencia de la energía almacenada en una inductancia (L_{1i} , L_{2i} , L_{10i}) a la fase de acumuladores (E_i) asociada por circulación de una corriente de carga en disminución a través de la inductancia (L_{1i} , L_{2i} , L_{10i}) y el diodo (D_{1i} , D_{2i} ; D_{11i} , D_{21i} , D_{100i}) asociada.

3. Sistema de equilibrado para batería según una de las reivindicaciones 1 ó 2, **caracterizado por que** el primer

condensador (C_{1i}) presenta un primer extremo conectado con el borne positivo (v₂) del generador de tensión (7), y **por que** el segundo condensador (C_{2i}) presenta un primer extremo conectado con el borne negativo (v₁) del generador de tensión (7).

5 **4.** Sistema de equilibrado para batería según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el interruptor (SW_{1i}) está conectado por su primer extremo a por lo menos una inductancia (L_{1i}, L_{2i}, L_{10i}) y por su segundo extremo al polo positivo (P_i) de la fase de acumuladores asociada.

5. Sistema de equilibrado para batería según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el dispositivo de control (3) está configurado para interrumpir la corriente de alimentación a través de la inductancia (L_{1i}, L_{2i}, L_{10i}) imponiendo una tensión nula en los bornes del generador de tensión (7).

10 **6.** Sistema de equilibrado para batería según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que:**

- el dispositivo de carga (5) comprende una primera inductancia (L_{1i}) y una segunda inductancia (L_{2i}), tales que:

. la primera inductancia (L_{1i}) presenta un primer extremo conectado a un segundo extremo del primer condensador (C_{1i}) y el cátodo del primer diodo (D_{1i}),

15 . la segunda inductancia (L_{2i}) presenta un primer extremo conectado a un segundo extremo del segundo condensador (C_{2i}) y al cátodo del segundo diodo (D_{2i}), y **por que:**

- el dispositivo de carga (5) comprende un interruptor común (SW_{1i}) conectado a las dos inductancias (L_{1i}) y (L_{2i}) o un primer interruptor (SW_{1i}) conectado con la primera inductancia (L_{1i}) y un segundo interruptor (SW_{11i}) conectado con la segunda inductancia (L_{2i}).

20 **7.** Sistema de equilibrado para batería según la reivindicación 6, **caracterizado por que** el primer diodo (D_{1i}) está conectado por su ánodo al polo negativo (N_i) de la fase de acumuladores asociada y por su cátodo con el segundo extremo del primer condensador (C_{1i}) y con un extremo de la primera inductancia (L_{1i}), con el fin de permitir cuando el primer diodo (D_{1i}) es conductor, una circulación de una corriente de carga a través de la fase de acumuladores asociada, el primer diodo (D_{1i}) y la primera inductancia (L_{1i}).

25 **8.** Sistema de equilibrado para batería según una de las reivindicaciones 6 ó 7, **caracterizado por que** el segundo diodo (D_{2i}) está conectado por su ánodo al polo negativo (N_i) de la fase de acumuladores asociada y por su cátodo con el segundo extremo del segundo condensador (C_{2i}) y con un extremo de la segunda inductancia (L_{2i}) asociada, con el fin de permitir, cuando el segundo diodo (D_{2i}) es conductor, una circulación de una corriente de carga a través de la fase de acumuladores asociada, el segundo diodo (D_{2i}) y la segunda inductancia (L_{2i}).

30 **9.** Sistema de equilibrado para batería según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el indicado sistema comprende además:

- al menos un tercer diodo (D_{10i}) conectado por su cátodo con el primer extremo de una inductancia (L_{1i}, L_{10i}) asociada y por su ánodo con el cátodo del primer diodo (D_{1i}), y

35 - al menos un cuarto diodo (D_{20i}) conectado por su cátodo con el primer extremo de una inductancia (L_{2i}, L_{10i}) asociada y por su ánodo con el cátodo del segundo diodo (D_{2i}).

