

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 447 745**

51 Int. Cl.:

H02M 3/158 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.01.2005 E 05405001 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.11.2013 EP 1553686**

54 Título: **Alimentación de corriente continua de alta tensión así como procedimiento para operar una alimentación de corriente continua de alta tensión de este tipo**

30 Prioridad:

06.01.2004 CH 82004

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

12.03.2014

73 Titular/es:

**PL TECHNOLOGIES AG (100.0%)
Chaltenbodenstrasse 8
8834 Schindellegi , CH**

72 Inventor/es:

**ALEX, JÜRGEN y
BADER, MICHAEL**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 447 745 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

Alimentación de corriente continua de alta tensión así como procedimiento para operar una alimentación de corriente continua de alta tensión de este tipo

5

Campo técnico

La presente invención se refiere al campo de la técnica de alimentación con corriente. Se refiere a una alimentación de corriente continua de alta tensión según el preámbulo de la reivindicación 1 así como a un procedimiento para operar una alimentación de corriente continua de alta tensión de este tipo.

10

Estado de la técnica

Desde hace ya mucho tiempo se han desarrollado para emisores de radio de alta potencia de amplitud modulada, que estaban equipados con un tubo de electrones en la etapa final de alta frecuencia, amplificadores de modulación en forma de los denominados amplificadores PSM (*Pulse Step Modulation*, modulación por pasos de impulsos), que al mismo tiempo proporcionan la tensión anódica para la válvula de salida y que amplifican la señal de baja frecuencia y la aplican con modulación a la tensión anódica (véase por ejemplo el documento US-A-4,403,197). La señal de baja frecuencia se aproxima a este respecto mediante una función escalonada que resulta de la estructura del amplificador PSM. El amplificador PSM está compuesto por una pluralidad de fuentes de tensión continua conmutables (módulos, etapas) que para sumar sus tensiones de salida están conectadas en serie. A este respecto las fuentes modulares de tensión continua o etapas de conexión pueden estar ponderadas de manera binaria. Sin embargo, también pueden ser idénticas en cuanto a la estructura y el diseño. La variante mencionada en primer lugar tiene la ventaja de que con relativamente pocos módulos se pueda generar un gran número de niveles de tensión. Sin embargo, con respecto a la resistencia de los módulos se dan diferencias extremas. La variante mencionada en último lugar tiene la ventaja de que los módulos individuales se puedan fabricar de manera más económica mediante la fabricación en serie, de que los módulos individuales estén relativamente poco cargados en caso de una clasificación lo suficientemente fina de las etapas, y de que en caso de que fallen algunas etapas, otras etapas puedan asumir su función sin que se produzcan pérdidas considerables con respecto a la calidad de transmisión (redundancia).

15

20

25

30

Dado que los amplificadores PSM en caso de un diseño adecuado de los módulos representan fuentes controlables de corriente continua de alta tensión con tensiones de salida de varios 10 kV y corrientes con más de 100 A, que debido a su estructura modular también se pueden desconectar rápidamente, también se han propuesto y empleado como tales en el pasado: así se conoce por el documento EP-A1-0 134 505 utilizar una conexión comparable con el amplificador PSM como alimentación de corriente continua de alta tensión con una protección frente a sobrecorriente.

35

En el documento EP-A1-0 563 543 se ha propuesto emplear una alimentación de corriente continua de alta tensión con una estructura modular para la alimentación de tensión de un tubo de girotrón en experimentos de fusión de plasma, proporcionándose diferentes niveles de tensión mediante tomas intermedias en la conexión en serie de los módulos.

40

Una estructura constructiva especial de una alimentación de corriente continua de alta tensión modular con una tensión de salida superior a 100 kV se describe en el documento EP-A1-0 905 872.

45

Últimamente se ha propuesto (J. Alex et al., *The High Voltage Power Supply for the Alcator C-MOD Lower Hybrid Heating System*, 22º simposio sobre tecnología de fusión, Helsinki, 9 a 13 de septiembre de 2002) emplear una alimentación de corriente con una estructura según la técnica PSM con una tensión de salida de 50 kV con corrientes con más de 200 A para la alimentación de varios klistrones conectados en paralelo. El esquema de conexión simplificado de la disposición global de la alimentación de tensión de klistrones se reproduce en la figura 1. La estructura a modo de ejemplo de un módulo individual o de una etapa individual se representa en la figura 2.

50

La alimentación de corriente continua de alta tensión 10 conocida de la figura 1 comprende una pluralidad de módulos M1' a Mn' (en el presente caso es válido n=68). Cada uno de los módulos M1',..., Mn' contiene una fuente de tensión continua Q1,...,Qn que se puede aplicar mediante un interruptor (interruptor semiconductor) S1,..., Sn a los bornes de salida del respectivo módulo. Entre los bornes de salida de cada módulo se sitúa un diodo (diodo libre) D1,..., Dn polarizado en la dirección de bloqueo. Los módulos M1',..., Mn' están conectados en serie con sus bornes de salida a través de una red de inductancias y resistencias de modo que se suman las tensiones de salida de los módulos individuales. La tensión de salida sumada de la alimentación de corriente continua de alta tensión 10 se suministra a través de un primer cable de conexión (triaxial) 11, una caja de conexiones de alta tensión 12 conectada entre medias con un dispositivo de medición 15 que se encuentra dentro de la misma, y un segundo cable de conexión 13, a la carga 14 que comprende una pluralidad de klistrones conectados en paralelo, de los que se presentan dos (K1 y K2) en la figura 1.

60

65

Como interruptor S1,..., Sn se emplean en los módulos M1',..., Mn' pares de dos IGBT (*Insulated Gate Bipolar Transistor*, transistor bipolar de puerta aislada) conectados en paralelo, de los que cada uno está diseñado para una tensión de 1700 V y una corriente de 200 A. La tensión de salida de cada módulo M1',..., Mn' varía entre 800 V y 1150 V. Según la figura 2 la fuente de tensión continua del módulo individual Mx' se forma mediante un rectificador en puente de corriente trifásica 18 con un siguiente condensador Cx, que rectifica la corriente trifásica presente en la entrada de tensión 19 trifásica. La conexión a la red de corriente trifásica se controla a través de un contactor 21 y se asegura mediante fusibles 20. La activación del interruptor (IGBT) Sx se realiza mediante una unidad de activación 16 que se alimenta a través de un transformador de red 22 desde la red y que intercambia comandos de control y respuestas a través de líneas de control de fibras ópticas con un dispositivo de control central no mostrado. Entre los bornes de salida se sitúa el diodo antiparalelo Dx ya mencionado.

