

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 585 840**

51 Int. Cl.:

**H01H 33/59** (2006.01)

**H01H 9/54** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.03.2012** E 12711811 (5)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.05.2016** EP 2810290

54 Título: **Dispositivo para conmutar una corriente continua en un polo de una red de tensión continua**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**10.10.2016**

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)  
Wittelsbacherplatz 2  
80333 München, DE**

72 Inventor/es:

**ERGIN, DOMINIK;  
GAMBACH, HERBERT;  
KNAAK, HANS-JOACHIM y  
PHILIPP, ANDREAS**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

**ES 2 585 840 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Dispositivo para conmutar una corriente continua en un polo de una red de tensión continua

La presente invención hace referencia a un dispositivo para conmutar una corriente continua en un polo de un ramal de red de tensión continua

- 5 La creciente demanda de energía en todo el mundo y la al mismo tiempo deseada reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> hacen cada vez más atractivas las llamadas energías renovables. Las fuentes de las energías renovables son por ejemplo las instalaciones eólicas situadas en el mar o también las instalaciones de energía fotovoltaica en zonas desérticas muy soleadas. Para poder aprovechar económicamente la energía así generada tiene cada vez más importancia la conexión entre las fuentes de energía renovables y una red de suministro terrestre. Ante estos  
10 antecedentes se debate cada vez más sobre el establecimiento y el funcionamiento de una red de tensión continua en malla. Sin embargo, una premisa para ello es que puedan desconectarse de forma rápida y fiable las corrientes de cortocircuito, que pueden producirse en una red de tensión continua en malla de este tipo. Para esto se requieren sin embargo unos interruptores de tensión continua, que hasta ahora no estaban disponibles en el mercado. Del estado de la técnica se conocen diferentes conceptos para un interruptor de tensión continua de este tipo.
- 15 En el documento WO 2011/057675 A1 se describe un interruptor de tensión continua, que presenta una ruta de corriente de funcionamiento con un interruptor mecánico así como un ramal de desconexión, que está conectado en paralelo a la ruta de corriente de funcionamiento. En el ramal de desconexión está dispuesto un circuito serie de interruptores semiconductores de potencia, a los que está conectado en paralelo respectivamente en contrasentido un diodo de rueda libre. Las unidades de conmutación compuestas por los interruptores semiconductores de potencia y los diodos de piñón libre están conectadas en antiserie, en donde los interruptores semiconductores de potencia que pueden desconectarse están dispuestos en serie y para cada interruptor semiconductor de potencia está previsto un interruptor semiconductor de potencia correspondiente con sentido de paso contrapuesto. De este modo y manera la corriente puede interrumpirse en ambos sentidos en el ramal de desconexión. En la ruta de corriente de funcionamiento está dispuesto, aparte del interruptor mecánico, también un interruptor auxiliar electrónico en serie con el interruptor mecánico. En funcionamiento normal la corriente fluye a través de la ruta de corriente de funcionamiento y, de este modo, a través del interruptor auxiliar electrónico así como a través de los interruptores mecánicos cerrados, ya que los interruptores semiconductores de potencia del ramal de desconexión representan una mayor resistencia para la corriente continua. Para interrumpir por ejemplo una corriente de cortocircuito se traslada el interruptor auxiliar electrónico a su posición de seccionamiento. De este modo aumenta la resistencia en la ruta de corriente de funcionamiento, de tal manera que la corriente continua se conmuta en el ramal de desconexión. El interruptor seccionador mecánico rápido puede abrirse por ello sin corriente. La corriente de cortocircuito conducida a través del ramal de desconexión puede interrumpirse mediante los interruptores semiconductores de potencia. Para absorber la energía acumulada en la red de tensión continua y que debe reducirse para la conmutación están previstos unos descargadores, que están conectados respectivamente en paralelo a los interruptores semiconductores de potencia del ramal de desconexión.
- 20
- 25
- 30
- 35
- 40 En el documento DE 694 08 811 T2 se describe un interruptor de tensión continua, en el que están conectados en serie dos interruptores mecánicos. El circuito serie formado por los dos interruptores mecánicos está protegido contra sobretensiones elevadas mediante un descargador y un condensador. Solamente a uno de los interruptores mecánicos está conectado en paralelo un interruptor semiconductor de potencia que puede conectarse y desconectarse. Al abrirse el interruptor mecánico se produce un arco eléctrico. La tensión que cae en el arco eléctrico enciende el interruptor semiconductor de potencia, con lo que se cortocircuita el interruptor mecánico abierto paralelo. El arco eléctrico se apaga. La corriente conducida a través del interruptor semiconductor de potencia puede interrumpirse a continuación mediante una activación correspondiente del semiconductor de potencia.
- 45
- 50 En el documento US 5,999, 388 se describe un interruptor de potencia de tensión continua, que puede integrarse en serie en una línea de tensión continua. Se compone de un circuito serie de interruptores semiconductores de potencia que pueden conectarse y desconectarse, a los que está conectado en paralelo un diodo de rueda libre respectivamente en contrasentido. Asimismo está conectado en paralelo a cada interruptor semiconductor de potencia un descargador, por ejemplo un varistor, para limitar la tensión. El interruptor de tensión continua ya conocido está realizado de forma puramente electrónica y se conmuta por ello bastante más rápidamente en comparación con los interruptores mecánicos habituales del mercado. En un plazo de unos pocos microsegundos puede interrumpirse una corriente de cortocircuito que fluya a través del interruptor de tensión continua. Sin embargo, existe el inconveniente de que también la corriente de funcionamiento tiene que conducirse a través del interruptor semiconductor de potencia. De este modo se producen unas elevadas pérdidas de transmisión.
- 55 El documento WO 2011/141055 revela un interruptor de tensión continua, que puede conectarse en serie en un polo de una red de corriente continua de alta tensión. El interruptor de tensión continua se compone de un interruptor mecánico en serie con un interruptor semiconductor de potencia, al que a su vez está conectado en paralelo un diodo de rueda libre en contrasentido. En paralelo al circuito serie formado por un interruptor semiconductor de

potencia y un interruptor mecánico está conectado un circuito serie formado por una bobina y un condensador, es decir un ramal LC, así como un descargador que limita la tensión que cae a través del ramal LC. También al interruptor semiconductor de potencia está conectado en paralelo un descargador. Después de abrirse el interruptor mecánico se conecta y desconecta el interruptor semiconductor de potencia con la frecuencia natural del ramal LC. De este modo se genera una oscilación y finalmente un paso por cero de corriente en el interruptor mecánico, de tal manera que puede apagarse el arco eléctrico producido.

El documento DE 10 2010 008 972 A1 revela un interruptor escalonado para un transformador escalonado con dos ramales de carga, en donde cada uno de los dos ramales de carga presenta un contacto principal mecánico, que conduce una corriente constante. En paralelo a cada uno de los ramales de carga está previsto además un circuito serie formado por un contacto secundario mecánico y una unidad conmutadora de semiconductor, mediante la cual se lleva a cabo la verdadera conmutación de carga.

El objeto de la invención consiste en proporcionar un dispositivo de la clase citada al comienzo, con el que puedan desconectarse de forma fiable y económica corrientes de defecto en una red de tensión continua, en donde en funcionamiento normal se producen al mismo tiempos unas pérdidas reducidas.

La invención resuelve este objeto mediante un dispositivo para conmutar una corriente continua en un polo de una red de tensión continua con dos bornes de conexión para la conexión en serie a un polo, un ramal de corriente principal que se extiende entre los bornes de conexión, en el que están dispuestos dos interruptores mecánicos, un ramal de corriente secundario que se extiende en conexión en paralelo respecto al ramal de corriente principal entre los bornes de conexión, en el que están dispuestos también dos interruptores mecánicos y/o dos semiconductores de potencia, un ramal central que conecta un punto de potencial de ramal central de la ruta de corriente principal, dispuesto entre los interruptores mecánicos, a un punto de potencial de ramal central del ramal de corriente secundario, dispuesto entre los interruptores mecánicos o los semiconductores de potencia y que presenta una unidad de conmutación de potencia, la cual presenta un circuito serie formado por submódulos bipolares respectivamente con al menos un interruptor semiconductor de potencia y unos medios para reducir una energía que se libera al conmutar, y unos medios de conmutación para conmutar la corriente continua en el ramal central, de tal manera que toda la corriente continua es conducida a través del ramal central, en donde los medios de conmutación presentan al menos un semiconductor de potencia activable.

Conforme a la invención se proporciona un llamado circuito en H que presenta dos ramales que discurren mutuamente en paralelo, precisamente un ramal de corriente principal y un ramal de corriente secundario. Los dos ramales paralelos se extienden respectivamente entre los dos bornes de conexión, en donde cada uno de los ramales citados presenta dos interruptores mecánicos. El punto de potencial entre los interruptores mecánicos del ramal de corriente principal está conectado, a través de un ramal central, al punto de potencial entre los dos interruptores mecánicos o entre los interruptores semiconductores de potencia del ramal de corriente secundario. En el ramal central está dispuesta una unidad de conmutación de potencia, que por su lado comprende un circuito serie formado por submódulos bipolares. Cada submódulo posee al menos un interruptor semiconductor de potencia que puede conectarse y desconectarse, es decir IGBT, IGCT, GTO, etc., en caso necesario con unos diodos de piñón libre paralelos respectivamente en contrasentido. En lugar de ello, sin embargo, también pueden emplearse interruptores semiconductores de potencia capaces de conducir a la inversa. El número de submódulos se basa en los respectivos requisitos. En cualquier caso los submódulos de la unidad de conmutación de potencia deben ser capaces de absorber las tensiones aplicadas y desconectar de forma segura y suficientemente rápida incluso corrientes de cortocircuito elevadas. La energía acumulada en la red de tensión continua y liberada al conmutar se reduce mediante unos medios convenientes para reducir la energía de conmutación. A este respecto se trata por ejemplo de unas resistencias no lineales, por ejemplo de descargadores, varistores, etc. Si la tensión que cae en las mismas supera una tensión umbral, estas piezas constructivas se comportan como resistencias óhmicas, en donde transforman la energía libera al conmutar en energía térmica y la entregan a la atmósfera exterior. Los medios para reducir la energía de conmutación están integrados convenientemente en los submódulos. A diferencia de esto las resistencias no lineales están conectadas en paralelo a uno o más submódulos. Además de esto los submódulos pueden presentar en el marco de la invención también unos acumuladores de energía. La corriente continua a conmutar puede ser conducida en el marco de la invención, en funcionamiento normal. Solamente a través del ramal de corriente principal. Alternativamente la corriente continua es conducida, en funcionamiento normal, tanto a través del ramal de corriente principal como del ramal de corriente secundario. En cualquier caso el circuito en H hace posible conmutar la corriente continua de tal manera en el ramal central que, con independencia del sentido de la corriente continua, sea conducida siempre solamente en un sentido a través del ramal central. Los semiconductores de potencia de la unidad de conmutación de potencia solo tienen por ello que estar diseñados para conmutar corrientes en un sentido. Sin embargo, en ciertas circunstancias es necesario tener en cuenta contracorrientes en el ramal central, en el caso de posibles oscilaciones de red.

Conforme a la invención están previstos además unos medios de conmutación que poseen al menos un semiconductor de potencia activable. Mediante los medios de conmutación se ha hecho posible, en el marco de la invención, poner en marcha la conmutación de la corriente continua a conmutar al menos de un tramo del ramal de corriente principal en el ramal central. Para ello se activa(n) el o los semiconductores de los medios de conmutación

mediante una señal de control, de tal manera que o bien se aumenta la resistencia en el tramo citado del ramal de corriente principal y dado el caso del ramal de corriente secundario o se genera una corriente circular conducida a través del tramo citado o de los tramos citados, la cual se superpone aproximadamente en cero con la corriente continua a conmutar. Los medios de conmutación apoyan los interruptores mecánicos a la hora de conmutar la corriente continua en el ramal central.

