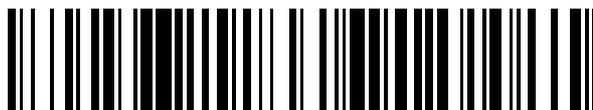


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 466 741**

51 Int. Cl.:

H01M 2/20 (2006.01)

H01M 10/42 (2006.01)

H01M 10/0525 (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.07.2010 E 10729874 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.04.2014 EP 2452384**

54 Título: **Batería de acumuladores con pérdidas reducidas**

30 Prioridad:

08.07.2009 FR 0903358

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

11.06.2014

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:

**BERANGER, BRUNO;
CHATROUX, DANIEL y
DAUCHY, JULIEN**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 466 741 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

Batería de acumuladores con pérdidas reducidas

La invención se refiere a las baterías de acumuladores electroquímicos. Estas pueden ser utilizadas, por ejemplo, en el dominio de los transportes eléctricos e híbridos o en los sistemas embarcados.

5 Un acumulador electroquímico tiene, habitualmente, una tensión nominal del orden de magnitud siguiente:

1,2 V para baterías del tipo de NiMH,

3,3 V para una tecnología de iones de litio y fosfato de hierro, LiFePO₄.

4,2 V para una tecnología del tipo de iones de litio con material de base de óxido de cobalto.

10 Estas tensiones nominales son demasiado débiles en relación con las exigencias de la mayor parte de los sistemas que se han de alimentar. A fin de obtener el nivel de tensión adecuado, se colocan en serie varios acumuladores. Para obtener grandes potencias y capacidades, se colocan varios acumuladores en paralelo. El número de etapas (número de acumuladores en serie) y el número de acumuladores en paralelo en cada etapa varían en función de la tensión, de la corriente y de la capacidad deseadas para la batería. La asociación de varios acumuladores recibe el nombre de batería de acumuladores.

15 A la hora de concebir una batería de acumuladores, se busca suministrar un cierto nivel de potencia bajo una tensión de funcionamiento definida. Para maximizar la potencia, se maximiza la corriente aportada reduciendo en la medida de lo posible la resistencia interna parasita de la batería.

20 Las baterías del tipo de iones de litio resultan muy adecuadas para las aplicaciones de transporte por su capacidad de almacenar una energía importante en una masa pequeña. Entre las tecnologías de baterías de iones de litio, las baterías con material de base de fosfato de hierro ofrecen un alto nivel de seguridad intrínseca con respecto a las baterías de iones de litio con material de base de óxido de cobalto, en detrimento de una energía por masa, o másica, un poco inferior. Por otra parte, las baterías de iones de litio presentan también una tensión mínima por debajo de la cual un acumulador puede sufrir un deterioro.

25 La Figura 1 representa una batería 1 de acumuladores de iones de litio conocida en el estado de la técnica. La batería 1 está compuesta de cuatro etapas Et1, Et2, Et3 y Et4, conectadas en serie. Cada etapa comprende cuatro acumuladores similares, conectados en paralelo. Los bornes de los acumuladores de una misma etapa son conectados entre sí por la intermediación de conexiones eléctricas de gran sección. Cada etapa es igualmente conectada a las etapas adyacentes por la intermediación de conexiones eléctricas de gran sección con el fin de dejar pasar corrientes elevadas correspondientes a la suma de las corrientes de los acumuladores de una etapa.
30 Una o varias cargas están destinadas a ser conectadas a los bornes N y P de la batería 1.

La tensión en los bornes de las cuatro etapas se ha denotado, respectivamente, como U1, U2, U3 y U4. En este esquema, la tensión total U entre los bornes N y P de la batería 1 es la suma de las tensiones U1, U2, U3 y U4. La corriente que atraviesa cada acumulador de la cuarta etapa Et4 se denota, respectivamente, como I1, I2, I3 e I4. La corriente I generada en el borne P de la batería 1 es la suma de las corrientes I1, I2, I3 e I4.

35 Con el fin de proteger la batería 1 de las consecuencias de un cortocircuito en un acumulador, cada acumulador presenta un fusible que se le conecta en serie. Cuando un acumulador forma un cortocircuito, la corriente que lo atraviesa aumenta sensiblemente y hace que se funda su fusible en serie con el fin de proteger el resto de la batería 1. En ausencia de fusible, la disipación de energía en el acumulador en cortocircuito induciría su calentamiento así como el de los otros acumuladores que se descargan. Semejante disipación podría ser la causa de que se declarase un incendio. Las tecnologías de iones de litio con material de base de óxido de cobalto y con material de base de fosfato de hierro están particularmente sujetas a riesgos, puesto que una etapa comprende un gran número de acumuladores en paralelo para almacenar una energía importante. La utilización de fusibles se revela, por tanto, particularmente apropiada para estas tecnologías.

45 Los diferentes acumuladores de una batería de iones de litio no mitigan de forma natural la tensión en sus bornes. Es necesario añadir, para cada etapa, un circuito anexo 2 de equilibrado y de control de carga para que las etapas Et1 a Et4 puedan ser cargadas correctamente. La puesta en serie de cuatro etapas de cuatro acumuladores precisa asociar a cada etapa una función de equilibrado y de control de carga. El circuito 2 gobierna, por tanto, la carga y el equilibrado de cada etapa de la batería 1.

50 La carga de un acumulador se traduce en un crecimiento de la tensión en sus bornes. Se considera que un acumulador está cargado cuando este ha alcanzado un nivel de tensión nominal definido por su proceso electroquímico. Si la carga se interrumpe antes de que se haya alcanzado esta tensión, el acumulador no está completamente cargado.

A lo largo de toda la duración de vida de la batería, pueden aparecer ciertos defectos en ciertos acumuladores que componen la batería. Un defecto en un acumulador se traduce, generalmente, ya sea en la puesta en cortocircuito

del acumulador, ya sea en una puesta en circuito abierto, o en una corriente de fuga importante en el acumulador. Es importante conocer el impacto del fallo de un acumulador en la batería. Una puesta en circuito abierto o en cortocircuito puede provocar un fallo global de toda la batería.

5 En el caso de la aparición de una corriente de fuga importante en un acumulador de una etapa, la batería se comporta como una resistencia que provoca una descarga de los acumuladores de la etapa considerada, hasta cero. Los riesgos de que se declare un incendio son escasos puesto que la energía se disipa de forma relativamente lenta. En la tecnología de iones de litio, la descarga de los acumuladores de la etapa hasta una tensión nula los deteriora, lo que implica su reemplazo, además del del acumulador que falla inicialmente. Cuando un acumulador forma un cortocircuito, los otros tres acumuladores de la etapa van a descargarse inicialmente en este acumulador como consecuencia de la gran sección de las conexiones eléctricas entre ellos. El fusible que está emplazado en serie con el acumulador en cortocircuito interrumpirá la descarga parásita de los otros tres acumuladores.