Tal como se puede ver en la figura 1 existen en el circuito de carga inductancias del orden de magnitud de $2 \times 500 \mu\text{H}$ (por delante y por detrás del cable de conexión 11) y $68 \times 10 \mu\text{H}$ (en cada caso $10 \mu\text{H}$ en cada uno de los 68 módulos o etapas), es decir, en total aproximadamente de 1,68 mH. Las capacitancias de los cables de conexión 11 y 13 ascienden juntas a aproximadamente 10 nF. En caso de una tensión de salida de 50 kV se acumulan en la capacitancia de cable aproximadamente 12 J. En caso de una corriente de 208 A a través de la carga 14 están acumulados en las inductancias aproximadamente 36 J. De forma conjunta esto proporciona una energía acumulada de aproximadamente 48 J. En particular esta energía acumulada lleva a los problemas descritos a continuación:

La mayoría de las cargas eléctricas alimentadas con una alimentación de corriente PSM (en la mayoría de los casos tubos o aceleradores de iones) pueden tener saltos de chispas en su interior. Sin embargo, estos saltos de chispas no deben llevar a un daño de la carga. Por tanto la alimentación de corriente PSM debe limitar la energía de cortocircuito a valores típicos entre 5 y 20 J. La protección se realiza en las instalaciones conocidas hasta el momento por que se desconectan inmediatamente todos los IGBT en los módulos individuales en caso de un desencadenamiento de protección. No existe un dispositivo de palanca especial.

Normalmente todos los sistemas PSM, igual que el representado en la figura 1, tienen ahora en el circuito de salida o circuito de carga un filtro LC. Sin inductancia no es posible realizar un PSM resistente frente a cortocircuitos. En caso contrario, la tasa de cambio de corriente di/dt dentro del retardo de desconexión sería tan elevada que los IGBT se llevarían completamente a una saturación de corriente. Una capacitancia se da o bien de forma parásita (principalmente capacitancias de cable, véase anteriormente) o, si es necesario, en forma de condensadores discretos adicionales.

Tal como ya se mencionó anteriormente, tanto las capacitancias como las inductancias acumulan energías. Normalmente las energías acumuladas de forma capacitiva e inductiva son del mismo orden de magnitud. Sin embargo, ahora resulta que la energía acumulada de forma capacitiva en el caso de un cortocircuito se puede eliminar fácilmente mediante una conexión de supresor y por tanto no resulta dañina para la carga.

Sin embargo, las inductancias son más críticas. En el caso de un cortocircuito la corriente sigue aumentando durante el retardo de desconexión. A continuación fluye a través del circuito de funcionamiento libre formado mediante los diodos libres antiparalelos. A este respecto las inductancias emiten su energía principalmente al cortocircuito y a los diodos libres en el circuito. Según las relaciones de tensión se puede emitir hasta aproximadamente un 50 % de la energía al cortocircuito. Esto ya resulta muy crítico en parte.

Además, este sistema no tiene ninguna tolerancia frente a errores: si en la desconexión un IGBT individual en un módulo no se desconecta, entonces esto ya es suficiente para dejar el arco eléctrico en salto de chispas. Entonces la energía es tan elevada que la carga se puede destruir sin más.

En el documento DE 35 45 772 se describe una disposición de conexión de un amplificador de etapas que se emplea por ejemplo como filtro activo en la alimentación de corriente magnética de aceleradores de partículas o como amplificador de modulación semiconductor en emisores y que está compuesto por una conexión en serie de varias etapas de amplificador.

Las etapas individuales representan en cada caso una conexión de puente asimétrica que se alimenta por una fuente de tensión continua con dos interruptores semiconductores y dos diodos. A este respecto la fuente de tensión emite energía o absorbe energía según el estado de conexión de los interruptores semiconductores. De este modo se pueden compensar con una alta precisión oscilaciones armónicas de una alimentación de corriente en caso de un número suficientemente elevado de etapas de amplificador de este tipo. Con respecto al riesgo de un cortocircuito en la carga no se da a conocer nada en el documento DE 35 45 772. Sin embargo, debido a la disposición de conexión la energía de cortocircuito no se limita, lo que puede llevar a daños irreversibles en la carga.

Exposición de la invención

El objetivo de la invención es por tanto crear una alimentación de corriente continua de alta tensión según el principio de PSM que elimine los inconvenientes que aparecen en las alimentaciones conocidas y que se caracterice en particular por un funcionamiento seguro en el caso de un cortocircuito, sin renunciar a las ventajas relacionadas

con el principio de PSM. Además el objetivo de la invención es indicar un procedimiento seguro para operar una alimentación de corriente continua de alta tensión de este tipo.

5 El objetivo se consigue mediante la totalidad de las características de las reivindicaciones 1 y 10. La esencia de la invención consiste en que al menos una parte de los módulos que forman la alimentación PSM se pueden conmutar a un modo operativo en el que absorben energía del circuito de carga. Mediante esta propiedad de los módulos es posible de este modo privar de manera controlada el circuito de carga de energía en el caso de un cortocircuito al conmutar un determinado número de módulos al modo operativo correspondiente. De este modo se puede reducir la cantidad de la energía acumulada en el circuito de carga hasta que no pueda causar daños adicionales.

10 Preferiblemente esta propiedad de la alimentación se consigue por que los módulos que se pueden conmutar a un modo operativo que absorbe energía están configurados como convertidores de cuadrantes múltiples. Una forma de realización especialmente sencilla y eficaz se caracteriza por que los módulos que se pueden conmutar a un modo operativo que absorbe energía están configurados como un convertidor de dos cuadrantes con una inversión de tensión, por que los módulos configurados como convertidores de dos cuadrantes con una inversión de tensión presentan en cada caso una fuente de tensión continua, con respecto a la que están conectadas en paralelo una primera rama con una conexión en serie de un primer diodo polarizado en la dirección de bloqueo y de un primer interruptor, y una segunda rama con una conexión en serie de un segundo interruptor y de un segundo diodo polarizado en la dirección de bloqueo, y por que las dos salidas de los módulos están conectadas en cada caso entre el primer interruptor y el primer diodo o entre el segundo interruptor y el segundo diodo.

15 La alimentación de corriente continua de alta tensión es especialmente eficaz cuando según un perfeccionamiento preferido de la invención los primeros y segundos interruptores están configurados como interruptores semiconductores, en particular como IGBT.

25 Cuando sólo una parte de los módulos se pueden conmutar a un modo operativo que absorbe energía resulta conveniente cuando esté previsto un dispositivo de control que a través de líneas de control desconecta los módulos y/o los conmuta a un modo operativo que absorbe energía en el caso de un cortocircuito.

30 Cuando todos los módulos están configurados de manera idéntica resulta conveniente cuando esté previsto un dispositivo de control que en el caso de un cortocircuito en los módulos abre opcionalmente uno de los dos interruptores o ambos interruptores a través de líneas de control.

