

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 812 876**

51 Int. Cl.:

H02M 7/483 (2007.01)

H03K 17/0814 (2006.01)

H03K 17/723 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.09.2016** **PCT/EP2016/070832**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.03.2018** **WO18041370**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.09.2016** **E 16765942 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.05.2020** **EP 3485565**

54 Título: **Procedimiento para la descarga de un acumulador de energía eléctrica**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
18.03.2021

73 Titular/es:

SIEMENS ENERGY GLOBAL GMBH & CO. KG
(100.0%)
Otto-Hahn-Ring 6
81739 München, DE

72 Inventor/es:

DORN, JÖRG;
SCHMITT, DANIEL;
SCHREMMER, FRANK y
WAHLE, MARCUS

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 812 876 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

Procedimiento para la descarga de un acumulador de energía eléctrica

La presente invención hace referencia a un procedimiento para la descarga de un acumulador de energía eléctrica. En acumuladores de energía eléctrica (por ejemplo, en condensadores eléctricos) se pueden almacenar grandes cantidades de energía eléctrica. Estas grandes cantidades de energía eléctrica pueden ser difíciles de controlar en caso de fallas, ya que la energía eléctrica se puede liberar de manera incontrolada y repentina en caso de una falla y puede convertirse entonces en otras formas de energía. Un circuito o componente electrónico (por ejemplo, un semiconductor de potencia) conectado al acumulador de energía eléctrica, con frecuencia, no está en condiciones de absorber y controlar estas cantidades de energía eléctrica liberadas. Esto puede provocar que el circuito electrónico se destruya por completo en caso de una falla, por ejemplo, debido a una explosión. La destrucción del circuito electrónico también puede provocar daños colaterales en los equipos adyacentes. Las causas de este tipo de daño colaterales pueden ser, por ejemplo, arcos eléctricos, grandes fuerzas de corriente magnética o incluso impurezas fuertes debido a la mencionada explosión.

De la solicitud de patente internacional WO 2013/044961 A1 se conoce una descarga de corriente de cortocircuito para un submódulo de un convertidor multinivel modular. En este caso, un tiristor está conectado en paralelo a un condensador eléctrico para descargar la corriente de descarga del condensador de manera controlada a través del tiristor en caso de una falla y para proteger el circuito electrónico conectado al condensador. Esta conocida descarga de corriente de cortocircuito presenta un circuito de evaluación electrónica que detecta la presencia de un error y, en caso de error, introduce una corriente de puerta en la conexión de puerta del tiristor, de modo que el tiristor se activa/ conecta. Para implementar este circuito de evaluación se requieren componentes electrónicos adicionales, y el circuito de evaluación requiere un cierto período de tiempo para reconocer el error y proporcionar la corriente de puerta para el tiristor. Además, el circuito de evaluación reduce la fiabilidad del elemento protector, es decir, de la descarga de corriente de cortocircuito.

El objeto de la presente invención consiste en especificar un procedimiento para la descargar de un acumulador de energía eléctrica y una disposición en los cuales no sea necesario un circuito de evaluación adicional.

Dicho objeto se resuelve conforme a la presente invención, mediante un procedimiento y una disposición de acuerdo con las reivindicaciones relacionadas. En las respectivas reivindicaciones relacionadas están indicadas formas de ejecución ventajosas del procedimiento y de la disposición.

Se revela un procedimiento para la descarga de un acumulador de energía eléctrica que está conectado con un circuito electrónico mediante un primer conductor eléctrico y un segundo conductor eléctrico; en donde está proporcionado un tiristor para la descarga del acumulador de energía eléctrica (en el caso de fallas), en donde en el procedimiento

- debido a un error que ocurre en el circuito electrónico (en particular por la aparición de un cortocircuito en el circuito electrónico), una corriente de descarga del acumulador de energía eléctrica comienza a fluir desde el acumulador de energía eléctrica a través del primer conductor eléctrico al circuito electrónico y a través del segundo conductor eléctrico, de regreso al acumulador de energía eléctrica;

- debido a la corriente de descarga (ascendente) alrededor del primer conductor eléctrico y del segundo conductor eléctrico se genera un campo magnético que se modifica con el tiempo, el cual atraviesa el material semiconductor del tiristor;

- por el campo magnético que cambia con el tiempo, una corriente (corriente de Foucault) es inducida (acoplada) en el material semiconductor del tiristor;

- el tiristor se activa (exclusivamente) mediante esta corriente inducida (con lo cual la corriente de descarga del acumulador de energía eléctrica fluye a través del tiristor conectado atravesando así el circuito electrónico). Por lo tanto, el tiristor encendido se hace cargo de la corriente de descarga del acumulador de energía eléctrica (al menos una parte fundamental de la corriente de descarga del acumulador de energía eléctrica), es decir, el tiristor encendido deriva la corriente de descarga del acumulador de energía eléctrica. El acumulador de energía eléctrica puede ser, por ejemplo, un acumulador de energía eléctrica del tipo condensador, por ejemplo, un condensador eléctrico, una batería eléctrica o un acumulador eléctrico. La corriente inducida puede actuar en el tiristor como una corriente de puerta o como una corriente de encendido. La corriente de puerta es una corriente que fluye a través de la estructura de semiconductores de puerta del tiristor y activa el tiristor; la corriente de encendido es una corriente que fluye en el tiristor por fuera de la estructura de semiconductores de puerta del tiristor y activa el tiristor.

En otras palabras, el tiristor es activado por la corriente inducida (corriente de Foucault). De esta manera, la corriente de descarga del acumulador de energía eléctrica fluye a través del tiristor encendido sin pasar por el

circuito electrónico. En este caso, el tiristor puede estar dispuesto espacialmente adyacente al primer conductor eléctrico y/o al segundo conductor eléctrico.

En este procedimiento resulta particularmente ventajoso que el campo magnético que cambia con el tiempo (que surge debido al aumento de la corriente de descarga del acumulador de energía eléctrica) se utiliza directamente para conectar el tiristor (es decir, para conectar el tiristor). Para ello, no se necesitan componentes adicionales ni otros circuitos de evaluación. De esta manera, este procedimiento se puede implementar de manera muy sencilla, económica y fiable. Además, se evitan latencias de tiempo al conectar el tiristor. (Un circuito de evaluación que consta de componentes electrónicos adicionales naturalmente provocaría este tipo de demoras).

Por lo tanto, se trata de un tiristor de encendido automático sin una latencia de conmutación adicional a causa de la electrónica de detección o de encendido adicional en un circuito de evaluación adicional (el tiempo de demora de encendido del tiristor permanece sin cambios: el tiempo de demora de encendido del tiristor generalmente se encuentra en el rango de unos pocos μs , típicamente 1-3 μs). Debido a la ausencia de componentes adicionales y de un circuito de evaluación adicional, no se producen pérdidas eléctricas adicionales. En particular, en un sistema electrónico de potencia en el que hay una gran cantidad de acumuladores de energía eléctrica (como, por ejemplo, en un convertidor multinivel modular), las pérdidas eléctricas se pueden reducir significativamente. De esta manera, se puede mejorar la eficiencia energética del sistema. En el procedimiento descrito, sólo se producen leves pérdidas eléctricas por la corriente de fuga del tiristor; dicha corriente de fuga es por lo general muy baja.

El procedimiento descrito permite así un gran ahorro de costes y una reducción en el ratio de fallos (ratio de FIT, FIT = fallos en el tiempo, del inglés: failure in time) debido a la omisión de componentes electrónicos adicionales o la omisión de un circuito de evaluación electrónica adicional. Ya que los componentes que no están presentes no se pueden romper, la probabilidad de que ocurra un error se reduce significativamente.

El procedimiento se puede desarrollar de tal manera que mediante la corriente inducida se active el tiristor cuando el cambio del campo magnético a lo largo del tiempo exceda un valor umbral. Dicho valor umbral se puede ver notablemente influenciado por la selección de la disposición espacial del tiristor con respecto al primer conductor eléctrico y/o el segundo conductor eléctrico. Por ejemplo, cuanto mayor sea la distancia entre el tiristor y el primer conductor eléctrico o el segundo conductor eléctrico, mayor deberá ser el cambio de la corriente de descarga en el tiempo para generar un cambio del campo magnético en el tiempo que sea lo suficientemente fuerte como para conectar el tiristor. En otras palabras, el procedimiento se puede desarrollar de tal manera que mediante la corriente inducida se active el tiristor cuando el cambio del campo magnético a lo largo del tiempo exceda un valor umbral.

El procedimiento puede estar configurado de tal manera que el circuito electrónico presente al menos dos elementos de conmutación electrónica (que pueden activarse y desactivarse), que estén dispuestos en un circuito de medio puente (en donde el circuito de medio puente está conectado en paralelo al acumulador de energía eléctrica). Un circuito electrónico de este tipo está contenido, por ejemplo, en los así denominados como submódulos de medio puente de un convertidor multinivel modular.

El procedimiento también puede estar configurado de tal manera que el circuito electrónico presente los dos elementos de conmutación electrónica y otros dos elementos de conmutación electrónica; en donde los dos elementos de conmutación electrónica y los otros dos elementos de conmutación electrónica están dispuestos en un circuito de puente completo. Este tipo de circuito electrónico está contenido, por ejemplo, en los así denominados como submódulos de puente completo de un convertidor multinivel modular.

También se revela una disposición con un circuito electrónico y con un acumulador de energía eléctrica que está conectado mediante un primer conductor eléctrico y un segundo conductor eléctrico con el circuito electrónico, y con un tiristor para la descarga del acumulador de energía eléctrica (en el caso de fallas); en donde el tiristor está dispuesto espacialmente adyacente al primer conductor eléctrico y/o al segundo conductor eléctrico de tal manera que debido a un campo magnético que cambia con el tiempo que se produce a causa de una corriente de descarga del acumulador de energía eléctrica que fluye a través de al menos uno de los conductores eléctricos (por ejemplo, a través del primer conductor eléctrico y/o del segundo conductor eléctrico) y que atraviesa el material semiconductor del tiristor, en el material semiconductor del tiristor se induce (acopla) una corriente (corriente de Foucault) que activa el tiristor (cuando el cambio del campo magnético en el tiempo excede un valor umbral). Aquí, el acumulador de energía eléctrica puede ser, por ejemplo, un acumulador de energía eléctrica del tipo condensador, por ejemplo, un condensador eléctrico, una batería eléctrica o un acumulador eléctrico. La corriente inducida puede actuar en el tiristor como corriente de puerta o como corriente de encendido. Esta disposición presenta las mismas ventajas que están indicadas anteriormente en relación con el procedimiento.