10. Sistema de equilibrado para batería según las reivindicaciones 6 y 9, **caracterizado por que** el tercer diodo (D_{10i}) está conectado con la primera inductancia (L_{1i}) y el cuarto diodo (D_{20i}) está conectado con la segunda inductancia (L_{2i}).

40 **11.** Sistema de equilibrado para batería según la reivindicación 10, **caracterizado por que** el indicado dispositivo de carga (5) comprende además:

- un quinto diodo (D_{11i}) conectado por su cátodo con el primer extremo de la primera inductancia (L_{1i}) y por su ánodo con el polo negativo (N_i) de la fase de acumuladores asociada, y

- un sexto diodo (D_{21i}) conectado por su cátodo con el primer extremo de la segunda inductancia (L_{2i}) y por su ánodo al polo negativo (N_i) de la fase de acumuladores asociada.

45 **12.** Sistema de equilibrado para batería según la reivindicación 9, **caracterizado por que** el tercer diodo (D_{10i}) y el cuarto diodo (D_{20i}) están conectados a una misma inductancia (L_{10i}).

13. Sistema de equilibrado para batería según la reivindicación 12, **caracterizado por que** el indicado dispositivo de carga (5) comprende además al menos un quinto diodo (D_{100i}) conectado por su cátodo con el primer extremo de la

inductancia (L_{10i}) y por su ánodo al polo negativo (N_i) de la fase de acumuladores asociada.

14. Sistema de equilibrado para batería según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el dispositivo de carga (5) está configurado para funcionar en conducción discontinua, independientemente de los niveles de tensiones de la fase de acumuladores asociada (E_{ti}) y de la batería (1) durante la fase de carga.

5 **15.** Sistema de equilibrado para batería según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** los acumuladores (A_{ij}) son de tipo litio-ion o **por que** la batería comprende super-condensadores.