35 Cuando según una configuración preferida todos los módulos están configurados de manera idéntica se obtienen las ventajas de una producción en serie y de una redundancia o tolerancia frente a errores con respecto a funciones erróneas en los módulos individuales.

40 Para que en cualquier caso se pueda conectar una circulación libre sin una alimentación auxiliar resulta ventajoso cuando entre las salidas de los módulos que se pueden conmutar a un modo operativo que absorbe energía esté dispuesto un dispositivo para crear un paso, en particular un contacto de apertura de un contactor.

45 Para obtener aproximadamente una tensión nula en la salida en la desconexión en el estado sin corriente resulta ventajoso cuando entre las salidas de los módulos que se pueden conmutar a un modo operativo que absorbe energía esté dispuesta una resistencia de carga base.

50 Una configuración preferida del procedimiento según la invención está caracterizada por que los módulos que se pueden conmutar a un modo operativo que absorbe energía están configurados como convertidores de dos cuadrantes con una inversión de tensión que en cada caso presentan una fuente de tensión continua, con respecto a la que están conectadas en paralelo una primera rama con una conexión en serie de un primer diodo polarizado en la dirección de bloqueo y de un primer interruptor, y una segunda rama con una conexión en serie de un segundo interruptor y de un segundo diodo polarizado en la dirección de bloqueo, y estando conectadas las dos salidas de los módulos en cada caso entre el primer interruptor y el primer diodo o entre el segundo interruptor y el segundo diodo, y por que para conmutar los módulos al modo operativo que absorbe energía se abren los dos interruptores.

55 Una configuración adicional del procedimiento según la invención está caracterizada por que todos los módulos están configurados como convertidores de dos cuadrantes con una inversión de tensión que en cada caso presentan una fuente de tensión continua, con respecto a la que están conectadas en paralelo una primera rama con una conexión en serie de un primer diodo polarizado en la dirección de bloqueo y de un primer interruptor, y una segunda rama con una conexión en serie de un segundo interruptor y de un segundo diodo polarizado en la dirección de bloqueo, y estando conectadas las dos salidas de los módulos en cada caso entre el primer interruptor y el primer diodo o entre el segundo interruptor y el segundo diodo, y por que durante la desconexión rápida para desconectar los módulos se abre uno de los dos interruptores, y se abren los dos interruptores para conmutar los módulos al modo operativo que absorbe energía.

65

Breve explicación de las figuras

La invención se explicará a continuación en más detalle mediante ejemplos de realización en relación con el dibujo. Muestran

- 5 la figura 1, un esquema de conexión simplificado de una alimentación de corriente continua de alta tensión conocida para una pluralidad de klistrones conectados en paralelo;
- 10 la figura 2, el esquema de conexión simplificado de un módulo o de una etapa de conexión de la alimentación de corriente continua de alta tensión conocida de la figura 1;
- 15 la figura 3, una secuencia (A a D) de diferentes estados de conexión o funcionamiento (normales) de un módulo de una alimentación de corriente continua de alta tensión según un ejemplo de realización preferido de la invención así como los desarrollos asociados de la tensión de salida (V_{out}) y de las tensiones de control (V1 y V2) de los dos interruptores (transistores) del módulo;
- 20 la figura 4, el estado de funcionamiento del módulo de la figura 3, en el que ambos interruptores están desconectados y el módulo absorbe energía del circuito de salida (inversión de tensión);
- 25 la figura 5, el esquema de conexión simplificado de una alimentación de corriente continua de alta tensión según un ejemplo de realización preferido de la invención con una carga conectada y las inductancias y capacitancias del circuito de salida o de carga así como un dispositivo de control para los módulos; y
- la figura 6, un esquema de conexión simplificado de un módulo para una alimentación de corriente continua de alta tensión según un ejemplo de realización preferido adicional de la invención, estando previstos entre las salidas del módulo adicionalmente medios para conectar una circulación libre y para asegurar una tensión nula en la salida.

Modos de llevar a cabo la invención

30 En la figura 5 se reproduce el esquema de conexión simplificado de una alimentación de corriente continua de alta tensión según un ejemplo de realización preferido de la invención con una carga conectada y las inductancias y capacitancias del circuito de salida o de carga así como un dispositivo de control para los módulos. La alimentación de corriente continua de alta tensión 30 comprende una pluralidad de módulos o etapas de conexión M1 ,... , Mn que
 35 están conectados en serie con sus salidas de la manera característica de la configuración PSM. Las tensiones de salida sumadas de los módulos M1,... , Mn se aplican a una carga 14. Además de la carga 14 se sitúa en el circuito de salida una inductancia L (como suma de las diferentes inductancias parásitas e incorporadas de manera intencionada) así como una capacitancia C (principalmente la suma de las capacitancias de potencia). En el ejemplo de realización de la figura 5 todos los módulos M1,... , Mn están contruidos de la misma manera, es decir, están
 40 diseñados y son adecuados para la conmutación a un modo operativo que absorbe energía. Sin embargo, también es concebible en el marco de la invención sólo construir una parte de los módulos de la manera mostrada en la figura 5, y diseñar los módulos restantes de la manera convencional mostrada en las figuras 1 o 2. Es importante que exista un número suficiente de módulos novedosos para poder absorber suficiente energía del circuito de salida en el caso de la desconexión rápida.

45 Los módulos individuales M1,... , Mn de la figura 5 están diseñados como convertidores de corriente continua para la operación de dos cuadrantes con una inversión de tensión o como convertidores de dos cuadrantes con una inversión de tensión. Esto se consigue mediante una configuración en la que con respecto a una fuente de corriente continua (Qx en las figuras 4 o 6) se conectan en paralelo una primera rama con una conexión en serie de un primer diodo antiparalelo D1x o D11,... , D1n y de un primer interruptor S1 x o S11,... , S1n, y una segunda rama con una
 50 conexión en serie de un segundo interruptor S2x o S21,... , S2n y de un segundo diodo antiparalelo D2x o D21,... , D2n. Las salidas 23, 24 de los módulos M1,... , Mn están conectadas en cada caso a las ramas entre el interruptor y el diodo antiparalelo. Para los interruptores S11,... , S1n y S21,... , S2n se emplean preferiblemente IGBT (véase también la figura 3) que en el funcionamiento normal se activan por un dispositivo de control 26 (figura 5) mediante líneas de control 27 correspondientes (de fibras ópticas) con tensiones de control V1, V2 (figura 3). El dispositivo de control 26 está conectado con un dispositivo de detección de cortocircuitos 25 dispuesto en el circuito de salida (circuito de carga) e, inicia dado el caso, una desconexión rápida de la alimentación de corriente continua de alta
 55 tensión 30 cuando se detecta un cortocircuito en el circuito de salida.

