

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 738 553**

51 Int. Cl.:

H01H 9/54 (2006.01)

H01H 33/59 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.08.2015 PCT/EP2015/068590**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.04.2016 WO16062427**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.08.2015 E 15756858 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.05.2019 EP 3210226**

54 Título: **Disyuntor para la interrupción galvánica de la corriente continua**

30 Prioridad:

24.10.2014 DE 102014015643

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

23.01.2020

73 Titular/es:

**ELLENBERGER & POENSGEN GMBH (100.0%)
Industriestrasse 2-8
90518 Altdorf, DE**

72 Inventor/es:

**WILKENING, ERNST-DIETER;
KÖPF, HENDRIK-CHRISTIAN y
BÖSCHE, DIRK**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 738 553 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

Disyuntor para la interrupción galvánica de la corriente continua

5 La presente invención se refiere a un dispositivo separador para la interrupción de corriente continua entre una fuente de corriente continua y un dispositivo eléctrico, con un interruptor mecánico conductor y un circuito electrónico de potencia interconectados, así como un acumulador de energía que se carga mediante un voltaje generado por un arco eléctrico en el interruptor al abrirlo. Aquí, en particular, se entiende como fuente de corriente continua un generador fotovoltaico (generador FV, planta de energía solar) y como dispositivo eléctrico un convertidor.

10 De la patente DE 20 2008 010 312 U1 se conoce un sistema fotovoltaico (sistema FV) o sistema solar con un llamado generador fotovoltaico constituido por módulos solares combinados en grupos de subgeneradores, que a su vez están conectados en serie o formando líneas paralelas, de manera que la corriente continua del generador fotovoltaico es suministrada mediante un convertidor a una red de corriente alterna. Como una planta fotovoltaica, condicionada por
15 el sistema, suministra permanentemente, por un lado, una corriente y una tensión efectiva comprendida entre 180 V (CC) y 1500 V (CC), y, por otro lado – por ejemplo para instalaciones, montajes o servicios y sobre todo para protección personal en general – es conveniente que los componentes o dispositivos eléctricos estén separados de forma segura de la instalación fotovoltaica como fuente de alimentación de corriente continua, debe haber un dispositivo adecuado de separación capaz de funcionar como interruptor bajo carga, es decir, sin necesidad de desconectar previamente la
20 fuente de alimentación de corriente continua.

Para la desconexión de la carga se puede usar un interruptor mecánico (contacto de conmutación), con la ventaja de que al abrir el contacto se produce una separación galvánica entre el dispositivo eléctrico (convertidor) y la fuente de
25 alimentación de corriente continua (instalación fotovoltaica). En cambio cuando se usan interruptores semiconductores de gran capacidad para desconectar la carga hay pérdidas de potencia inevitables en los semiconductores, incluso durante el funcionamiento normal. Además con estos semiconductores de potencia no hay aislamiento eléctrico y por lo tanto no se garantiza una protección personal segura.

De la patente DE 102 25 259 B3 se conoce un conector eléctrico diseñado como dispositivo de desconexión de carga del tipo interruptor híbrido que tiene un elemento semiconductor de conmutación en forma, por ejemplo, de un tiristor en la carcasa del convertidor, así como contactos principales y auxiliares conectados a los módulos fotovoltaicos. El
30 contacto principal avanzado en un proceso de desconexión está conectado en paralelo al contacto auxiliar retardado y acoplado en serie con el elemento semiconductor de conmutación. Así, el elemento semiconductor de conmutación se activa para evitar la formación de arcos eléctricos o extinguirlos, conectándose y desconectándose periódicamente.

35 Para interrumpir la corriente continua también se puede emplear un interruptor híbrido electromagnético de corriente continua con un contacto principal accionado electromagnéticamente y un IGBT (transistor bipolar de puerta aislada) como interruptor semiconductor (DE 103 15 982 A2). Sin embargo este tipo de interruptor híbrido lleva una fuente de alimentación externa para accionar el circuito electrónico de potencia con un interruptor semiconductor.

40 De la patente WO 2010/108565 A1 se conoce un disyuntor híbrido con un interruptor mecánico o elemento separador y un circuito electrónico semiconductor conectado en paralelo con aquél, que comprende esencialmente al menos un interruptor semiconductor, preferiblemente un IGBT. El circuito electrónico semiconductor no tiene ninguna fuente de alimentación adicional y bloquea la corriente con el interruptor mecánico cerrado, es decir prácticamente sin corriente
45 ni tensión. El circuito electrónico semiconductor obtiene la energía necesaria para su funcionamiento del dispositivo separador, es decir, del propio sistema disyuntor, utilizando la energía del arco eléctrico producido al abrir el interruptor mecánico. En este caso el control del circuito electrónico semiconductor está acoplado al interruptor mecánico de tal manera que, cuando se abre el interruptor, la tensión del arco eléctrico conecta conductivamente el circuito electrónico semiconductor a través de sus contactos de conmutación por efecto de dicho arco.

50 Tan pronto como el circuito electrónico semiconductor se conecta conductivamente, la corriente del arco eléctrico del interruptor mecánico empieza a conmutar dicho circuito. Entonces la correspondiente tensión o la corriente del arco eléctrico carga un acumulador de energía en forma de un condensador, que se descarga selectivamente generando una tensión de control para apagar el circuito electrónico semiconductor sin arco eléctrico. El período predeterminado
55 de tiempo o constante de tiempo y por lo tanto el tiempo de carga del acumulador de energía o condensador determina la duración del arco eléctrico. Después del proceso de carga se inicia un temporizador que corta sin arco eléctrico la corriente del circuito electrónico semiconductor. La duración del temporizador se ajusta para una desconexión segura. La patente FR 2 738 664 A1 describe un dispositivo separador para la interrupción de la corriente continua entre una fuente de alimentación de corriente continua y un dispositivo eléctrico, que tiene un interruptor mecánico conductor y un circuito electrónico de potencia interconectados, así como un acumulador de energía, con al menos un interruptor semiconductor que acciona el circuito electrónico de potencia para que éste cortocircuite el interruptor.
60

La presente invención tiene por objeto proponer un dispositivo de separación particularmente adecuado (interruptor o
65 circuito electrónico híbrido) para la interrupción de la corriente continua entre una fuente de alimentación de corriente continua CC, en concreto un generador fotovoltaico, y un dispositivo eléctrico, en concreto un convertidor, con la mayor capacidad de conmutación posible y sobre todo la mayor velocidad de regulación posible, es decir, un accionamiento

muy rápido del circuito electrónico de potencia del dispositivo separador.