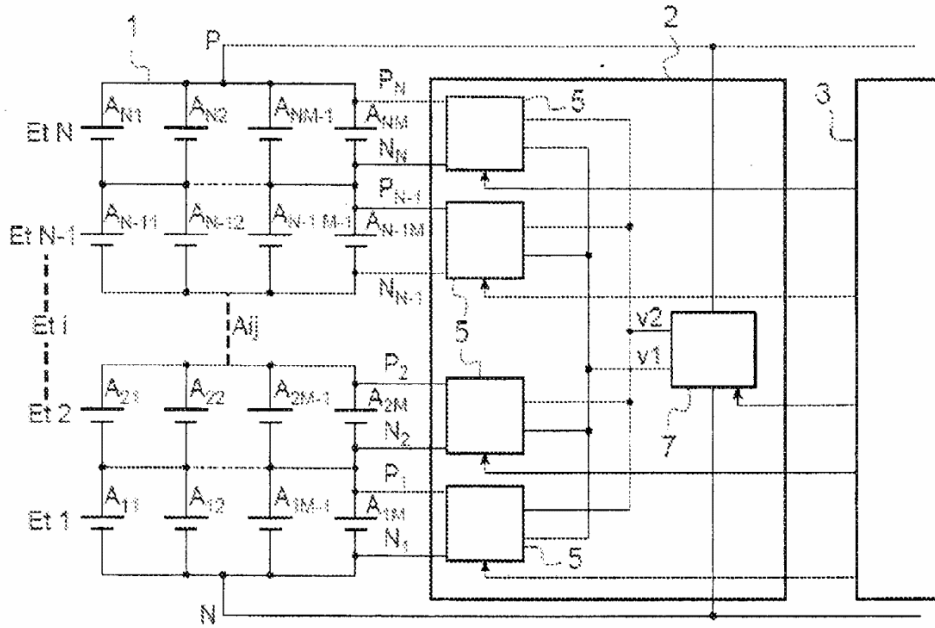


Fig. 1

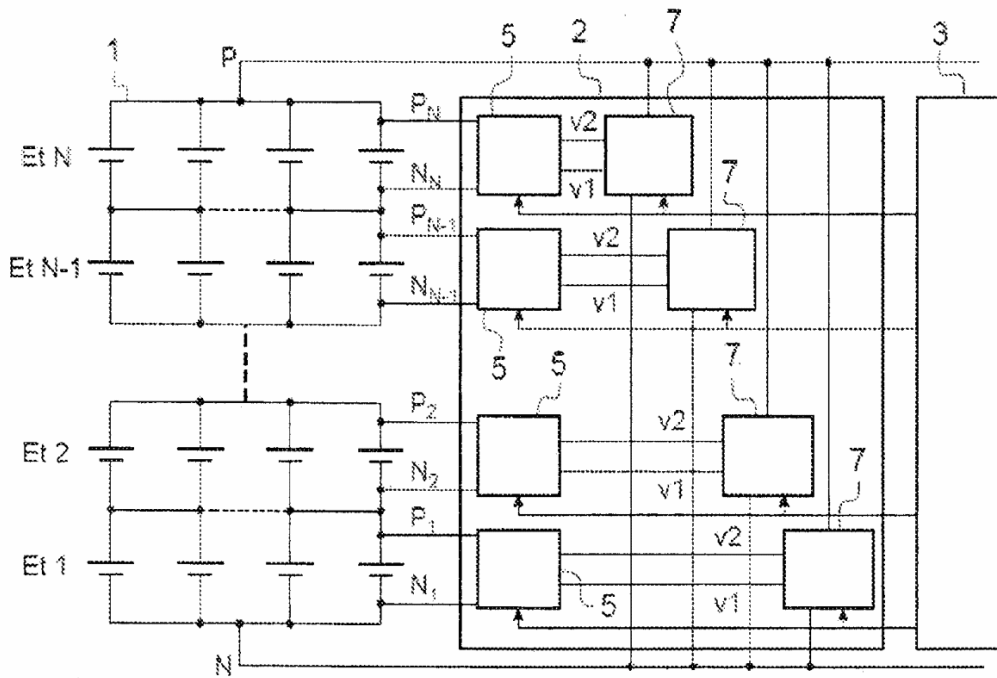


Fig. 2

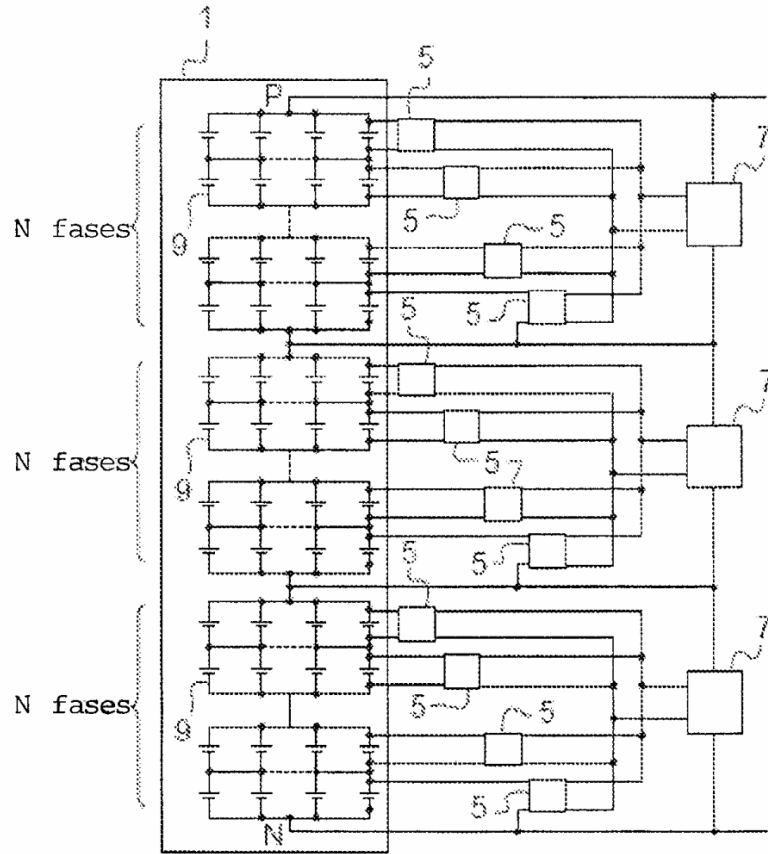