10 Una tal batería presenta diversos inconvenientes. Los fusibles se han dimensionado para ser atravesados por corrientes importantes y llevan consigo, por lo tanto, un sobrecoste importante. Además, la resistencia interna de los fusibles aumenta las pérdidas por efecto Joule en el interior de la batería, lo que reduce notablemente sus rendimientos en potencia.

15 El documento US 6.051.955 describe una batería de acumuladores que comprende dos ramas conectadas en paralelo. Cada rama comprende 3 acumuladores, conectados en serie. Estos acumuladores son cargados y descargados por la intermediación de dos bornes de salida. Unos transistores de protección están interpuestos entre uno de los bornes de salida y cada rama de acumuladores. Un circuito de vigilancia detecta una carga o una descarga excesiva de los elementos. Si es este el caso, el circuito de vigilancia abre los transistores de protección entre el borne de salida y las ramas de acumuladores.

Cada acumulador de una rama está conectado en paralelo al acumulador de la otra rama. Dos fusibles conectados en serie conectan, de esta forma, dos acumuladores respectivos. El circuito de vigilancia está conectado a cada nodo entre dos fusibles en serie.

25 Esta batería de acumuladores comprende, además, fusibles conectados en serie entre una rama y un transistor de protección.

Semejante batería presenta diversos inconvenientes:

- se inducen importantes pérdidas por efecto Joule por los fusibles en serie y los transistores de protección durante el funcionamiento de la batería;
- 30 - cualquier fallo de un acumulador induce la interrupción inmediata del funcionamiento de la batería por parte del circuito de vigilancia;
- la capacidad de la batería no es la óptima: en carga, el acumulador más cargado interrumpe la carga de la batería cuando los demás acumuladores no han alcanzado aún su carga óptima. En descarga, el acumulador menos cargado interrumpe la descarga cuando los demás acumuladores no han alcanzado su umbral de descarga.

35 El documento WO 2009/021762 describe una batería de acumuladores que comprende dos ramas en paralelo. En un modo de realización, cada rama presenta cuatro acumuladores conectados en serie. Los acumuladores de las dos ramas son de tipos diferentes: la primera rama comprende acumuladores de elevada potencia, en tanto que la segunda rama comprende acumuladores de gran capacidad. Cada acumulador de gran capacidad está conectado en paralelo a un acumulador de elevada potencia por la intermediación de una resistencia. Semejante batería puede, así, responder, a la vez, a picos de demanda de corriente y presentar una gran capacidad.

40 Esta batería presenta, en la práctica, ciertos inconvenientes. Los acumuladores de alta potencia no mejoran notablemente la capacidad de la batería. Por otra parte, la batería no está, en la práctica, protegida de ciertas disfunciones, o funcionamientos defectuosos. De esta forma, un cortocircuito en un acumulador puede inducir una sobreintensidad en el acumulador al que está conectado en paralelo por la intermediación de una resistencia. Al ser, además, los acumuladores de las dos ramas de tipos diferentes, no es contemplable ninguna compensación en caso de fallo de un acumulador.

45 La invención se propone solucionar uno o varios de estos inconvenientes sin alterar el nivel de seguridad procurado por la batería. La invención consiste, así, en una batería de acumuladores que comprende al menos una primera y segunda ramas que presentan, cada una de ellas, al menos unos primer y segundo acumuladores conectados en serie, de tal manera que la batería comprende, además, un disyuntor por la intermediación del cual los primeros acumuladores son conectados en paralelo, y por cuya intermediación los segundos acumuladores son conectados en paralelo. El umbral de corte del disyuntor se ha dimensionado para conducir corriente cuando uno de dichos acumuladores forma un circuito abierto.

55 Según una variante, la batería comprende una tercera rama que presenta unos primer y segundo acumuladores conectados en serie, de tal modo que la batería comprende, además, otro disyuntor, por la intermediación del cual

los primeros acumuladores son conectados en paralelo, y por cuya intermediación los segundos acumuladores son conectados en paralelo.

5 Según otra variante, dichos primeros acumuladores forman una primera etapa de la batería y dichos segundos acumuladores forman una segunda etapa de la batería, comprendiendo la batería, además, un circuito de equilibrado de la carga de los acumuladores, conectado a los bornes de cada etapa.

De acuerdo con aún otra variante, cada junción entre los acumuladores en paralelo está unida al circuito de equilibrado.

De acuerdo con aún otra variante más, los acumuladores de las primera y tercera ramas son no adyacentes, y el circuito de equilibrado está conectado a los bornes de los acumuladores de las primera y tercera ramas.

10 Según una variante, la sección de la junción entre los acumuladores en paralelo es más pequeña que la sección de la junción entre los acumuladores en serie.

Según aún otra variante, el disyuntor comprende una conexión eléctrica fusible.

Según otra variante más, el umbral de corte del disyuntor se ha dimensionado para abrirse cuando uno de dichos acumuladores está en cortocircuito.

15 Según una variante, dichos acumuladores son de un tipo para el que la aplicación de una tensión en sus bornes superior al 15% de su tensión nominal no lleva consigo su destrucción.

De acuerdo con aún otra variante, los acumuladores son del tipo de iones de litio.

De acuerdo con otra variante más, dichas ramas están desprovistas de disyuntores de protección dispuestos en serie con dichos acumuladores.

20 Según otra variante más, la resistencia interna de dichos acumuladores es inferior a la resistencia interna de dicho disyuntor.

Otras características y ventajas de la invención se pondrán de manifiesto claramente por la descripción que se realiza en lo que sigue, a título indicativo y de ningún modo limitativo, con referencia a los dibujos que se acompañan, en los cuales:

- 25 - la Figura 1 es una representación esquemática de una batería del estado de la técnica;
- la Figura 2 es una representación esquemática de un modo de realización de una batería de acuerdo con la invención;
- la Figura 3 representa esquemáticamente corrientes que atraviesan acumuladores de la batería, en funcionamiento normal;
- 30 - la Figura 4 representa esquemáticamente las corrientes en la batería en presencia de un cortocircuito, cuando los disyuntores son desactivados;
- la Figura 5 es una representación esquemática de las corrientes que atraviesan los acumuladores de la batería posteriormente al cortocircuito;
- la Figura 6 es un diagrama que representa perfiles de descarga de la batería;
- 35 - la Figura 7 es una representación esquemática de las corrientes en presencia de un acumulador en circuito abierto;
- las Figuras 8 y 9 son representaciones esquemáticas de otros modos de realización de una batería de acuerdo con la invención;
- la Figura 10 es una vista en perspectiva y fragmentaria de un ejemplo de disposición de acumuladores en otro modo de realización de una batería de acuerdo con la invención; y
- 40 - la Figura 11 es una representación esquemática de otro modo de realización de una batería de acuerdo con la invención.

45 La invención propone una batería que comprende al menos una primera y segunda ramas que presentan, cada una de ellas, al menos un primer y segundo acumuladores conectados en serie, de tal manera que la batería comprende, además, un disyuntor por la intermediación del cual los primeros acumuladores son conectados en paralelo, y por cuya intermediación los segundos acumuladores son conectados en paralelo. El umbral de corte del disyuntor se ha dimensionado para conducir corriente cuando uno de dichos acumuladores forma un circuito abierto.