60 En la figura 3 se representa la conexión de secuencia de un módulo o de una etapa de conexión en el funcionamiento normal. Se pasa sucesivamente por cuatro estados diferentes A, B, C, D en la secuencia. La corriente que pasa de una salida 24 a través del módulo a la otra salida 23 está dibujada con su trayecto en cada caso como línea gruesa. El desarrollo temporal de la tensión de salida V_{out} y de las tensiones de control V1 y V2 para los dos interruptores semiconductores se reproduce en la parte inferior de la figura 3.

65

En el estado A el primer interruptor (tensión de control V1) está desconectado, en cambio el segundo interruptor (tensión de control V2) está conectado. La corriente fluye en la libre circulación por el segundo interruptor y el primer diodo antiparalelo D1. La fuente de tensión continua no está implicada. El módulo está desconectado de manera convencional.

5 En el estado B los dos interruptores están conectados. La corriente pasa por los dos interruptores a través de la fuente de tensión continua. El módulo está conectado de manera habitual y contribuye con V_{out} a la tensión de salida sumada de la alimentación.

10 En el estado C el segundo interruptor (tensión de control V2) está desconectado, en cambio el primer interruptor (tensión de control V1) está conectado. La corriente pasa en la libre circulación por el segundo diodo antiparalelo D2 y el primer interruptor. La fuente de tensión continua no está implicada. El módulo está desconectado de manera habitual.

15 En el estado D están conectados de nuevo los dos interruptores. La corriente pasa (tal como en el estado B) por los dos interruptores a través de la fuente de tensión continua. El módulo está conectado de manera convencional y contribuye con V_{out} a la tensión de salida sumada de la alimentación.

20 En el funcionamiento normal, tal como se representa mediante la secuencia de conexión representada en la figura 3, se puede partir de un comportamiento de sistema idéntico en comparación con una alimentación PSM convencional. En cambio, existen diferencias en cuanto a la desconexión rápida: en el caso de una desconexión rápida de la alimentación de corriente continua de alta tensión 30 según la figura 5 básicamente se desconecta en todos los módulos M1,..., Mn al menos un interruptor o IGBT. Adicionalmente también se desconecta el segundo interruptor o IGBT en algunas hasta en todas las etapas. Entonces resulta el estado de funcionamiento representado en la figura 4. Los interruptores S1x y S2x están desconectados. La corriente fluye entonces en el módulo Mx de una salida 24 a la otra salida 23 sólo a través de los diodos D1x y D2x y en la dirección inversa a través de la fuente de tensión continua Qx. Entonces la tensión de salida del módulo es negativa (inversión de tensión). El módulo Mx funciona como sumidor de potencia y absorbe energía del circuito de salida. Para ordenar esta desconexión rápida se requiere además de las líneas de control convencionales un conductor de luz de mando adicional con respecto a cada módulo.

La desconexión rápida con una alimentación según la invención ofrece las siguientes ventajas:

- La tensión negativa de los módulos (etapas) controlados de manera inversa (es decir, en una inversión de tensión) se produce en primer lugar en las inductancias. De este modo éstos se descargan de manera más rápida (tensión elevada = tasa de cambio de corriente di/dt elevada).
- La energía acumulada en las inductancias se emite al circuito intermedio (equivale al condensador Cx en la figura 2) de los módulos (etapas) controlados de manera inversa.
- Si uno o algunos pocos módulos (etapas) son defectuosos y siguen generando una tensión positiva, éstos deben funcionar en contra de la tensión de los módulos controlados de manera inversa. De este modo el sistema aún se puede desconectar en el caso de un cortocircuito siempre que haya más módulos que se controlan de manera inversa que módulos defectuosos. Por tanto el sistema es tolerante frente a errores.

45 Básicamente se podrían conectar inmediatamente de manera inversa todos los módulos M1,..., Mn en la desconexión rápida (los dos interruptores S1x y S2x están desconectados). Sin embargo, entonces se produciría una tensión negativa igual a la suma de todas las tensiones de circuito intermedio de los módulos M1,..., Mn. Esta tensión puede ser muy elevada, y concretamente con un importe mayor que la tensión máxima de trabajo. El caso es que la alimentación de corriente continua de alta tensión 30 siempre tiene una cierta reserva de regulación, es decir, tiene más módulos de los que realmente son absolutamente necesarios. Por tanto tampoco se conectan nunca todos los módulos al mismo tiempo en la dirección hacia delante. Por tanto puede resultar ventajoso sólo controlar de manera inversa una parte previamente determinada de los módulos M1,..., Mn en el caso de un cortocircuito.

55 Otra particularidad se refiere a la protección de módulos o etapas. En los módulos conocidos según la figura 2 no es crítico cuando un módulo esté completamente desconectado. La función de libre circulación a través del diodo antiparalelo (Dx) en la salida es posible sin una conexión activa de un IGBT. Éste ya no es el caso en un módulo del tipo representado en la figura 4. Por tanto resulta conveniente implementar funciones de protección adicionales.

60 Una posibilidad de la protección consiste según la figura 6 en disponer entre las dos salidas 23, 24 del módulo Mx un contacto de apertura 29 de un contactor 28. De este modo se puede conectar una libre circulación del módulo sin una alimentación auxiliar.

65 Para conseguir en el estado sin corriente aproximadamente una tensión nula en las salidas 23, 24 a la hora de desconectar el módulo Mx resulta ventajoso además aplicar una resistencia de carga base 31 entre las salidas 23, 24.

Finalmente puede resultar ventajoso prever además una función de seguridad que independientemente del comando de inversión al módulo conmuta el módulo al funcionamiento de libre circulación en caso de una tensión de circuito intermedio demasiado elevada. Esto es necesario para proteger el circuito intermedio del módulo frente a una sobretensión en el caso de un conductor de luz defectuoso para el comando de inversión.

5

Lista de números de referencia

| | | |
|----|-------------------|--|
| | 10, 30 | Alimentación de corriente continua de alta tensión |
| | 11, 13 | Cable de conexión |
| 10 | 12 | Caja de conexión de alta tensión |
| | 14 | Carga |
| | 15 | Dispositivo de medición |
| | 16 | Unidad de activación (módulo) |
| | 17 | Línea de control (de fibras ópticas) |
| 15 | 18 | Rectificador en puente |
| | 19 | Entrada de tensión (trifásica) |
| | 20 | Fusible |
| | 21 | Contactador |
| | 22 | Transformador de red (unidad de activación) |
| 20 | 23, 24 | Salida (conexión) |
| | 25 | Dispositivo de detección de cortocircuitos |
| | 26 | Dispositivo de control |
| | 27 | Línea de control (de fibras ópticas) |
| | 28 | Contactador |
| 25 | 29 | Contacto de apertura (contactor) |
| | 31 | Resistencia de carga base |
| | C | Capacitancia |
| | Cx | Condensador |
| | D1,..., Dn | Diodo |
| 30 | D11,..., D2n | Diodo |
| | D1x, D2x | Diodo |
| | K1, K2 | Klitrón |
| | L | Inductancia |
| | M1,..., Mn, Mx | Módulo |
| 35 | M1',..., Mn', Mx' | Módulo |
| | Q;Q1,...,Qn, Qx | Fuente de tensión continua |
| | S1,..., Sn | Interruptor |
| | S11,..., S2n | Interruptor (IGBT) |
| 40 | S1x, S2x | Interruptor (IGBT) |