Este objetivo se consigue según las características de la reivindicación 1. Las formas de ejecución ventajosas y otros desarrollos son el objeto de las reivindicaciones dependientes.

5 Para ello el dispositivo de separación, también designado en lo sucesivo como interruptor híbrido, tiene un interruptor mecánico conductor y un circuito electrónico de potencia interconectados, así como un acumulador de energía que se carga mediante una tensión de arco eléctrico generada en el interruptor abierto. El interruptor híbrido lleva además un generador de impulsos, también denominado en lo sucesivo como circuito generador de impulsos, que está conectado al acumulador de energía diseñado preferiblemente como condensador. El generador de impulsos controla al menos un interruptor semiconductor del circuito electrónico de potencia cortocircuitando el interruptor y por tanto extinguendo el arco eléctrico.

15 En una forma de ejecución ventajosa el generador de impulsos (circuito generador de impulsos) incluye un acumulador de energía conectado al interruptor semiconductor, el cual se controla conductivamente cuando la tensión de carga del acumulador de energía alcanza un valor de voltaje establecido o ajustable, también designado en lo sucesivo como tensión efectiva. Este interruptor semiconductor del generador de impulsos es adecuadamente un tiristor. En una toma de corriente situada tras este interruptor semiconductor del generador de impulsos, el circuito electrónico de potencia recoge de la parte de control un impulso de mando generado preferiblemente por la tensión efectiva. En otras palabras, el generador de impulsos está unido mediante esta toma de tensión con el lado de control del circuito electrónico de potencia, es decir, conectado por la parte de control con al menos un interruptor semiconductor, de modo que cuando el generador de impulsos transmite un impulso o señal de mando, el interruptor semiconductor se activa, es decir se conecta conductivamente y cortocircuita el interruptor mecánico, en concreto sus contactos o sus correspondientes terminales de contacto. El generador de impulsos solo genera preferiblemente un único impulso de mando por cada conmutación, es decir un solo pulso de corriente.

25 En un desarrollo ventajoso el generador de impulsos dispone de un condensador conectado al acumulador de energía. Este condensador, conectado por ejemplo con un resistor de descarga, sirve o actúa preferiblemente de temporizador que una vez transcurrido su tiempo produce un apagado, es decir una desactivación del impulso de mando y por tanto del circuito electrónico de potencia.

35 Además, el generador de impulsos comprende un circuito semiconductor que tiene preferiblemente varios interruptores semiconductores conectados a otros componentes, por ejemplo resistencias y al menos un diodo Zener. El generador de impulsos comprende convenientemente al menos un tiristor y al menos un transistor (transistor bipolar, transistor MOS, transistor PMOS). El circuito semiconductor, junto con el condensador del generador de impulsos desactiva el impulso de mando en la toma de corriente cuando, debido a la carga del condensador del generador de impulsos, se alcanza la tensión de conmutación de un interruptor semiconductor, en forma preferiblemente de un transistor MOS o PMOS, conectado a la toma de corriente.

40 En una forma de ejecución ventajosa, el circuito electrónico de potencia presenta un primer y un segundo interruptor semiconductor, respectiva y convenientemente en forma de un IGBT con diodo de marcha libre. Estos interruptores semiconductores están conectados en un primer o en un segundo camino de corriente, al cual se dirige un primer o segundo terminal del interruptor mecánico. En estos caminos de corriente hay debidamente conectados unos diodos que, junto con los diodos de marcha libre, sirven para rectificar la tensión de arco eléctrico. Con los dos interruptores semiconductores se consigue que el circuito electrónico de potencia se pueda usar bidireccionalmente y que ambos interruptores semiconductores se activen siempre independientemente del potencial (positivo o negativo) en el terminal respectivo del interruptor mecánico.

45 Al circuito electrónico de potencia se le asigna adecuadamente una etapa de excitación con transistores conectados a una etapa final complementaria, que por el lado del colector-emisor están unidos con el acumulador de energía y por el lado de la base están dirigidos a la toma de tensión del generador de impulsos. Esta etapa final actúa como amplificador de corriente cuando el generador de impulsos emite el impulso de mando a las entradas de control (bases) de los transistores de excitación. Como resultado se logra una rápida recarga de los IGBT del circuito electrónico de potencia, que a su vez permite una conmutación particularmente rápida. En este caso el condensador proporciona adecuadamente la corriente de recarga al circuito excitador.

50 En un desarrollo ventajoso el interruptor semiconductor, o cada uno de ellos, del circuito electrónico de potencia está conectado (por el lado de la base del colector) con un circuito en serie formado por una resistencia y un diodo. El potencial entre el diodo y la resistencia corresponde al voltaje directo del interruptor semiconductor (IGBT) más el voltaje de saturación del diodo. Con este circuito en serie, que sirve como circuito de prueba, conociendo la curva característica del semiconductor o IGBT, se puede precisar el flujo de corriente a través del interruptor semiconductor, es decir, a través del semiconductor de potencia correspondiente. Ello permite detectar sobrecorrientes sin necesidad de otro elemento medidor de la corriente, en forma, por ejemplo, de una derivación costosa. Un circuito protector separado, o que comprenda este circuito en serie o circuito de prueba, desconecta el impulso de mando del generador de impulsos cuando la tensión del colector-emisor del interruptor semiconductor (IGBT) del circuito electrónico de potencia supera un umbral.

En dos interruptores semiconductores (IGBT) hay dos circuitos protectores de este tipo, que incluyen preferiblemente el circuito de prueba (circuito en serie de diodo y resistencia), para cada IGBT. El respectivo circuito protector provoca una breve interrupción del circuito electrónico de potencia, es decir suficientemente rápida, para desconectar los IGBT, a fin de protegerlos en caso de fallo, preferiblemente dentro de 10 μ s.

El dispositivo de separación tiene adecuadamente una fuente de alimentación unida al circuito electrónico de potencia, con al menos un interruptor semiconductor, preferiblemente en forma de IGBT, conectado al acumulador de energía, que está convenientemente acoplado a otro interruptor semiconductor (transistor NPN), así como a resistencias y al menos a un diodo Zener, y está regulado para cargar el acumulador de energía mediante la tensión de arco eléctrico y para interrumpir a continuación la carga una vez alcanzada la tensión efectiva.