El disyuntor permite proteger eficazmente los acumuladores de la batería contra sobrecargas cuando se produce un funcionamiento defectuoso, con un coste reducido y con una menor disipación por efecto Joule en funcionamiento normal. Además, el disyuntor permite proseguir con el uso de la batería, al permitir al conjunto de los acumuladores funcionales compensar el fallo de un acumulador en cortocircuito.

5 La Figura 2 representa una batería 4 según un primer modo de realización de la invención. La batería 4 presenta un borne positivo P y un borne negativo N. Podrán conectarse una o varias cargas entre los bornes P y N. La batería 4 comprende varias ramas Br1 a Br5. En el ejemplo ilustrado, la batería 4 comprende cinco ramas. Un índice j corresponderá, por consiguiente, a la rama Br_j. Cada rama Br_j comprende varios acumuladores E_{i,j} conectados en serie, del tipo de iones de litio con material de base de fosfato de hierro. La rama Br₁ comprende los acumuladores E_{1,1}, E_{2,1}, E_{3,1}, E_{4,1} y E_{5,1}. En el ejemplo que se ilustra, cada rama Br_j comprende cinco acumuladores E_{i,j}. Un índice i corresponderá, por consiguiente, a una etapa Et_i que incluye cinco acumuladores pertenecientes, respectivamente, a cada una de las ramas.

10 Los acumuladores de una misma etapa están conectados en paralelo por la intermediación de disyuntores. Se ha designado, generalmente, por disyuntor a un interruptor que permite impedir el paso de la corriente eléctrica y efectuar esta interrupción en el caso de sobrecarga, con el fin de proteger los componentes a los que está conectado.

15 Los acumuladores E_{1,j} de la primera etapa Et₁ están conectados en paralelo. Los acumuladores E_{1,j} están conectados por su borne positivo al borne P de la batería 4. La conexión de estos bornes positivos al borne P se lleva a cabo, de forma ventajosa, por unos conectadores de gran sección, ya que esta conexión tiene una función de colector de las corrientes paralelas de las diferentes ramas. Los bornes negativos de los acumuladores E_{1,j} de la primera etapa Et₁ están conectados unos con otros por la intermediación de disyuntores. Así, el disyuntor D_{2,1} conecta el borne negativo del acumulador E_{1,1} al borne negativo del acumulador E_{1,2}.

20 Los acumuladores E_{2,j} de la segunda etapa Et₂ están igualmente conectados en paralelo. Los acumuladores E_{3,j} de la tercera etapa Et₃, por una parte, y los acumuladores E_{4,j} de la cuarta etapa Et₄, por otra parte, están igualmente conectados en paralelo. Para cada una de estas etapas intermedias, los bornes positivos de los acumuladores de una misma etapa están conectados entre sí por la intermediación de disyuntores, y sus bornes negativos están igualmente conectados unos con otros por la intermediación de disyuntores.

25 Como se ha ilustrado, cada disyuntor se utiliza para una conexión en paralelo para dos etapas adyacentes (dos etapas que comparten nodos de conexión). Así, el disyuntor D_{2,1} se utiliza para conectar en paralelo los acumuladores E_{1,1} y E_{1,2}, pero, igualmente, para conectar en paralelo los acumuladores E_{2,1} y E_{2,2}.

30 Los acumuladores E_{5,j} de la quinta etapa Et₅ están conectados en paralelo. Los bornes positivos de los acumuladores E_{5,j} de la quinta etapa Et₅ están conectados unos con otros por la intermediación de disyuntores. De esta forma, el disyuntor D_{5,1} conecta el borne positivo del acumulador E_{5,1} al borne positivo del acumulador E_{5,2}. Los acumuladores E_{5,j} están conectados por su borne negativo al borne N de la batería 4. La conexión de estos bornes negativos al borne N se realiza, ventajosamente, mediante unos conectadores de gran sección, puesto que esta conexión tiene una función de introducción de las corrientes paralelas en las diferentes ramas.

35 Un circuito de carga y de equilibrado 5 está conectado a los bornes de cada una de las etapas. El experto en la materia determinará un circuito 5 adecuado para realizar el equilibrado de las tensiones de los acumuladores de cada etapa y administrar la carga de cada uno de los acumuladores.

40 La corriente que atraviesa un acumulador E_{i,j} se denota como I_{i,j}. La corriente que atraviesa un disyuntor D_{i,j} se denota como I_{d,i,j}. La tensión en los bornes de una etapa i se denota como U_i. La corriente intercambiada por los bornes positivos de una etapa i con el circuito de carga y de equilibrado 5 se denota como I_{eq(i)}.

45 Un disyuntor se define como un dispositivo de protección eléctrica cuya función es interrumpir o limitar muy fuertemente (por ejemplo, en un factor de 100) la corriente eléctrica que lo atraviesa, en el caso de sobrecarga en un circuito eléctrico. El dimensionamiento de los disyuntores del ejemplo ilustrado se detallará ulteriormente.

50 La Figura 3 representa un ejemplo teórico de batería 4 en funcionamiento normal, en presencia de una carga 3 conectada entre sus bornes P y N. La carga 3 se ha asimilado a una resistencia de 0,2 Ohm. Cada acumulador se ha asimilado a una fuente de tensión de 3,3 V en serie con una resistencia de 0,01 Ohm (representativa de su resistencia interna). Los disyuntores se han asimilado a resistencias de 0,0150 Ohm cuyo umbral de corte es de 6 A. La conexión entre los acumuladores en serie de una misma rama se ha dimensionado de manera adecuada para resistir la corriente nominal de la rama.

55 Los acumuladores se encuentran, en este ejemplo, a su carga máxima y presentan, todos ellos, una carga idéntica. Así, ninguna corriente atraviesa los disyuntores. Se constata, de esta forma, que, en funcionamiento normal, los disyuntores no inducen pérdidas por efecto Joule, ya que las corrientes que los atraviesan son nulas. Las pérdidas por efecto Joule en el interior de la batería 4 son, aquí, inducidas únicamente por la resistencia interna de los acumuladores. La eficacia en potencia de la batería es, de esta forma, optimizada. Cada rama es atravesada por una corriente de 15,7 A, que induce una corriente de 78,5 A (valores redondeados) a través de la carga 3.

Los disyuntores se han dispuesto en las conexiones en paralelo entre los acumuladores. En funcionamiento normal, estas conexiones no deben ser recorridas si no por corrientes reducidas en el momento de la carga o del equilibrado de los diferentes acumuladores (en particular, al final de la carga de la batería 4). Las corrientes que atraviesan los disyuntores en funcionamiento normal permanecen siempre inferiores a su umbral de corte. En consecuencia, el dimensionamiento de los disyuntores utilizados puede ser netamente inferior al que sería necesario para disyuntores dispuestos en serie. Puede constatarse, igualmente, que el número de disyuntores utilizados es inferior al que sería necesario para disyuntores en serie. El coste de la batería 4 se ve, así, notablemente reducido.