La disposición también puede estar diseñada de tal manera que el tiristor esté dispuesto en un espacio intermedio entre el primer conductor eléctrico y el segundo conductor eléctrico. En esta disposición, el tiristor es atravesado de manera particularmente óptima tanto por el campo magnético del primer conductor eléctrico como por el campo magnético del segundo conductor eléctrico.

La disposición también puede estar diseñada de tal manera que el ánodo del tiristor esté conectado (de manera eléctricamente conductora) con el primer conductor eléctrico y el cátodo del tiristor esté conectado (de manera eléctricamente conductora) con el segundo conductor eléctrico. En otras palabras, el tiristor puede estar conectado directamente entre el primer conductor eléctrico y el segundo conductor eléctrico. En este caso, ventajosamente, sólo son necesarios dos puntos de contacto (un punto de contacto entre el ánodo y el primer conductor eléctrico y un segundo punto de contacto entre el cátodo y el segundo conductor eléctrico).

La disposición también puede estar diseñada de tal manera que el tiristor esté sujetado mecánicamente entre el primer conductor eléctrico y el segundo conductor eléctrico. (El primer conductor eléctrico, el tiristor y el segundo conductor eléctrico conforman una unión de sujeción). Mediante la sujeción mecánica se garantiza ventajosamente un contacto eléctrico óptimo entre el primer conductor eléctrico y el tiristor (más precisamente entre el primer conductor eléctrico y el ánodo del tiristor) y entre el segundo conductor eléctrico y el tiristor (más precisamente entre el segundo conductor eléctrico y el cátodo del tiristor).

La disposición también puede estar diseñada de tal modo que el tiristor presente una carcasa tipo celda de disco. Ventajosamente, este tipo de tiristor con una carcasa tipo celda de disco se puede sujetar mecánicamente de manera particularmente sencilla entre el primer conductor eléctrico y el segundo conductor eléctrico.

La disposición también puede estar diseñada de tal manera que el primer conductor eléctrico y/o el segundo conductor eléctrico estén realizados respectivamente como un riel conductor. Mediante un riel colector de este tipo, por un lado, se puede conducir de manera segura mayor corriente de descarga del acumulador de energía eléctrica; por otro lado, mediante un riel colector (mecánicamente estable), el tiristor se puede sujetar mecánicamente de manera fiable.

La disposición también puede estar diseñada de tal manera que el primer conductor eléctrico y/o el segundo conductor eléctrico presenten respectivamente una superficie externa plana, el material semiconductor del tiristor conforme un disco (oblea) y el disco esté dispuesto paralelo a por lo menos una de las superficies externas planas. (En particular, aquí, el primer conductor eléctrico puede presentar una primera superficie externa plana, el segundo conductor eléctrico puede presentar una segunda superficie externa plana, la primera superficie externa plana puede estar dispuesta en paralela a la segunda superficie externa plana, el material semiconductor del tiristor conformar un disco (oblea) y el disco estar dispuesto en paralelo a la primera superficie externa plana y a la segunda superficie externa plana). Una disposición de este tipo permite de manera ventajosa una distancia reducida entre el primer conductor eléctrico y el segundo conductor eléctrico. De esta manera, se puede generar un campo magnético particularmente fuerte entre el primer conductor eléctrico y el segundo conductor eléctrico. Además, se ha demostrado que, con tal disposición, el campo magnético que cambia con el tiempo atraviesa de manera particularmente óptima el material semiconductor del tiristor, de modo que la corriente (que, por ejemplo, actúa como una corriente de puerta) se induce de manera fiable en el material semiconductor del tiristor.

La disposición también puede estar diseñada de tal manera que el tiristor esté conectado con baja inductancia con el acumulador de energía eléctrica. (Aquí, la conexión eléctrica entre el acumulador de energía eléctrica y el tiristor presenta una inductancia eléctrica menor que la conexión eléctrica entre el acumulador de energía eléctrica y el circuito electrónico). Es particularmente ventajoso que, tras la activación del tiristor, la corriente de descarga del acumulador de energía eléctrica fluya a través del tiristor y no (o sólo en muy pequeña medida) a través del circuito electrónico.

La disposición también puede estar diseñada de tal modo que el tiristor esté conectado en paralelo al acumulador de energía eléctrica. Esto permite disponer el tiristor particularmente cerca del acumulador de energía eléctrica, como resultado de lo cual es posible una conexión eléctrica con inductancia particularmente baja entre el acumulador de energía eléctrica y el tiristor.

La disposición puede estar configurada de tal manera que el circuito electrónico presente al menos dos elementos de conmutación electrónica (que pueden activarse y desactivarse), que estén dispuestos en un circuito de medio puente (en donde el circuito de medio puente está conectado en paralelo al acumulador de energía eléctrica). Un circuito electrónico de este tipo está contenido, por ejemplo, en los así denominados como submódulos de medio puente de un convertidor multinivel modular.

La disposición también puede estar configurada de tal manera que el circuito electrónico presente los dos elementos de conmutación electrónica y otros dos elementos de conmutación electrónica; en donde los dos elementos de conmutación electrónica y los otros dos elementos de conmutación electrónica están dispuestos en un circuito de puente completo. Un circuito electrónico de este tipo está contenido, por ejemplo, en los así denominados como submódulos de medio puente de convertidores multinivel modulares.

También se revela un módulo de un convertidor multinivel modular que presenta una disposición según una de las variantes descritas anteriormente.

Además, se revela un convertidor multinivel modular con una pluralidad de dichos módulos.

El procedimiento descrito y la disposición descrita presentan ventajas idénticas o análogas.

A continuación, la presente invención se explica en detalle mediante ejemplos de ejecución. Los mismos símbolos de referencia se refieren a elementos idénticos o de igual función. En las figuras se muestra:

5 Figura 1: un ejemplo de ejecución de un convertidor que presenta una pluralidad de módulos.

Figura 2: un ejemplo de ejecución de un módulo.

Figura 3: un segundo ejemplo de ejecución de un módulo.

Figura 4: un ejemplo de ejecución de un sistema de transmisión de corriente continua de alta tensión.

Figura 5: un ejemplo de ejecución de un sistema de compensación de potencia reactiva.

10 Figura 6: un ejemplo de ejecución de un módulo con un tiristor.

Figura 7: otro ejemplo de ejecución de un módulo con un tiristor.

Figura 8: un ejemplo de ejecución de un tiristor montado en una vista en planta.

Figura 9: el ejemplo de ejecución del tiristor montado en una vista lateral.

Figura 10: una representación a modo de ejemplo del material semiconductor del tiristor en el campo magnético.

15 Figura 11: un desarrollo del procedimiento a modo de ejemplo.

En la figura 1 está representado un convertidor 1 en forma de un convertidor multinivel modular 1 (del inglés: modular multilevel converter, MMC). Dicho convertidor multinivel 1 presenta una primera conexión de tensión alterna 5, una segunda conexión de tensión alterna 7 y una tercera conexión de tensión alterna 9. La primera conexión de tensión alterna 5 está conectada eléctricamente con una primera rama de módulo de fase 11 y una segunda rama de módulo de fase 13. La primera rama de módulo de fase la segunda rama de módulo de fase 13 conforman un primer módulo 15 de fase del convertidor 1. El extremo de la primera rama de módulo de fase 11 opuesto a la primera conexión de tensión alterna 5 está conectado eléctricamente con una primera conexión de tensión continua 16; el extremo de la segunda rama de módulo de fase 13 opuesto con la primera conexión de tensión alterna 5 está conectado eléctricamente con una segunda conexión de tensión continua 17. La primera conexión de tensión continua 16 es una conexión de tensión continua positiva; la segunda conexión de tensión continua 17 es una conexión de tensión continua negativa CC.

La segunda conexión de tensión alterna 7 está conectada eléctricamente con un extremo de una tercera rama de módulo de fase 18 y con un extremo de una cuarta rama de módulo de fase 21. La tercera rama de módulo de fase 18 y la cuarta rama de módulo de fase 21 conforman un segundo módulo de fase 24. La tercera conexión de tensión alterna 9 está conectada eléctricamente con un extremo de una quinta rama de módulo de fase 27 y con un extremo de una sexta rama de módulo de fase 29. La quinta rama de módulo de fase 27 y la sexta rama de módulo de fase 29 conforman un tercer módulo de fase 31.

El extremo de la tercera rama de módulo de fase 18 opuesto a la segunda conexión de tensión alterna 7 y el extremo de la quinta rama 27 de módulo de fase opuesto a la tercera conexión de tensión alterna 9 están conectados eléctricamente con la primera conexión de tensión continua 16. El extremo de la cuarta rama de módulo de fase 21 opuesto a la segunda conexión de tensión alterna 7 y el extremo de la sexta rama de módulo de fase 29 opuesto a la tercera conexión de tensión alterna 9 están conectados eléctricamente con la segunda conexión de tensión continua 17.

Cada rama de módulo de fase presenta una pluralidad de módulos (1_1, 1_2, 1_3, 1_4 ... 1_n; 2_1 ... 2_n; etc.) que están conectados eléctricamente en serie (a través de sus conexiones de corriente galvánica). Dichos módulos también se denominan submódulos. En el ejemplo de ejecución de la figura 1, cada rama de módulo de fase presenta n módulos. El número de módulos conectados eléctricamente en serie a través de sus conexiones de corriente galvánica puede ser muy diferente, al menos, tres módulos están conectados en serie, pero por ejemplo 50, 100 o más módulos también pueden estar conectados eléctricamente en serie. En el ejemplo de ejecución es n = 36: la primera rama de módulo de fase 11 presenta 36 módulos 1_1, 1_2, 1_3, ... 1_36. Las otras ramas de módulo de fase 13, 18, 21, 27 y 29 están construida de la misma manera.

