

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 421 786**

51 Int. Cl.:

H02M 7/219 (2006.01)

H02M 1/08 (2006.01)

H02M 1/32 (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.05.2010 E 10162301 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.06.2013 EP 2267880**

54 Título: **Convertidor de potencia utilizando un rectificador de transistores normalmente cerrados**

30 Prioridad:

19.05.2009 FR 0953307

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

05.09.2013

73 Titular/es:

**SCHNEIDER TOSHIBA INVERTER EUROPE SAS
(100.0%)
33, rue André Blanchet
27120 Pacy sur Eure, FR**

72 Inventor/es:

GRBOVIC, PETAR

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 421 786 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

Convertidor de potencia utilizando un rectificador de transistores normalmente cerrados

La presente invención se refiere a un convertidor de potencia que utiliza un rectificador de transistores normalmente cerrados. Un convertidor de este tipo se divulga en el documento EP 1347564. Dicho convertidor de potencia está destinado a ser utilizado, por ejemplo, en un variador de velocidad, un sistema de alimentación seguro, un filtro activo o un convertidor DC-DC.

Se sabe que un convertidor de potencia comprende varias entradas, conectadas a la red, por ejemplo tres entradas si está conectado a una red trifásica. Conectado a sus entradas, el convertidor comprende un rectificador que le permite transformar la tensión alterna que suministra la red en una tensión continua. El convertidor también comprende un bus de alimentación de potencia dotado de una línea positiva y de una línea negativa y sobre el que se aplica la tensión continua y un condensador de bus conectado entre la línea positiva y la línea negativa del bus de alimentación y que tiene por objeto mantener constante la tensión continua sobre el bus. En un convertidor de potencia de tipo variador de velocidad, el convertidor de potencia comprende varios brazos de conmutación, por norma general tres brazos de conmutación, situados aguas abajo del condensador de bus. Cada brazo de conmutación está conectado entre la línea positiva y la línea negativa del bus de alimentación y puede comprender por ejemplo dos transistores de conmutación controlados para transformar la tensión continua en una tensión variable con objeto de producir una carga eléctrica.

El rectificador situado a la entrada del convertidor puede ser de tipo activo, comprendiendo también varios brazos de conmutación, cada uno de ellos provisto con al menos dos transistores en serie. Cada uno de estos transistores está controlado por un dispositivo de control de puerta con el fin de poder transformar la tensión alterna de la red en una tensión continua aplicada sobre el bus de alimentación. En inglés, a este tipo de convertidor con un rectificador activo a la entrada, habitualmente se le denomina "Active front end". En este tipo de rectificador, resulta de interés emplear transistores de efecto de campo, normalmente de tipo cerrado, debido a su alto rendimiento.

No obstante, dado que el rectificador del convertidor utiliza unos componentes normalmente cerrados que por lo tanto dejan pasar la corriente cuando no se aplica ninguna tensión en sus puertas, hay que asegurarse de que los brazos de conmutación que soportan estos componentes no haga que las entradas del convertidor estén en cortocircuito y cortocircuite el condensador de bus, impidiendo la subida de tensión del bus de alimentación y la carga del sistema de alimentación auxiliar, cuando no se aplique ninguna tensión de control sobre sus puertas, es decir:

- durante el arranque del convertidor de potencia cuando la tensión continua sobre el bus de alimentación no ha alcanzado todavía un nivel suficiente; o
- cuando se produce un mal funcionamiento en el convertidor de potencia, por ejemplo en el sistema de alimentación auxiliar.

El objeto de la invención es proponer un convertidor de potencia en el que el rectificador, utilizando transistores de tipo normalmente cerrado, no pueda poner en cortocircuito las entradas del convertidor y cortocircuitar el condensador de bus durante el arranque del convertidor de potencia o durante un mal funcionamiento en el convertidor de potencia.

Este objeto se alcanza mediante un convertidor de potencia que comprende:

- varias entradas conectadas por un lado a una fuente de energía y por otro lado a un rectificador, estando dicho rectificador conectado a un bus de alimentación de potencia, dotado con una línea positiva y una línea negativa y sobre el que se aplica una tensión continua;
- un condensador de bus, conectado aguas abajo del rectificador entre la línea positiva y la línea negativa del bus de alimentación;
- rectificador que comprende un brazo de conmutación conectado entre la línea positiva y la línea negativa del bus de alimentación, brazo de conmutación que comprende al menos dos transistores conectados en serie, estando un punto intermedio de conexión situado entre los dos transistores del brazo de conmutación conectado a una entrada del convertidor, mediante un elemento limitador de corriente;
- siendo los transistores de tipo de los de efecto de campo normalmente cerrado y estando cada uno controlado por un dispositivo de control de puerta;

caracterizado porque cada dispositivo de control de puerta comprende:

- una salida conectada a la puerta del transistor;
- un elemento rectificador de tensión conectado entre la salida del dispositivo de control y una entrada del convertidor, aguas arriba del elemento limitador de corriente;
- un condensador conectado entre la fuente del transistor y un punto situado entre la salida del dispositivo de control y el elemento rectificador de tensión.