A fin de garantizar una protección óptima de los acumuladores, los disyuntores tienen un umbral de corte que es inferior a la corriente de carga o de descarga máxima tolerada por un acumulador. En este ejemplo, el umbral de corte es de 6 A y es netamente inferior a la corriente de 15,7 A que atraviesa cada uno de los acumuladores de la Figura 3.

La Figura 4 ilustra valores teóricos de corriente, en la hipótesis en que el acumulador $E_{3,3}$ formaría un cortocircuito y en ausencia de corte por parte de los disyuntores. Suponiendo que la corriente de carga o de descarga máxima de un acumulador sea de 30 A, se constata que todos los acumuladores de la tercera etapa serían susceptibles de verse deteriorados. Se constata que las conexiones paralelas entre los acumuladores se someten a corrientes más o menos importantes. Los disyuntores $D_{2,2}$, $D_{2,3}$, $D_{3,2}$, $D_{3,3}$, $D_{4,2}$, $D_{4,3}$, $D_{5,2}$ y $D_{5,3}$ serían atravesados por corrientes superiores a su umbral de corte.

De esta forma, como se ha ilustrado en la Figura 5, los disyuntores $D_{2,2}$, $D_{2,3}$, $D_{3,2}$, $D_{3,3}$, $D_{4,2}$, $D_{4,3}$, $D_{5,2}$ y $D_{5,3}$ se abren como consecuencia de las sobreintensidades inducidas por el acumulador $E_{3,3}$. Las sobreintensidades son, así, limitadas en el tiempo, lo que elimina cualquier riesgo de que se declare un incendio por calentamiento de un acumulador. Durante una fase transitoria, como consecuencia de una resistencia menor en la rama 3, esta es recargada por las otras ramas hasta que los niveles de tensión de las diferentes ramas se equilibran. Esta corriente negativa permite cargar los acumuladores $E_{1,3}$, $E_{2,3}$, $E_{4,3}$ y $E_{5,3}$ hasta una tensión de 3,88 V con el fin de compensar el fallo del acumulador $E_{3,3}$ en cortocircuito. Esta sobretensión no produce ningún deterioro en los acumuladores con material de base de fosfato de hierro, para los cuales la degradación del electrolito se produce generalmente más allá de 4,5 V. Podrán utilizarse, igualmente, otros tipos de acumuladores que soportan una tensión entre sus bornes superior a su tensión nominal. Se podrán utilizar, en particular, acumuladores de un tipo para el cual la aplicación de una tensión a sus bornes superior en el 15% a su tensión nominal no lleva consigo su destrucción. Cuanto más importante sea el número de etapas en la batería, más se limitará la sobretensión aplicada a un acumulador con respecto a su tensión nominal cuando se produce un cortocircuito. Al final de la carga de los acumuladores de la rama Br_3 por parte de los acumuladores de las otras ramas, la corriente que atraviesa esta rama es nula. En este momento, las ramas Br_1 , Br_2 , Br_3 y Br_4 son atravesadas por una corriente de 19,4 A, inferior a la corriente nominal de 30 A de los acumuladores. Los acumuladores de las diferentes ramas están, por tanto, bien protegidos de las sobretensiones inducidas por un cortocircuito en uno de los acumuladores. Las corrientes transversales $I_{t,j}$ son nulas. La corriente que atraviesa la carga 3 es de 77,6 A, es decir, un valor próximo a la corriente en funcionamiento normal de la batería 4. Una vez que los acumuladores de la rama Br_3 se han recargado, esta rama puede, igualmente, suministrar una corriente de menor amplitud para alimentar la carga 3.

La Figura 6 representa perfiles de descarga de la batería 4, respectivamente en funcionamiento normal (trazo continuo) y en presencia de un acumulador en cortocircuito (trazo discontinuo). Se constata que la tensión entre los bornes N y P de la batería 4 a plena carga se mantiene en un mismo nivel. En el caso de un fallo de un acumulador, el umbral límite de descarga S de la batería 4 se alcanza más pronto, en un instante T2. En funcionamiento normal, este umbral de descarga no se alcanza sino en un instante T1. El rendimiento de la batería 4 se ve, así, reducido en presencia del fallo. El circuito 3 podrá detectar el fallo de un acumulador al constatar una bajada de la duración de la descarga por debajo de un umbral predefinido. Este fallo puede ser señalizado al usuario de la batería 4 para avisarle de la necesidad de una reparación. La batería 4 sigue siendo, sin embargo, capaz de funcionar durante varios ciclos de carga / descarga antes de su reparación. Habiendo impedido los disyuntores un deterioro de otros acumuladores, la reparación podrá consistir en cambiar únicamente el acumulador que ha fallado.

La Figura 7 ilustra la batería 4 en el momento de un fallo de un acumulador que forma un circuito abierto o un cortocircuito, que se produce en el acumulador $E_{3,3}$. Los disyuntores forman conexiones en paralelo que permiten a otros acumuladores compensar el fallo del acumulador $E_{3,3}$. Los disyuntores $D_{2,1}$, $D_{2,4}$, $D_{5,1}$ y $D_{5,4}$ son atravesados por una corriente de 0,5 A. Los disyuntores $D_{3,1}$, $D_{3,4}$, $D_{4,1}$ y $D_{4,4}$ son atravesados por una corriente de 0,9 A. Los disyuntores $D_{2,2}$, $D_{2,3}$, $D_{5,2}$ y $D_{5,3}$ son atravesados por una corriente de 1,4 A. Los disyuntores $D_{3,2}$, $D_{3,3}$, $D_{4,2}$ y $D_{4,3}$ son atravesados por una corriente de 5,3 A. De esta forma, ninguna de las corrientes que atraviesan los disyuntores sobrepasa el umbral de corte de estos disyuntores. Así, el conjunto de los acumuladores capaces de funcionar se descargan, y la capacidad de la batería 4 se ve, así, reducida en pequeña medida. La batería 4 sigue, por tanto, en funcionamiento durante un cierto número de ciclos de carga / descarga. Los acumuladores $E_{1,j}$ de la primera etapa Et_1 son atravesados, respectivamente, por corrientes de 16,6 A, 15,7 A, 13,6 A, 15,7 A y 16,6 A, inferiores al límite nominal de cada uno de estos acumuladores.

El circuito 5 podrá identificar el fallo del acumulador $E_{3,3}$, en particular, como consecuencia de la descarga más rápida de la etapa Et_3 . Este fallo puede ser señalizado al usuario de la batería 4 para indicarle la necesidad de una reparación.

El dimensionamiento de los disyuntores se lleva a cabo, ventajosamente, de manera que un acumulador en cortocircuito induce un corte por al menos un disyuntor, y de modo que un acumulador en circuito abierto lleva consigo corrientes en los diferentes disyuntores que no inducen corte.