La presente invención se basa en la consideración de que con el generador de impulsos, que emite preferiblemente un solo impulso por cada conmutación, se consigue un control muy rápido del circuito electrónico de potencia de un dispositivo separador híbrido y, por lo tanto, su capacidad de conmutación es particularmente alta, es decir, mayor que con los dispositivos de separación conocidos. Además, mediante el circuito de protección y un dispositivo de medición económico constituido por un diodo y una resistencia conectados en serie es posible detectar de manera segura la sobrecorriente del circuito electrónico de potencia. Asimismo, el diseño del circuito electrónico de potencia puede ser particularmente compacto.

El dispositivo de separación según la presente invención también está previsto preferiblemente para interrumpir la corriente continua en un rango de voltaje hasta 1500 V (CC). Por lo tanto, con el uso preferido del interruptor mecánico adicional, este dispositivo de separación híbrido independiente es especialmente idóneo para la interrupción galvánica fiable y segura contra el contacto accidental, entre un sistema fotovoltaico y un convertidor asignado al mismo, como también en combinación, por ejemplo, con un sistema de pilas de combustible o con un acumulador (batería).

Las formas de ejecución de la presente invención se explican a continuación con más detalle, haciendo referencia a figuras que representan:

Fig. 1 diagrama de bloques de un dispositivo de separación híbrido situado entre un generador fotovoltaico y un convertidor, con un interruptor mecánico y un circuito electrónico de potencia que incluye un circuito protector, así como un generador de impulsos y una fuente de alimentación.

Fig. 2 diagrama detallado de conexiones del dispositivo de separación, con dos interruptores semiconductores del circuito electrónico de potencia y sus circuitos de excitación y protección, así como el generador de impulsos y la fuente de alimentación con un condensador como acumulador de energía.

Fig. 3 el generador de impulsos como subcircuito del dispositivo de separación híbrido.

Fig. 4 el circuito electrónico de potencia con la etapa final de excitación de uno de los interruptores semiconductores y dos terminales de contacto del interruptor mecánico como subcircuito del dispositivo de separación híbrido.

Fig. 5 el circuito protector con un circuito de prueba para detectar sobrecorriente, como subcircuito del dispositivo de separación híbrido.

Fig. 6 la fuente de alimentación con un circuito rectificador como subcircuito del dispositivo de separación híbrido.

Fig. 7 un dispositivo de separación híbrido en un diagrama de conexiones según la fig. 2, con un circuito rectificador alternativo.

Las correspondientes partes de las figuras están indicadas con los mismos números de referencia.

La fig. 1 muestra esquemáticamente un dispositivo de separación 1, que en este ejemplo de forma de ejecución está conectado entre un generador fotovoltaico 2 y un convertidor 3. Sin entrar en detalles, el generador fotovoltaico 2 puede incluir una serie de módulos solares 4 paralelos entre sí en una caja común de conexiones del generador, que sirve virtualmente como punto de concentración de energía.

En el camino de corriente principal 4 que representa el terminal positivo, el dispositivo de separación 1 comprende un contacto de conmutación 5, también llamado en lo sucesivo interruptor mecánico, y conectado a él en paralelo un circuito electrónico de potencia 6 y un generador de impulsos 7 que lo activa. El dispositivo de separación 1 comprende además un circuito de protección 8 y una fuente de alimentación 9. El interruptor mecánico 5 y el circuito electrónico de potencia 6 más el generador de impulsos 7 que lo activa forman un disyuntor híbrido independiente (interruptor híbrido). En la línea de retorno 10 que representa el terminal negativo del dispositivo de separación 1, y así en todo el sistema, se puede conectar otro disyuntor híbrido, no representado. Tanto en la línea de ida (camino principal) 4, que representa el terminal positivo, como en la línea de retorno 10 se pueden disponer unos contactos de conmutación de otro elemento mecánico, acoplados mecánicamente entre sí, no representados con mayor detalle, para una separación galvánica completa o interrupción de la corriente continua entre el generador fotovoltaico 2 y el convertidor 3.

Al abrir el interruptor mecánico 5 durante el funcionamiento, atravesado entonces por la corriente, se forma entre sus contactos de conmutación un arco eléctrico LB. Mediante la tensión resultante del arco eléctrico a través de los terminales de interruptor J1 y J2 representados en la figura 1 se carga un condensador C9 (figuras 2 y 6) como acumulador de energía. Tan pronto como su tensión de carga alcanza un determinado valor de voltaje, el generador

de impulsos 7 acciona el circuito electrónico de potencia 6, tras lo cual este último cortocircuita el interruptor 5 y extingue el arco LB.

En este caso el circuito electrónico de potencia 6 permanece adecuadamente conectado durante cierto tiempo, es decir, para un temporizador programado o ajustable, a fin de permitir la desionización del trayecto entre los contactos abiertos. Una vez finalizado el período de tiempo o el temporizador correspondiente, el generador de impulsos 7 apaga el circuito electrónico de potencia 6. Un varistor R5 (figuras 2 y 4) limita la sobretensión producida durante el proceso de conmutación. El circuito de protección 8 controla durante el proceso de conmutación el respectivo semiconductor de potencia (IGBT) T1, T2 del circuito electrónico de potencia 6 para evitar su destrucción por una corriente demasiado alta.

La figura 2 muestra el diagrama detallado de conexiones del dispositivo de separación 1, de modo que los diferentes tipos de líneas utilizadas en la figura 1 enmarcan los componentes del circuito electrónico de potencia 6, del generador de impulsos, del circuito de protección 8 y de la fuente de alimentación 9. Como el circuito electrónico de potencia 6 tiene preferiblemente dos interruptores semiconductores en forma de los IGBT T1 y T2 representados, también se prevén dos circuitos protectores 8 y dos circuitos de excitación para los IGBT T1 y T2 respectivamente. En este caso, para mayor claridad, solo uno de estos circuitos con sus componentes está rodeado por el correspondiente tipo de línea. Los subcircuitos individuales están representados por separado en las figuras 3 hasta 6.