Fig. 3

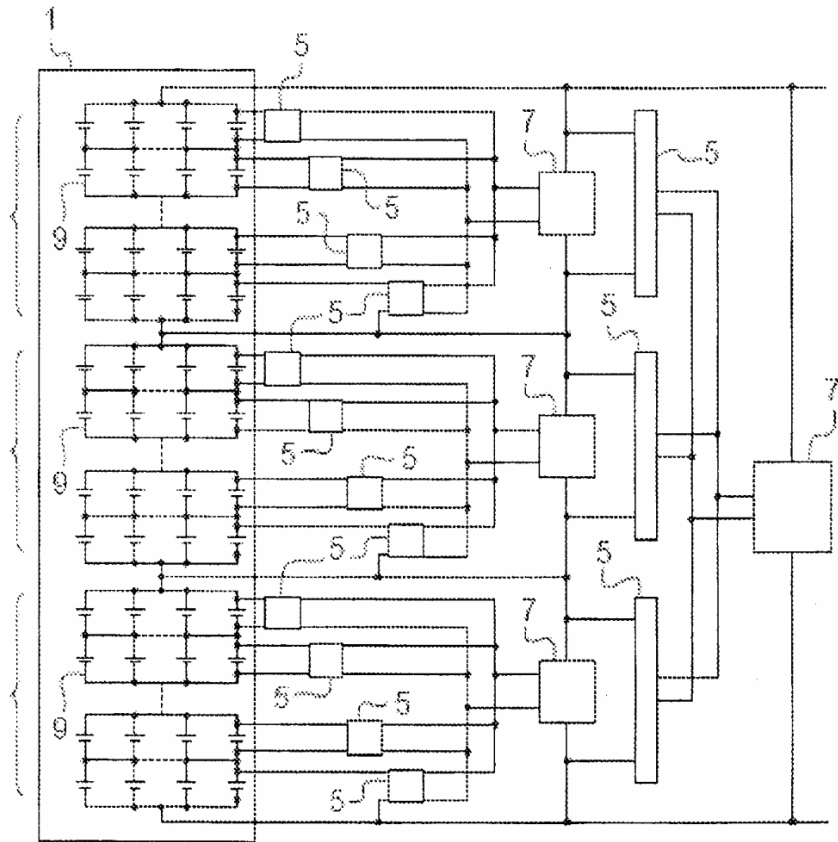


Fig. 4

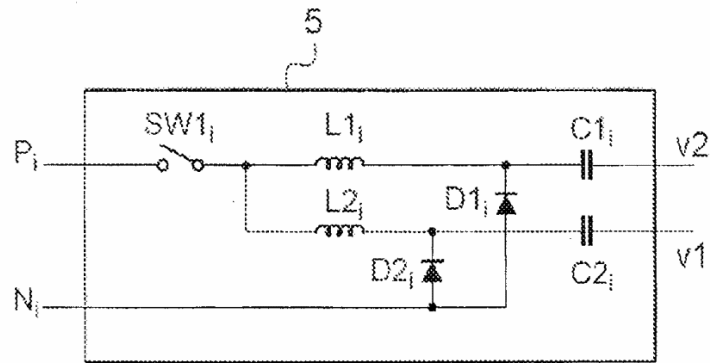


Fig. 5a