5 En el ejemplo ilustrado en las Figuras 3 a 7, el circuito 5 está conectado a las ramas Br_1 a Br_4 por la intermediación de los nodos de la rama Br_5 . Después del corte de los disyuntores para aislar una rama que incluye un acumulador que ha fallado, las ramas que se encuentran más allá ya no están conectadas al circuito 5 y no pueden ya ser equilibradas. En los ejemplos de fallo que se han ilustrado en las Figuras 4 a 7, las ramas Br_1 y Br_2 ya no son equilibradas por el circuito 5.

10 La Figura 8 ilustra un modo de realización de una batería 4 que soluciona este inconveniente. El principio de este modo de realización consiste en conectar entre sí los nodos de una misma etapa de ramas opuestas. De esta forma, los nodos de las ramas Br_1 y Br_5 se conectan entre sí, respectivamente, por la intermediación de los disyuntores D_2 a D_5 . El circuito 5 puede, así, proceder a la carga y al equilibrado de todas las ramas que no han fallado, incluso en presencia de una rama que ha fallado. Puede contemplarse, igualmente, la conexión de dos acumuladores no adyacentes de una misma etapa al circuito de equilibrado 5.

15 La Figura 9 representa otro modo de realización en el cual los bornes de los acumuladores de una misma etapa están, todos ellos, conectados a un mismo borne del circuito 5. Semejante conexión permite facilitar el equilibrado de carga llevado a cabo por el circuito 5. Además, una tal conexión resulta particularmente ventajosa cuando cada etapa está formada por varios acumuladores repartidos radialmente para formar una batería de forma sensiblemente cilíndrica, como se ha ilustrado en la Figura 10. Las líneas de puntos corresponden a las conexiones eléctricas en serie entre las diferentes etapas de la batería 4.

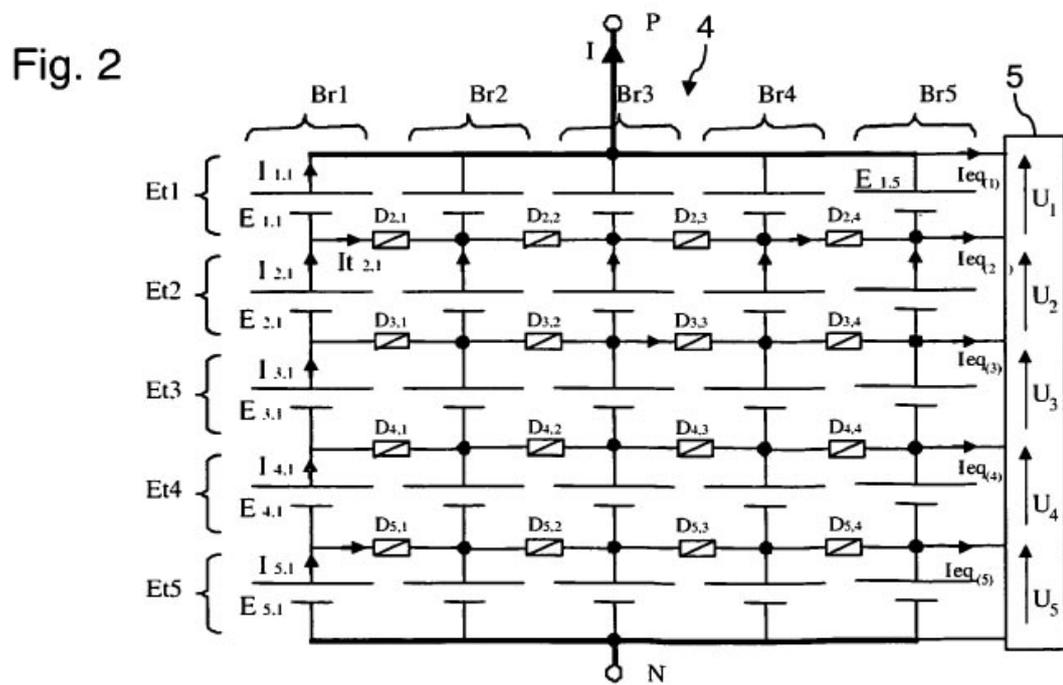
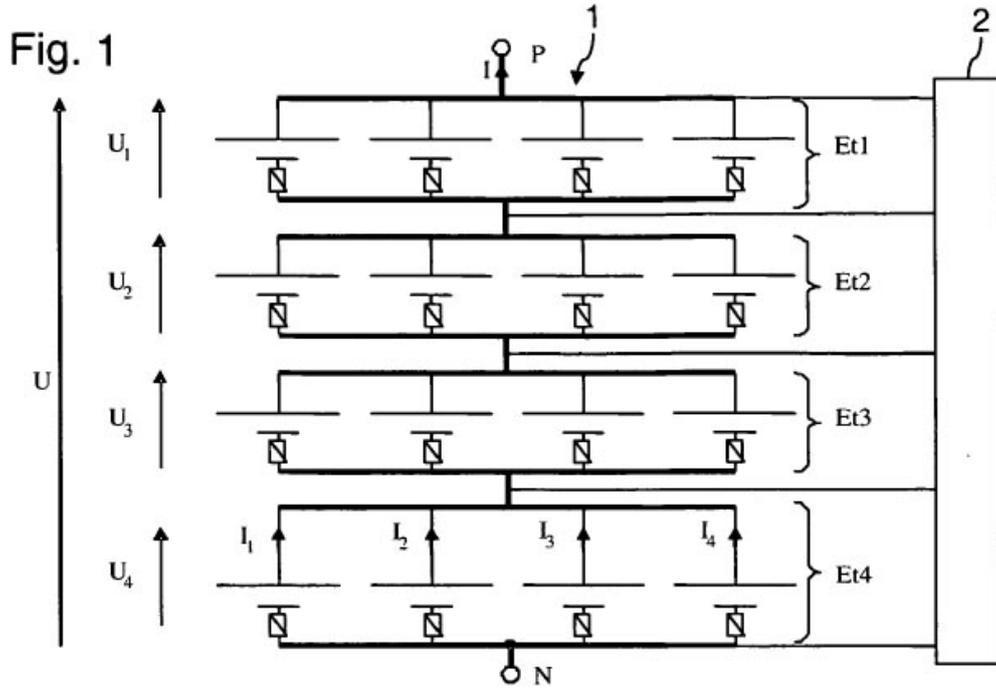
20 La Figura 11 es una representación esquemática de otro modo de realización de una batería 4 de acumuladores de acuerdo con la invención. Como en el ejemplo de la Figura 8, los nodos de las ramas Br_1 y Br_5 están conectados entre sí, respectivamente, por la intermediación de los disyuntores D_2 a D_5 con el fin de proceder a la carga y al equilibrado de todas las ramas que no han fallado, incluso en presencia de una rama que ha fallado. El circuito 5 está conectado a los bornes de cada etapa de acumuladores, por la intermediación de unas conexiones $L1$ a $L6$. Por otra parte, el circuito 5 presenta una conexión directa (conexión que no pasa por la intermediación de un nodo de conexión entre dos acumuladores) con cada una de las ramas $Br1$ a $Br5$, que se produce en los nodos $N2$ a $N5$. Los nodos $N2$ a $N5$ conectados directamente al circuito 5 conectan en serie dos acumuladores de una misma rama. De esta forma, para cualquier rama, puede determinarse la tensión entre un tal nodo y el borne P, así como la tensión entre dicho nodo y el borne N. De este modo, podrá identificarse en qué rama existe un acumulador en circuito cerrado o en cortocircuito. Un acumulador en circuito cerrado inducirá, en particular, una modificación de la tensión entre el nodo y el borne N, así como una modificación de la tensión entre el nodo y el borne P. En el ejemplo ilustrado, cada conexión del circuito 5 a un nodo $N2$ a $N5$ permite, de esta manera, determinar la rama que ha fallado y, a la vez, proceder a la carga de una etapa de la batería 4.