En el área izquierda de la figura 1 está representado esquemáticamente un dispositivo de control 35 para los módulos 1_1 a 6_n. Desde este dispositivo de control central 35 se transmiten mensajes ópticos a los módulos individuales a través de un enlace de comunicaciones ópticas 37 (por ejemplo, a través de una fibra óptica). La transmisión de mensajes entre el dispositivo de control y un módulo está representada simbólicamente en cada caso por una línea 37; la dirección de la transmisión del mensaje está simbolizada por las puntas de flecha en las líneas 37. Esto está representado en el ejemplo de los módulos 1_1, 1_4 y 4_5; a los otros módulos, los mensajes se envían o se reciben mensajes de dichos módulos de la misma manera. Por ejemplo, el dispositivo de control 35 envía a los módulos individuales respectivamente un valor umbral sobre el nivel de la tensión de salida que debe proporcionar el respectivo módulo. En la figura 2 se representa, a modo de ejemplo, un diseño constructivo de un módulo 201. En este caso se puede tratar, por ejemplo, del módulo 1_1 de la primera rama 11 de módulo de fase (o también de uno de los otros módulos mostrados en la figura 1). El módulo está diseñado como un módulo de medio puente 201. El módulo 201 presenta un primer elemento de conmutación electrónico que se pueden conectar y desconectar 202 (elemento de conmutación conectable o desconectable 202) con un primer diodo conectado antiparalelo 204. Además, el módulo 201 presenta un segundo elemento de conmutación electrónico 206 que se puede conectar y desconectar (elemento de conmutación 206 conectable y desconectable) con un segundo diodo 208 conectado antiparalelo, así como un acumulador de energía eléctrica 210 en forma de un condensador 210. El primer elemento de conmutación electrónica 202 y el segundo elemento de conmutación electrónica 206 están diseñados cada uno como un IGBT (transistor bipolar de puerta aislada). El primer elemento de conmutación electrónica 202 está conectado eléctricamente en serie con el segundo elemento de conmutación electrónica 206. En el punto de conexión entre los dos elementos de conmutación electrónicos 202 y 206 está dispuesta una primera conexión de módulo galvánico 212. En la conexión del segundo elemento de conmutación 206, que se encuentra en oposición al punto de conexión, está dispuesta una segunda conexión de módulo galvánico 215. La segunda conexión de módulo 215 también está conectada con una primera conexión del acumulador de energía eléctrica 210; una segunda conexión del acumulador de energía eléctrica 210 está conectada eléctricamente con la conexión del primer elemento de conmutación 202, que se encuentra en oposición al punto de conexión.

El acumulador de energía eléctrica 210, por lo tanto, está conectado eléctricamente en paralelo al circuito en serie que comprende el primer elemento de conmutación 202 y el segundo elemento de conmutación 206. Mediante un correspondiente control del primer elemento de conmutación 202 y del segundo elemento de conmutación 206 por el dispositivo de control de módulo electrónico interno del módulo 220, se puede lograr que entre la primera conexión de módulo galvánico 212 y la segunda conexión de módulo galvánico 215, ya sea que se descargue tensión del acumulador de energía eléctrica 210 o que no se descargue tensión (es decir, que se emita una tensión nula). La respectiva tensión de salida deseada del convertidor se puede generarse mediante la interacción de los módulos de las ramas de módulos de fase individuales.

En la figura 3 está representado otro ejemplo de ejecución de un módulo 301 del convertidor multinivel modular 1. Dicho módulo 301 se puede tratar, por ejemplo, del módulo 1_2 (o también de uno de los otros módulos representados en la figura 1). Junto al primer elemento de conmutación 202, el segundo elemento de conmutación 206, el primer diodo 204, el segundo diodo 208 y el acumulador de energía eléctrica 210, que ya se conocen de la figura 2, el módulo 301 representado en la figura 3 presenta un elemento de conmutación 302 que se puede conectar y desconectar con un tercer diodo conectado antiparalelo 304, así como, un cuarto elemento de conmutación electrónica 306 que se puede conectar y desconectar con un cuarto diodo conectado antiparalelo 308. El tercer elemento de conmutación 302 que se puede conectar y desconectar y el cuarto elemento de conmutación 306 que se puede conectar y desconectar están diseñados como un IGBT. A diferencia del circuito de la figura 2, la segunda conexión de módulo galvánico 315 no está conectada eléctricamente con el segundo elemento de conmutación 206, sino con un punto central de una conexión en serie eléctrica compuesta del tercer elemento de conmutación 302 y del cuarto elemento de conmutación 306.

El módulo 301 de la figura 3 es un así denominado como módulo de puente completo 301. Este módulo de puente completo 301 se caracteriza porque, con la correspondiente activación de los cuatro elementos de conmutación entre la primera conexión de módulo galvánico 212 y la segunda conexión de módulo galvánico 315 opcionalmente se puede descargar, ya sea la tensión positiva del acumulador de energía eléctrica 210, la tensión negativa del acumulador de energía eléctrica 210 o una tensión de valor cero (tensión nula). De esta manera, mediante el módulo de puente completo 301 se puede invertir la polaridad de la tensión de salida. El convertidor 1 puede presentar solo módulos de medio puente 201, solo módulos de puente completo 301 o también módulos de medio puente 201 y módulos de puente completo 301. A través de la primera conexión de módulo galvánico 212 y la segunda conexión de módulo galvánico 215, 315 fluyen grandes corrientes eléctricas del convertidor.

En la figura 4 se representa, a modo de ejemplo, un ejemplo de ejecución de un sistema de transmisión de corriente continua de alta tensión 401. Este sistema de transmisión de corriente continua de alta tensión 401 presenta dos convertidores 1, tal como se muestra en la figura 1. Estos dos convertidores 1 están conectados eléctricamente entre sí del lado de la tensión continua a través de una conexión de corriente continua de alta tensión 405. En este caso, las dos conexiones de tensión continua positivas 16 del convertidor 1 están conectadas eléctricamente entre sí a través de una primera línea de corriente continua de alta tensión 405a; las dos conexiones de tensión continua negativas 17 de los dos convertidores 1 están conectadas eléctricamente entre sí a través de una segunda línea de

corriente continua de alta tensión 405b. Mediante un sistema de transmisión de corriente continua de alta tensión 401 de este tipo se puede transmitir energía eléctrica por largas distancias; la conexión de corriente continua de alta tensión 405 presenta, entonces, una longitud correspondiente.

En la Figura 5 está representado un ejemplo de ejecución de un convertidor 501, que sirve como un compensador de potencia reactiva 501. Dicho convertidor 501 sólo presenta las tres ramas de módulo de fase 11, 18 y 27, las cuales conforman los tres módulos de fase 505, 507 y 509 del convertidor. El número de módulos de fase 505, 507 y 509 corresponde al número de fases de una red de tensión alterna 511 a la cual está conectado el convertidor 501.

Las tres ramas de módulo de fase 11, 18 y 27 están conectadas entre sí en forma de estrella. El extremo de las tres ramas de módulo de fase contrapuesto al punto de estrella está conectado respectivamente eléctricamente con una línea de fase 515, 517 y 519 de la red trifásica de tensión alterna 511. (En otro ejemplo de ejecución, los tres módulos de fase 505, 507 y 509 también pueden estar conectados en una conexión en triángulo en lugar de en una conexión en estrella). El convertidor 501 puede alimentar la red de tensión alterna 511 con energía eléctrica reactiva o tomar energía eléctrica reactiva de la red de tensión alterna CA 511.

En la figura 6 está representada una disposición 602 con el acumulador de energía eléctrica 210. En el ejemplo de ejecución, el acumulador de energía eléctrica 210 es un condensador eléctrico 210, más precisamente, un condensador eléctrico unipolar (con una conexión de condensador positiva (+) y una conexión de condensador negativa (-)). Sin embargo, en otros ejemplos de ejecución, el acumulador de energía eléctrica 210 también puede ser otro tipo de condensador, una batería eléctrica o un acumulador eléctrico. En el caso de la disposición 602 se puede tratar, por ejemplo, del módulo 1_2 (o también de uno de los otros módulos representados en la figura 1). La disposición 602 presenta la estructura básica del módulo 201 que se muestra en la figura 2.

El acumulador de energía eléctrica 210 está conectado con un circuito electrónico 612 (circuito electrónico de potencia 612) mediante un primer conductor eléctrico 606 (primera conexión eléctrica 606) y un segundo conductor eléctrico 608 (segunda conexión eléctrica 608). El primer conductor eléctrico 606 es un conductor eléctrico positivo; el segundo conductor eléctrico 608 es un conductor eléctrico negativo.

El circuito electrónico 612 presenta el primer elemento de conmutación electrónica 202, el segundo elemento de conmutación electrónica 206, el primer diodo conectado antiparalelo 204 y el segundo diodo conectado antiparalelo 208, que ya se conocen de la figura 2. La disposición 602 presenta, además, un tiristor 616 que está conectado en paralelo al acumulador de energía eléctrica 210. Un ánodo 620 (terminal de ánodo 620) del tiristor está conectado eléctricamente con el primer conductor eléctrico 606. Un cátodo 622 (terminal de cátodo 622) del tiristor está conectado eléctricamente con el segundo conductor eléctrico 608. Una puerta 624 (conexión de puerta 624) del tiristor está desconectada en el ejemplo de ejecución. En otras palabras, dicha puerta 624 está abierta, es decir, no está conectada con otros componentes. El tiristor 616 es un tiristor protector 616 para transportar una corriente de descarga 630 del acumulador de energía eléctrica 210 en caso de una falla. En el caso de una falla, el tiristor 616 conduce la corriente de descarga 630 del acumulador de energía eléctrica 210 más allá del circuito electrónico 612 protegiendo así el circuito electrónico 612 de la corriente de descarga (generalmente muy alta) 630 del acumulador de energía eléctrica 210. Este tipo de tiristor también se conoce como tiristor Crowbar. La corriente de descarga 630 también puede denominarse como una corriente de descarga de tipo cortocircuito 630 o como una corriente de cortocircuito 630.

En el caso de un error, en la disposición 602 se ejecuta el siguiente procedimiento: Como punto de partida, se supone que el acumulador de energía eléctrica 210 está cargado. El tiristor 616 está desconectado (no encendido), es decir, el tiristor 616 bloquea el flujo de corriente. Entonces, se produce un error en el circuito electrónico 612: Por ejemplo, (indeseablemente) el primer elemento de conmutación electrónica 202 y el segundo elemento de conmutación electrónica 206 se vuelven eléctricamente conductores al mismo tiempo (se produce un así denominado como cortocircuito de puente en el medio puente conformado por el primer elemento de conmutación electrónica 202 y el segundo elemento de conmutación electrónica 206). Como resultado, el acumulador de energía eléctrica 210 entra en cortocircuito y la corriente de descarga 630 comienza a fluir repentinamente.

La corriente de descarga 630 fluye inicialmente desde el acumulador de energía eléctrica 210 a través del primer conductor eléctrico 606 al circuito electrónico 612. Allí, la corriente de descarga 630 fluye a través del primer elemento de conmutación electrónico 202 y el segundo elemento de conmutación electrónica 206. Después, la corriente de descarga 630 fluye de regreso al acumulador de energía eléctrica 210 a través del segundo conductor eléctrico 608. Allí, la corriente de carga en el primer conductor eléctrico 606 y en el segundo conductor eléctrico 608 presenta direcciones opuestas. La corriente de descarga 630 sólo está limitada por capacitancias parásitas y resistencias óhmicas que se presentan en el primer conductor eléctrico, el segundo conductor eléctrico y el circuito electrónico 612. Por lo tanto, la corriente de descarga 630 aumenta relativamente rápido.