De acuerdo con una particularidad de la invención, el dispositivo de control de puerta comprende una resistencia

montada en serie con el elemento rectificador de tensión.

De acuerdo con otra particularidad, el dispositivo de control de puerta comprende una resistencia de puerta conectada entre la puerta del transistor y la salida del dispositivo de control de puerta.

5 De acuerdo con otra particularidad, el dispositivo de control de puerta comprende un diodo Zener conectado entre la puerta del transistor y un borne positivo del dispositivo de control.

De acuerdo con otra particularidad, los transistores son de tipo JFET.

De acuerdo con otra particularidad, los transistores están fabricados con carburo de silicio o con nitruro de galio.

De acuerdo con otra particularidad, el convertidor comprende un interruptor montado en paralelo al elemento limitador de corriente.

10 De acuerdo con invención, el elemento limitador de corriente es por ejemplo una resistencia y el elemento rectificador de tensión es por ejemplo un diodo.

Otras características y ventajas se pondrán de manifiesto en la siguiente descripción detallada con referencia a un modo de realización que se proporciona a modo de ejemplo y que se representa en los dibujos adjuntos, en los que:

- 15
- la figura 1 representa parte de un convertidor de potencia y más particularmente el rectificador activo que se utiliza en el convertidor;
 - la figura 2 representa un brazo de conmutación que se utiliza en el rectificador de la figura 1 y los dispositivos de control de los transistores del brazo de conmutación;
 - la figura 3 representa los transistores bajos del rectificador del convertidor y un modo de realización particular de la invención;
- 20
- la figura 4 ilustra de manera simplificada la situación en el arranque del convertidor cuando todos los transistores del rectificador están cerrados y que las entradas del convertidor se encuentran en corto-circuito;
 - la figura 5 ilustra, gracias a varias curvas, el funcionamiento de la invención.

25 Un convertidor de potencia puede utilizarse por ejemplo en un variador de velocidad, un sistema de alimentación segura (UPS por sus siglas en inglés de " Uninterruptible Power Supply" Sistema de alimentación Ininterrumpida), un filtro activo o un convertidor DC-DC. Tiene por objeto recibir una tensión de entrada de una fuente y aplicar una tensión de salida por ejemplo a una carga eléctrica.

30 Con referencia a la figura 1, un convertidor de potencia típicamente comprende un bus de alimentación de potencia provisto de una línea 10 positiva y de una línea 11 negativa y sobre el que se aplica una tensión continua V_{bus} . El convertidor de potencia además comprende un condensador de bus C_{bus} conectado entre la línea 10 positiva y la línea 11 negativa del bus de alimentación y que tiene por objeto mantener constante la tensión continua V_{bus} del bus de alimentación. Un convertidor de potencia de tipo variador de velocidad además comprende, aguas abajo del condensador de bus C_{bus} , un módulo de conmutación (no representado en la figura 1) de n fases teniendo en cada fase $2n$ transistores de conmutación. El módulo de conmutación es por ejemplo de tres fases y comprende por lo tanto tres brazos de conmutación conectados cada uno entre la línea 10 positiva y la línea 11 negativa del bus de alimentación. Cada brazo de conmutación comprende un transistor alto y un transistor bajo separados por un punto intermedio de conexión unido a la carga eléctrica.

35 Aguas arriba del condensador de bus C_{bus} , un convertidor de potencia comprende un rectificador. Tal y como se representa en la figura 1, el rectificador puede ser activo, es decir que comprende unos brazos de conmutación que tienen por objeto transformar en una tensión continua la tensión alterna aplicada en las entradas in_1 , in_2 , in_3 del convertidor y que procede de la red. Si la red es de tres fases, como en la figura 1, el convertidor comprende tres entradas in_1 , in_2 , in_3 conectadas cada una a un brazo de conmutación. Cada uno de los tres brazos de conmutación del rectificador se conecta en paralelo al condensador de bus C_{bus} , entre la línea 10 positiva y la línea 11 negativa del bus de alimentación. Cada brazo de conmutación comprende un transistor alto y un transistor bajo separados por un punto M_1 , M_2 , M_3 intermedio de conexión unido a una entrada in_1 , in_2 , in_3 del convertidor.