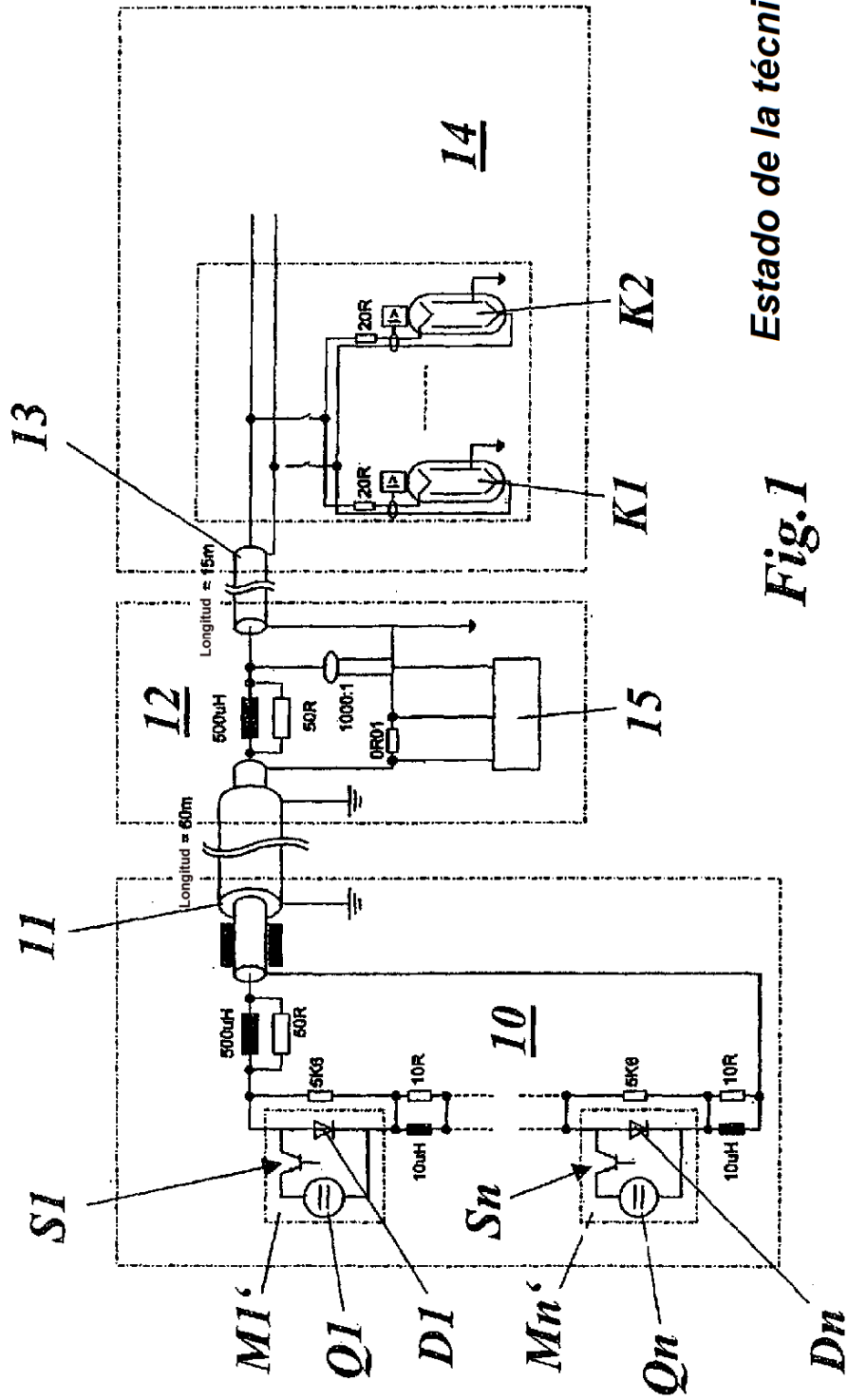
REIVINDICACIONES

1. Alimentación de corriente continua de alta tensión (30), con una pluralidad de módulos conectados en serie (Mx; M1,..., Mn), que en cada caso están configurados como convertidores de corriente continua, sumándose las tensiones de salida de los módulos (Mx; M1,..., Mn) en la conexión en serie, y estando aplicada la tensión de suma así formada en una carga (14) formando un circuito de carga, y pudiendo conmutarse al menos una parte de los módulos (Mx; M1,..., Mn) a un modo operativo en el que absorben energía del circuito de carga, **caracterizada por que** está previsto un dispositivo de control (26) que en el caso de un cortocircuito conmuta a través de líneas de control (27) al menos una parte de los módulos (Mx; M1,..., Mn), que se pueden conmutar a un modo operativo que absorbe energía, al modo operativo que absorbe energía.
2. Alimentación de corriente continua de alta tensión según la reivindicación 1, **caracterizada por que** en el caso de un cortocircuito el dispositivo de control (26) desconecta los módulos restantes a través de las líneas de control (27).
3. Alimentación de corriente continua de alta tensión según las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizada por que** los módulos que se pueden conmutar a un modo operativo que absorbe energía están configurados como convertidores de cuadrantes múltiples.
4. Alimentación de corriente continua de alta tensión según la reivindicación 3, **caracterizada por que** los módulos que se pueden conmutar a un modo operativo que absorbe energía están configurados como convertidores de dos cuadrantes con inversión de tensión.
5. Alimentación de corriente continua de alta tensión según la reivindicación 4, **caracterizada por que** los módulos configurados como convertidores de dos cuadrantes con una inversión de tensión presentan en cada caso una fuente de tensión continua (Qx; Q1,..., Qn), con respecto a la que están conectadas en paralelo una primera rama con una conexión en serie de un primer diodo (D1x; D11,..., D1n) polarizado en la dirección de bloqueo y de un primer interruptor (S1x; S11,..., S1n), y una segunda rama con una conexión en serie de un segundo interruptor (S2x; S21,..., S2n) y de un segundo diodo (D2x; D21,..., D2n) polarizado en la dirección de bloqueo, y por que las dos salidas (23, 24) de los módulos están conectadas en cada caso entre el primer interruptor (S1x; S11,..., S1 n) y el primer diodo (D1x; D11,..., D1n) o entre el segundo interruptor (S2x; S21,..., S2n) y el segundo diodo (D2x; D21,..., D2n).
6. Alimentación de corriente continua de alta tensión según la reivindicación 5, **caracterizada por que** los interruptores primero y segundo (S1x; S11,..., S1 n; S2x; S21,..., S2n) están configurados como interruptores semiconductores, en particular como IGBT.
7. Alimentación de corriente continua de alta tensión según una de las reivindicaciones 5 y 6, **caracterizada por que** está previsto un dispositivo de control (26) que en el caso de un cortocircuito en los módulos (Mx; M1,..., Mn) abre opcionalmente uno de los dos interruptores (S1x; S11,..., S1n; S2x; S21,..., S2n) o ambos interruptores (S1x; S11,..., S1n; S2x; S21,..., S2n) a través de líneas de control (27).
8. Alimentación de corriente continua de alta tensión según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizada por que** todos los módulos (Mx; M1,..., Mn) tienen la misma estructura.