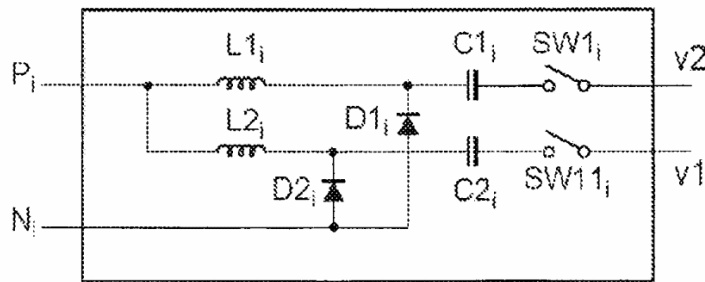


Fig. 5b

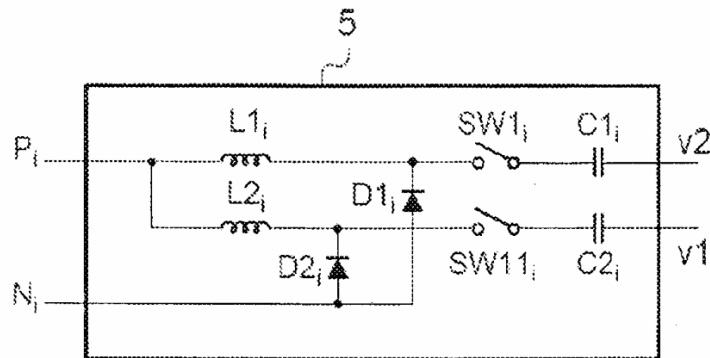


Fig. 5c

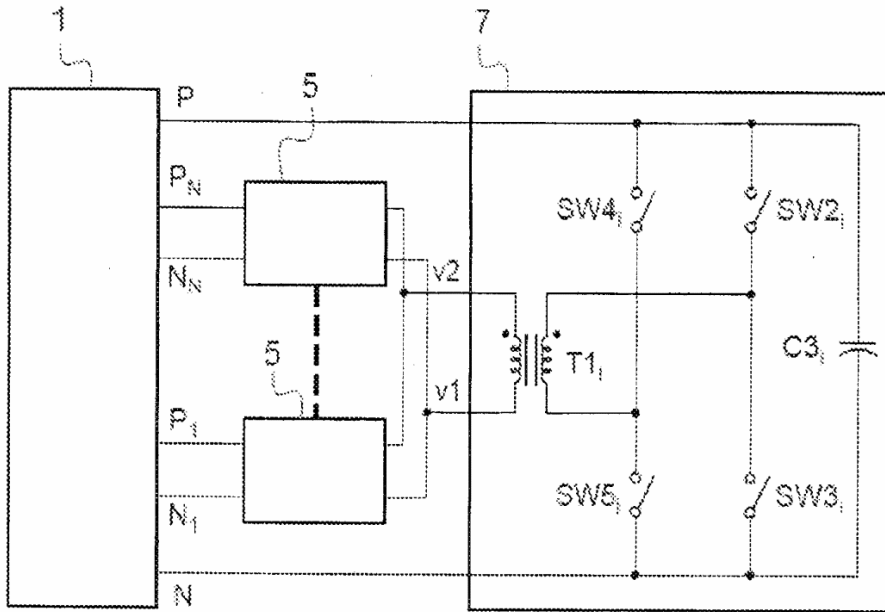