De forma preferida está previsto un ramal de carga que, por un lado, está conectado a un contrapolo de la red de tensión continua polarizado inversamente respecto al polo y, por otro lado, está conectado o puede conectarse al ramal central, en donde el ramal de carga posee una resistencia óhmica. El ramal de carga se usa tanto para la puesta en marcha como para hacer funcionar el dispositivo en funcionamiento normal. Si el ramal de carga está conectado por ejemplo al punto de potencial de ramal central del ramal de corriente secundario, el ramal de corriente principal está conectado a través del ramal central y del ramal de carga al potencial de tierra o al contrapolo de la red de tensión continua. A la unidad de conmutación de potencia está aplicada de este modo una tensión, que puede emplearse por ejemplo para el funcionamiento de la electrónica del interruptor semiconductor de potencia de la unidad de conmutación de potencia. Si los submódulos en el ramal central presentan unos acumuladores de energía, estos pueden cargarse a través del ramal de carga, en donde el valor de la corriente de carga está determinado por el diseño de la resistencia óhmica del ramal de carga. El ramal de carga está conectado, en el marco de la invención, ya sea continuamente al ramal central o bien presenta un interruptor mecánico, con el que puede establecerse la conexión entre el ramal de carga y el ramal central e interrumpirse de nuevo. Solo mediante la resistencia óhmica es posible proporcionar continuamente la conexión entre el ramal de carga y el ramal central en el caso de un funcionamiento de red sin fallos. En el marco de la invención tampoco es necesario seccionar el ramal de carga respecto al ramal central antes de la desconexión de una corriente de cortocircuito. El flujo de corriente está limitado en todo momento, en el marco de la invención, por la resistencia óhmica del ramal de carga.

Si la unidad de conmutación de potencia está lista para funcionar puede interrumpirse por ejemplo una corriente de cortocircuito mediante el dispositivo conforme a la invención. En funcionamiento normal fluye una corriente continua a través del ramal de corriente principal, con sus dos interruptores mecánicos, casi sin pérdidas. Esto es válido también para el ramal de corriente secundario en el caso de unas conformaciones simétricas del dispositivo conforme a la invención. En caso de fallo se abren el interruptor del ramal de corriente principal, dispuesto detrás del punto de potencial de ramal central en el sentido de flujo de corriente, y el interruptor mecánico del ramal de corriente secundario, montado dado el caso delante del punto de potencial de ramal central. Mediante el seccionado de los contactos de los interruptores, si no se hubiesen previsto medidas adicionales, se establecería un arco eléctrico. Los medios de conmutación suprimen la aparición de un arco eléctrico, en caso ideal por completo. Mediante la apertura de los interruptores se conmuta la corriente del ramal de corriente principal en el ramal central y en la parte inferior del ramal de corriente secundario. A continuación los interruptores semiconductores de potencia de la unidad de conmutación de potencia pueden interrumpir la corriente de cortocircuito. La energía que con ello se libera se reduce mediante los medios para reducir la energía liberada al conmutar. Por último se abren también los restantes interruptores mecánicos del dispositivo conforme a la invención. La corriente de cortocircuito está interrumpida, y el ramal central está seccionado galvánicamente respecto a las líneas.

La resistencia del ramal de carga debe diseñarse con un valor óhmico tan alto, que al menos temporalmente pueda hacerse funcionar a la tensión continua completa que se presente y al mismo con un valor óhmico tan bajo, que pueda fluir la corriente de carga necesaria para precargar y obtener de forma permanente la carga de los acumuladores de energía. Para cargar los acumuladores de energía de la unidad de conmutación de potencia es suficiente con una caída de tensión de unos pocos kilovoltios. La resistencia del ramal de carga puede diseñarse por ello con un alto valor óhmico. La potencia disipada máxima y el tamaño constructivo de la resistencia óhmica son por ello relativamente reducidos.

El ramal de carga está conectado o puede conectarse convenientemente a un punto de potencial de ramal central del ramal de corriente secundario. Conforme a esta conformación ventajosa de la invención la corriente de carga fluye desde el ramal de corriente principal a través de todo el ramal central. Todos los acumuladores de energía dispuestos en el ramal central puede cargarse de este modo, si el primer interruptor mecánico del ramal de corriente principal en el sentido de flujo de corriente se encuentra en su posición de cierre.

El ramal de carga presenta convenientemente un interruptor mecánico conectado en serie a la resistencia óhmica, el cual está diseñado para conectar el ramal de carga al ramal central. En el caso de interruptor mecánico puede tratarse de un interruptor mecánico relativamente lento a causa de la resistencia óhmica, como ya se ha explicado. El interruptor es por ejemplo un sencillo seccionador, que se abre casi sin corriente. Mediante el interruptor se descarga térmicamente la resistencia del ramal de carga, que también puede llamarse resistencia de precarga.

Los submódulos de la unidad de conmutación de potencia presentan ventajosamente, al menos parcialmente, respectivamente un interruptor semiconductor de potencia que puede conectarse y desconectarse y un diodo de rueda libre conectado para ello en paralelo en contrasentido. Alternativamente a ello cada submódulo puede presentar también un único interruptor semiconductor de potencia que puede conducir a la inversa. Como interruptor semiconductor de potencias se contemplan por ejemplo IGBTs, IGCTs, GTOs, etc. Normalmente un interruptor

5 semiconductor de potencia presenta varios chips de interruptor semiconductor de potencia dispuestos en una carcasa. Para conectar las conexiones de carga de los chips de interruptor semiconductor de potencia se usan por ejemplo cables de conexión eléctrica. Sin embargo, a diferencia de esto pueden emplearse también interruptores semiconductores de potencia que contactan por presión en el marco de la invención, en los que los chips de interruptor semiconductor de potencia en el lado de la conexión de carga están conectados entre ellos a través de un contacto de presión. Estos interruptores semiconductores de potencias son conocidos sin embargo por el técnico, de tal manera que no es necesario analizar aquí con más detalle su conformación.

Los interruptores semiconductores de potencia, que pueden conectarse y desconectarse de los submódulos, están diseñados de forma preferida para desconectar corrientes en un sentido.

10 Conforme a un perfeccionamiento que difiere de esto los submódulos de la unidad de conmutación de potencia forman sin embargo dos grupos, respectivamente con unos sentidos de paso con la misma orientación de sus interruptores semiconductores de potencia, en donde los interruptores semiconductores de potencia de un grupo están orientados en contrasentido respecto a los interruptores semiconductores de potencia del otro grupo.  
 15 Conforme a este perfeccionamiento ventajoso la corriente no solo puede fluir en ambos sentidos de corriente a través del ramal de desconexión, sino que también pueden desconectarse con seguridad corrientes en ambos sentidos. Si la corriente fluye por ejemplo a causa de oscilaciones de red en el primer sentido, se activan los interruptores semiconductores de potencia del primer grupo para interrumpir la corriente en el citado primer sentido. Si la corriente fluye en el sentido opuesto, se emplean los interruptores semiconductores de potencia del segundo grupo.

20 En una conformación preferida de la invención los submódulos de la unidad de conmutación de potencia presentan al menos parcialmente respectivamente un acumulador de energía eléctrica y un circuito serie, conectado en paralelo al acumulador de energía eléctrica, formado por dos interruptores semiconductores de potencia que pueden conectarse y desconectarse respectivamente con un diodo de rueda libre dispuesto en contrasentido en paralelo a los mismos, en donde un borne de conexión de submódulo está conectado a un punto de potencial entre los  
 25 interruptores semiconductores de potencias que pueden conectarse y desconectarse y el otro borne de conexión está conectado a un polo del acumulador de energía eléctrica. Una topología de submódulo de este tipo recibe también el nombre de medio puente.

30 Como es natural en un submódulo puede emplearse, en lugar de un solo interruptor semiconductor de potencia, también un circuito serie activado sincrónicamente formado por interruptores semiconductores de potencia. Los interruptores semiconductores de potencia activados sincrónicamente del circuito serie se comportan después exactamente como un único interruptor semiconductor de potencia. Esto es válido por lo demás también para los submódulos que se describen más adelante, es decir, también para el circuito en puente completo o el circuito controlador de corte.

35 Para reducir una energía que se libera al conmutar, que está acumulada en la red de tensión continua, está prevista para cada submódulo de la unidad de conmutación de potencia al menos una resistencia no lineal por ejemplo en forma de un descargador y/o un varistor. La resistencia no lineal está conectada en paralelo por ejemplo a todo el submódulo.

40 Los submódulos de la unidad de conmutación de potencia, que están configurados como medios puentes, pueden interrumpir la corriente en solo un sentido. Si se quiere interrumpir el flujo de corriente en dos sentidos, también aquí es necesaria la configuración de dos grupos de submódulos, en donde los submódulos de un grupo se usan para interrumpir la corriente en un primer sentido y los submódulos del otro grupo para la interrupción de la corriente en un segundo sentido, contrapuesto al primer sentido.

45 Conforme a una conformación preferida de la invención, sin embargo, los submódulos de la unidad de conmutación de potencia están configurados al menos parcialmente como circuito en puente completo y presentan por ello un acumulador de energía eléctrica y dos circuitos serie, conectados en paralelo al acumulador de energía eléctrica, respectivamente con dos interruptores semiconductores de potencia que pueden conectarse y desconectarse con diodos de piñón libre paralelos respectivamente en contrasentido, en donde un primer borne de conexión está conectado al punto de potencial entre los dos interruptores semiconductores de potencia del primer circuito serie y un segundo borne de conexión de submódulo al punto de potencial entre los dos interruptores semiconductores de potencia del segundo circuito serie. Un circuito en puente completo de este tipo es capaz de interrumpir corrientes  
 50 en ambos sentidos, es decir en otras palabras desconectarlas.

Como ya se ha explicado, cada submódulo de la unidad de conmutación de potencia presenta convenientemente un descargador y/o un varistor, ya sea conectado en paralelo a un único interruptor semiconductor de potencia que puede conectarse y desconectarse o conectado en paralelo al acumulador de energía eléctrica del submódulo.

Los submódulos de la unidad de conmutación de potencia presentan ventajosamente un circuito serie formado por un interruptor semiconductor de potencia que puede conectarse y desconectarse con diodos de piñón libre en contrasentido y un diodo, que presenta el mismo sentido de paso que el diodo de rueda libre, en donde el circuito serie está conectado en paralelo a un acumulador de energía eléctrica y un primer borne de conexión de submódulo está conectado al punto de potencial entre el interruptor semiconductor de potencia que puede conectarse y desconectarse, y el diodo y el otro borne de conexión de submódulo están conectados a un polo del acumulador de energía eléctrica, y el interruptor semiconductor de potencia que puede conectarse y desconectarse está dispuesto entre los bornes de conexión de submódulo. Un submódulo de este tipo puede llamarse semipunto con un solo semiconductor de potencia controlable. También puede ser ventajosa una conformación correspondiente del circuito en puente completo en el marco de la invención. Un circuito en puente completo presentaría entonces dos interruptores semiconductores de potencia controlables.

A diferencia de esto los submódulos de la unidad de conmutación de potencia están configurados al menos parcialmente como módulos controladores de corte. Estos módulos controladores de corte presentan un acumulador de energía eléctrica, al que está conectado en paralelo un primer circuito serie. El primer circuito serie se compone de un interruptor semiconductor de potencia que puede conectarse y desconectarse con diodo de rueda libre paralelo en contrasentido y un diodo orientado en el mismo sentido que el diodo de rueda libre. Además de esto está previsto un segundo circuito serie, que también está conectado en paralelo al acumulador de energía eléctrica. El segundo circuito serie se compone de un interruptor semiconductor de potencia que puede conectarse y desconectarse con diodo de rueda libre paralelo en contrasentido y otro diodo orientado en el mismo sentido que el diodo de rueda libre. El diodo del segundo circuito serie puentea una resistencia óhmica. El primer borne de conexión de submódulo está conectado a un polo del acumulador de energía eléctrica y el segundo borne de conexión de submódulo al punto de potencial entre el interruptor semiconductor de potencia desconectable y el diodo del primer circuito serie. Estos módulos controladores de corte pueden transformar particularmente bien la energía acumulada en la red y que debe reducirse al conmutar en energía térmica y evacuarla a la atmósfera exterior.