9. Alimentación de corriente continua de alta tensión según la reivindicación 5, **caracterizada por que** entre las salidas (23, 24) de los módulos que se pueden conmutar a un modo operativo que absorbe energía está dispuesto un contacto de apertura (29) de un contactor (28).
10. Alimentación de corriente continua de alta tensión según la reivindicación 5, **caracterizada por que** entre las salidas (23, 24) de los módulos que se pueden conmutar a un modo operativo que absorbe energía está dispuesta una resistencia de carga base (31).
11. Procedimiento para operar una alimentación de corriente continua de alta tensión según una de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado por que** al aparecer un cortocircuito en el circuito de carga se realiza una desconexión rápida de la alimentación de corriente continua de alta tensión (30), y por que durante la desconexión rápida se desconecta una parte de los módulos (Mx; M1,..., Mn) y al menos una parte de los módulos que se pueden conmutar a un modo operativo que absorbe energía se conmutan al modo operativo que absorbe energía.
12. Procedimiento según la reivindicación 11, **caracterizado por que** los módulos que se pueden conmutar a un modo operativo que absorbe energía están configurados como convertidores de dos cuadrantes con inversión de tensión, que en cada caso presentan una fuente de tensión continua (Qx; Q1,..., Qn), con respecto a la que están conectadas en paralelo una primera rama con una conexión en serie de un primer diodo (D1x; D11,..., D1n) polarizado en la dirección de bloqueo y de un primer interruptor (S1x; S11,..., S1n), y una segunda rama con una conexión en serie de un segundo interruptor (S2x; S21,..., S2n) y de un segundo diodo (D2x; D21,..., D2n) polarizado en la dirección de bloqueo, y estando conectadas las dos salidas (23, 24) de los módulos en cada caso entre el primer interruptor (S1x; S11,..., S1n) y el primer diodo (D1x; D11,..., D1n) o entre el segundo interruptor (S2x; S21,...,

S2n) y el segundo diodo (D2x; D21,..., D2n), y por que para conmutar los módulos al modo operativo que absorbe energía se abren los dos interruptores (S1x; S11,..., S1n; S2x; S21,..., S2n).

5 13. Procedimiento según la reivindicación 11, **caracterizado por que** todos los módulos (Mx; M1,..., Mn) están configurados como convertidores de dos cuadrantes con inversión de tensión, que en cada caso presentan una
10 fuente de tensión continua (Qx; Q1,..., Qn), con respecto a la que están conectadas en paralelo una primera rama con una conexión en serie de un primer diodo (D1x; D11,..., D1 n) polarizado en la dirección de bloqueo y de un primer interruptor (S1x; S11,..., S1n), y una segunda rama con una conexión en serie de un segundo interruptor (S2x; S21,..., S2n) y de un segundo diodo (D2x; D21,..., D2n) polarizado en la dirección de bloqueo, y estando conectadas
15 las dos salidas (23, 24) de los módulos en cada caso entre el primer interruptor (S1x; S11,..., S1 n) y el primer diodo (D1x; D11,..., D1n) o entre el segundo interruptor (S2x; S21,..., S2n) y el segundo diodo (D2x; D21,..., D2n), y por que durante la desconexión rápida para desconectar los módulos se abre uno de los dos interruptores (S1x; S11,..., S1n; S2x; S21,..., S2n), y para conmutar los módulos al modo operativo que absorbe energía se abren los dos interruptores (S1x; S11,..., S1n; S2x; S21,..., S2n).