35 La resistencia de las conexiones en paralelo de los acumuladores (por ejemplo, la resistencia interna de los disyuntores) es, ventajosamente, superior a la resistencia interna de los acumuladores. Se limita, de este modo, la amplitud de las corrientes en los acumuladores antes de que los disyuntores induzcan un corte. Se limita, igualmente, la incidencia del fallo de un acumulador en las ramas distantes. Cuando el circuito 5 está conectado a los nodos de una sola rama, se limita el valor de la resistencia de los disyuntores con el fin de evitar incrementar en una medida demasiado grande el tiempo de carga de las ramas distantes del circuito 5.

40 Los disyuntores ilustrados son, a propósito, fusibles. La sección conductora de un fusible se funde en presencia de una corriente superior a su umbral nominal. Pueden utilizarse, por supuesto, otros tipos de disyuntores. Se podrá, en particular, utilizar disyuntores de tipo susceptible de rearmarse. Podrán, igualmente, utilizarse disyuntores del tipo de CTP (de coeficiente de temperatura positivo, cuya resistencia crece fuerte y bruscamente con la temperatura). El aumento de la resistencia de un tal disyuntor permite limitar la corriente que lo atraviesa a valores muy pequeños, lo que lleva consigo una disipación sin fusión de la energía producida por efecto Joule. Si el defecto en el origen de la corriente en el disyuntor desaparece, el disyuntor recupera progresivamente su grado de conducción inicial. Disyuntores del tipo de CTP se encuentran, en particular, disponibles en el mercado.

REIVINDICACIONES

- 5 1.- Una batería de acumuladores (4), caracterizada por que comprende al menos unas primera y segunda ramas (Br_1 , Br_2), que presentan, cada una de ellas, al menos unos primer ($E_{1,1}$, $E_{1,2}$) y segundo ($E_{2,1}$, $E_{2,2}$) acumuladores conectados en serie, de tal manera que la batería comprende, además, un disyuntor ($D_{2,1}$) por la intermediación del cual los primeros acumuladores están conectados en paralelo, y por cuya intermediación los segundos acumuladores están conectados en paralelo, de tal manera que el umbral de corte del disyuntor está dimensionado para conducir corriente cuando uno de dichos acumuladores forma un circuito abierto.
- 10 2.- Una batería de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende una tercera rama (Br_3) que presenta unos primer ($E_{1,3}$) y segundo ($E_{2,3}$) acumuladores conectados en serie, de tal modo que la batería (4) comprende, además, otro disyuntor ($D_{2,2}$) por la intermediación del cual los primeros acumuladores están conectados en paralelo, y por cuya intermediación los segundos acumuladores están conectados en paralelo.
- 15 3.- Una batería de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en la que dichos primeros acumuladores forman una primera etapa de la batería, y en la cual dichos segundos acumuladores forman una segunda etapa de la batería, comprendiendo la batería, además, un circuito (5) de equilibrado de la carga de los acumuladores, conectado a los bornes de cada etapa.
- 4.- Una batería de acuerdo con la reivindicación 3, en la cual cada junción entre los acumuladores en paralelo esta unida al circuito de equilibrado (5).
- 20 5.- Una batería de acuerdo con las reivindicaciones 2 y 3, en la que los acumuladores de las primera y tercera ramas (Br_1 , Br_3) son no adyacentes, y en la cual el circuito de equilibrado (5) está conectado a los bornes de los acumuladores de las primera y tercera ramas.
- 6.- Una batería de acuerdo con la reivindicación 3, en la cual el circuito de equilibrado (5) está conectado a cada una de las ramas por un nodo de cada rama que conecta en serie dos acumuladores de la rama.
- 7.- Una batería de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la cual la sección de la junción entre los acumuladores en paralelo es inferior a la sección de la junción entre los acumuladores en serie.
- 25 8.- Una batería de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la cual el disyuntor comprende una conexión eléctrica fusible.
- 9.- Una batería de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la cual el umbral de corte del disyuntor se ha dimensionado para abrirse cuando uno de dichos acumuladores está en cortocircuito.
- 30 10.- Una batería de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la cual dicho acumuladores son de un tipo para el que la aplicación de una tensión a sus bornes superior en el 15% a su tensión nominal no induce su destrucción.
- 11.- Una batería de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la cual los acumuladores son del tipo de iones de litio.
- 35 12.- Una batería de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la cual dichas ramas están desprovistas de disyuntores de protección dispuestos en serie con dichos acumuladores.
- 13.- Una batería de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la cual la resistencia interna de dichos acumuladores es inferior a la resistencia interna de dicho disyuntor.