Conforme a una conformación preferida los medios de conmutación están dispuestos en el ramal central en serie respecto a la unidad de conmutación de potencia y diseñados para generar una corriente circular, que fluye a través de al menos uno de los interruptores mecánicos del ramal de corriente principal y está contrapuesta a la corriente continua a conmutar. Una corriente circular de este tipo puede generarse en ambas mallas a la izquierda y a la derecha del ramal central, en donde cada malla está configurada mediante el ramal central, un tramo de la ruta de corriente principal y un tramo de la ruta de corriente secundaria. En una malla está dirigida en contra de la corriente principal a conmutar en el ramal de corriente principal. Ambas corrientes suman cero en un caso ideal, de tal manera que a continuación el interruptor mecánico puede abrirse sin corriente en el citado tramo del ramal de corriente principal. En la otra malla, sin embargo, la corriente circular y la corriente continua a conmutar fluyen en el ramal de corriente principal en el mismo sentido y por ello se refuerzan. En el caso de una configuración simétrica del dispositivo conforme a la invención se aplica lo correspondiente al ramal de corriente secundario, de tal manera que también en el ramal de corriente secundario se abre sin corriente un interruptor mecánico. A este respecto los dos interruptores que se abren sin corriente están dispuestos en el sentido de la corriente continua, en el ramal de corriente secundario y en el ramal de corriente principal, después del respectivo punto de potencial de ramal central. Solo puede influirse en una corriente exterior, es decir, una corriente que fluya por fuera del interruptor de tensión continua conforme a la invención, si al menos un interruptor mecánico del ramal de corriente principal está abierto y se impide un flujo de la corriente continua a conmutar a través del ramal de corriente secundario, ya sea mediante un interruptor mecánico también abierto o un diodo. A este respecto los medios de conmutación están conformados de tal manera, que generan una contratensión tan elevada en la ventana de tiempo necesaria en la citada malla, que puede suprimirse el flujo de corriente en el ramal de corriente principal y abrirse sin corriente el interruptor mecánico, dispuesto detrás del punto de potencial de ramal central del ramal de corriente principal en el sentido de flujo de la corriente continua.

Los medios de conmutación presentan convenientemente un sensor de corriente, que está dispuesto en el ramal de corriente principal. El sensor de corriente está conectado a una unidad de control y regulación del dispositivo conforme a la invención. El sensor de corriente detecta la corriente que fluye a través del ramal de corriente principal y proporciona unos valores de medición de corriente para la unidad de regulación. La unidad de regulación comprueba si los valores de medición de corriente recibidos poseen un criterio de intervención. Un criterio de intervención de este tipo es por ejemplo un aumento de corriente excesivo,  $di/dt$ , o se presenta cuando los valores de corriente medidos superan un valor umbral de corriente más allá de una ventana de tiempo prefijada. Sin embargo, básicamente es posible cualquier combinación con otros valores de medición de aparatos de protección, etc. o bien otro criterio en el marco de la invención. Si se presenta un criterio de intervención de este tipo, se conmuta la corriente en el ramal central y se abre(n) el o los interruptores mecánicos. En cuanto los interruptores mecánicos pueden absorber tensión, se limita o desconecta la corriente que fluye ahora a través del ramal central. Si solo se quiere limitar la corriente en el ramal central, pero no desconectarla, solo se desconectan algunos submódulos de la unidad de conmutación de potencia. Si en paralelo a los submódulos desconectados está conectada una resistencia no lineal como por ejemplo un descargador, éste desarrolla su acción con la finalidad de que aumente la resistencia eléctrica del ramal central. Por ello se limita la corriente que fluye a través del ramal

central. Si la limitación se ha hecho innecesaria, por ejemplo después de la rápida reparación de una avería, pueden cerrarse de nuevo los interruptores mecánicos del ramal de corriente principal, de tal manera que la corriente fluya de nuevo casi sin pérdidas a través del ramal de corriente principal y, dado el caso, del ramal de corriente secundario.

5 En un perfeccionamiento conveniente con relación a esto el ramal de carga está conectado al punto de potencial entre la unidad de conmutación de potencia y los medios de conmutación. Una conexión de este tipo del ramal de carga entre los medios de conmutación y la unidad de conmutación de potencia hace posible, para cargar los acumuladores de energía de los medios de conmutación, aprovechar también partes del ramal de corriente secundario para la corriente de carga. Esto es en particular ventajoso si los medios de conmutación presentan unos  
10 submódulos que están conformados como unos llamados medios puentes.

Conforme a una conformación preferida de la invención los medios de conmutación forman un circuito serie de submódulos bipolares, en donde cada submódulo posee un acumulador de energía eléctrica y un interruptor semiconductor de potencia conectado en paralelo al acumulador de energía eléctrica. Con ayuda del circuito semiconductor de potencia puede ajustarse la tensión del submódulo bipolar que cae en los bornes de conexión de submódulo. A los bornes de conexión de submódulo se aplica o bien la tensión que cae en el acumulador de energía eléctrica o una tensión cero, es decir, ninguna tensión. A causa del circuito serie puede ajustarse escalonadamente por ello la tensión que cae en todo el circuito serie de los submódulos de los medios de comunicación, en donde la altura de los escalones se corresponde con la tensión que cae en el acumulador de energía eléctrica de un submódulo. Cuanto mayor sea la tensión generada en la citada malla mediante los medios de conmutación, mayor  
15 será la corriente circular impulsada por esta tensión.

La conformación del circuito semiconductor de potencia de los medios de conmutación puede ser un circuito en medio puente o en puente completo, como ya se ha descrito con relación a los submódulos de la unidad de conmutación de potencia. Si el circuito semiconductor de potencia es un circuito en medio puente, está previsto solamente un circuito serie de dos interruptores semiconductores de potencia desconectables con unos diodos de piñón libre paralelos respectivamente en contrasentido, en donde un primer borne de conexión de submódulo está conectado al punto de potencial entre los interruptores semiconductores de potencia que pueden conectarse y desconectarse y otro borne de conexión de submódulo a un polo del acumulador de energía eléctrica. Los submódulos configurados como circuito en medio puente de los medios de conmutación deben estar orientados de tal manera, que pueda generarse una contratensión con la polaridad deseada en la ruta de corriente de funcionamiento. Esto es normalmente el caso si los circuitos en medio puente de los medios de conmutación están orientados en contrasentido respecto a los circuitos de medio puente de los submódulos de la unidad de conmutación de potencia.  
25

A diferencia de esto el circuito semiconductor de potencia de los submódulos de los medios de conmutación está configurado junto con el acumulador de energía eléctrica como circuito en puente completo, en donde están previstos dos circuitos serie como ya se ha descrito anteriormente. Los dos circuitos serie están conmutados en paralelo al acumulador de energía eléctrica y presentan respectivamente dos interruptores semiconductores de potencias que pueden conectarse y desconectarse, con unos diodos de piñón libre paralelos respectivamente en contrasentido. En lugar de interruptores semiconductores de potencia con diodos de piñón libre pueden emplearse también unos interruptores semiconductores de potencia con capacidad de conducción inversa. El punto de potencial entre los dos interruptores semiconductores de potencia está conectado respectivamente a un borne de conexión de submódulo, de tal manera que en los bornes de conexión de submódulo puede generarse la tensión que cae en el acumulador de energía eléctrica, una tensión cero o incluso la tensión inversa del acumulador de energía eléctrica. El circuito en puente completo puede generar de este modo unas tensiones que presenten diferentes polaridades. Estas son particularmente ventajosas si se pretende generar contratensiones para corrientes  
30 en ambos sentidos.  
35

Como acumulador de energía eléctrica de los submódulos, tanto de los medios de conmutación como de la unidad de conmutación de potencia, está previsto por ejemplo un condensador.

Conforme a una conformación de la invención que difiere de esto los medios de conmutación están configurados como interruptores semiconductores de conmutación, que están dispuestos en el ramal de corriente principal. Los interruptores semiconductores de conmutación pueden conectarse y desconectarse como los otros interruptores semiconductores de potencia y presentan en caso necesario un diodo de rueda libre paralelo en contrasentido. En lugar de la conexión en paralelo entre el circuito semiconductor de potencia y el diodo de rueda libre pueden emplearse interruptores semiconductores de potencia con capacidad de conducción inversa. Para reducir una energía que se libera al conmutar puede conectarse en paralelo a los interruptores semiconductores de potencia un descargador, un varistor u otra resistencia no lineal. También pueden emplearse acumuladores de energía como condensadores, etc. para reducir la energía. A este respecto los interruptores semiconductores de conmutación están dispuestos entre el punto de potencial del ramal central, es decir el punto de potencial de ramal central del ramal de corriente principal y uno de los interruptores mecánicos del ramal de corriente principal. De este modo están previstos dos interruptores semiconductores de conmutación con diodo de rueda libre paralelo en  
40  
45  
50  
55

- contrasentido y, en caso necesario, unos descargadores como medios para reducir una energía que se libera al conmutar. Sin embargo, una resistencia no lineal no es siempre imprescindible y puede prescindirse de ella en el marco de la invención según se solicite. Para conmutar una corriente que fluya a través del ramal de corriente principal en el ramal central se traslada el interruptor de conmutación, dispuesto detrás del punto de potencial de ramal central en el sentido del flujo de corriente continua, a su posición de interrupción en la que se interrumpe un flujo de corriente a través del interruptor de conmutación. Si la resistencia a través del ramal de corriente principal se hace demasiado grande, se conmuta la corriente continua en el ramal central y puede interrumpirse allí específicamente después de la apertura de los interruptores mecánicos. Al mismo tiempo que la activación del interruptor semiconductor de conmutación se abre también el interruptor mecánico, dispuesto detrás del interruptor semiconductor de conmutación en el sentido de flujo de corriente. El sentido de paso del interruptor semiconductor de conmutación se ha elegido de tal manera, que mediante el interruptor semiconductor de conmutación puede interrumpirse una corriente que fluye desde el punto de potencial de ramal central hasta el interruptor mecánico asociado respectivo. Para poder interrumpir ambos sentidos de corriente los dos interruptores semiconductores de conmutación están orientados mutuamente en contrasentido, conforme a este ejemplo de realización.
- Si el ramal de corriente secundario no presenta ningún interruptor semiconductor de conmutación, los interruptores mecánicos están abiertos en funcionamiento normal, ya que en caso contrario el flujo de corriente fluiría a través del ramal de corriente secundario a causa de la elevada resistencia en el ramal de corriente principal. El ramal de corriente secundario debe presentar por ello unos interruptores mecánicos de cierre rápido, para garantizar una conmutación en el ramal central.
- Conforme a una conformación preferida de la invención el ramal de corriente secundario presenta también dos interruptores semiconductores de conmutación, que están dispuestos y orientados como los interruptores de conmutación del ramal de corriente principal. En funcionamiento normal la corriente puede fluir de este modo tanto a través del ramal de corriente principal como a través del ramal de corriente secundario. Para conmutar la corriente en el ramal central se trasladan por ello una vez el interruptor de conmutación, dispuesto detrás del punto de potencial de ramal central del ramal de corriente principal en el ramal de corriente principal, así como el interruptor de conmutación, montado delante del punto de potencial de ramal central del ramal de corriente secundario en el sentido de la corriente, a su respectiva posición de seccionado.
- El ramal de corriente secundario puede presentar en lugar de dos interruptores mecánicos también unos semiconductores de potencia, en donde el punto de potencial de ramal central está dispuesto entre los semiconductores de potencia citados. Los semiconductores de potencia citados presentan un sentido de paso orientado en contrasentido y están conformados por ejemplo como diodos o tiristores. Impiden un flujo de corriente a través del ramal de corriente secundario en funcionamiento normal.
- Los interruptores mecánicos del ramal de corriente principal están configurados como interruptores rápidos y diseñados para abrirse dentro de un margen de entre 1 ms y 10 ms. Los interruptores mecánicos del ramal de corriente secundario, sin embargo, son por ejemplo unos interruptores mecánicos relativamente lentos, que se abren dentro de un margen de 10 ms a 60 ms. Estos interruptores tan rápidos presentan una masa de conmutación reducida, que debe moverse al conmutar. Además de esto se necesitan unos accionamientos que respondan rápidamente, por ejemplo unos accionamientos electrodinámicos. Los interruptores semiconductores de potencias actualmente disponibles en el comercio conmutan normalmente en un orden de magnitud de entre 10 ms y 50 ms. Estos interruptores comerciales están dispuestos por ejemplo en el ramal de corriente secundario. Se abren antes de la aparición de un caso de fallo, en donde es conocido el sentido de la corriente continua a conmutar. Evidentemente se conocen también interruptores mecánicos que se abren dentro de un margen de milisegundos.
- Conforme a otra variante de la invención es conveniente que el dispositivo conforme a la invención se emplee también modularmente y, de este modo, se utilice como pieza constructiva bipolar o con dos polos en un circuito serie.
- Por último se quiere destacar que es cierto que los interruptores semiconductores de potencias que pueden conectarse y desconectarse se revelan aquí siempre con relación a unos diodos de piñón libre paralelos en contrasentido o como unos semiconductores de potencia con capacidad de conducción inversa. Sin embargo, esto se debe principalmente al hecho de que los semiconductores de potencia desconectables como IGBTs, IGCTs, GTOs, etc. normalmente se distribuyen en el mercado siempre con un diodo de rueda libre paralelo en contrasentido. Un diodo de rueda libre en contrasentido de este tipo se usa para proteger el interruptor semiconductor de potencia que, con relación a una tensión contrapuesta a su sentido de paso, es extremadamente sensible. El citado diodo de rueda libre, sin embargo, no es imprescindible en todos los casos aquí mostrados. Estos casos son claramente visibles para el técnico, de tal manera que a esto no se hace aquí referencia explícita en un caso aislado. Sin embargo, dentro del ámbito de protección deben estar incluidos los modos de realización de la invención, en los que puede prescindirse del diodo de rueda libre dispuesto en paralelo en contrasentido respecto al interruptor semiconductor de potencia.