Debido a la corriente de descarga (en aumento) 630, se genera un campo magnético que cambia con el tiempo alrededor del primer conductor eléctrico 606. Debido a la corriente de descarga 630, también se genera un campo

magnético que cambia con el tiempo alrededor del segundo conductor eléctrico 608. Estos dos campos magnéticos se superponen y ambos atraviesan el tiristor 616 y, por lo tanto, el material semiconductor del tiristor 616. El tiristor está dispuesto espacialmente adyacente con respecto al primer conductor eléctrico y/o al segundo conductor eléctrico. (El tiristor 616 presenta una carcasa exterior de material antimagnético, que no impide o sólo ligeramente que el campo magnético atraviese el tiristor 616.)

Mediante el campo magnético que cambia con el tiempo se induce una corriente en el material semiconductor del tiristor, por ejemplo, una corriente de Foucault. Esta corriente actúa como una corriente de puerta (corriente de puerta interna, corriente de puerta interior) o como corriente de encendido y provoca un accionamiento del tiristor 616 (es decir, que el tiristor 616 se encienda). Como resultado de la activación del tiristor 616, la corriente de descarga 630 ya no fluye a través del circuito electrónico 612 sino a través del tiristor 616. Más específicamente, la corriente de descarga 630 ahora fluye desde el acumulador de energía eléctrica 210 a través de una parte del primer conductor eléctrico 606 al ánodo 620 del tiristor y desde el cátodo 622 del tiristor a través de una parte del segundo conductor eléctrico 608 de regreso al acumulador de energía eléctrica 210. La corriente de descarga 630 fluye a través del tiristor 616 porque el tiristor 616 está conectado con el acumulador de energía eléctrica 210 con baja inductancia eléctrica. Esto quiere decir que la conexión eléctrica entre el tiristor 616 y el acumulador de energía eléctrica 210 presenta una inductancia eléctrica más baja que el primer conductor eléctrico 606 y el segundo conductor eléctrico 608, que conectan el acumulador de energía eléctrica 210 con el circuito electrónico 612.

El tiristor 616 es así activado por la corriente inducida (corriente de Foucault). La puerta 624 puede estar desconectada. La puerta 624 ni siquiera tiene que retirarse del tiristor. En particular, el tiristor sólo se conecta mediante la corriente inducida (corriente de puerta o corriente de encendido) cuando el cambio en el campo magnético a lo largo del tiempo excede un valor umbral. El factor decisivo aquí es el cambio en el tiempo del campo magnético en el lugar del material semiconductor del tiristor. En el material semiconductor del tiristor se pueden realizar cambios del campo magnético en el tiempo particularmente grandes, cuando el tiristor está dispuesto muy cerca del primer conductor eléctrico 606 y/o del segundo conductor eléctrico 608. También se pueden lograr grandes cambios del campo magnético en el tiempo cuando la distancia entre el primer conductor eléctrico 606 y el segundo conductor eléctrico 608 es reducida y el tiristor 616 está dispuesto en un espacio intermedio 635 entre el primer conductor eléctrico 606 y el segundo conductor eléctrico 608. En otras palabras, mediante la corriente inducida (corriente de puerta o corriente de encendido) se conecta el tiristor cuando el cambio de la corriente de descarga en el tiempo (en el primer conductor eléctrico 606 y/o el segundo conductor eléctrico 608) excede un valor umbral. Dicho valor umbral se puede encontrar en un valor, por ejemplo, entre 5 y 50 kA por μ s.

Debido a la corriente de descarga 630 que fluye a través del tiristor 616, el tiristor 616 se puede sobrecargar térmicamente y, por lo tanto, destruirse. En caso de un error, el tiristor actúa entonces como un elemento de sacrificio para proteger el circuito electrónico 612 de la corriente de descarga 630. Tras la aparición de un error (es decir, después de la descarga de la corriente de descarga 630 a través del tiristor 616), el tiristor 616 debe ser reemplazado. En particular, el tiristor 616 presenta lo que se conoce como una propiedad de conducción en caso de fallas, es decir, que en caso de un error (y también en caso de una destrucción por sobrecarga), el tiristor 616 sigue siendo conductor y, por lo tanto, está en condiciones de conducir la corriente de descarga 630 hasta su atenuación. Este tipo de tiristores con la propiedad de conducción en casos de fallas están disponibles comercialmente.

Como alternativa a la puerta no conectada (o incluso no retirada del tiristor), la puerta 624 también se puede cerrar mediante una impedancia constante distinta de cero. Como otra alternativa, a la puerta 624 también se puede conectar una unidad de control que, en el caso de un error libre de descarga (es decir, un error que no va acompañada de una descarga del acumulador de energía eléctrica 210 o de una corriente de descarga del tipo cortocircuito 630 del acumulador de energía eléctrica) suministre una corriente de puerta 624 del tiristor. Este tipo de falla libre de descarga puede consistir, por ejemplo, en una sobrecarga del acumulador de energía eléctrica 210, lo cual no conduce directamente a una corriente de descarga del tipo cortocircuito 630, pero que, sin embargo, se debe evitar.

En la figura 7 está representado otro ejemplo de ejecución de una disposición 702. En el caso de la disposición 702 se puede tratar, por ejemplo, del módulo 1_2 (o también de uno de los otros módulos representados en la figura 1). La disposición 702 presenta la estructura básica del módulo 301 que se muestra en la figura 3.

La disposición 702 se diferencia de la disposición 602 de la figura 6 solamente en que la disposición 702 presenta un circuito electrónico 712 que difiere del circuito electrónico 612: El circuito electrónico 712 presenta adicionalmente un tercer elemento de conmutación electrónica 302 con un tercer diodo conectado antiparalelo 304, así como, un cuarto elemento de conmutación electrónica 306 con un cuarto diodo conectado antiparalelo 308. El primer elemento de conmutación electrónica 202, el segundo elemento de conmutación electrónica 206, el tercer elemento de conmutación electrónica 302 y el cuarto elemento de conmutación electrónica 306 están conectados allí en un circuito de puente completo. En el circuito electrónico 712, se puede producir, por ejemplo, un error que da como resultado que el tercer elemento de conmutación electrónica 302 y el cuarto elemento de conmutación electrónica 306 se vuelvan conductores de electricidad al mismo tiempo. Entonces, el tercer elemento de conmutación electrónica 302 y el cuarto elemento de conmutación 306 cortocircuitan eléctricamente el acumulador de energía eléctrica 210 y la

corriente de descarga 630 comienza a fluir desde el acumulador de energía eléctrica 210 al circuito electrónico 712. El desarrollo posterior del procedimiento corresponde al procedimiento explicado en relación con la figura 6.

En la figura 8 está representado un ejemplo de ejecución de una disposición 802 del tiristor 616 entre el primer conductor eléctrico 606 y el segundo conductor eléctrico 608. Aquí, el primer conductor eléctrico 606 y/o el segundo conductor eléctrico 608 están diseñados como un primer riel conductor 606 y un segundo riel conductor 608. El primer riel conductor eléctrico 606 y un segundo riel conductor eléctrico 608 presentan respectivamente un perfil plano. En la parte izquierda de la figura 8, el circuito electrónico 612 está representado esquemáticamente como un bloque 612; en la parte derecha de la figura 8, está representado esquemáticamente el acumulador de energía eléctrica 210 como un bloque 210. En lugar del circuito electrónico 612, también se puede utilizar el circuito electrónico 712.

El primer conductor eléctrico 606 (primer riel conductor eléctrico 606) conecta el acumulador de energía eléctrica 210 con el circuito electrónico 612. El segundo conductor eléctrico 608 (segundo riel conductor eléctrico 608) conecta el acumulador de energía eléctrica 210 con el circuito electrónico 612. Entre el primer conductor eléctrico 606 y el segundo conductor eléctrico 608 el tiristor 616 está sujetado mecánicamente. De esta manera el tiristor 616 se encuentra en un espacio intermedio 635 entre el primer conductor eléctrico 606 y el segundo conductor eléctrico 608. El ánodo 620 del tiristor 616 se apoya en el primer conductor eléctrico 606, el cátodo 622 del tiristor 616 se apoya en el segundo conductor eléctrico 608. La sujeción se realiza mediante un dispositivo tensor 806. En el ejemplo de ejecución, el dispositivo de sujeción 806 presenta dos pernos que sujetan mecánicamente el primer conductor eléctrico 606, el tiristor 616 y el segundo conductor eléctrico 608 mediante una tuerca respectivamente. El primer conductor eléctrico 606, el tiristor 616 y el segundo conductor eléctrico 608 conforman un conjunto de sujeción. Este arriostramiento o bien sujeción mecánica provocan un contacto eléctrico óptimo entre el primer conductor eléctrico 606 y el tiristor 616 así como un contacto eléctrico óptimo entre el segundo conductor eléctrico 608 y el tiristor 616. Además, la disposición es mecánicamente estable debido a la pretensión o al conjunto de sujeción de modo que la disposición puede absorber de manera fiable las fuerzas de corriente que actúan debido a la gran corriente de descarga.

Se puede observar con claridad que la altura constructiva del tiristor 616 corresponde aproximadamente a la distancia entre el primer conductor eléctrico 606 y el segundo conductor eléctrico 608. El ánodo 620 y el cátodo 622 conforman respectivamente una superficie de sujeción del tiristor 616. Las líneas de campo de la densidad de flujo magnético B corren paralelas a las superficies de sujeción del tiristor 616 (no se muestra en la figura 8; véase la figura 10). El campo eléctrico (campo E) es perpendicular al campo de densidad de flujo magnético B, aunque no está representado en las figuras. Es concebible, por ejemplo, que el tiristor 616 se pueda conectar mediante una corriente de descarga 630, que asciende muy rápidamente de cero a aproximadamente 20 kA, es decir, una corriente de descarga con un valor máximo superior a aproximadamente 20 kA, que en muy corto tiempo (menos de 1 μ s - 2ps) asciende a su valor máximo provoca la activación del tiristor 616.

En el ejemplo de ejecución de la figura 8, el tiristor 616 presenta la forma de una celda de disco; el tiristor 616 presenta una carcasa tipo celda de disco 810. En otras palabras, el tiristor tiene un diseño en forma de disco, en donde la superficie base conforma el cátodo y la superficie de cubierta, el ánodo. Con este tipo de tiristores en forma de celda de disco se pueden realizar conjuntos de sujeción, en particular, mecánicamente estables. La representación de la figura 8 también muestra que la puerta 624 del tiristor no está conectada. A diferencia de la representación de la figura 8, la puerta 624 no necesita ser retirada de la carcasa 810 del tiristor 616 porque no está conectada.

En la figura 9 está representada la disposición 802 según la figura 8 en una vista lateral. Aquí, la circunferencia del tiristor 616 en forma de celda de disco se indica mediante una línea discontinua.