Fig. 6

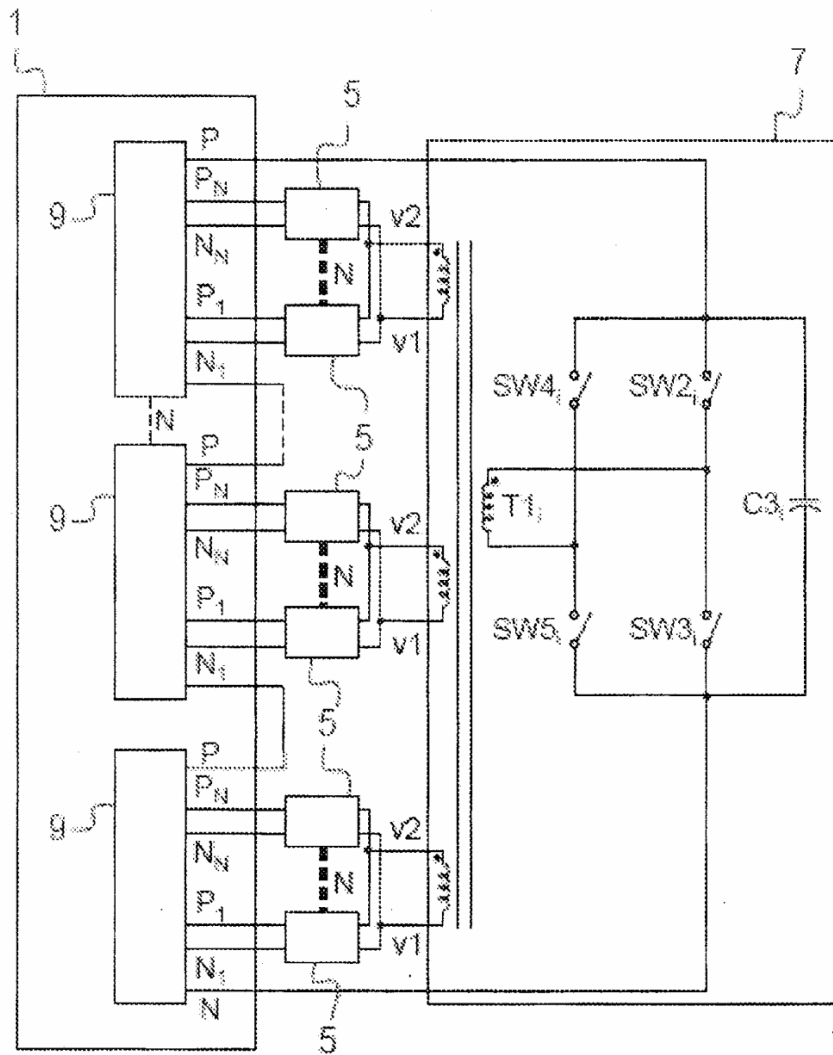


Fig.7

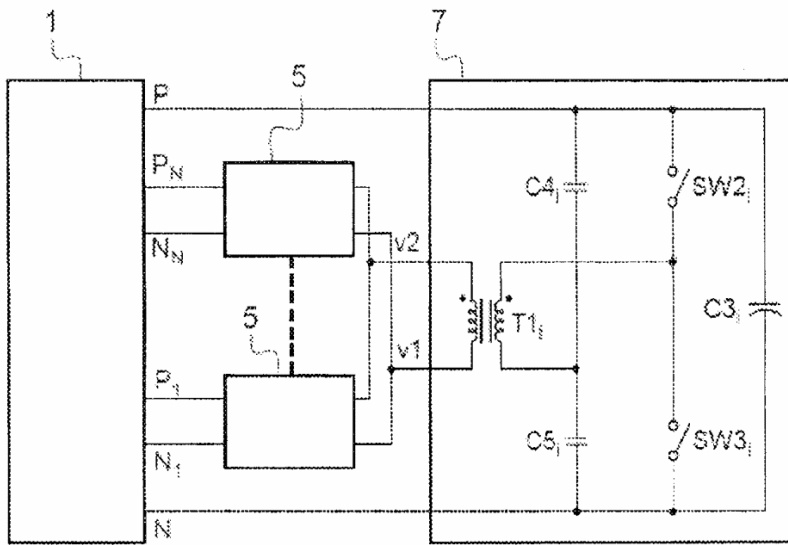


Fig. 8