Según las figuras 2 y 3, el generador de impulsos 7 incluye un interruptor semiconductor en forma de un tiristor T4 dirigido mediante la conexión V1 al condensador C9, donde este tiristor está conectado por el lado del ánodo a la V1 que lleva al condensador C9 mediante un transistor PMOS (transistor metal-óxido-semiconductor de canal P) Q2, es decir, a través de su tramo colector-emisor. Por el lado de accionamiento el tiristor T4 está unido mediante un transistor PMOS Q3 conectado con unas resistencias R16 y R17 y un diodo Zener D11. Por el lado del cátodo, el tiristor T4 se dirige mediante una resistencia R14 a una toma de tensión S1 unida a tierra través de una resistencia R15. La toma de tensión S1 también está conectada a tierra a través de la ruta fuente-drenaje de otro transistor Q4, en este caso un transistor NMOS o bipolar. En la toma de tensión S1 se encuentra además la base o puerta de otro transistor (transistor NMOS o bipolar) Q5, cuyo tramo colector-emisor está conectado mediante las resistencias R19, R20, como resistencia variable, y R21, así como mediante un condensador acoplado en paralelo C3 a la resistencia R19, entre la conexión V1 que conduce al condensador C9 y la tierra.

Paralelo al elemento RC R19 y a C3 hay un circuito en serie formado por una resistencia R32 y un diodo Zener D12, hacia el cual se dirige por el lado del cátodo la base de un transistor PNP Q7. El lado de control de otro tiristor T5 está conectado mediante el transistor Q7 y una resistencia R24 a la conexión V1 que lleva al condensador C9. La trayectoria ánodo-cátodo del tiristor T5, entre la conexión V1 que lleva al condensador C9 y una resistencia R22, está conectada a tierra. Una toma de este tiristor T5 por el lado del cátodo se dirige a través de una resistencia R18 a la puerta (base) del transistor Q4 y a través de una resistencia R13 a la puerta (base) del transistor Q2. El circuito mostrado y descrito es, además del interruptor semiconductor T4, un circuito semiconductor del generador de impulsos 7 adecuadamente conectado. El generador de impulsos 7 genera el impulso o cada impulso de control P para los dos IGBT T1, T2 del circuito electrónico de potencia 6, tal como se explica a continuación.

Los dos tiristores T4 y T5 del generador de impulsos 7 están inicialmente bloqueados, de manera que la puerta del transistor Q2 está a potencial de tierra. Cuando sube la tensión de carga del condensador C5 por efecto de un arco eléctrico LB al abrir interruptor mecánico 5, y por tanto la tensión efectiva, también aumenta la tensión negativa puerta-fuente del transistor Q2, de manera que éste se conecta y el ánodo del tiristor T4 adquiere el potencial de la tensión efectiva. Si este voltaje continúa aumentando, el diodo Zener D11 comienza a pasar al estado conductor. El flujo de corriente resultante provoca una caída de voltaje en la resistencia R17. Si esta caída de voltaje supera el valor umbral del voltaje base-emisor del transistor Q3, éste se vuelve conductor. Para proteger el transistor Q3 de la destrucción se limita la corriente a través de la resistencia R16. Esta corriente enciende el tiristor T4. El valor de la resistencia R14 es mucho menor que el de la resistencia R15, de modo que el potencial entre estas dos resistencias R14, R15 en la toma de tensión S1, donde se obtiene el impulso de control P para el circuito electrónico de potencia 6, solo es ligeramente inferior a la tensión efectiva.

Una vez encendido el tiristor T4 se conecta el transistor Q5 y el condensador C3 se carga a través de las resistencias R20 y R21. Como el condensador C3 está inicialmente descargado, el potencial del ánodo del diodo Zener D12 está en tensión efectiva. La carga del condensador C3 desplaza el potencial a tierra. Cuando este potencial cae hasta que el diodo Zener D12 se vuelve conductor, fluye una corriente a través de la resistencia R23. Si la caída de tensión a través de esta resistencia R23 supera el valor umbral del voltaje base-emisor del transistor PNP Q7, éste se enciende. La resistencia R24 limita la corriente y protege el transistor Q7.

La corriente que fluye a través del transistor Q7 produce la ignición del tiristor T5, por lo cual el potencial en su cátodo aumenta hasta la tensión efectiva, menos el voltaje directo. Por lo tanto el transistor Q4 también se enciende y atrae a tierra el potencial de la toma de tensión S1 entre las resistencias R14 y R15. Ahora bloquea además el transistor Q2 y apaga el tiristor T4. De este modo también se apaga el transistor Q5 y el condensador C3 se descarga a través de la resistencia R19. El tiristor T5 sigue siendo conductor hasta la descarga del condensador C9. Como el condensador se recarga durante una fase de arco eléctrico y también durante la sobretensión de conmutación, solo se dispara un

único impulso de control.

Al circuito electrónico de potencia 6 representado en las figuras 2 y 4 se le asigna una etapa de excitación 11. Los IGBT T1 y T2 del circuito electrónico de potencia 6 forman la parte inferior de un puente rectificador B2. Al utilizar dos semiconductores de potencia con diodo de marcha libre en forma de los IGBT T1 y T2 se obtiene un circuito de uso bidireccional. Si el terminal ilustrado de interrupción o contacto J2 del interruptor mecánico 5 tiene un potencial positivo y el otro terminal de interrupción J1 tiene un potencial negativo, la corriente puede fluir a través del IGBT T2 y del diodo de marcha libre del IGBT T1. En caso de polaridad inversa puede haber un flujo de corriente a través del IGBT T1 y del diodo de marcha libre del IGBT T2. Como la señal de control de un IGBT no influye en su funcionamiento inverso, los IGBT T1 y T2 del circuito electrónico de potencia 6 siempre se activan.

Como los circuitos de excitación 11 de los dos IGBT T1 y T2 están contruidos de forma idéntica, a continuación solo se describe uno de ambos circuitos de excitación 11. El circuito de excitación 11 comprende un transistor NPN Q8 y un transistor PNP Q6 que están conectados a una etapa final complementaria. Cuando el generador de impulsos 7 emite el impulso de mando P hacia las bases de ambos transistores Q6 y Q8, éstos actúan como amplificadores de corriente y permiten una rápida recarga de la puerta del respectivo IGBT T2, T1. Como resultado se logra un proceso de conmutación particularmente rápido. Un condensador T5 del circuito de excitación 11 suministra la corriente de recarga. El IGBT T2 está atenuado mediante una resistencia R28, ya que las inductancias y capacitancias parásitas pueden causar oscilaciones durante la activación del respectivo IGBT T2. No obstante, un diodo Zener D16 del circuito de excitación 11 protege la puerta del IGBT T2 contra sobretensiones, en caso de que haya oscilaciones. Teniendo en cuenta que la conmutación de cargas inductivas puede provocar sobretensiones debido al pronunciado flanco de conmutación del IGBT T2, el varistor R5 limita la sobretensión para evitar la destrucción de los semiconductores de potencia T1, T2.