45 En cuanto a las tres entradas in_1 , in_2 , in_3 , al menos dos están conectadas a un brazo de conmutación mediante un circuito de precarga. El circuito de precarga comprende un elemento limitador de corriente tal que por ejemplo una resistencia, una inductancia o un transistor de tipo JFET que permite limitar la corriente en el arranque del convertidor y está conectado a la entrada del convertidor. En las figuras adjuntas, las entradas in_1 e in_3 están conectadas así respectivamente al primer brazo de conmutación y al tercer brazo de conmutación del rectificador a través de las resistencias R_{i1} y R_{i3} . Cada circuito de precarga además comprende, en paralelo a la resistencia R_{i1} , R_{i3} un interruptor SW_{i1} , SW_{i3} abierto durante el arranque del convertidor y controlado al cierre una vez que la alimentación auxiliar AUX y el rectificador están listos para funcionar con normalidad.

50

De acuerdo con la invención, cada transistor T1-T6 del rectificador es del tipo de efecto de campo (FET por sus siglas en inglés "Field Effect Transistor") normalmente cerrado. Un transistor de efecto de campo tal que por ejemplo un JFET o un MOS- FET es un interruptor electrónico de potencia conocida que comprende una Puerta de control (G) cuya función es la de permitir o no el paso de corriente entre un Drenador (D) y una fuente (S). Un transistor de este tipo se denomina de tipo normalmente cerrado (o "Normally ON") si la tensión V_{GS} entre la puerta y la fuente está cerca de cero. Esto significa que el camino Drenador-fuente es conductor o deja pasar la corriente en ausencia de tensión V_{GS} de control. En presencia de una tensión de control V_{GS} negativa entre su puerta y su fuente, el transistor de efecto de campo normalmente cerrado se controla para abrirse. Un transistor de tipo JFET se controla para abrirse aplicando una tensión puerta-fuente V_{GS} por ejemplo al menos igual a -15 Voltios y un transistor MOSFET por ejemplo con una tensión V_{GS} al menos igual a -5 Voltios.

Los transistores de efecto de campo empleados en el convertidor de potencia de invención se fabricarán por ejemplo con un material altamente energético de banda prohibida (también denominada "material de banda prohibida ancha" o "wide-band gap material") tal como por ejemplo el carburo de silicio o el nitruro de galio. De manera conocida, un transistor JFET fabricado con un material altamente energético de banda prohibida y de tipo normalmente cerrado presenta las ventajas de ser más rápido de conmutar, de generar menos pérdidas de conducción en el estado conductor (poca resistencia R_{DSon} en estado conductor), de tener una mejor resistencia a la temperatura y de tener un menor tamaño. En el resto de la descripción y en las figuras adjuntas, los transistores T1-T6 utilizados son por ejemplo de tipo JFET.

Cada transistor de efecto de campo T1-T6 de los brazos de conmutación se controla para abrirse gracias a un dispositivo CT1-CT6 específico de control de puerta. Cada dispositivo CT1-CT6 de control de puerta se alimenta (A) gracias a un sistema de alimentación auxiliar AUX conectado entre la línea 10 positiva y la línea 11 negativa del bus de alimentación de potencia, aguas arriba del condensador de bus Cbus, y permite aplicar al transistor una tensión V_G de puerta para controlar el transistor para cerrarse o abrirse. Además de la alimentación (A), cada dispositivo CT1-CT6 de control recibe de un sistema central de control 3 unas señales S1 a S6 de control de modulación por ancho de pulsos (PWM por sus siglas en inglés de "Pulse Width Modulation") respetando una ley de control que ejecuta el sistema central de control 3. Cada dispositivo de control CT2, CT4, CT6 de los transistores altos T2, T4, T6 se conecta en el punto M1, M2, M3 intermedio de conexión del brazo de conmutación de su transistor mientras que cada dispositivo CT1, CT3, CT5 de control de los transistores T1, T3, T5 bajos se conecta a la línea 11 negativa del bus de alimentación de potencia.

La figura 2 muestra por ejemplo los dispositivos CT1, CT2 de control de los transistores T1, T2 del primer brazo de conmutación del rectificador. Las referencias de los componentes utilizados en los dispositivos de control no descritos o no representados en los dibujos se han elegido con unas notaciones que sigan un esquema idéntico al utilizado en la descripción del dispositivo CT1 de control que se realiza a continuación.