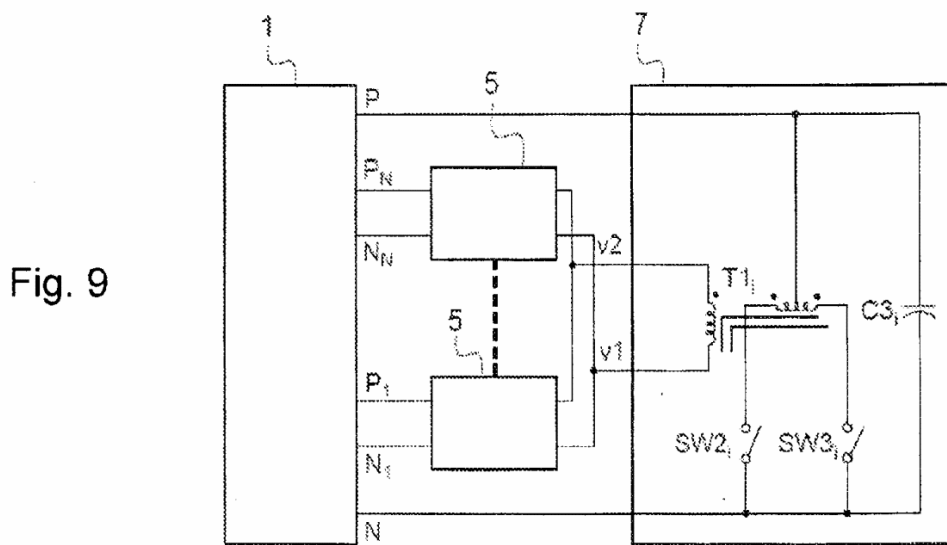


Fig. 9

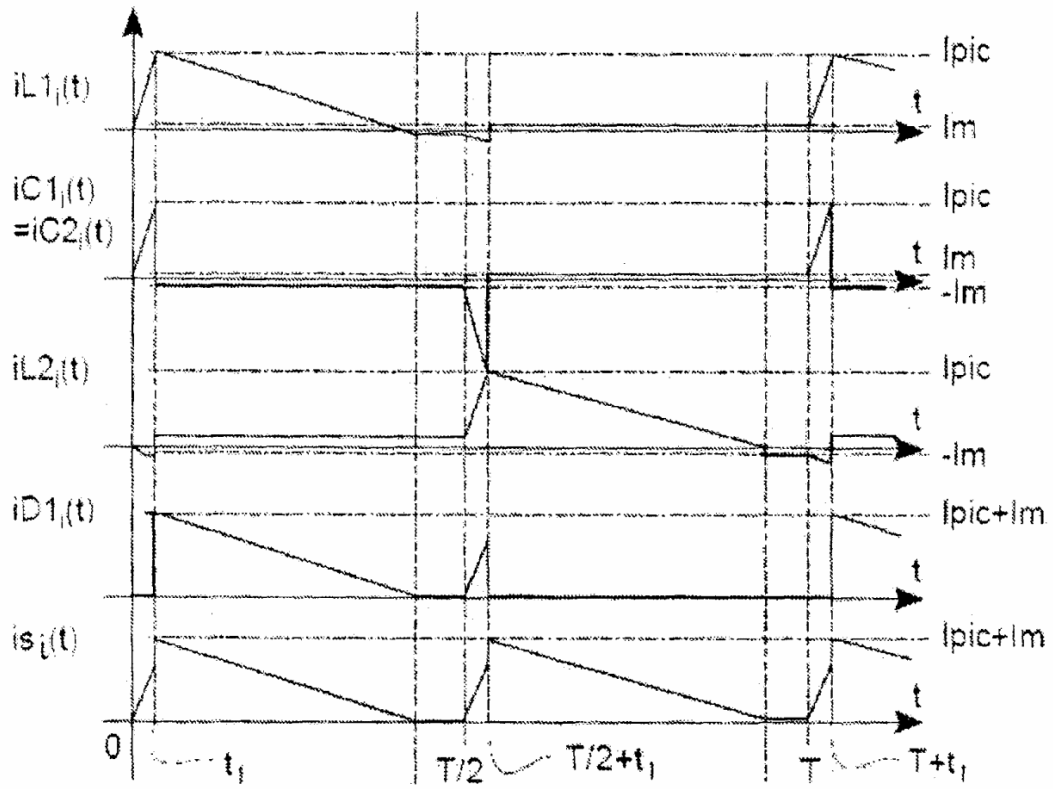


Fig. 10

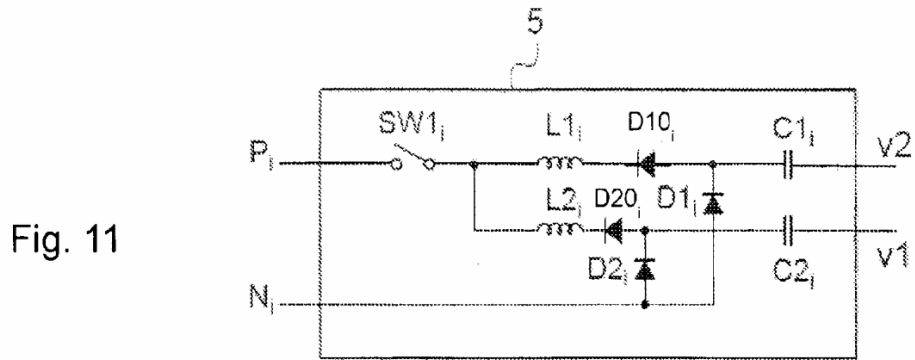