Las figuras 2 y 5 muestran el circuito de prueba y protección 8 del dispositivo de separación 1. Aunque los IGBT, como interruptores semiconductores del circuito electrónico de potencia 6, son en principio a prueba de cortocircuitos, aún deben apagarse en caso de fallo dentro de 10 µs. Los circuitos 8 de control o medición de la corriente de ambos IGBT T1, T2 están contruidos de forma idéntica, por lo cual la figura 5 solo muestra de nuevo uno de estos circuitos 8. El circuito de medición comprende básicamente un circuito en serie de una resistencia R27 y un diodo D3, que está(n) conectado(s) entre la puerta y el colector del IGBT T2. La señal de mando del IGBT T2 se emite en su tramo colector-emisor a través de la resistencia R27 y del diodo D3.

El potencial entre el diodo D3 y la resistencia R27 corresponde a la tensión directa del IGBT T2, más la tensión de saturación del diodo D3. Por lo tanto, conociendo la curva característica del IGBT se puede precisar el flujo de corriente a través de este semiconductor de potencia T2. Para no descargar innecesariamente demasiado el condensador C9 como acumulador de energía durante la fase de conmutación, la resistencia R27 es relativamente superohmica. Sin embargo, para permitir un rápido apagado en caso de fallo se conecta a continuación una etapa final complementaria con los correspondientes transistores Q11 y Q12 acoplados. Un diodo D14 unido a la etapa final por el lado del emisor permite la conexión paralela de ambos circuitos de medición D3, R27 y D4, R28 (figura 2).

Cuando la tensión del colector-emisor del IGBT T2 supera cierto potencial se enciende un tiristor T6 del circuito de protección 8, con lo cual se activa el transistor Q7 del generador de impulsos (circuito emisor de impulsos) 7 y se inicia el proceso de desconexión. Un condensador C7 conectado a tierra por el lado de control del tiristor T6 y una resistencia R31 paralela al mismo forman un filtro para, entre otras cosas, evitar que el circuito de protección 8 se dispare durante la fase de encendido del IGBT T2. El voltaje de activación se puede determinar con la siguiente fórmula.

$$U_{CE}(T2) \geq U_{BE}(Q12) + U_D(D14) + U_Z(D13) + U_{en}(T6) - U_D(D3),$$

donde U_{CE} es la tensión del colector-emisor, U_{BE} la tensión de base-emisor-, U_D la tensión directa, U_Z la tensión Zener y U_{en} la tensión de encendido.

Las figuras 2 y 6 muestran la estructura del circuito de la fuente de alimentación 9 del dispositivo de separación 1. La fuente de alimentación 9 sirve para cargar el condensador C9 como acumulador de energía y para proteger contra una sobretensión de maniobra. Entre los terminales de conmutación o de contacto J1 y J2 se encuentra el interruptor mecánico 5 (fig. 1). Tan pronto como el interruptor 5 abre el circuito se forma el arco eléctrico LB. La tensión del arco eléctrico se rectifica mediante los diodos D1, D2 conectados en los caminos de corriente 6a y 6b de los interruptores semiconductores (interruptores de potencia) T1 y T2 del circuito electrónico de potencia 6 y los diodos de marcha libre de los IGBT T1 y T2.

La fuente de alimentación 9 comprende un interruptor semiconductor en forma de un IGBT T7, cuya puerta se carga mediante las resistencias R33 a R37. Cuando el potencial de puerta-emisor del tiristor T7 supera la tensión umbral se activa el IGBT T7 y se carga el condensador C9. El IGBT T7 está conectado a un transistor NPN Q15 de la forma mostrada en la figura 6. Por el lado del emisor el transistor Q15 está conectado a tierra mediante un diodo Zener D19. Cuando el potencial del condensador C9 alcanza el valor del diodo Zener D19 más la tensión umbral de base-emisor del transistor Q15, éste se vuelve conductor y limita la tensión de puerta-emisor del IGBT T7. Éste empieza luego a bloquearse y se interrumpe la corriente de carga del condensador C9. El diodo Zener D19 protege además la puerta

del IGBT T7 y el transistor Q15 contra la sobretensión.

5 El dispositivo de separación 1 también se puede accionar con un rectificador preconectado. En la figura 7 se muestra un circuito correspondiente. Se pueden ver sin variación los subcircuitos individuales de la fuente de alimentación 9, el generador de impulsos 7 del circuito de medición y protección 8 y, en principio, el circuito electrónico de potencia 6. Los diodos D1 a D4 insertados en el circuito representado en la figura 7 tienen que poder aguantar todo la corriente, además del IGBT T2 como interruptor semiconductor del circuito electrónico de potencia 6. Además, la tensión directa en estado de conexión es comparativamente elevada debido a la conexión en serie de tres semiconductores.

10 Relación de números de referencia

	1	Dispositivo separador
	2	Generador FV
	3	Convertidor
15	4	Camino de corriente principal
	5	Interruptor (conmutador) mecánico
	6	Circuito electrónico de potencia
	6a	Camino de corriente
	6b	Camino de corriente
20	7	Generador de ondas de choque, de impulsos
	8	Circuito de medición/protección
	9	Fuente de alimentación, adaptador, cargador
	10	Línea de retorno
	11	Etapas de excitación
25	C	Condensador
	D	Diodo Zener
	J1	Conexión (terminal) del interruptor
	J2	Conexión del interruptor
	LB	Arco eléctrico
30	P	Impulso de mando
	Q	Transistor
	R	Resistencia
	R5	Varistor
	S1	Toma de tensión
35	S2	Toma de tensión
	T	IGBT
	V1	Conexión