Unas conformaciones y ventajas convenientes de la invención son objeto de la siguiente descripción de ejemplos de realización, haciendo referencia a las figuras del dibujo, en donde los mismos símbolos de referencia hacen referencia a pieza constructivas con el mismo efecto, y en donde muestran

la figura 1 un primer ejemplo de realización del dispositivo conforme a la invención,

- 5 las figuras 2 y 3 el ejemplo de realización conforme a la figura 1 en diferentes posiciones, para mostrar claramente paso a paso la carga del dispositivo con forme a la figura 1,

la figura 4 otro ejemplo de realización del dispositivo conforme a la invención,

las figuras 5 a 8 unos ejemplos de realización de los submódulos para su empleo en el dispositivo conforme a la invención, y

- 10 las figuras 9 a 14 otros ejemplos de realización del dispositivo conforme a la invención.

La figura 1 muestra un ejemplo de realización del dispositivo 1 conforme a la invención, que presenta dos bornes de conexión 2 y 3 con los que el dispositivo 1 puede conmutarse en serie en un polo, es decir una línea de una red de tensión continua. El dispositivo 1 se usa para interrumpir un flujo de corriente en el polo de la red de tensión continua y, de este modo, puede llamarse interruptor de tensión continua.

- 15 El dispositivo 1 presenta un ramal de corriente 4 así como un ramal de corriente secundario 5. En el ejemplo de realización mostrado en la figura 1 ambas rutas de corriente tienen la misma validez y presentan, en otras palabras, aproximadamente la misma resistencia eléctrica. Una corriente continua que fluye entre los bornes de conexión 2 y 3 fluye de este modo tanto a través del ramal de corriente principal 4 como a través del ramal de corriente secundario 5. Tanto el ramal de corriente principal 4 como el ramal de corrientes secundario 5 presentan respectivamente dos interruptores mecánicos 6, 7, 8 y 9. Entre los interruptores mecánicos 6 y 7 del ramal de corriente principal 4 está configurado un punto de potencial de ramal central 10. El punto de potencial de ramal central 10 está conectado a través de un ramal central 11 a un punto de potencial de ramal central 12 del ramal de corriente secundario 5. El ramal central 11 presenta una unidad de conmutación de potencia 13, que posee un circuito serie formado por submódulos 14, cuya conformación se tratará con más detalle posteriormente. Aquí sea ya dicho que cada uno de los submódulos 14 presenta al menos un interruptor semiconductor de potencia que puede conectarse y desconectarse, cuyo sentido de paso está orientado desde el punto de potencial de ramal central 10 del ramal de corriente principal 4 hasta el punto de potencial de ramal central 12 del ramal de corriente secundario 5. De este modo pueden interrumpirse específicamente, mediante los interruptores semiconductores de potencias que pueden conectarse y desconectarse, las corrientes que fluyen en este sentido a través de la unidad de conmutación de potencia 13. Para absorber la energía que aquí se libera se usan unos medios de absorción de la energía que se libera al conmutar, es decir, por ejemplo unas resistencias no lineales como descargadores o varistores. Estos descargadores o bien forman parte de los submódulos, como se muestra, o están conectados en paralelo a uno o varios submódulos.

- 35 En la figura 1 pueden reconocerse además unos medios de conmutación 34, cuya conformación se trata posteriormente también con más detalle. Los medios de conmutación 34 presentan en cualquier caso al menos un interruptor semiconductor de potencia que puede conectarse y desconectarse, que no se ha representado en la figura 1. Los medios de conmutación 34 producen, en el caso de una activación correspondiente del o de los interruptores semiconductores de potencias, una conmutación de la corriente continua a desconectar en el ramal central 11.

- 40 Para iniciar la electrónica, dado el caso para cargar el acumulador de energía eléctrica de la unidad de conmutación de potencia 13 y dado el caso los medios de conmutación, está previsto un ramal de carga 15 que presenta una resistencia óhmica 16 como resistencia de precarga así como un interruptor mecánico 17, que está configurado aquí como seccionador. El ramal de carga 15 está conectado al potencial de tierra en el ejemplo de realización mostrado en la figura 1. A diferencia de esto el ramal de carga 15 está conectado sin embargo al contrapolo, es decir por ejemplo a un polo negativo de una red de tensión continua, mientras que los bornes de conexión 2 y 3 están conectados al polo positivo de la red de tensión continua. En ambas variantes existiría la posibilidad, después de aplicar al borne de conexión 2 la tensión de polo y del cierre del interruptor 17 con el interruptor mecánico 6 cerrado, de tomar una tensión que cae en los interruptores semiconductores de potencia que se conectan y desconectan para suministrar energía a la electrónica de los interruptores semiconductores de potencia y, de este modo, preparar para su funcionamiento la unidad de conmutación de potencia 13. Además de esto existe la posibilidad de cargar de manera controlada los acumuladores de energía dispuestos en los submódulos 14, en donde se fija el valor de la corriente de carga mediante el valor de la resistencia óhmica 16. La resistencia óhmica está diseñada de tal manera que puede hacerse funcionar al menos temporalmente con toda la tensión que cae entre el polo y el potencial de tierra, respectivamente el contrapolo. El interruptor 17 puede permanecer cerrado básicamente de forma

permanente con un diseño suficientemente alto de la resistencia 16. A diferencia de esto puede usarse para descargar la resistencia óhmica 16, que se produce al abrirse el interruptor 17.

En las figuras 2 y 3 se muestra claramente la carga de acumuladores de energía de los submódulos 14 de la unidad de conmutación de potencia 13 y, dado el caso, de los submódulos no mostrados de los medios de conmutación 34.

5 Para ello en primer lugar solo se cierran los interruptores mecánicos 6 y 17. La carga de corriente I fluye a continuación desde el borne de conexión 2 a través del interruptor 6, pasando por el ramal central 11 y el ramal de carga 15, hasta tierra. Primero se cargan unos controladores de energía de la electrónica de los interruptores semiconductores de potencia, a continuación los acumuladores de energía de alta tensión de los submódulos 14. Si la unidad de conmutación de potencia 13 está lista para funcionar se cierra el interruptor 7. La corriente principal fluye ahora a través de los interruptores mecánicos 6 y 7 hasta el borne de conexión 3. La corriente de carga que fluye a través del ramal central 11 se mantiene, sin embargo, mientras estén abiertos los interruptores 8 y 9 del ramal de corriente secundario 5.

15 La figura 4 muestra otro ejemplo de realización del dispositivo 1 conforme a la invención, que se corresponde en muy gran medida con el ejemplo de realización conforme a la figura 1, en donde sin embargo los interruptores 8 y 9 se han movido entre el borne de conexión 2 y un punto de ramificación 18 entre el ramal de corriente principal 4 y el ramal de corriente secundario 5, respectivamente entre el punto de ramificación 19 y el borne de conexión. En lugar de ellos están previstos en el ramal de corriente secundario unos semiconductores de potencia 20 y 21 en forma de diodos, que impiden que fluya una corriente desde el borne de conexión 2 ó 3 a través del ramal de corriente secundario 5 directamente hasta el ramal de carga 15, sin ser conducido a través del ramal central 11. Básicamente puede prescindirse de los interruptores 8 y 9 entre los bornes de conexión 2 y 3 y los puntos de ramificación 18 ó 19. Sin embargo, hacen posible la conexión controlada de un tramo de red de tensión continua y el seccionado galvánico de la unidad respecto a la red de tensión continua.

25 En las figuras 5, 6 7 y 8 se han representado ejemplos de posibles submódulos 14 para el dispositivo 1 conforme a la invención. El submódulo 14 representado en la figura 5 presenta solamente un único interruptor semiconductor de potencia 22 que puede conectarse y desconectarse con un diodo de rueda libre 23 conectado en paralelo en contrasentido. Un submódulo 14 de este tipo solo puede usarse, en los modos de realización de la invención conforme a las figuras 1 a 4, formando parte de la unidad de conmutación de potencia 13, pero no formando parte de los medios de conmutación 34, ya que estos en el caso de una disposición en el ramal central 11 tienen que presentar un acumulador de energía eléctrica para generar una corriente circular. Al circuito paralelo formado por el interruptor semiconductor de potencia 23 y el diodo de rueda libre está conectado en paralelo un descargador 24, que absorbe la energía que se libera al conmutar. En el caso del descargador 24 se trata de este modo de un medio para absorber la energía que se libera al conmutar. En lugar de un único interruptor semiconductor de potencia que puede conectarse y desconectarse es también posible, en el marco de la invención emplear un interruptor semiconductor de potencia que puede conectarse y desconectarse y puede activar al mismo tiempo un circuito serie, en donde un único descargador está conectado en paralelo a todo el circuito serie.

40 El número de submódulos 14 en la unidad de conmutación de potencia 13 depende de la capacidad de bloqueo de los interruptores semiconductores de potencias 22, en este caso IGBTs. La misma está actualmente dentro de un margen de hasta 6,5 kV. La tensión en las redes de corriente continua de alta tensión, que actualmente están conformadas casi exclusivamente como conexiones punto a punto, es normalmente de entre 300 y 500 kV. También se conocen líneas de transmisión de 800 kV. Los descargadores 24 están dimensionados de tal manera, que los mismos conjuntamente bloquean con una tensión de funcionamiento aplicada, es decir, son no conductores. Sin embargo, si la tensión que cae en los mismos supera una tensión máxima, estos se hacen conductores, de tal manera que se hace posible un flujo de corriente controlado, en donde los descargadores 24 se calientan y entregan la energía eléctrica como energía térmica a la atmósfera exterior. El número de descargadores 24 conectados en serie se corresponde con el número de submódulos no conductores, es decir, interrumpidos. Si por lo tanto no se trasladan los submódulos 14 a su posición de interrupción, puede fijarse un flujo de corriente de magnitud controlada a través de los descargadores. Esto se usa por ejemplo para la conexión controlada de un tramo de red.