En la figura 10, la disposición 802 se muestra en una vista en planta, similar a la representación de la figura 8. Sin embargo, el dispositivo tensor 806, la carcasa del tiristor 616 y las conexiones eléctricas entre el ánodo y el primer conductor eléctrico y entre el cátodo y el segundo conductor eléctrico se han omitido en la figura 10; sólo está representado el material semiconductor 1006 del tiristor 616. Este material semiconductor 1006 conforma un disco 1006 (material semiconductor en forma de disco 1006, disco de material semiconductor 1006). El disco 1006 está representado en corte transversal. En la vista lateral, el disco 1006 presenta una forma circular similar a la circunferencia del tiristor 616 en la figura 9. El material semiconductor 1006 está representado con un grosor exagerado para una mejor claridad en la representación. Las estructuras semiconductoras relevantes (en particular, las estructuras de silicio) en este material semiconductor 1006 son con frecuencia muy delgadas, por ejemplo, sólo de varios 100 μ m de grosor.

Además, se muestran las líneas de campo del campo magnético 1010, que se conforman en el espacio intermedio 635 entre el primer conductor eléctrico 606 y el segundo conductor eléctrico 608 (líneas de campo 1010 de la densidad de flujo magnético B). Las líneas de campo 1010 del campo magnético salen del plano del dibujo y apuntan al espectador; el espectador mira desde el frente la punta de línea de campo, por así decirlo. Ya que el

primer conductor eléctrico 606 y el segundo conductor eléctrico 608 tienen forma de placa, se conforman líneas de campo paralelas 1010 en el espacio intermedio 635 entre el primer conductor eléctrico 606 y el segundo conductor eléctrico 608. Las líneas de campo 1010 penetran el material semiconductor 1006 del tiristor. Debido al campo magnético que cambia con el tiempo 1010, se induce una tensión 1016 en el material semiconductor 1006, lo que provoca el flujo de una corriente 1018 (corriente de Foucault 1018) en el material semiconductor 1006 del tiristor. Tanto la tensión 1016 así como la corriente 1018 sólo se muestran esquemáticamente aquí. La corriente inducida 1018 actúa como una corriente de puerta 1018 del tiristor o como una corriente de encendido del tiristor y activa el tiristor 616 (es decir, la corriente 1018 conecta el tiristor 616).

El primer conductor eléctrico 606 presenta una primera superficie externa plana 1024. El segundo conductor eléctrico 608 presenta una segunda superficie externa plana 1026. La primera superficie externa plana 1024 y la segunda superficie externa plana 1026 están dispuestas paralelas entre sí. El material semiconductor en forma de disco 1006 del tiristor 616 está dispuesto en paralelo a la primera superficie externa 1024 y también paralelo a la segunda superficie externa 1026. Esta disposición del material semiconductor 1006 permite un diseño constructivo compacto y mecánicamente estable de la disposición 802. Además (debido a la posible leve distancia entre el primer conductor eléctrico 606 y el segundo conductor eléctrico 608), se presenta un gran cambio en el tiempo del campo magnético en el lugar del material semiconductor 1006.

En otras palabras, el 1006 (la oblea de silicio 1006 del tiristor) representa un material conductor. Tan pronto como el campo magnético que cambia con el tiempo B 1010 atraviesa el disco, en la superficie del disco se genera la corriente 1018 (en particular una corriente de Foucault). Esta corriente provoca que el tiristor 616 se encienda, es decir, se active. Cuanto mayor sea la corriente de descarga de cortocircuito 630 que fluye, mayor será la densidad de flujo magnético B generada por la misma.

En la figura 11 está representado nuevamente el procedimiento para la descarga del acumulador de energía eléctrica mediante un diagrama de operaciones. El punto de partida del procedimiento es que el acumulador de energía eléctrica está cargado y el tiristor está apagado (estado de bloqueo).

Paso de procedimiento 1102:

Tras la aparición de un error en el circuito electrónico 612, comienza a fluir la corriente de descarga 630 del acumulador de energía eléctrica 210. La corriente de descarga 630 fluye desde el acumulador de energía eléctrica 210 a través del primer conductor eléctrico 606 al circuito electrónico 612 y a través del segundo conductor eléctrico 608 de regreso al acumulador de energía eléctrica 210.

Paso de procedimiento 1104:

Generación de un campo magnético 1010 que cambia en el tiempo alrededor del primer conductor eléctrico 606 y/o alrededor del segundo conductor eléctrico 608 debido al incremento de la corriente de descarga 630; en donde el material semiconductor 1006 es atravesado por el campo magnético 1010.

Paso de procedimiento 1106:

Inducción de una corriente 1018 en el material semiconductor 1006 del tiristor 616 a través del campo magnético 1010 que cambia con el tiempo. La corriente 1018 puede actuar como una corriente de puerta o como una corriente de encendido del tiristor.

Paso de procedimiento 1008:

Activación del tiristor 616 a través de la corriente inducida 1018. La corriente de descarga 630 del acumulador de energía eléctrica 210 fluye entonces a través del tiristor 616 y de ese modo se conduce más allá del circuito electrónico 612.

Paso de procedimiento 1110:

Atenuación de la corriente de descarga 630 con descarga ascendente del acumulador de energía eléctrica 210.

Se ha descrito un procedimiento y una disposición en los cuales el campo magnético acoplado al tiristor (más precisamente, la densidad de flujo magnético acoplado B) atraviesa todo el tiristor y genera una corriente inducida (corriente de Foucault) en la estructura semiconductor delgada/material semiconductor del tiristor. Desde un valor umbral del cambio temporal en el campo magnético (dB/dt) dicha corriente resulta suficiente para permitir que una corriente de puerta (o una corriente de encendido) fluya en el material semiconductor y así se encienda el tiristor (sin la necesidad de una corriente de puerta externa de un circuito de evaluación electrónica externa). Por lo tanto, no es

- 5 necesario un control externo de la puerta, la detección de error/detección de cortocircuito es inherente al tiristor y funciona mientras el tiristor esté intacto. Esto representa una gran ventaja, ya que una prueba funcional de circuitos de evaluación en acumuladores de energía eléctrica de gran capacidad es difícil y compleja en la práctica. En particular, la disposición y el procedimiento presentan un bajo ratio de fallos (ratio de FIT), que corresponde esencialmente al ratio de fallos de los tiristores. Este ratio de fallos es muy bajo en los tiristores.
- 10 En la disposición y el procedimiento descritos, la corriente de descarga de cortocircuito 630 del acumulador de energía eléctrica se utiliza para el encendido instantáneo del tiristor sin la necesidad para ello de un circuito de detección o de un circuito de evaluación, que siempre implicaría una latencia de tiempo. La implementación técnica mediante un solo tiristor es extremadamente sencilla y económica. Cuando se conecta el tiristor, el mismo se puede destruir (dependiendo de la cantidad de energía eléctrica a controlar del acumulador de energía eléctrica) y eventualmente debería ser reemplazado en un mantenimiento posterior. Ya que la conexión de puerta 624 no se usa y, en consecuencia, no es necesario retirarla de la carcasa, es posible utilizar para el tiristor una carcasa tipo celda de disco de diodo que es comparativamente sencilla.
- 15 En la disposición descrita y el procedimiento descrito, no se generan pérdidas térmicas significativas, lo cual mejora notablemente la eficiencia energética en comparación con los elementos protectores que también producen pérdidas de paso o de conmutación durante el funcionamiento normal. De esta manera, las pérdidas eléctricas de los sistemas que presentan una pluralidad de las disposiciones descritas (como, por ejemplo, los sistemas de transmisión de corriente continua de alta tensión) se pueden mantener bajas, lo cual significa un ahorro de costes significativo.
- 20 Se ha descrito un procedimiento y una disposición con los cuales un acumulador de energía eléctrica se puede descargar de forma segura y fiable, en particular, en caso de un cortocircuito. Para ello, además de un tiristor, ventajosamente no se necesitan componentes adicionales. Esto permite una protección extremadamente sencilla y fiable del circuito electrónico con respecto a la corriente de descarga del acumulador de energía eléctrica.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la descarga de un acumulador de energía eléctrica (210) que está conectado con un circuito electrónico (612) mediante un primer conductor eléctrico (606) y un segundo conductor eléctrico (608); en donde está proporcionado un tiristor (616) para la descarga del acumulador de energía eléctrica (210), en donde en el procedimiento
5
 - debido a un error que ocurre en el circuito electrónico (612), una corriente de descarga (630) del acumulador de energía eléctrica (210) comienza a fluir desde el acumulador de energía eléctrica (210) a través del primer conductor eléctrico (606) al circuito electrónico (612) y a través del segundo conductor eléctrico (608), de regreso al acumulador de energía eléctrica (210);
- 10
 - debido a la corriente de descarga (630) alrededor del primer conductor eléctrico (606) y del segundo conductor eléctrico (608) se genera un campo magnético (1010) que se modifica con el tiempo, el cual atraviesa el material semiconductor (1006) del tiristor (616);
 - por el campo magnético que cambia con el tiempo (1010), una corriente (1018) es inducida en el material semiconductor (1006) del tiristor (616);
- 15 caracterizado porque,
el tiristor (616) se activa mediante esta corriente inducida (1018).
2. Procedimiento según la reivindicación 1,
caracterizado porque,
20
 - el circuito electrónico (612) presenta al menos dos elementos de conmutación electrónica (202, 206) que están dispuestos en un circuito de medio puente.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2,
caracterizado porque,
25
 - el circuito electrónico (712) presenta los dos elementos de conmutación electrónica (202, 206) y otros dos elementos de conmutación electrónica (302, 306); en donde los dos elementos de conmutación electrónica (202, 206) y los otros dos elementos de conmutación electrónica (302, 306) están dispuestos en un circuito de puente completo.
4. Disposición (602) con un circuito electrónico (612) y con un acumulador de energía eléctrica (210) que está conectado mediante un primer conductor eléctrico (606) y un segundo conductor eléctrico (608) con el circuito electrónico (612), y con un tiristor (616) para la descarga del acumulador de energía eléctrica (210),
30 caracterizada porque,
el tiristor (616) está dispuesto espacialmente adyacente al primer conductor eléctrico (606) y/o al segundo conductor eléctrico (608) de tal manera que debido a un campo magnético que cambia con el tiempo (1010) que se produce a causa de una corriente de descarga (630) del acumulador de energía eléctrica que fluye a través del primer conductor eléctrico (606)) y/o del segundo conductor eléctrico (608) y que atraviesa el material semiconductor (1006) del tiristor (616), en el material semiconductor (1006) del tiristor se induce una corriente (1018) que activa el tiristor.
35
5. Disposición según la reivindicación 4,
caracterizada porque,
40
 - el tiristor (616) está dispuesto en un espacio intermedio (635) entre el primer conductor eléctrico (606) y el segundo conductor eléctrico (608).
6. Disposición según la reivindicación 4 ó 5,

caracterizada porque,

- el ánodo (620) del tiristor está conectado con el primer conductor eléctrico (606) y el cátodo (622) del tiristor está conectado con el segundo conductor eléctrico (608).