REIVINDICACIONES

- 5 1. Dispositivo de separación (1) para la interrupción de la corriente continua entre una fuente de alimentación de corriente continua (2) y un dispositivo eléctrico (3), con un interruptor mecánico de corriente (5) conectado a un circuito electrónico de potencia (6) y con un acumulador de energía (C9) que se carga mediante una tensión producida en el interruptor (5) por un arco eléctrico (LB) al abrir dicho interruptor, y con un generador de impulsos (7) conectado al acumulador de energía (C9) que acciona al menos un interruptor semiconductor (T1, T2) del circuito electrónico electrónico de potencia (6) cortocircuitando el interruptor (5) y extinguendo el arco eléctrico (LB).
- 10 2. Dispositivo de separación (1) según la reivindicación 1, caracterizado porque antes del generador de impulsos (7) hay conectado un interruptor semiconductor (T4) que está unido con el acumulador de energía (C9) y con una toma de tensión (S1), y que se activa conductivamente cuando la tensión de carga del acumulador de energía (C9) alcanza un voltaje efectivo fijo o ajustable.
- 15 3. Dispositivo de separación (1) según la reivindicación 1 o 2, caracterizado porque el circuito electrónico de potencia (6) recibe por el lado de control un impulso de mando (P) generado por la corriente de carga o por la tensión efectiva en la toma de tensión (S1) del generador de impulsos (7).
- 20 4. Dispositivo de separación (1) según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque el generador de impulsos (7), en concreto su interruptor semiconductor (T4), bloquea la emisión de un impulso de mando (P) para el circuito electrónico de potencia (6) cuando el interruptor (5) está cerrado.
- 25 5. Dispositivo de separación (1) según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado
- porque el circuito electrónico de potencia (6) tiene un primer interruptor semiconductor (T1), en particular un IGBT, preferiblemente con diodo de marcha libre, que está conectado en un primer camino de corriente (6a), al cual se dirige un primer terminal (J1) del interruptor mecánico (5), y
- porque el circuito electrónico de potencia (6) tiene un segundo interruptor semiconductor (T2), en particular un IGBT, preferiblemente con diodo de marcha libre, que está conectado en un segundo camino de corriente (6b), al cual se dirige un segundo terminal (J2) del interruptor mecánico (5).
- 30 6. Dispositivo de separación (1) según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque el circuito electrónico de potencia (6) tiene una etapa de excitación (11) con transistores (Q6, Q8) conectados a una etapa final complementaria, que por lado del colector-emisor están unidos al acumulador de energía (C9) y por el lado de la base están dirigidos a la toma de tensión (S1) del generador de impulsos (7).
- 35 7. Dispositivo de separación (1) según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque el interruptor semiconductor (T1, T2) del circuito electrónico de potencia (6), o cada uno de ellos, está conectado por el lado del colector-base con un circuito en serie constituido por una resistencia (R27) y un diodo (D3) unido a un circuito de protección (8) que apaga el impulso de mando (S1) del generador de impulsos (7) cuando la tensión del colector-emisor del interruptor semiconductor (T1, T2) del circuito electrónico de potencia (6) supera un valor umbral.
- 40 8. Dispositivo de separación (1) según una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado porque el generador de impulsos (7) tiene un condensador (C3) unido al acumulador de energía (C9) y, además del interruptor semiconductor (T4) preconnectado a la toma de tensión (S1), un circuito semiconductor (Q2 a Q5, Q7, T5) que apaga el impulso de mando (P) en la toma de tensión (S1) cuando a consecuencia de la carga del condensador (C3) se alcanza la tensión de conmutación de un interruptor semiconductor (Q4) unido a la toma de tensión (S1) del circuito de semiconductores (Q2 a Q5, Q7, T5).
- 45 9. Dispositivo de separación (1) según una de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado porque tiene una fuente de alimentación (9) unida al circuito electrónico de potencia (6), con al menos un interruptor semiconductor (T7) conectado al acumulador de energía (C9), que se activa para cargar el acumulador de energía (C9) e interrumpir a continuación la carga al alcanzar la tensión efectiva.
- 50 10. Dispositivo de separación (1) según una de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado porque** dispone de un circuito rectificador (D1, D2; D1 hasta D4) de la tensión del arco eléctrico.
- 55