50 La figura 6 muestra un submódulo 14, que configura un llamado medio puente. El medio puente se compone de un acumulador de energía eléctrica 25, aquí un condensador de energía eléctrica 25. El circuito serie 26 que está conectado en paralelo al acumulador de energía eléctrica 25. El circuito serie 26 presenta dos interruptores semiconductores de potencia que pueden conectarse y desconectarse conectados mutuamente en paralelo en forma de IGBTs 22, a los que está conectado respectivamente en paralelo un diodo de rueda libre 23 en contrasentido. Un primer borne de conexión 27 está conectado al punto de potencial entre los dos interruptores semiconductores de potencia 22 del circuito serie 26. El segundo borne de conexión 28 se encuentra al potencial de uno de los polos del acumulador de energía eléctrica 25. Entre los bornes de conexión 27 y 28 está previsto un interruptor de puenteo 29, con el que puede puentearse el submódulo 14 en caso de fallo. Si se avería un único submódulo toda la unidad de conmutación de potencia 13 sigue teniendo capacidad de funcionamiento. Para la absorción de corrientes de cortocircuito elevadas está dispuesto un diodo 30 entre los bornes de conexión de submódulo 27 y 28. Este apoya el diodo de rueda libre 23, también dispuesto entre los bornes de conexión de submódulo 27 y 28, en el caso de unas corrientes elevadas que fluyan a través del submódulo 14. En lugar de un

diodo 30 puede emplearse también un tiristor. Un interruptor de puenteo 29 y un diodo 30 o un tiristor 30 entre los bornes no son sin embargo siempre imprescindibles. Si el submódulo 14 se emplea por ejemplo en una unidad de conmutación de potencia 13 para desconectar la corriente que fluye a través del ramal central 11, puede prescindirse sin sustitución de un diodo 30 o de un tiristor utilizado en lugar del diodo. Además de esto pueden emplearse en el marco de la invención también unos interruptores semiconductores de potencia de contacto por presión con una característica llamada de "conducción en caso de fallo" (del inglés "conducto on fail"), que también se hacen conductores en caso de fallo. Esto haría que normalmente pudiese prescindirse del diodo 30. Por último quiere destacarse que, en lugar de dos interruptores semiconductores de potencia aislados, pueden emplearse respectivamente en total dos circuitos serie de interruptores semiconductores de potencia. El medio puente presenta además de nuevo un descargador 24, que está conectado en paralelo al acumulador de energía eléctrica 25. También este descargador 24 se usa de nuevo para absorber la energía que se libera al conmutar. El descargador 24 está dispuesto, en el caso de un ejemplo de realización que difiere de la figura 6, entre los bornes de submódulo 27 y 28. Evidentemente el circuito en medio puente conforme a la figura 6 solo puede interrumpir el flujo de corriente desde el primer borne de conexión de submódulo 27 en dirección al segundo borne de conexión de submódulo 28. En el sentido opuesto la corriente fluye sin impedimentos y sin control a través del diodo de rueda libre 23 y dado el caso a través del diodo de cortocircuito 30. Mediante el circuito en H, elegido en el marco de la invención, la corriente a desconectar fluye sin embargo básicamente solo en un sentido a través del ramal central 11, de tal manera que se prefiere en particular como submódulo 14 en el ramal central 11 un medio puente que conmute la corriente. En este punto se quiere destacar que para conmutar o limitar la corriente también puede prescindirse del interruptor semiconductor de potencia 22 superior en la figura 6, que por lo tanto no está dispuesto entre los bornes de conexión de submódulo 28, 29. El circuito serie 26 conforme a la figura 6 se correspondería entonces con el circuito serie 26 conforme a la figura 8. Un submódulo de medio puente 14 de este tipo no es sin embargo adecuado para genera corrientes circulares y, de este modo, tampoco formando parte de los medios de conmutación 34 en el ramal central 11, que se tratarán posteriormente con más detalle.

La figura 7 deja ver claramente un submódulo 14, que se ha realizado como circuito en puente completo. También el circuito en puente completo conforme a la figura 7 posee un acumulador de energía eléctrica 25 y un primer circuito serie 26, formado por dos IGBTs 22 con diodo de rueda libre 23 paralelo en contrasentido. Además de esto está previsto sin embargo un segundo circuito serie 31, que también está conectado en paralelo al acumulador de energía eléctrica 25 y que presenta también dos IGBTs 22, en serie uno con respecto al otro, con un diodo de rueda libre 23 paralelo respectivamente en contrasentido. El primer borne de conexión de submódulo 27 está conectado al punto de potencial entre los IGBTs 22 del primer circuito serie, mientras que el segundo borne de conexión de submódulo 28 está conectado al punto de potencial entre los IGBTs 22 del segundo circuito serie 31. El circuito en medio puente conforme a la figura 6 es capaz, según la activación de los IGBTs 22, de generar en los bornes de conexión de submódulo 27 y 28 o bien la tensión de condensador  $U_c$  que cae en el condensador 25 o una tensión cero, es decir una tensión nula. En los bornes de conexión de submódulo 27 y 28 no puede generarse además la tensión de condensador  $U_c$  que cae en el acumulador de energía eléctrica 25 ni una tensión cero, sino también la tensión de condensador inversa  $-U_c$ . De este modo los bornes de conexión de submódulo 27, 28 del circuito en puente completo pueden polarizarse de forma diferente. Aquí se quiere destacar de nuevo que en cada circuito serie 26 y/ 31 puede prescindirse sin sustituirse de uno de los IGBTs 22, por ejemplo del IGBT 22 representado respectivamente arriba en la figura 7. Un submódulo en puente completo 14 de este tipo con en total dos o tres semiconductores de potencia 22 que pueden conectarse y desconectarse es ciertamente adecuado para conmutar o limitar la corriente en el ramal central 11, formando parte de la unidad de conmutación de potencia 13. Sin embargo, con un submódulo 14 de este tipo no es posible la generación de una corriente circular. Un submódulo 14 en puente completo con dos o tres interruptores semiconductores de potencia 22 que pueden conectarse y desconectarse no es por ello adecuado para formar parte de los medios de conmutación 34 en el ramal central 11, cuya configuración se tratará posteriormente con más detalle.

La figura 8 muestra un submódulo 14, que aquí recibe el nombre de módulo controlador de corte. También el módulo controlador de corte 14 presenta un acumulador de energía eléctrica 25 así como un primer circuito serie 26, que está conectado en paralelo al acumulador de energía eléctrica 25. El circuito serie 26 presenta sin embargo solo un interruptor semiconductor de potencia 22 con diodo de rueda libre 23 paralelo en contrasentido. En serie con el interruptor semiconductor de potencia 22, aquí un IGBT, está conectado otro diodo 32 que está orientado en el mismo sentido que el diodo de rueda libre 23 del primer circuito serie 26. Además de esto está previsto de nuevo un segundo circuito serie 31, que también está conectado en paralelo al acumulador de energía eléctrica 25 y también presenta solamente un IGBT 22 con diodo de rueda libre 23 en contrasentido y, en serie con el mismo, otro diodo 32. En paralelo a diodo 32 del segundo circuito serie 31 está prevista una resistencia óhmica 33. El segundo circuito serie 31 se usa para limitar la tensión que cae en el acumulador de energía eléctrica 25. Si ésta se hace excesivamente grande se conecta el IGBT 22, de tal manera que se produce un flujo de corriente a través de la resistencia óhmica 33 así como una descarga del acumulador de energía eléctrica 25. El primer borne de conexión de submódulo 27 está conectado al punto de potencial entre el diodo 32 y el IGBT 22 del primer circuito serie 26, mientras que el segundo borne de conexión de submódulo 28 está situado al potencial del polo del acumulador de energía eléctrica 25. A causa de este conexionado no es posible aplicar la tensión del acumulador de energía eléctrica entre los bornes de conexión de submódulo 27 y 28. Solo puede conmutarse un flujo de corriente desde el borne de conexión de submódulo 27 al borne de conexión de submódulo 28. El acumulador de energía eléctrica 25

se usa fundamentalmente para suministrar energía a la electrónica del o de los IGBTs. El condensador es también responsable de que al conmutar no se produzca ningún pico de tensión, a causa de lo cual podrían resultar destruidos los semiconductores. Con relación a esto se quiere destacar que, en lugar de un segundo circuito serie 31, puede emplearse también un descargador que está conectado en paralelo al acumulador de energía eléctrica 25. En otras palabras el módulo controlador de corte se correspondería entonces con el circuito en medio puente mostrado en la figura 6, en donde puede prescindirse del IGBT 22 no dispuesto entre los dos bornes de conexión de submódulo 27 y 28.

En el marco de la invención puede ser ventajoso, en el caso del submódulo 14 tanto conforme a la figura 7 como conforme a la figura 8, que entre los bornes de conexión de submódulo 27 y 28 esté dispuesto un interruptor semiconductor de potencia, por ejemplo un tiristor, o un interruptor mecánico 29, como se muestra en la figura 6 con relación al medio puente. El interruptor mecánico 29 se usa para puentear el submódulo 14 en caso necesario.

La figura 9 muestra otro ejemplo de realización del dispositivo 1 conforme a la invención, que se corresponde en muy gran medida con el ejemplo de realización mostrado en la figura 1, en donde sin embargo se han representado con más detalle los medios de conmutación 34 dispuestos en serie respecto a la unidad de conmutación de potencia 13. Los medios de conmutación 34 se componen también de un circuito serie de formado por submódulos 14, de los que en la figura 9 solo se muestra uno, en donde sin embargo mediante las líneas a trazos y puntos del ramal central 11 se ha indicado en la figura el circuito serie de estos submódulos 14 idénticos. Conforme al ejemplo de realización mostrado en la figura 9, los submódulos 14 de los medios de conmutación 34 están configurados como circuito en puente completo con el descargador 24 conforme a la figura 7. Los submódulos 14 de los medios de conmutación 34 están previstos para accionar dos corrientes circulares mutuamente contrapuestas en las mallas formadas por el ramal de corriente principal, el ramal de corriente secundario y el ramal central. El dispositivo mostrado en la figura 9 está conformado simétricamente. En otras palabras, la corriente continua a desconectar fluye en funcionamiento normal por ejemplo desde el borne de conexión 2 hasta el borne de conexión 3, tanto a través del ramal de corriente principal 4 como a través del ramal de corriente secundario 5. Cada una de las dos corrientes circulares generadas por los medios de conmutación 34 está en contrasentido respecto a la corriente continua a conmutar en uno de los interruptores mecánicos, aquí 7 y 8, de tal manera que se obtiene una corriente resultante de aproximadamente cero en los respectivos interruptores mecánicos 7 y 8. Los interruptores mecánicos 7 y 8 se abren por ello sin corriente. La corriente total se conmuta al ramal central 11 y fluye a través de la unidad de conmutación de potencia 13 y de los interruptores mecánicos 6 y 9 hasta el borne de conexión 3. Los submódulos 14 de la unidad de conmutación de potencia 13 pueden desconectar o limitar ahora la corriente continua. A continuación pueden abrirse los restantes interruptores mecánicos 6 y 9.

Mediante los submódulos 14 de los medios de conmutación 34 se accionan, como se ha descrito anteriormente, dos corrientes circulares a través de las dos mallas formadas por los ramales central, secundario y principal. Una de las corrientes circulares fluye en sentido horario, mientras que la otra corriente circular fluye en sentido antihorario a través de la malla respectiva. De esta forma se garantiza que, con independencia del sentido de la corriente continua a desconectar, la corriente continua a conmutar y una de las corrientes circulares se superpongan siempre en uno de los interruptores mecánicos 6, 7 del ramal de corriente principal y en un interruptor mecánico del ramal de corriente secundario 8 ó 9 hasta formar cero. A este respecto los interruptores, en los que se ajusta una corriente resultante de aproximadamente cero, están dispuestos en lados diferentes del ramal central, es decir en el sentido de la corriente continua a conmutar delante o detrás del punto de potencial de ramal central de su respectivo ramal. Los citados interruptores mecánicos, p.ej. 7 y 8, pueden abrirse a continuación, de tal manera que la corriente fluye a través de la unidad de conmutación de potencia 13, cuyos submódulos 14 pueden después interrumpir o limitar el flujo de corriente. Los submódulos 14 de los medios de conmutación 34 mostrados en la figura 9 presentan también un descargador 24, de tal manera que los mismos pueden actuar también como submódulos de la unidad de conmutación de potencia 13. Si los submódulos 14 de la unidad de conmutación de potencia 13 están configurados también como circuitos en puente completo conforme a la figura 7, puede hablarse también de solamente un circuito serie, en donde solamente la activación de los submódulos mediante una unidad de control y regulación no mostrada hace una distinción, de si los submódulos 14 actúan formando parte de los medios de conmutación 34 o de la unidad de conmutación de potencia 13. Como es natural un submódulo en puente completo 14 puede desarrollar también ambas acciones desplazadas en el tiempo. Como es natural los submódulos 14 de los medios de conmutación 34, que están configurados conforme a la figura 7 como circuito en puente completo con descargador 24, pueden emplearse también para desconectar o limitar la corriente.