7. Disposición según una de las reivindicaciones 4 a 6,

5 caracterizada porque,

- el tiristor (616) está sujetado mecánicamente entre el primer conductor eléctrico (606) y el segundo conductor eléctrico (608).

8. Disposición según una de las reivindicaciones 4 a 7,

caracterizada porque,

10 - el tiristor (616) presenta una carcasa tipo celda de disco (810).

9. Disposición según una de las reivindicaciones 4 a 8,

caracterizada porque,

- el primer conductor eléctrico (606) y/o el segundo conductor eléctrico (608) está diseñado respectivamente como un riel conductor.

15 10. Disposición según una de las reivindicaciones 4 a 9,

caracterizada porque,

- el primer conductor eléctrico (606) y/o el segundo conductor eléctrico (608) presentan respectivamente una superficie externa plana (1024, 1026), el material semiconductor del tiristor conforma un disco (1006) y el disco (1006) está dispuesto paralelo a por lo menos una de las superficies externas planas (1024, 1026).

20 11. Disposición según una de las reivindicaciones 4 a 10,

caracterizada porque,

- el tiristor (616) está conectado con baja inductancia con el acumulador de energía eléctrica (210).

12. Disposición según una de las reivindicaciones 4 a 11,

caracterizada porque,

25 - el tiristor (616) está conectado en paralelo al acumulador de energía eléctrica (210).

13. Disposición según una de las reivindicaciones 4 a 12,

caracterizada porque,

- el circuito electrónico (612) presenta al menos dos elementos de conmutación electrónica (202, 206) que están dispuestos en un circuito de medio puente.

30 14. Disposición según una de las reivindicaciones 4 a 13,

caracterizada porque,

- el circuito electrónico presenta los dos elementos de conmutación electrónica (202, 206) y otros dos elementos de conmutación electrónica (302, 306); en donde los dos elementos de conmutación electrónica (202, 206) y los otros dos elementos de conmutación electrónica (302, 306) están dispuestos en un circuito de puente completo.

35

15. Módulo (1_1, 1_2, ... 6_n) de un convertidor multinivel modular (1) que presenta una disposición (602, 702) según una de las reivindicaciones 4 a 14.

16. Convertidor multinivel modular (1) con una pluralidad de módulos (1_1, 1_2, ... 6_n) según la reivindicación 15.

FIG 1

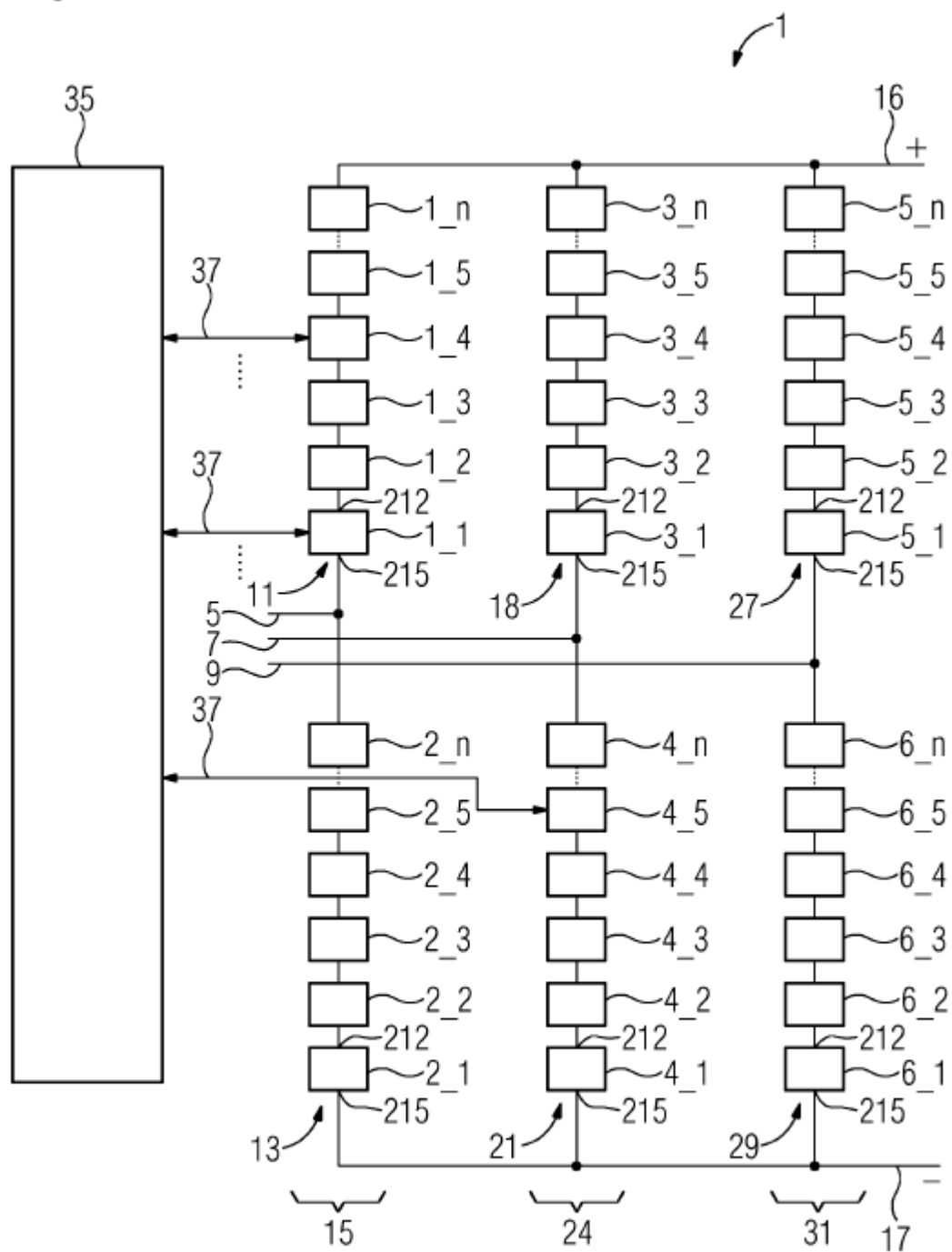
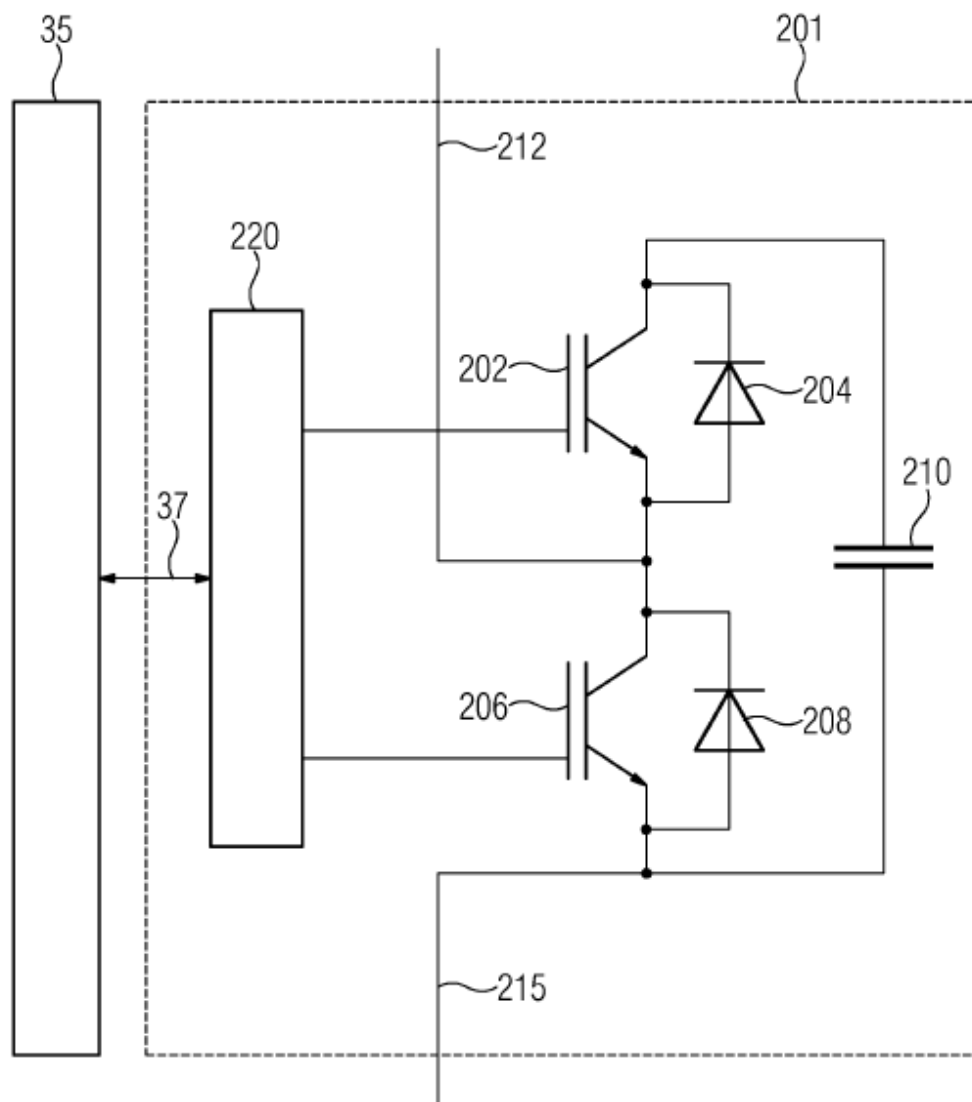