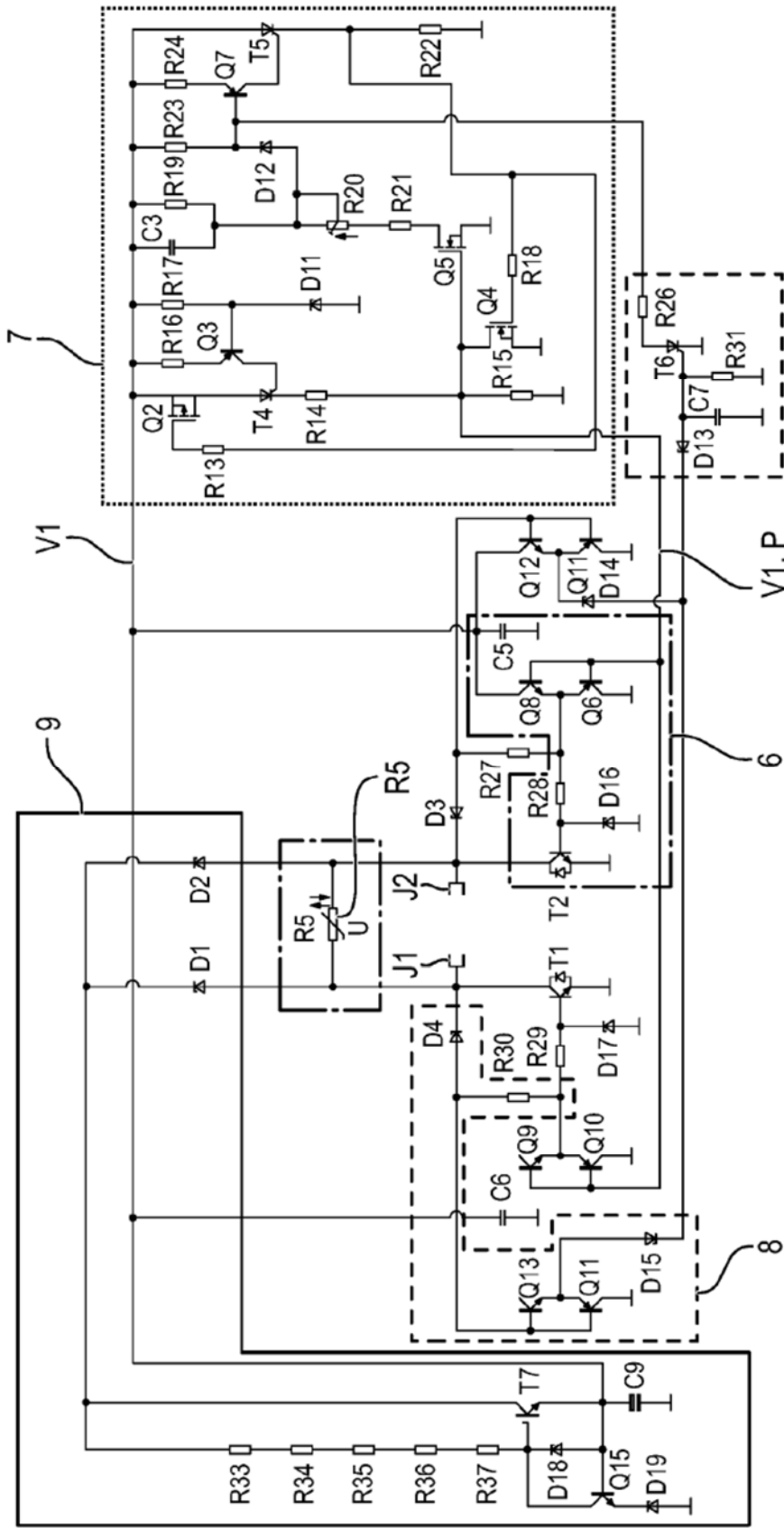


FIG. 2

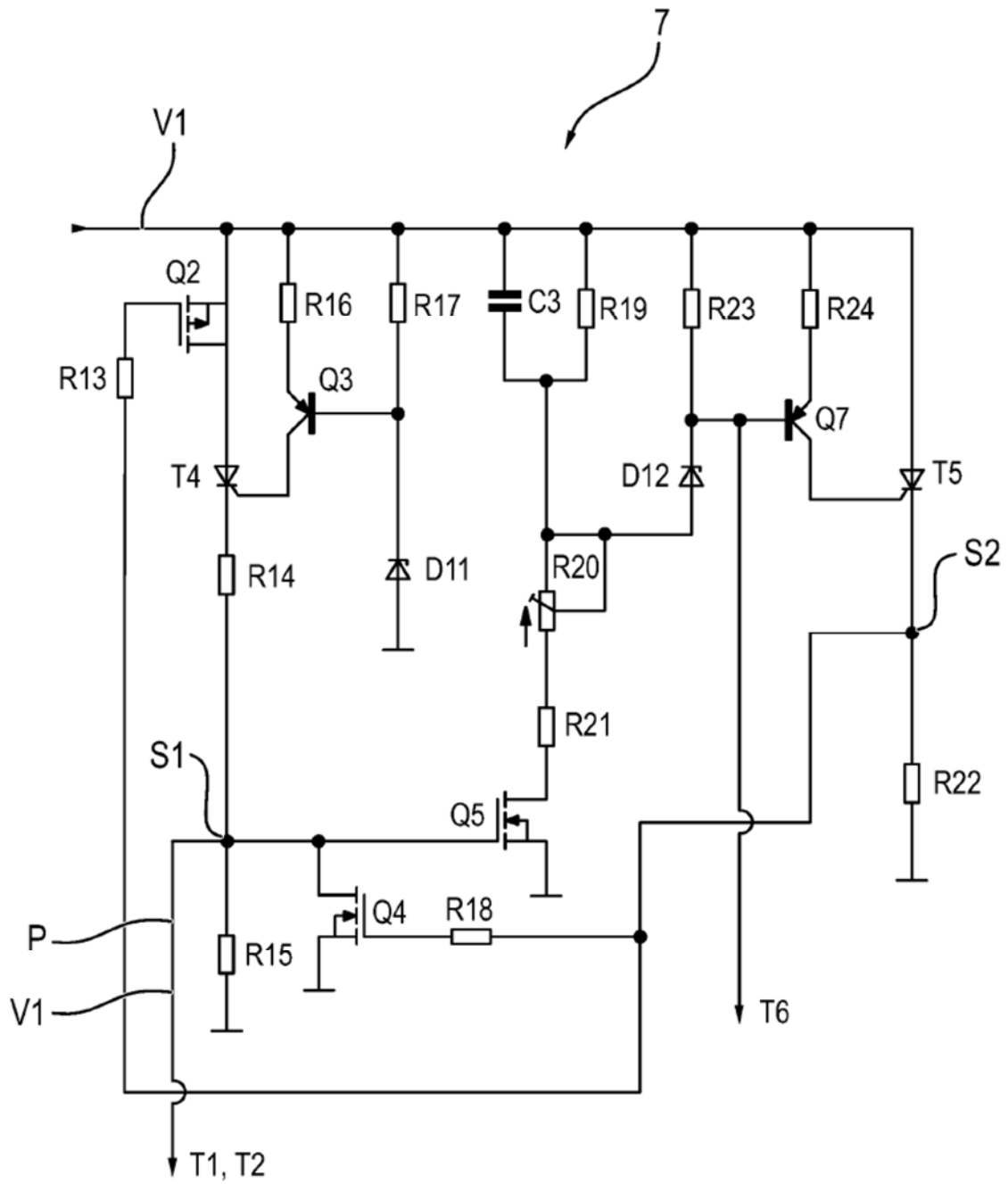


FIG. 3