En este punto se quiere destacar que en el marco de la invención los submódulos 14 de la unidad de conmutación de potencia 13 no tienen que estar conformados siempre idénticamente. De esta forma una parte de los submódulos 14 puede estar conformado por ejemplo conforme a la figura 5, otra parte conforme a la figura 6, otra parte conforme a la figura 7 y una última parte conforme a la figura 8. Los submódulos 14 de los medios de conmutación 34, sin embargo, deben presentar un acumulador de energía eléctrica 25 con el que primero se haga posible la generación de una corriente circular en la malla. Además de esto el submódulo 14 debe ser capaz de generar en los bornes de conexión de submódulo 27, 28 la tensión que cae en el acumulador de energía eléctrica 25.

La figura 10 muestra una conformación conforme a la figura 9, en donde sin embargo los medios de conmutación 34 están conformados como circuitos en medio puente conforme a la figura 6, en donde no está previsto sin embargo ningún diodo 30 y ningún interruptor de puenteo. También en la figura 10 están conectados en serie varios submódulos 14 de los medios de conmutación 34, en donde también aquí esta conexión en serie se aclara mediante las líneas a trazos y puntos. Al contrario que el circuito en puente completo conforme a la figura 9, el circuito en medio puente conforme a la figura 19 solo puede generar una polaridad de tensión en los bornes de conexión de submódulo 27 y 28. Sin embargo, debido a que la corriente a través del ramal central 11 fluye siempre solo en un sentido, esta única polaridad de tensión es totalmente suficiente para conmutar o limitar una corriente continua en ambos sentidos. Además de esto los submódulos 14 de los medios de conmutación 34 no pueden interrumpir una corriente que fluye desde el ramal de corriente principal 4 hasta el ramal de corriente secundario 5 a través del ramal central 11, ya que ésta fluye a través de los diodos de piñón libre 23 entre los bornes de conexión de submódulo 27 y 28. Después de la conmutación de la corriente en el ramal central 11 puede ser por ello conveniente cerrar el interruptor 29 que puentea los submódulos 14 de los medios de conmutación 34, que no se muestra en las figuras 9 y 10. Si los submódulos 14 de la unidad de conmutación de potencia 13 presentaran también un circuito en medio puente, los IGBTs o con relación a los IGBTs de los submódulos 14 de los medios de conmutación 34 presentan una orientación contrapuesta. En la conformación del dispositivo 1 mostrada en la figura 10 los medios de conmutación 34 generan unas corrientes circulares que fluyen una en sentido contrario a la otra, es decir en sentido horario o en contra del sentido horario, de tal manera que dos de los interruptores mecánicos pueden abrirse sin corriente y la corriente se conmuta en el ramal central 11. A causa de la diferente polarización de los interruptores semiconductores de potencias 22 de los submódulos 14 de los medios de conmutación 34, en comparación con los submódulos 14 de la unidad de conmutación de potencia 13, el ramal de carga 15 ya no está conectado al punto de potencial de ramal central del ramal de corriente secundario 5, sino conectado al punto de potencial entre la unidad de conmutación de potencia 13 y los medios de conmutación 34. La corriente de carga para cargar el acumulador de energía eléctrica 25 de los submódulos 14 de los medios de conmutación 34 fluye después desde el borne de conexión 3 a través del interruptor 9, a través de los medios de conmutación 34 y finalmente a través del ramal de carga 15, hasta tierra o hasta el contrapolo.

La figura 11 muestra otra conformación de la invención, en donde están conectados mutuamente en serie no un dispositivo aislado, sino varios dispositivos 1 bipolares. El modo de funcionamiento de los dispositivos aislados se corresponde con el modo de funcionamiento que se ha explicado con relación a las figuras citadas hasta ahora. El dispositivo 1 también puede estar estructurado conforme a las otras conformaciones de la invención representadas o realizadas anteriormente. El número de dispositivos 1 conectados en serie es totalmente voluntario. El circuito serie tiene la ventaja de que el interruptor de tensión continua completo formado por el mismo puede escalarse mejor, para interrumpir la corriente, y puede diseñarse mejor para diferentes niveles de tensión. Los dispositivos comparativamente menores pueden producirse y manipularse de forma más económica. La tensión que cae en los interruptores aislados es menor, de tal manera que se acelera la velocidad de conmutación de los interruptores mecánicos. Sin embargo, existe el inconveniente de la necesaria sincronización de los dispositivos aislados. Además de esto es posible, como ya se ha señalado en la figura 1, equipar el dispositivo 1 con una inductividad en forma de una bobina o de un estrangulador. Una bobina o un estrangulador de este tipo es también en la conformación conforme a la figura 11, en donde el estrangulador está dispuesto distribuido por los dispositivos aislados. De este modo también el estrangulador puede escalarse más fácilmente.

La figura 12 muestra otro ejemplo de realización del dispositivo 1 conforme a la invención, en donde los medios de conmutación 34 ya no están dispuestos en el ramal central 11. Más bien está dispuesto entre el punto de potencial de ramal central del ramal de corriente principal 4 y cada interruptor mecánico 6 y 7 del ramal de corriente principal 4 un interruptor semiconductor de conmutación 36 y 37, con un diodo de rueda libre 23 paralelo respectivamente en contrasentido. En paralelo al interruptor semiconductor de conmutación 36 y con ello también a cada diodo de rueda libre 23 está conectado un descargador 24, que se usa como medio para reducir una energía que se libera al conmutar. Los medios de conmutación 34 comprenden por ello los interruptores semiconductores de conmutación 36, 37, el respectivo diodo de rueda libre 23 así como la respectiva resistencia no lineal 24. Los interruptores semiconductores de conmutación 36 y 37 están orientados mutuamente en contrasentido, de tal manera que puede interrumpirse o limitarse un flujo de corriente en ambos sentidos. En comparación con la figura 1 apoyan los interruptores semiconductores de conmutación 36 ó 37 los interruptores mecánicos 6 y 7, para conmutar la corriente en el ramal central 11. Si por ejemplo la corriente fluye desde el borne de conexión 2 hasta el borne de conexión 3 a través del ramal de corriente principal 4, con el interruptor mecánico 8 abierto, para desconectar al corriente se acciona el interruptor semiconductor de conmutación 37 y al mismo tiempo el interruptor mecánico 7. a causa de la resistencia que aumenta tan rápidamente se conmuta el flujo de corriente en el ramal central 11, de tal manera que la unidad de conmutación de potencia 13 puede interrumpir el mismo. A continuación se abren todos los interruptores mecánicos.

La figura 13 muestra otro ejemplo de realización del dispositivo 1 conforme a la invención, que se corresponde en muy gran medida con el ejemplo de realización mostrado en la figura 12, en donde sin embargo están dispuestos también dos interruptores semiconductores de conmutación 38 y 39 en forma de IGBTs en el ramal de corrientes secundario 5. Conforme a este perfeccionamiento ventajoso en funcionamiento normal están cerrados todos los interruptores mecánicos 6, 7, 8 y 9. Los interruptores semiconductores de conmutación 36, 37, 38 y 39 se han

5 trasladado a su posición de paso, de tal manera que una corriente puede fluir desde el borne de conexión 2 hasta el borne de conexión 3, tanto a través del ramal de corriente principal 4 como a través del ramal de corriente secundario 5. Para desconectar la corriente se trasladan simultáneamente a su posición de seccionado o se abren los interruptores semiconductores de conmutación 37 y 38 así como los interruptores mecánicos 7 y 8. Después la corriente fluye desde el borne de conexión 2 al ramal central 11 ya solo a través del ramal de corriente principal 4, del interruptor mecánico 6, del diodo de rueda libre 23 y, a continuación, a través del diodo de rueda libre 23 y del interruptor mecánico 9 cerrado, hasta el borne de conexión 3. La unidad de conmutación de potencia 13 pueden interrumpir seguidamente la corriente.

10 La figura 14 muestra claramente otra conformación del interruptor conforme a la invención, en el que los interruptores semiconductores de conmutación 38 y 39 del ramal de corriente secundario 5 son prescindibles respecto al ejemplo de realización conforme a la figura 13. En lugar de ello están dispuestos dos diodos 20 y 21 en el ramal de corriente secundario 5, como en el ejemplo de realización conforme a la figura 5. Los diodos 20 y 21 impiden un flujo de corriente a través del ramal de corriente secundario 5, sin que éste sea conducido previamente a través del ramal central 11. Los interruptores 8 y 9 apoyan los diodos 20 y 21, pero también son prescindibles con un  
15 diseño correspondiente de los diodos 20 y 21.

**REIVINDICACIONES**

1. Dispositivo (1) para conmutar una corriente continua en un polo de una red de tensión continua, con
- dos bornes de conexión (2, 3) para la conexión en serie al polo,
  - un ramal de corriente principal (4) que se extiende entre los bornes de conexión (2, 3), en el que están dispuestos dos interruptores mecánicos (6, 7),
  - un ramal de corriente secundario (5) que se extiende en conexión en paralelo respecto al ramal de corriente principal (4) entre los bornes de conexión (2, 3), en el que están dispuestos también dos interruptores mecánicos (8, 9) y/o dos semiconductores de potencia (20, 21),
  - un ramal central (11) que conecta un punto de potencial de ramal central (10) de la ruta de corriente principal (4), dispuesto entre los interruptores mecánicos (6, 7), a un punto de potencial de ramal central (12) del ramal de corriente secundario (5), dispuesto entre los interruptores mecánicos (8, 9) o los semiconductores de potencia (20, 21), en donde el dispositivo (1) está caracterizado porque el ramal central (11) presenta una unidad de conmutación de potencia (13), la cual presenta un circuito serie formado por submódulos bipolares (14) respectivamente con al menos un interruptor semiconductor de potencia (22) y unos medios para reducir una energía (24) que se libera al conmutar, y en donde el dispositivo (1) presenta
  - unos medios de conmutación (34) para conmutar la corriente continua en el ramal central (11), de tal manera que toda la corriente continua es conducida a través del ramal central (11), en donde los medios de conmutación (34) presentan al menos un semiconductor de potencia activable (22, 36).
2. Dispositivo (1) según la reivindicación 1, caracterizado porque está previsto un ramal de carga (15) que, por un lado, está conectado al potencial de tierra o a un contrapolo de la red de tensión continua polarizado inversamente respecto al polo y, por otro lado, está conectado o puede conectarse al ramal central (11), en donde el ramal de carga (15) presenta una resistencia óhmica (16).
3. Dispositivo (1) según la reivindicación 2, caracterizado porque el ramal de carga (15) está conectado o puede conectarse al punto de potencial de ramal central (12) del ramal de corriente secundario (5).
4. Dispositivo (1) según la reivindicación 2 ó 3, caracterizado porque el ramal de carga (15) presenta un interruptor mecánico (17) conectado en serie a la resistencia óhmica (16), que está diseñada para conectar el ramal de carga (15) al ramal central (11).
5. Dispositivo (1) según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque los submódulos (14) de la unidad de conmutación de potencia (13) presentan, al menos parcialmente, respectivamente un interruptor semiconductor de potencia (22) que puede conectarse y desconectarse y un diodo de rueda libre (23) conectado para ello en paralelo en contrasentido.
6. Dispositivo (1) según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la unidad de conmutación de potencia (13) está diseñada para desconectar corrientes en solo un sentido.
7. Dispositivo (1) según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque los submódulos (14) de la unidad de conmutación de potencia (13) presentan al menos parcialmente respectivamente un acumulador de energía eléctrica (25) y un circuito serie (26), conectado en paralelo al acumulador de energía eléctrica (25), formado por dos interruptores semiconductores de potencias (22) que pueden conectarse y desconectarse respectivamente con un diodo de rueda libre (23) dispuesto en contrasentido en paralelo, en donde un borne de conexión de submódulo (27) está conectado a un punto de potencial entre los interruptores semiconductores de potencias (22) que pueden conectarse y desconectarse y el otro borne de conexión (28) está conectado a un polo del acumulador de energía eléctrica (25).
8. Dispositivo (1) según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque los submódulos (14) de la unidad de conmutación de potencia (13) presentan al menos parcialmente un acumulador de energía eléctrica (25) y dos circuitos serie (26, 31), conectados en paralelo al acumulador de energía eléctrica (25), respectivamente con dos interruptores semiconductores de potencia que pueden conectarse y desconectarse con diodos de piñón libre paralelos en contrasentido, en donde un primer borne de conexión (27) está conectado a un punto de potencial entre los dos interruptores semiconductores de potencias (22) del primer circuito serie (26) y un segundo borne de conexión de submódulo (28) al punto de potencial entre los dos interruptores semiconductores de potencias (22) del segundo circuito serie (31).