15



Estado de la técnica

Fig.1

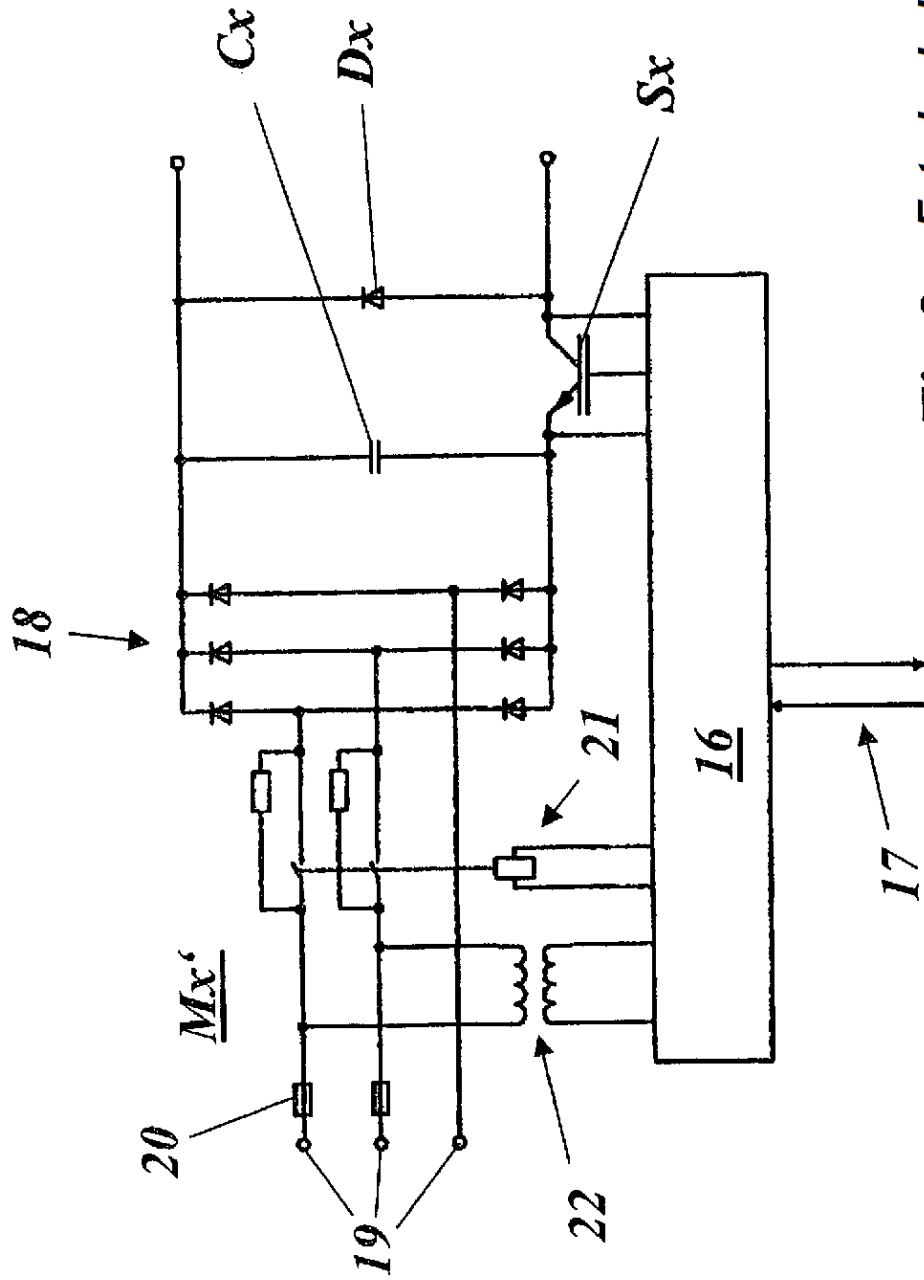


Fig.2 Estado de la técnica

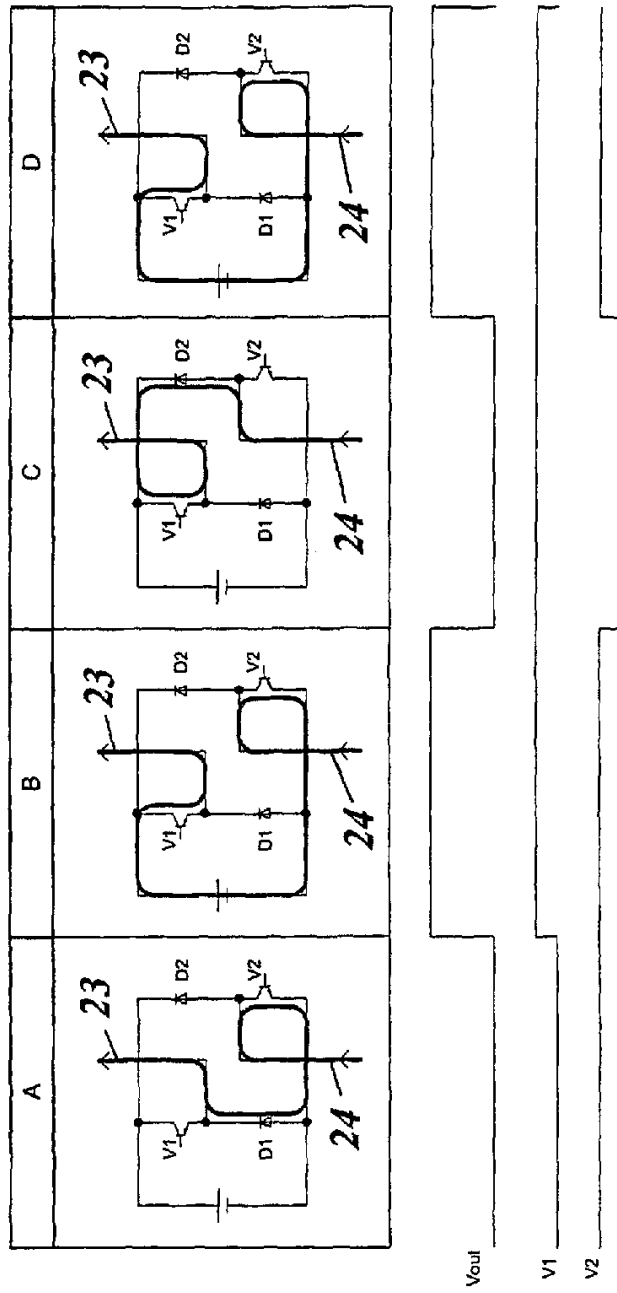