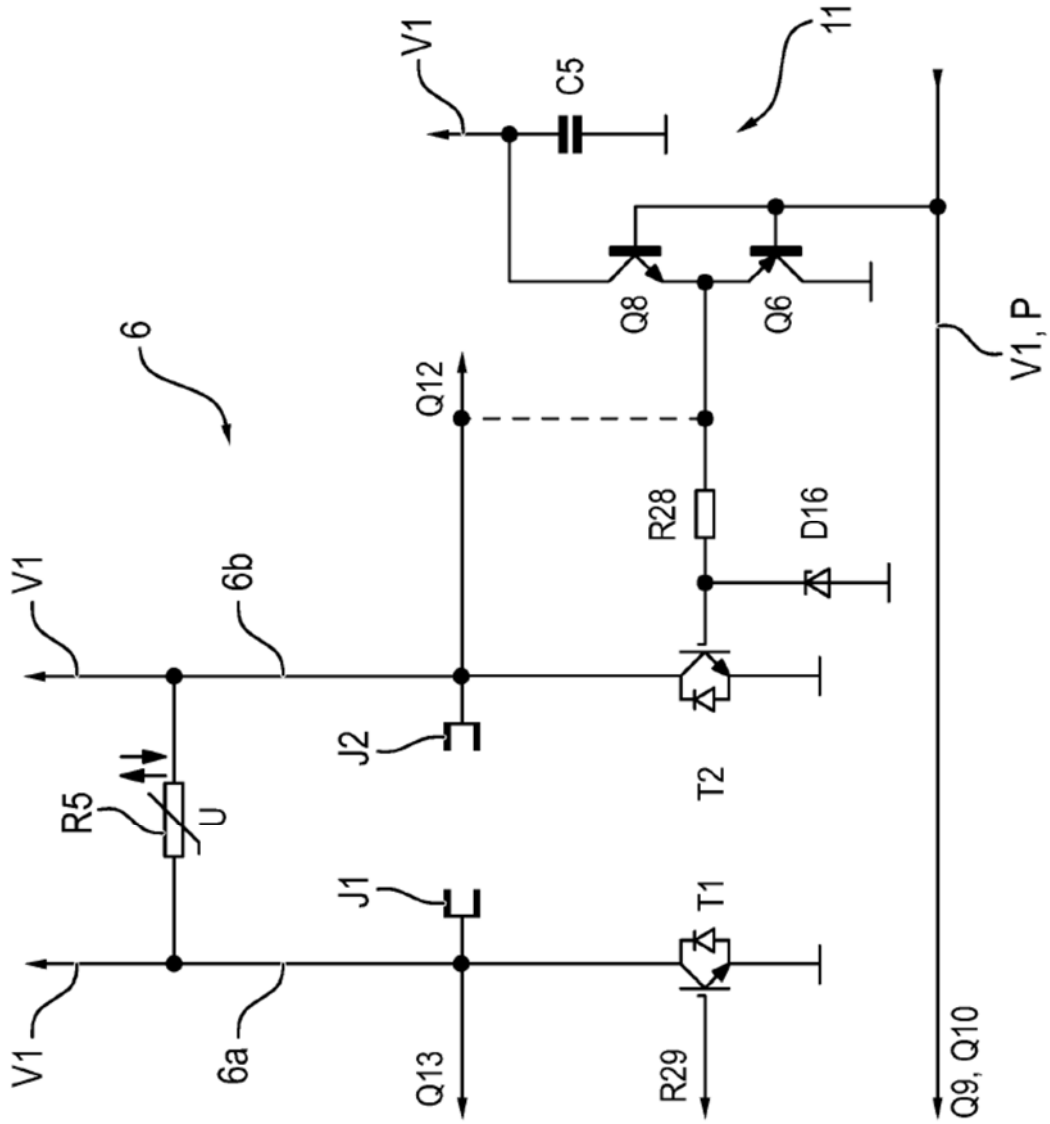


FIG. 4

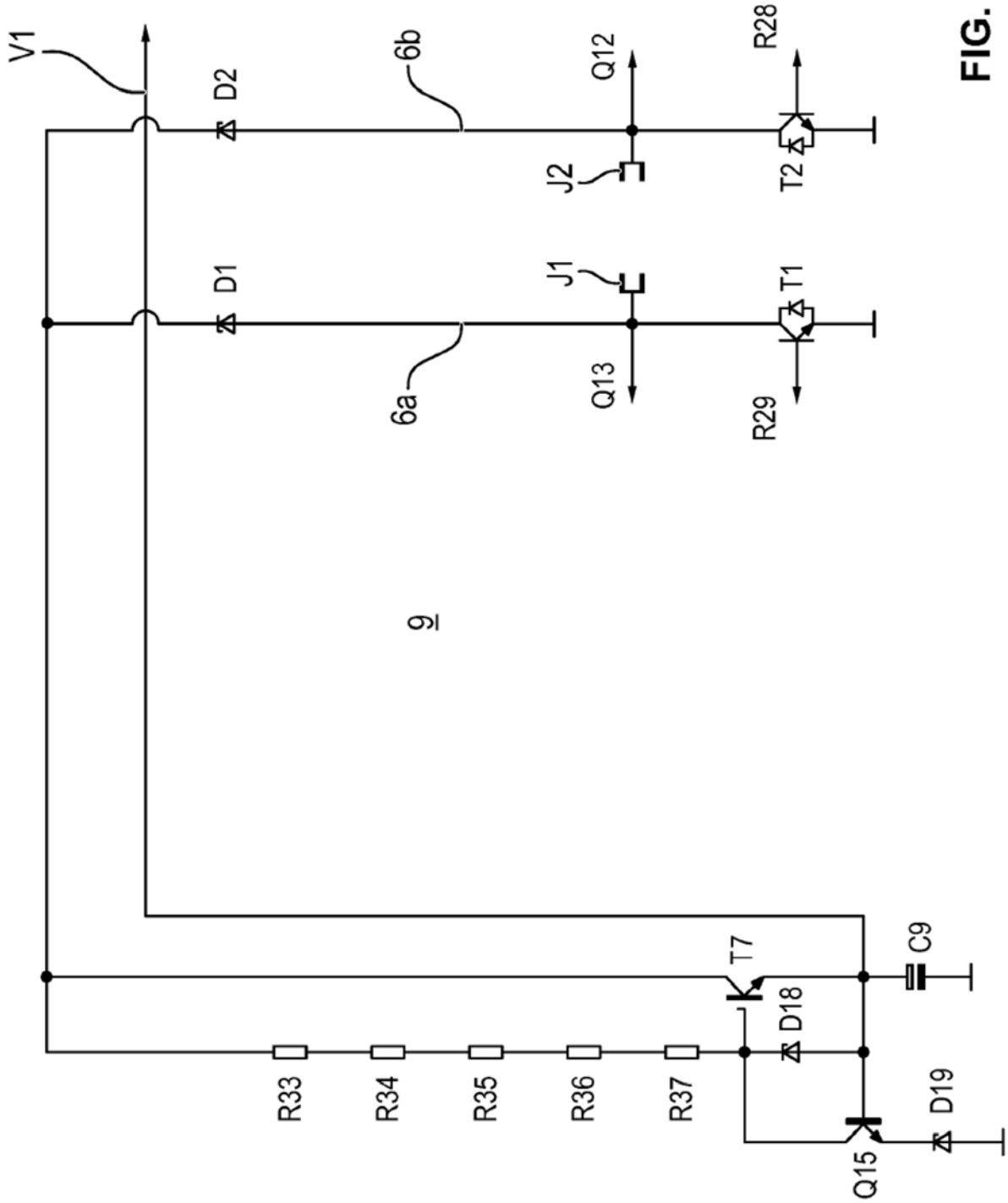


FIG. 6