Fig. 11

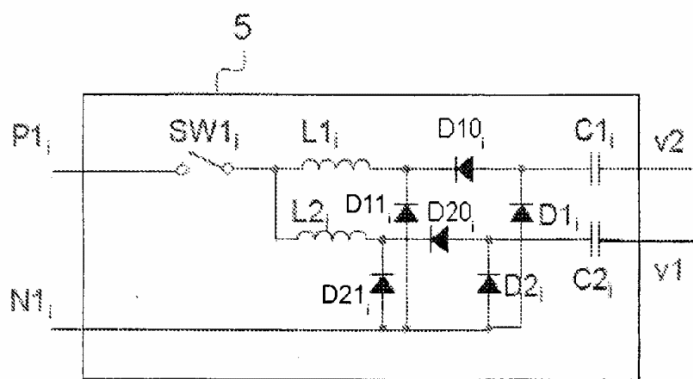


Fig. 12

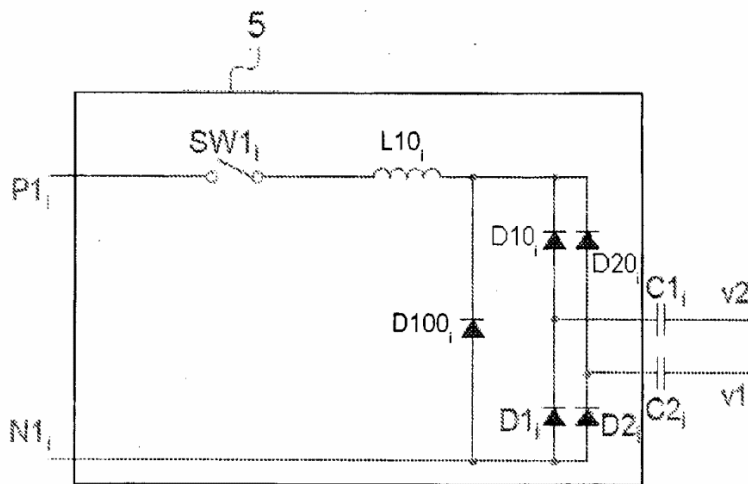


Fig. 13