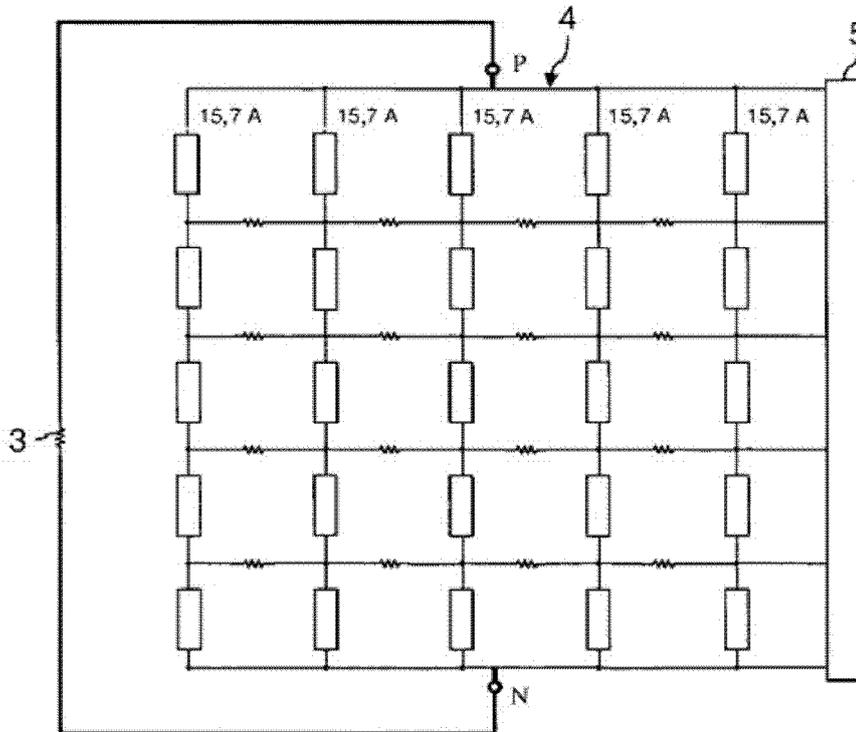


Fig. 3

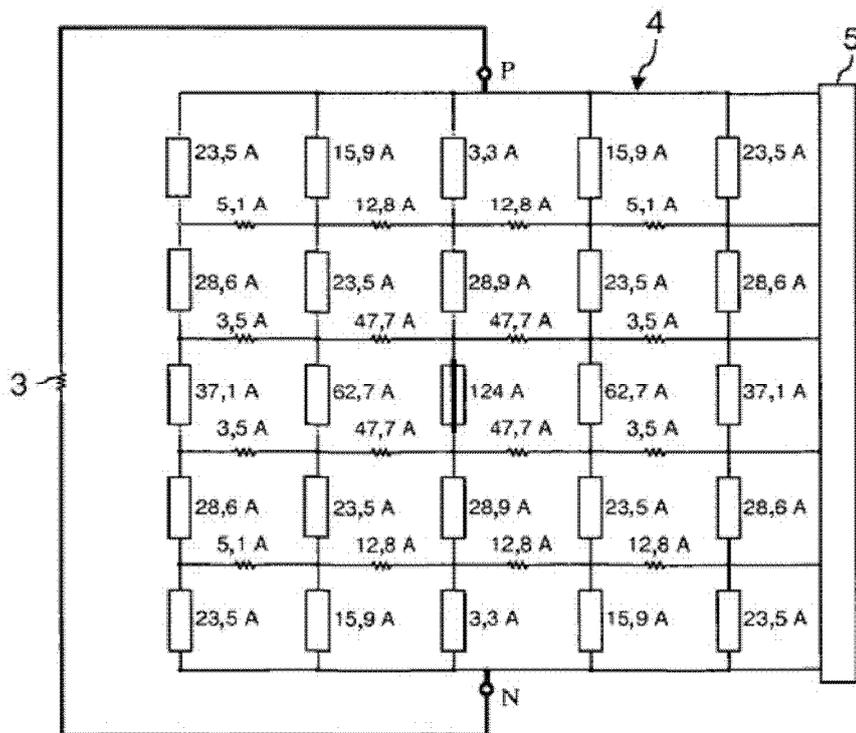


Fig. 4

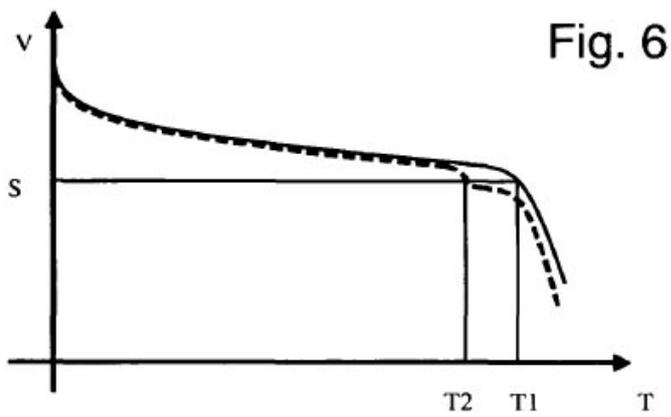
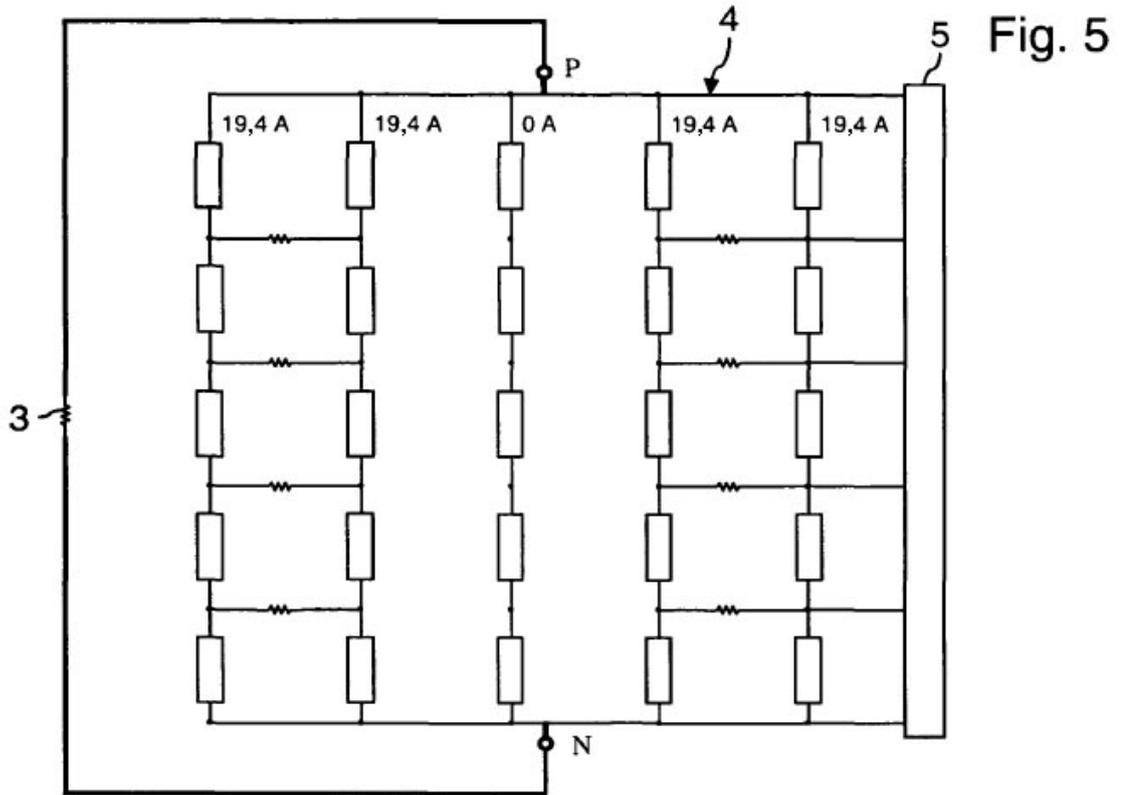