FIG 2



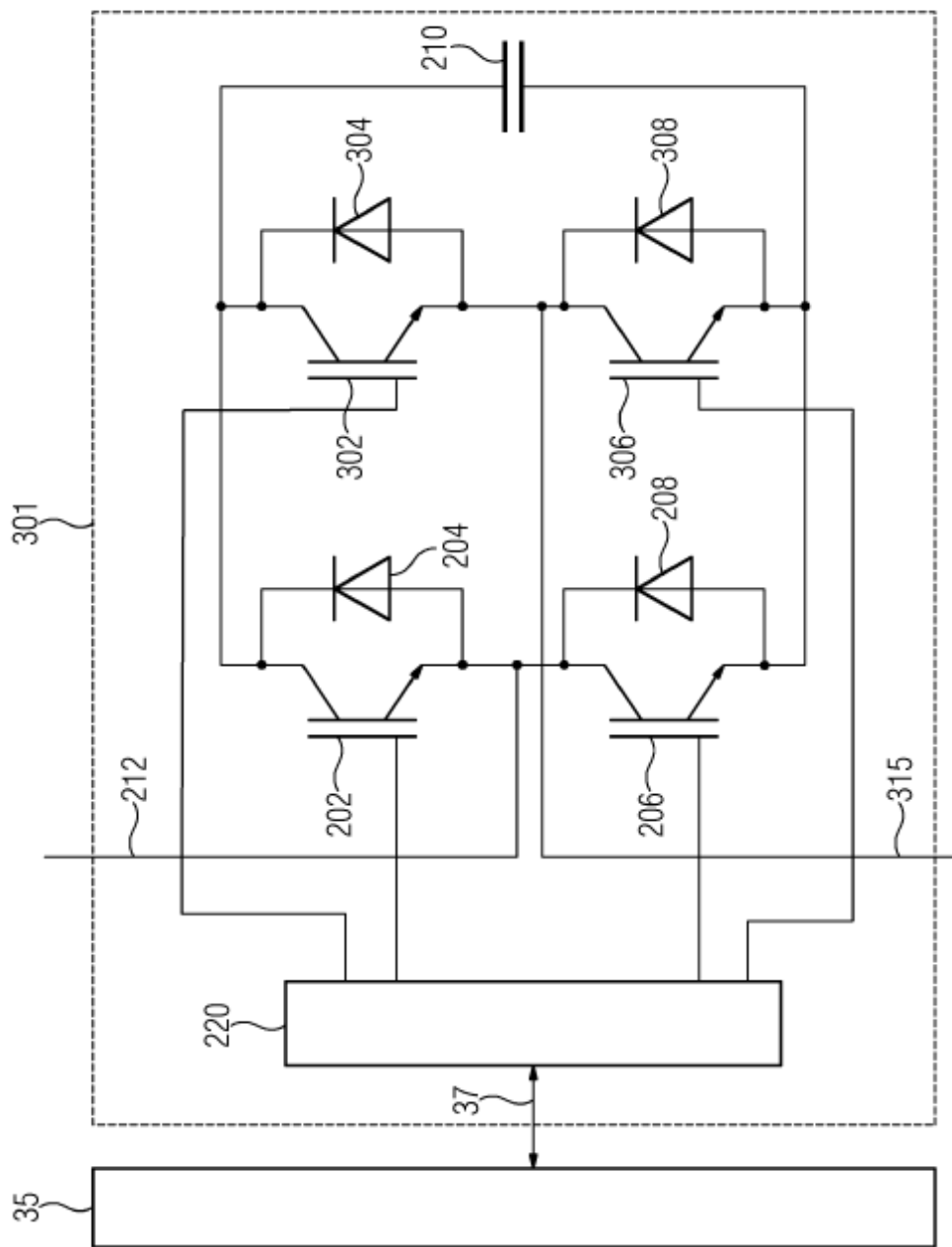


FIG 3

FIG 4

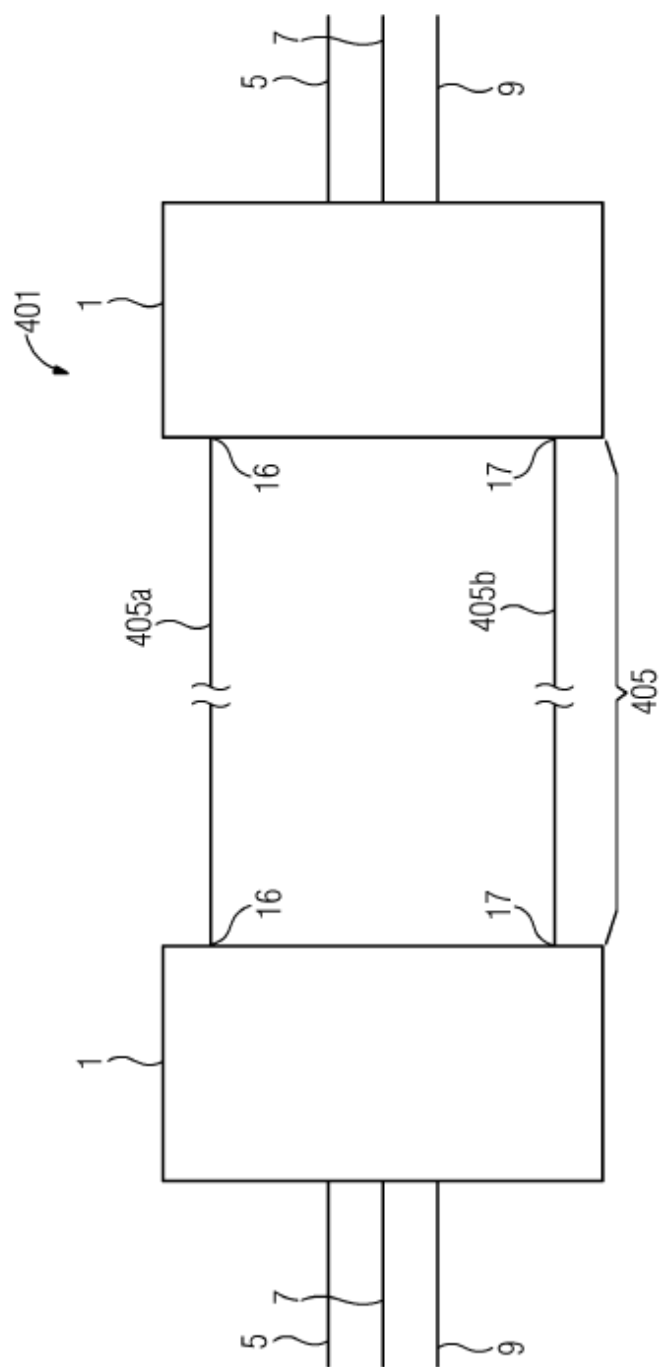


FIG 5

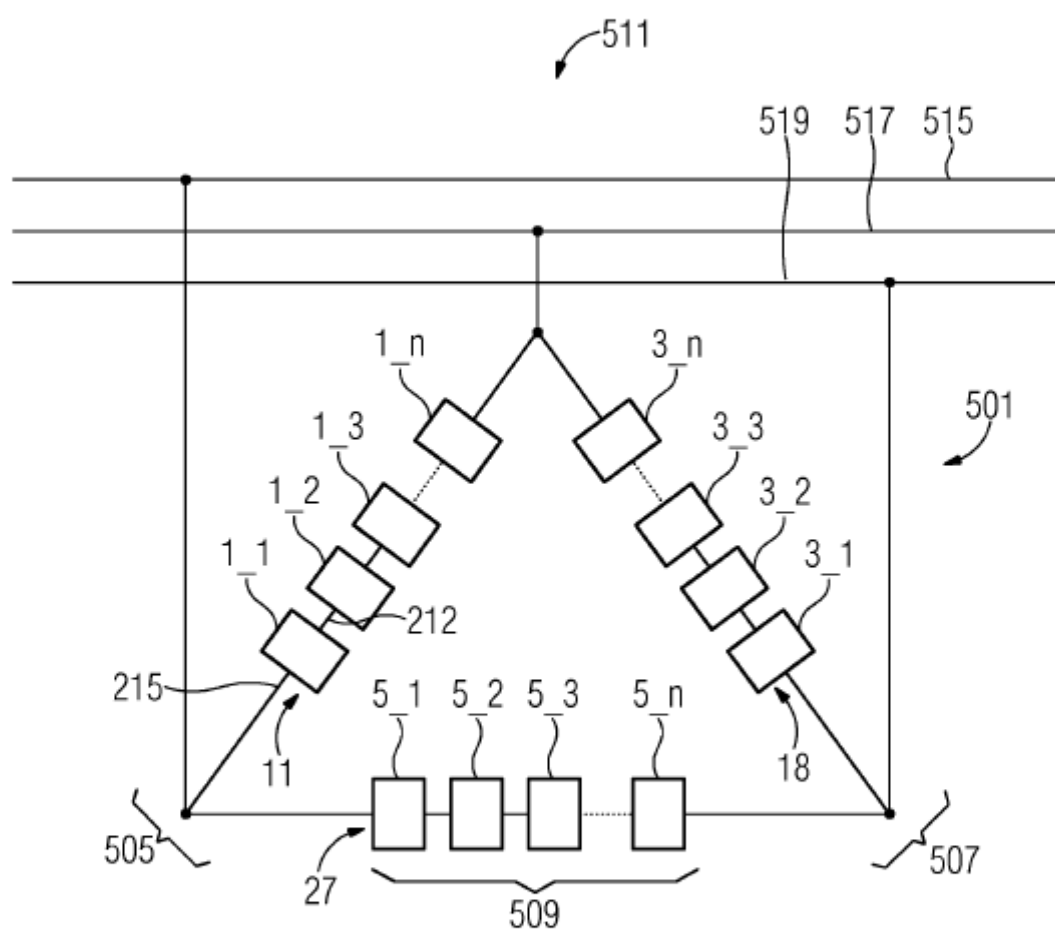
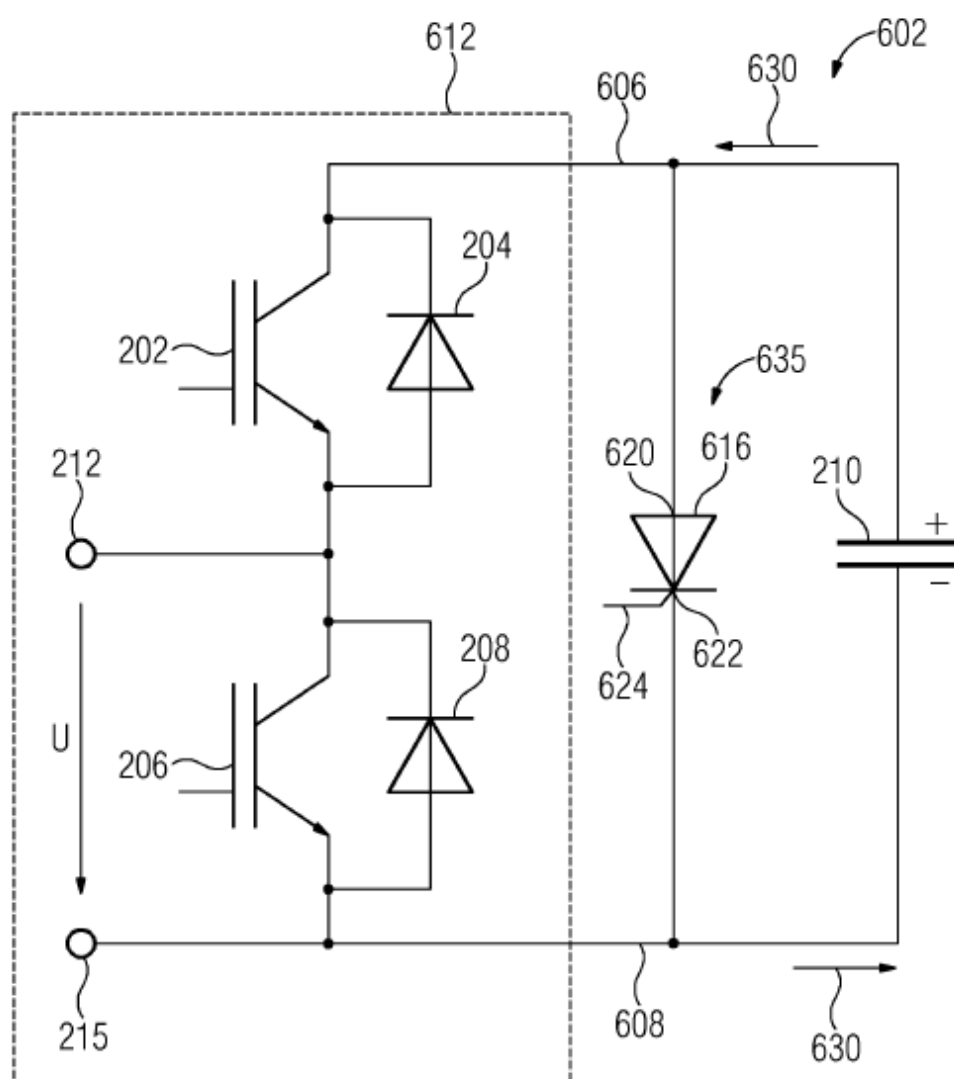