9. Dispositivo (1) según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque los medios para reducir la energía que se libera al conmutar son varistores y/o descargadores (24).
10. Dispositivo (1) según la reivindicación 9, caracterizado porque los varistores y/o descargadores están conectados al menos parcialmente en paralelo a un acumulador de energía eléctrica (25).
- 5 11. Dispositivo (1) según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque los submódulos (14) de la unidad de conmutación de potencia (13) están configurados al menos parcialmente como módulos controladores de corte y presentan un acumulador de energía eléctrica (25), al que está conectado en paralelo un primer circuito serie (26) formado por un interruptor semiconductor de potencia (22) que puede conectarse y desconectarse con un diodo de rueda libre (23) paralelo en contrasentido y un diodo (32) orientado en el mismo sentido respecto al diodo de  
10 rueda libre (23), y un segundo circuito serie (31) formado por un interruptor semiconductor de potencia (28) que puede conectarse y desconectarse con diodo de rueda libre (23) paralelo en contrasentido y otro diodo (32) orientado en el mismo sentido respecto al diodo de rueda libre (23), en donde el diodo (32) del segundo circuito serie (31) puentea una resistencia óhmica (33), y el primer borne de conexión de submódulo (27) está conectado a un polo del acumulador de energía eléctrica (25) y el segundo borne de conexión de submódulo (28) al punto de potencial entre el interruptor semiconductor de potencia (22) desconectable y el diodo (32) del primer circuito serie (26).
12. Dispositivo (1) según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque los medios de conmutación (34) están dispuestos en el ramal central (11) en serie respecto a la unidad de conmutación de potencia (13) y diseñados para generar una corriente circular, que está contrapuesta a la corriente continua a conmutar.
- 20 13. Dispositivo (1) según la reivindicación 12, caracterizado porque el ramal de carga (15) está unido o puede unirse al punto de potencial entre la unidad de conmutación de potencia (13) y los medios de conmutación (34).
14. Dispositivo (1) según la reivindicación 12 ó 13, caracterizado porque los medios de conmutación (34) configuran un circuito serie formado por submódulos bipolares (14), en donde cada submódulo (14) posee un acumulador de energía eléctrica (25) y un interruptor semiconductor de potencia (26, 31) conectado en paralelo al acumulador de  
25 energía eléctrica (25).
15. Dispositivo (1) según la reivindicación 14, caracterizado porque el circuito semiconductor de potencia configura un circuito serie (26) formado por dos interruptores semiconductores de potencia (22) desconectables con unos diodos de piñón libre (23) paralelos respectivamente en contrasentido, en donde un primer borne de conexión de submódulo (27) está conectado al punto de potencial entre los interruptores semiconductores de potencias (22) que  
30 pueden conectarse y desconectarse y otro borne de conexión de submódulo (28) a un polo del acumulador de energía eléctrica (25).
16. Dispositivo (1) según la reivindicación 14, caracterizado porque el circuito semiconductor de potencia configura dos circuitos serie (26, 31) formados respectivamente por dos interruptores semiconductores de potencia (22) que pueden conectarse y desconectarse con unos diodos de piñón libre (23) paralelos respectivamente en contrasentido,  
35 en donde el punto de potencial entre los interruptores semiconductores de potencia (22) que pueden conectarse y desconectarse del primer circuito serie (26) está conectado al primer borne de conexión de submódulo (27) y el punto de potencial entre los interruptores semiconductores de potencias (22) que pueden conectarse y desconectarse del segundo circuito serie (31) está conectado al segundo borne de conexión de submódulo (28).
17. Dispositivo (1) según una de las reivindicaciones 1 a 11, caracterizado porque los medios de conmutación (34) están dispuestos en el ramal de corriente principal (4) y presentan unos interruptores semiconductores de conmutación (31, 37), a los que están conectados en paralelo unos medios para reducir una energía (24) que se libera al conmutar, en donde cada interruptor semiconductor de conmutación (36, 37) está dispuesto entre el punto potencial de ramal central (10) del ramal de corriente principal (4) y uno de los interruptores mecánicos (6, 7) del  
40 ramal de corriente principal (4).
18. Dispositivo (1) según la reivindicación 17, caracterizado porque entre cada interruptor mecánico (6, 7) y el punto de potencial de ramal central (10) del ramal de corriente principal (4) está dispuesto un interruptor semiconductor de conmutación, en donde los dos interruptores semiconductores de conmutación (36, 37) del ramal de corriente principal (4) están orientados mutuamente en contrasentido.
- 45 19. Dispositivo (1) según una de las reivindicaciones 17 ó 18, caracterizado porque el ramal de corriente secundario (5) presenta unos interruptores semiconductores de conmutación (38, 39), y conectados en paralelos al o a los interruptores semiconductores de conmutación (38, 38) están previstos unos medios para evacuar una energía (24) que se libera al conmutar.
- 50

- 5 20. Dispositivo (1) según la reivindicación 19, caracterizado porque entre cada interruptor mecánico (8, 9) o entre cada semiconductor de potencia (20, 21) del ramal de corriente secundario (5) y el punto de potencial de ramal central (12) del ramal de corriente secundario (5) está dispuesto respectivamente un interruptor semiconductor de conmutación (38, 39), en donde los dos interruptores semiconductores de conmutación (38, 39) están orientados mutuamente en contrasentido.
21. Dispositivo (1) según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque los interruptores mecánicos (6, 7) del ramal de corriente principal (4) son interruptores rápidos y están diseñados para abrirse en un margen de 1 ms a 10 ms, en donde los interruptores mecánicos (8, 9) del ramal de corriente secundario (5) son interruptores mecánicos comparativamente lentos, que se abren en un margen de tiempo de 10 a 50 ms.
- 10 22. Instalación para conmutar corrientes continuas en un polo de una red de tensión continua, con un circuito serie formado por dispositivos (1) conforme a una de las reivindicaciones anteriores.