Fig. 7

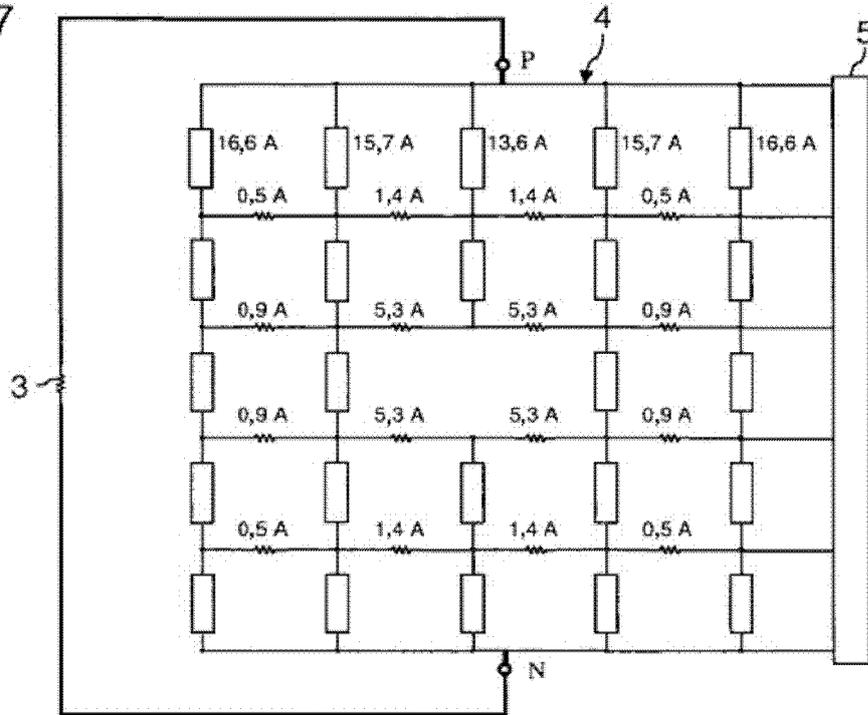


Fig. 8

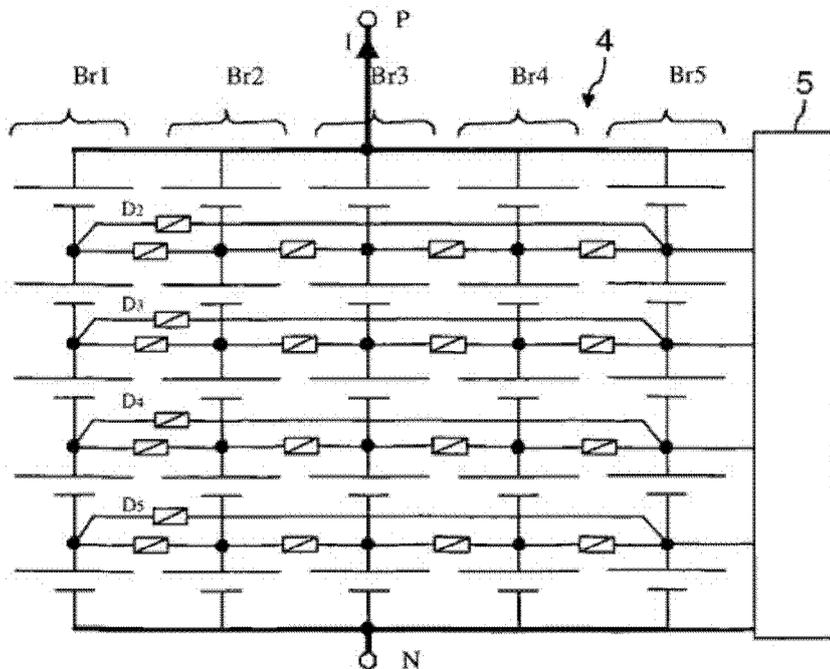


Fig. 9

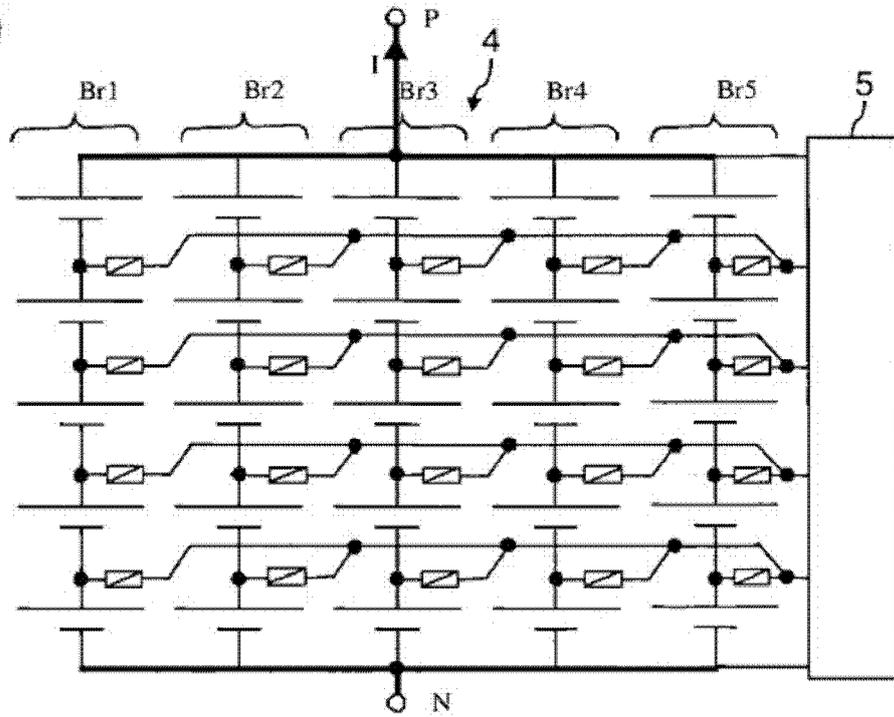


Fig. 10

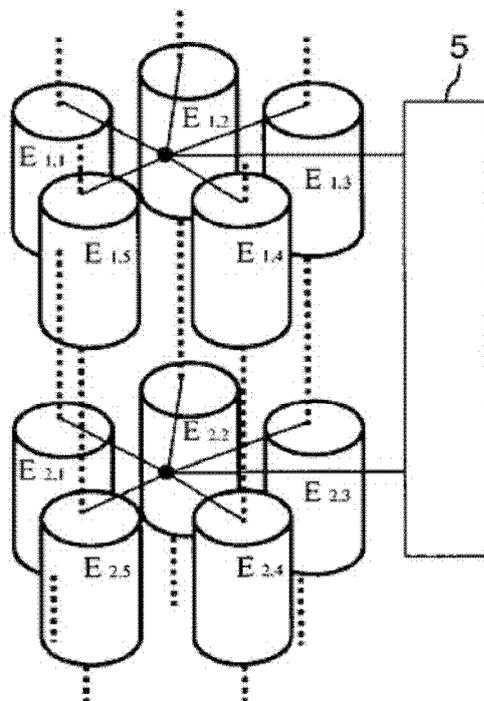


Fig. 11