Fig.3

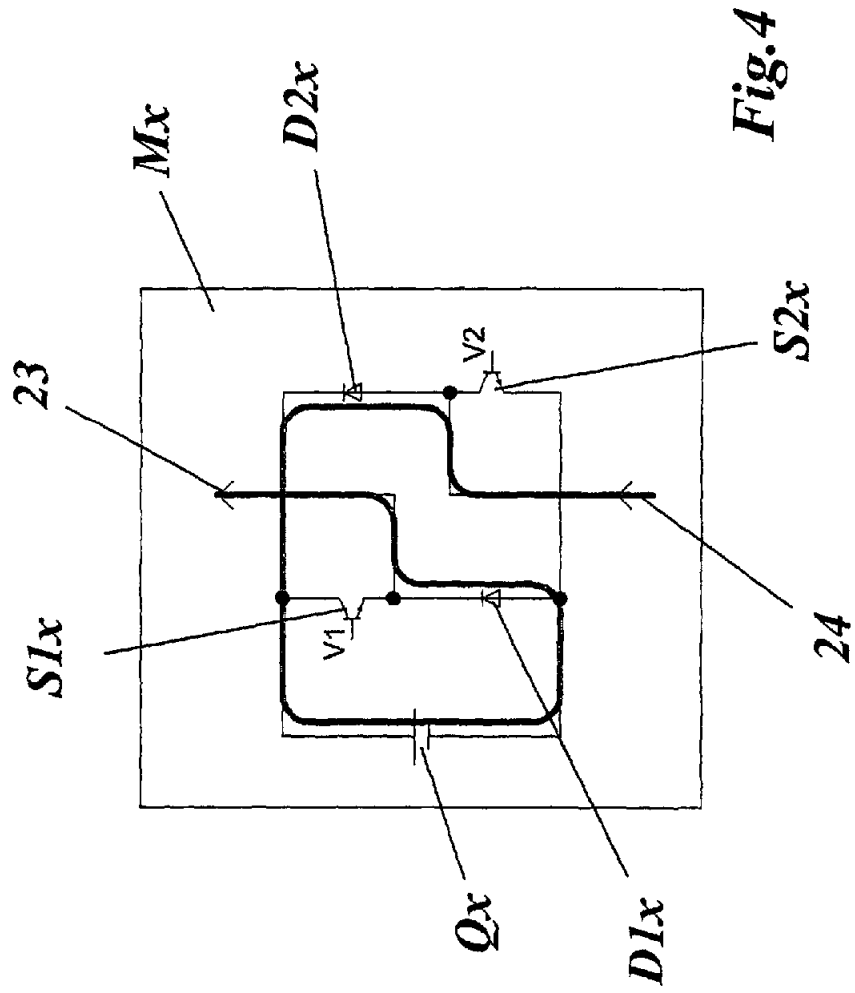


Fig.4

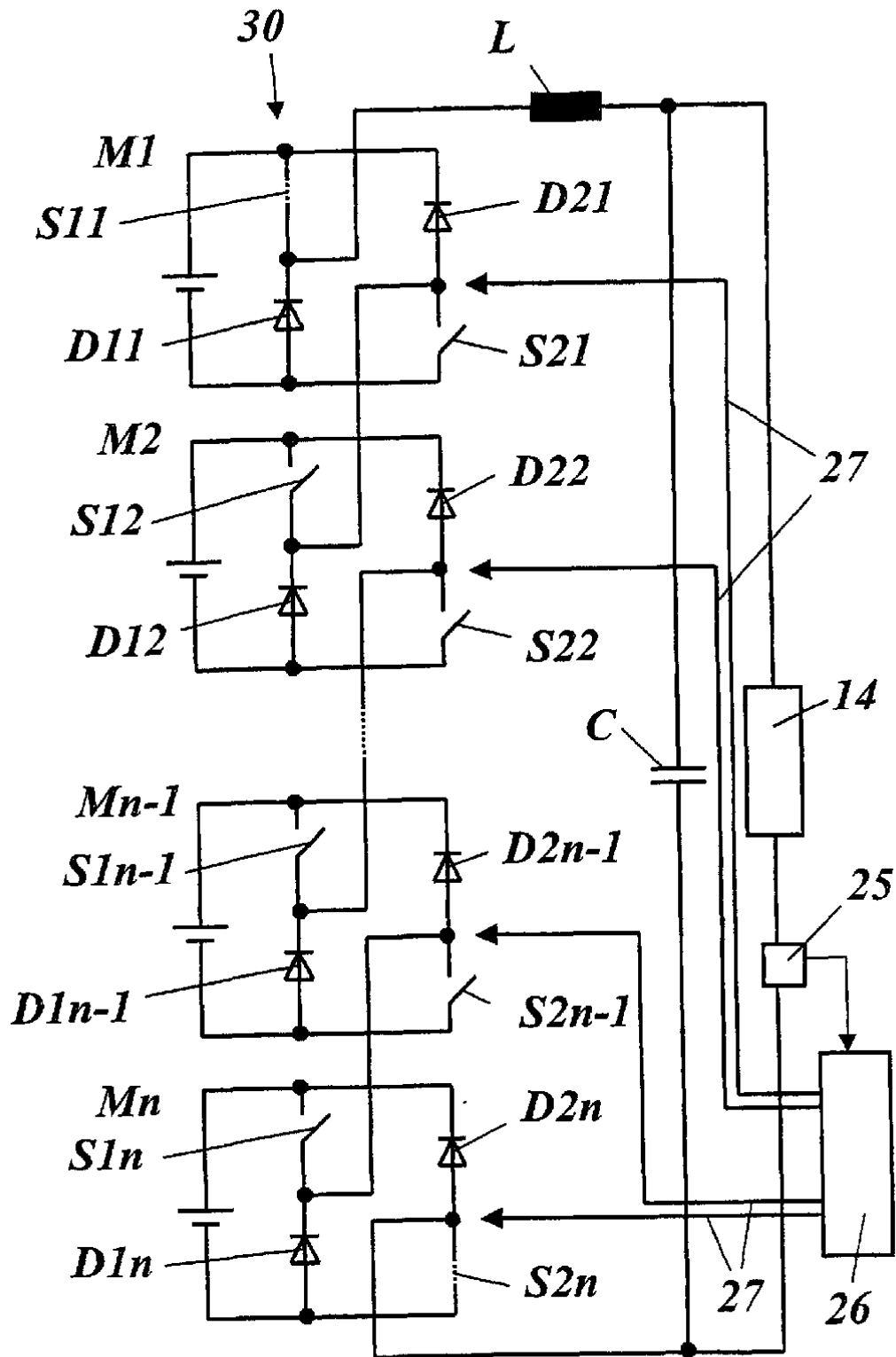


Fig.5

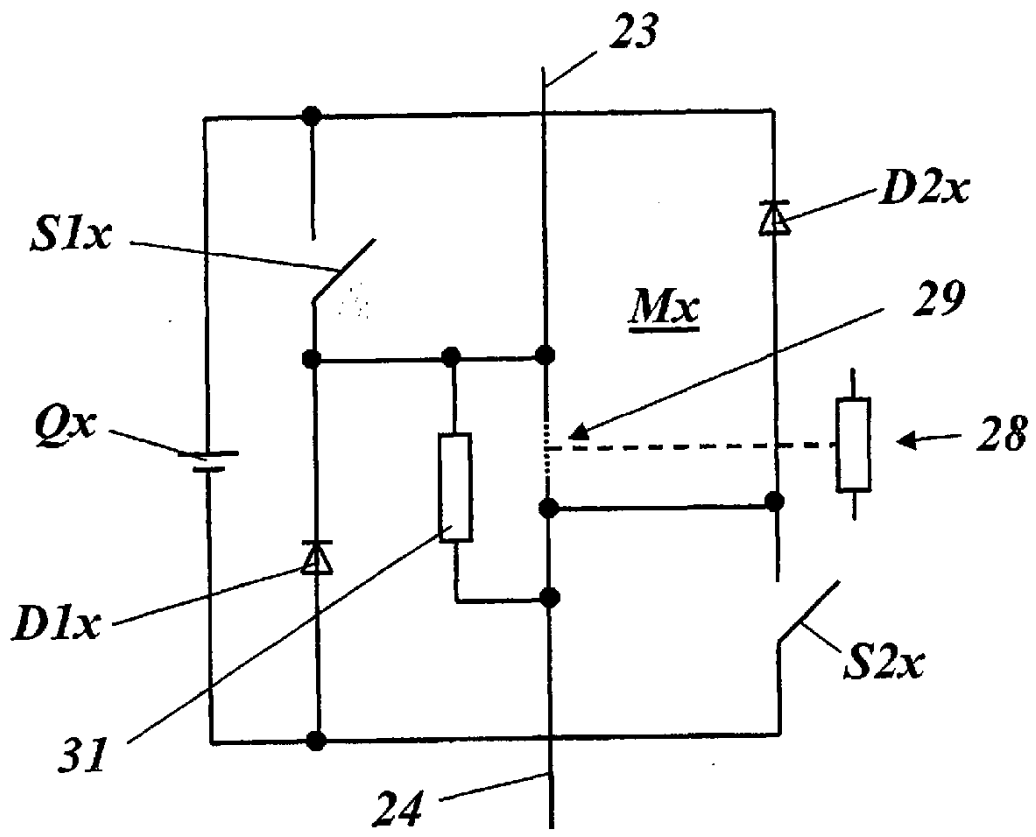


Fig. 6