FIG 1

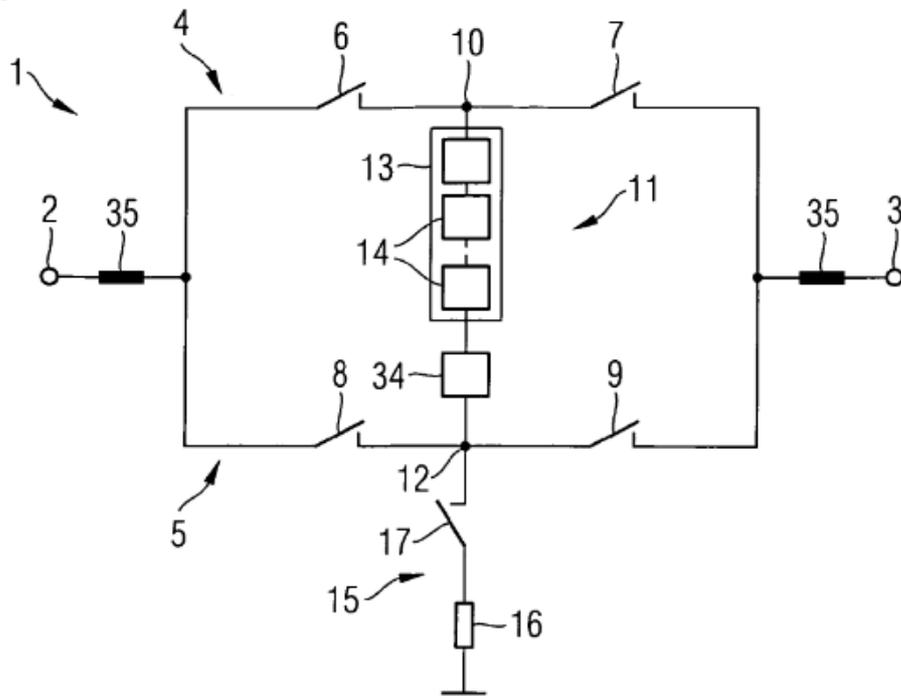


FIG 2

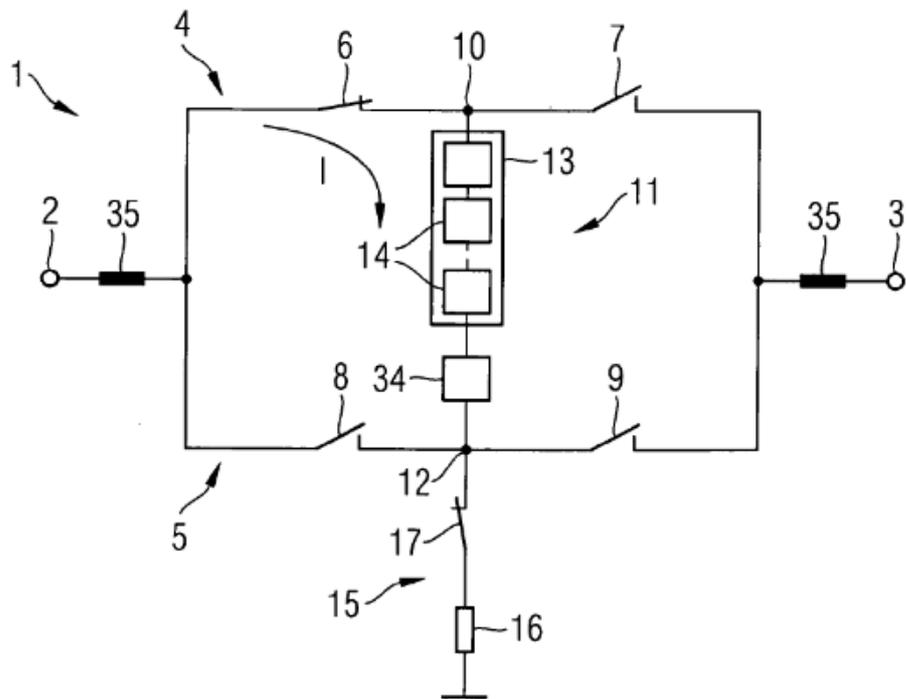


FIG 3

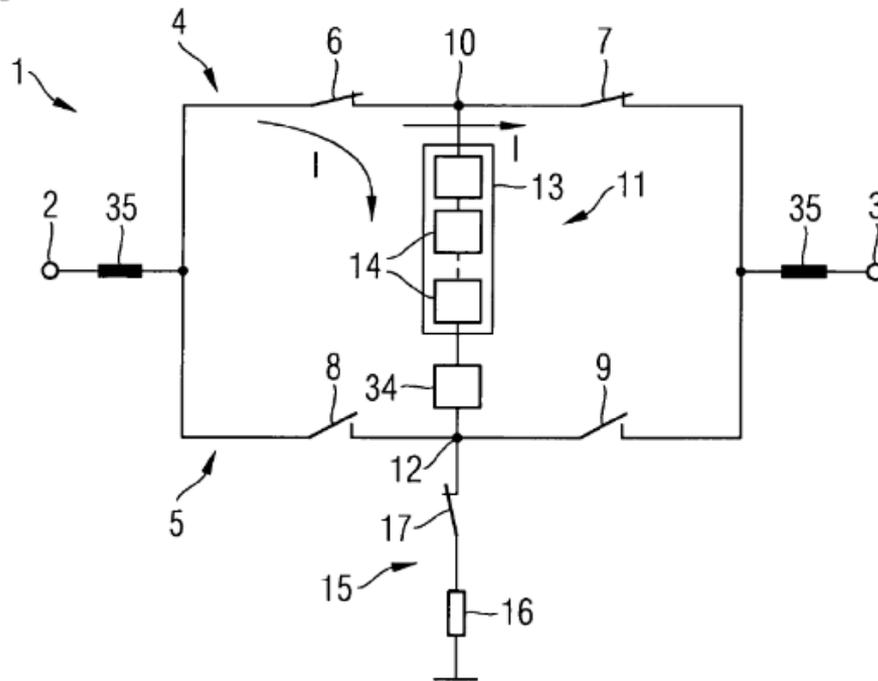


FIG 4

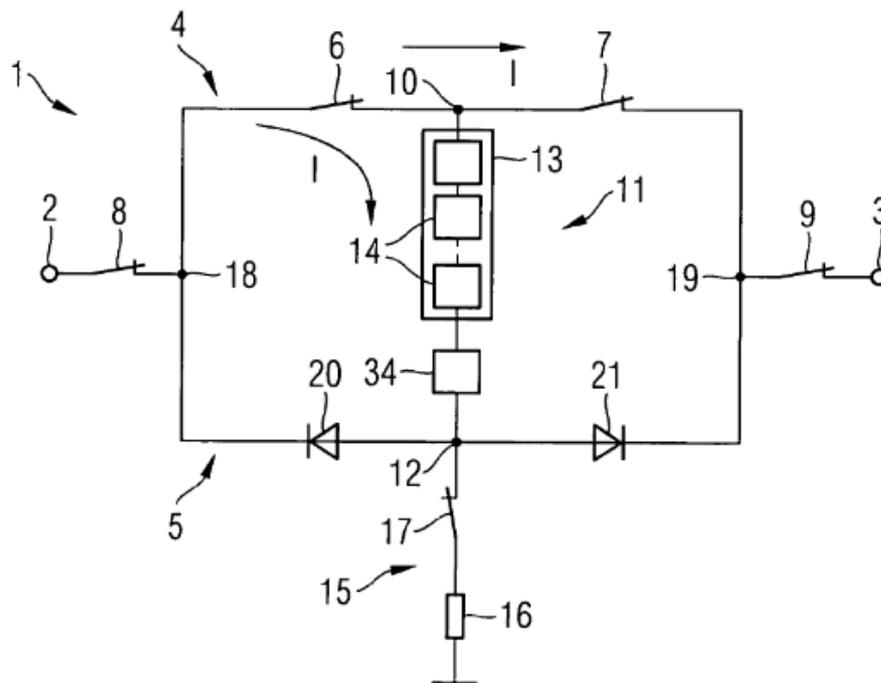


FIG 5

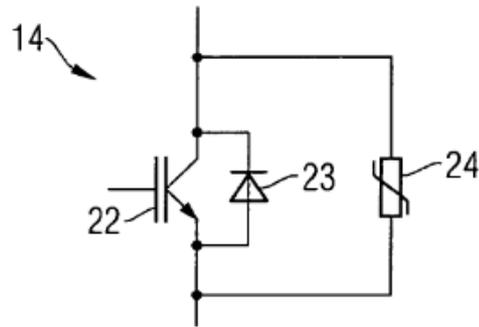


FIG 6

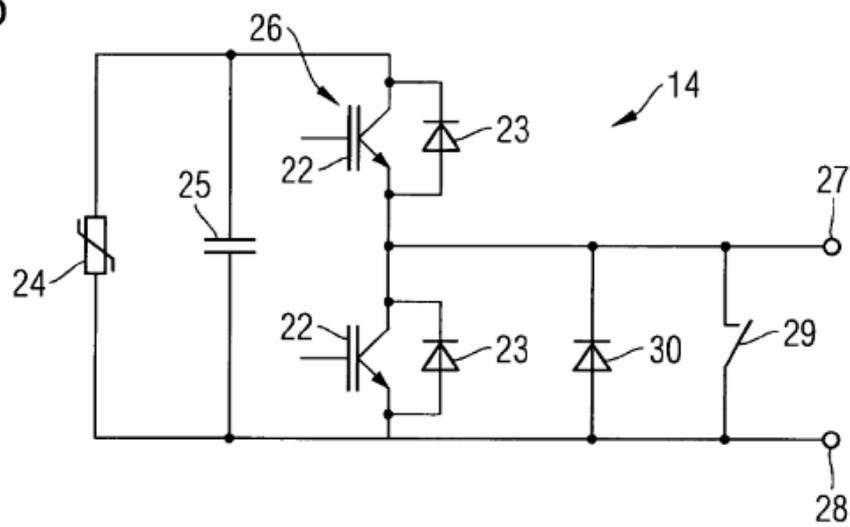


FIG 7

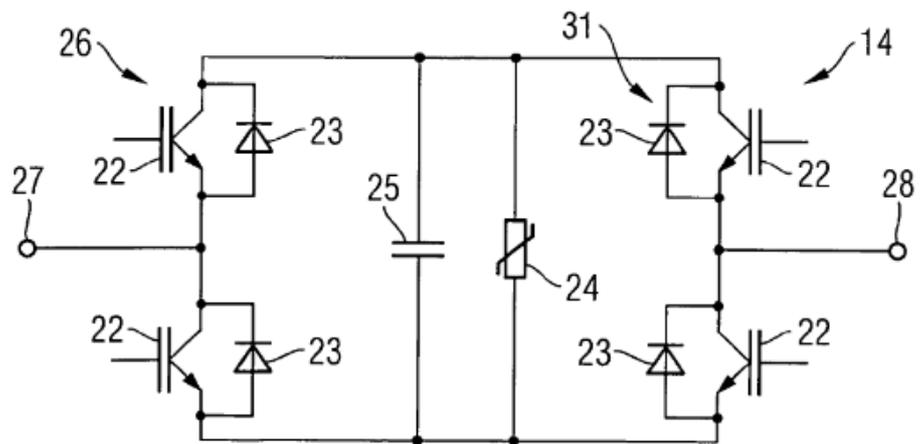


FIG 8

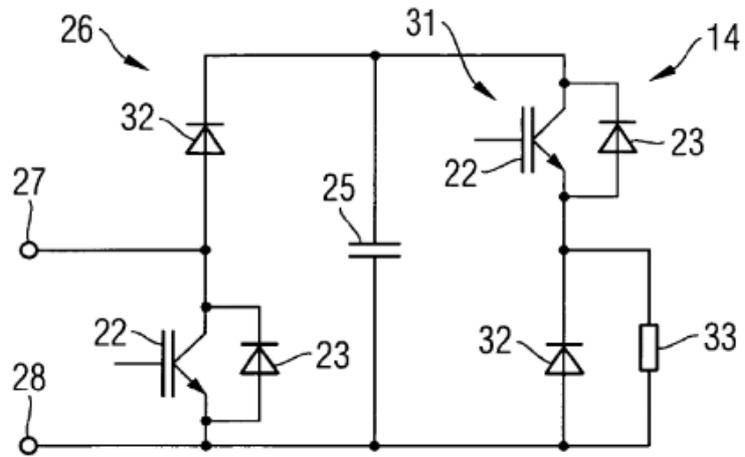


FIG 9

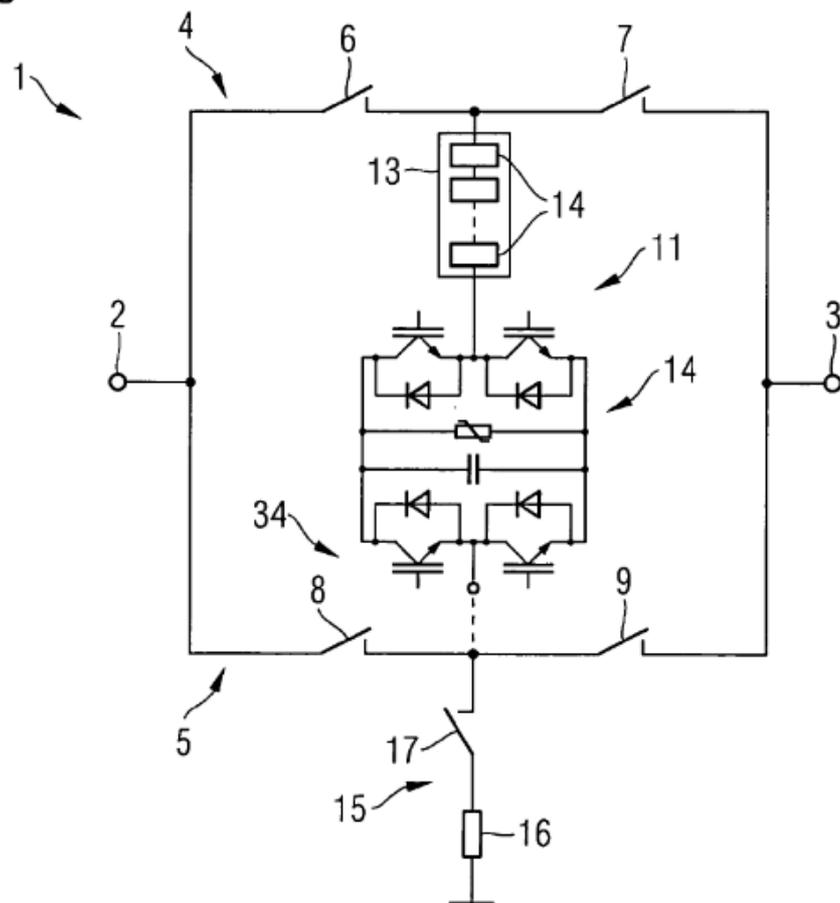


FIG 10

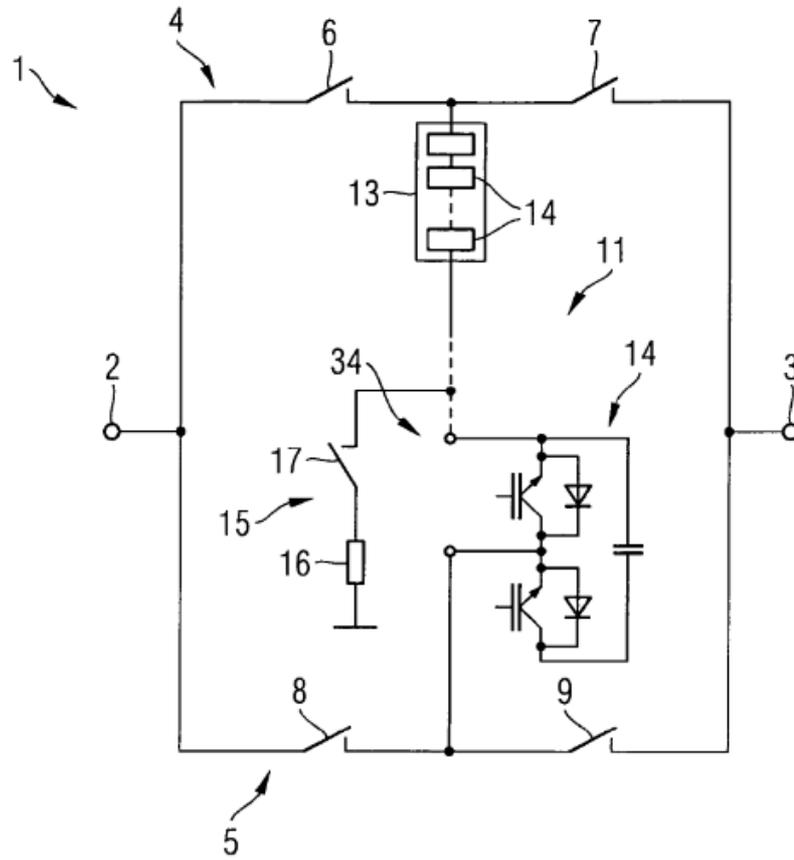


FIG 11

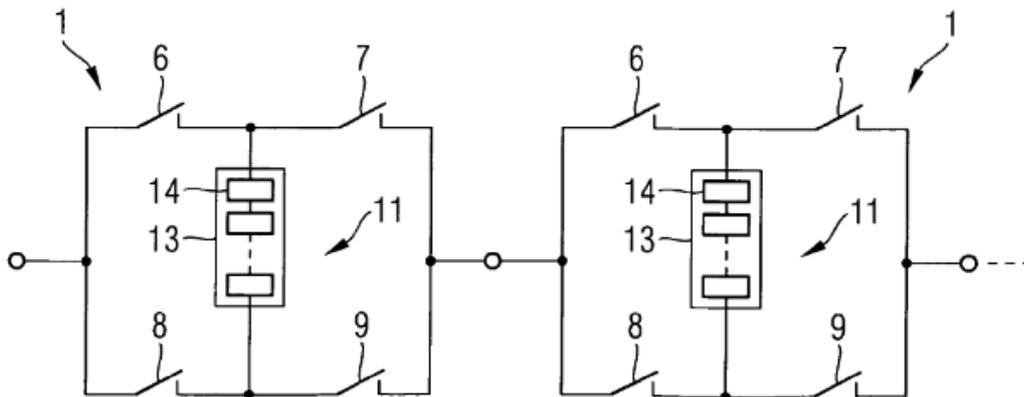




FIG 14