FIG 6



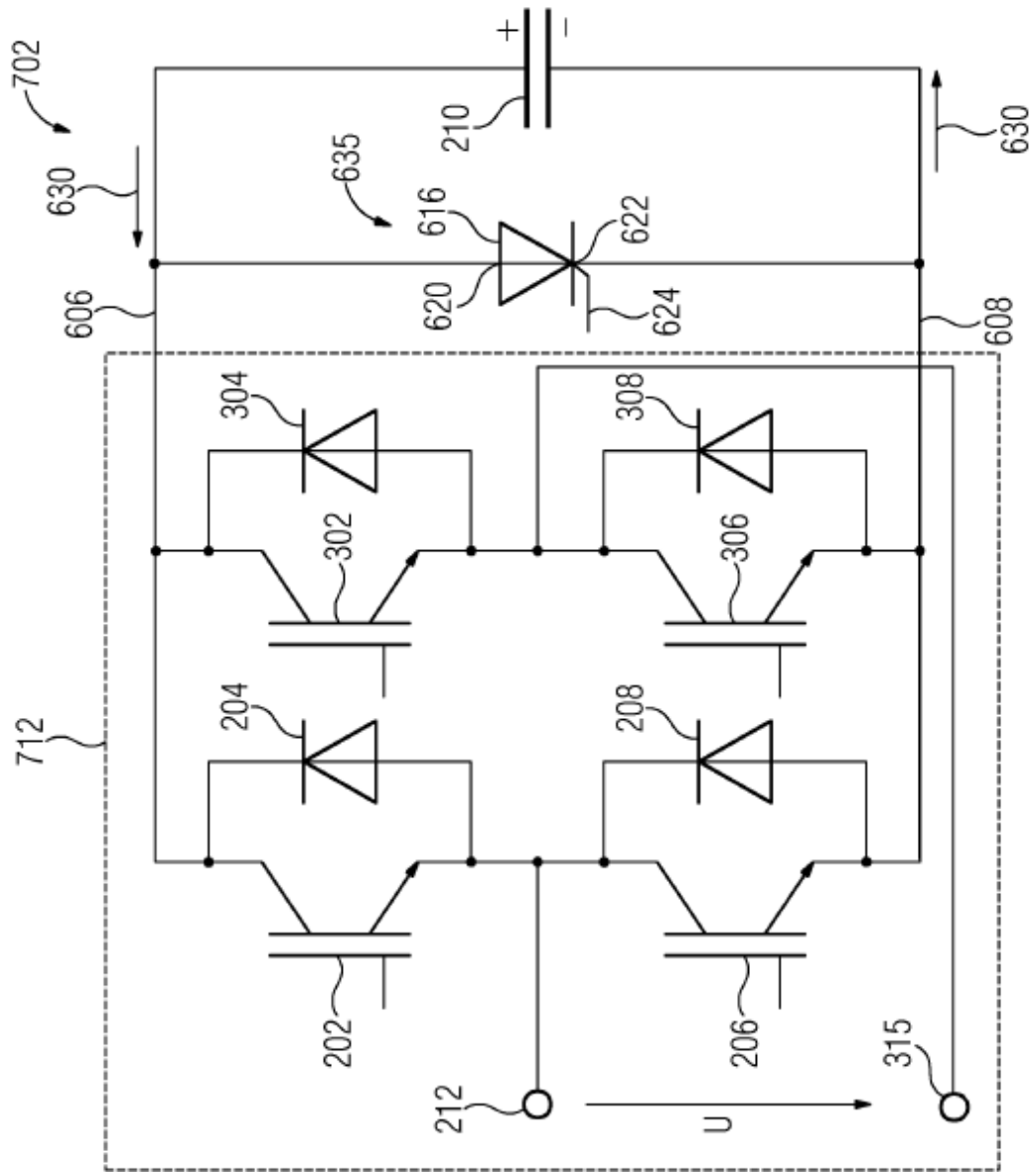


FIG 7

FIG 8

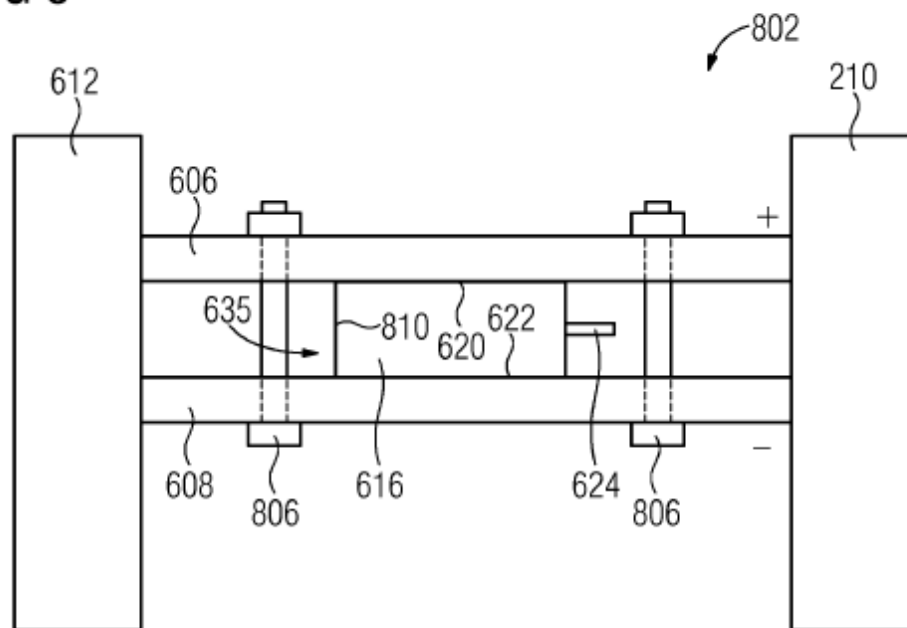


FIG 9

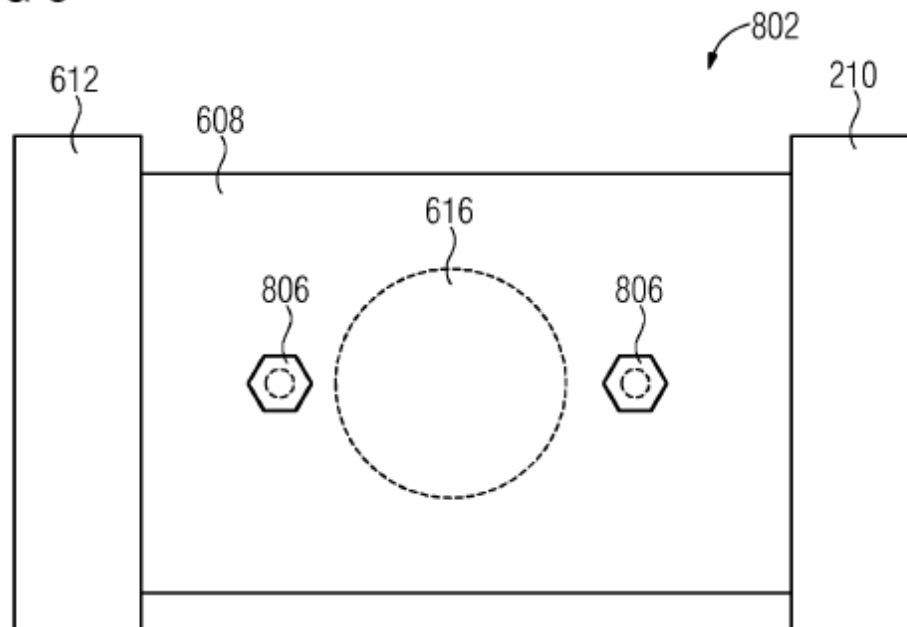


FIG 10

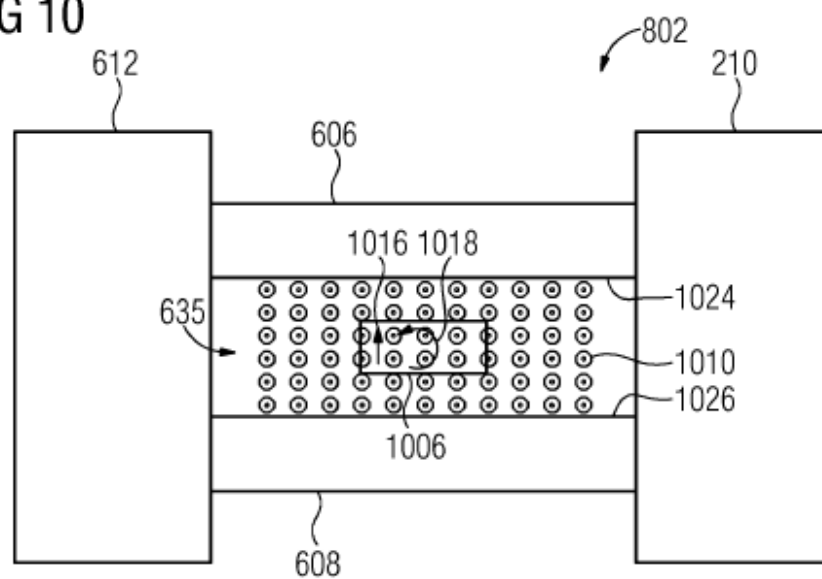


FIG 11