Con referencia a esta figura 2, un dispositivo CT1 de control, por ejemplo, del transistor T1 bajo del rectificador comprende concretamente dos transistores Q11, Q21 conectados en serie y un conjunto de dos condensadores C_{A1} , C_{B1} que también se montan en serie. La salida del dispositivo de control se conecta por un lado al punto P11 intermedio de conexión situado entre los dos transistores Q11, Q21 y por otro lado a la puerta del transistor T1 controlado. Un P12 punto intermedio de conexión situado entre los dos condensadores C_{A1} , C_{B1} se conecta a la fuente S del transistor T1. El transistor Q11 del dispositivo de control es de tipo normalmente cerrado mientras que el transistor Q21 del dispositivo de control es de tipo normalmente abierto. Se coloca un diodo D_{b11} de bloqueo en serie con los transistores Q11, Q21 del dispositivo de control. El sistema de alimentación auxiliar AUX alimenta el dispositivo CT1 de control a través de un diodo D_{s11} y una inductancia L_{s11} que constituye el secundario del transformador del sistema de alimentación auxiliar AUX generando las tensiones V_{GS_ON} y V_{GS_OFF} necesarias respectivamente para la apertura y cierre del transistor T1. A partir de las tensiones V_{GS_ON} y V_{GS_OFF} , los transistores Q11, Q21 aplican la tensión de puerta V_G al transistor JFET para controlar que se abra o que se cierre.

De acuerdo con invención, el dispositivo de control también comprende un elemento rectificador de tensión conectado entre la salida OUT1 del dispositivo de control y la entrada in1 del convertidor, aguas arriba de la resistencia R_{i1} del circuito de precarga. El elemento rectificador de tensión puede ser un diodo D11 tal y como se representa en la figura 2, un tiristor o un transistor de tipo IGBT o RBIGBT por sus siglas en inglés de "Reverse Blocking" IGBT o ("Transistor bipolar de puerta aislada de Bloqueo revertido"). El dispositivo de control comprende un elemento de almacenamiento de energía tal como un condensador C11 el cual está conectado entre la fuente del transistor T1 controlado y el punto situado entre la salida OUT1 del dispositivo de control y el diodo D11. Además, tal y como se representa en la figura 2, el dispositivo de control también puede comprender una resistencia R11 conectada entre el diodo D11 y su salida OUT1. La resistencia R11 presenta un valor importante por ejemplo de unos kiloOhmios. El condensador C11 entonces se conecta por un lado a la fuente del transistor T1 y por otro lado al punto situado entre la resistencia R11 y el diodo D11. También se conecta una resistencia R_{G1} de puerta entre la salida del dispositivo de control y la puerta G del transistor T1. La resistencia R11 puede conectarse en la salida del dispositivo de control, aguas arriba o aguas abajo de la resistencia de puerta R_{G1} . El dispositivo de control comprende para terminar un diodo D_{CL1} Zener que a su vez se conecta entre la puerta del transistor T1 y el potencial positivo del dispositivo de control. Este diodo D_{CL1} Zener permite limitar la tensión V_{GS1} puerta-fuente y proteger de esta manera la unión PN realizada entre la puerta y la fuente del transistor T1 controlado.

- La arquitectura del tercer brazo de conmutación que soporta los transistores T5 y T6 es idéntica a la del primer brazo de conmutación representado en la figura 2. La arquitectura del segundo brazo de conmutación es también idéntica salvo por el hecho de que las salidas de los dos dispositivos de control se conectan a través de las resistencias R13, R14 y los diodos D13, D14 a la primera entrada in1 o a la tercera entrada in3 del convertidor y no a la segunda entrada in2. Esto guarda relación esencialmente con el hecho de que la segunda entrada no comprende un circuito de precarga. Es totalmente factible colocar un circuito de precarga en la segunda entrada al igual que en las otras entradas del convertidor. En esta configuración las salidas de los dispositivos de control de los transistores T3, T4 del segundo brazo de conmutación estarían entonces conectadas a la segunda entrada in2 del convertidor.
- Para los transistores bajos de los brazo de conmutación del rectificador, es posible simplificar las estructuras de los dispositivos de control que se han empleado, tal y como se representa en la figura 3. La simplificación consiste en utilizar solo un único condensador C1 para los tres dispositivos de control en vez de un condensador diferente C11, C13, C15 para cada dispositivo de control, estando este condensador C1 conectado entre las fuentes S de los transistores T1, T3, T5 y las dos entradas in1 e in3. Asimismo, sólo se usan dos diodos D1 y D2 en vez de tres diodos D11, D13, D15. En la figura 3, las partes que comprenden los componentes conocidos de los dispositivos de control están representadas con un simple rectángulo.
- El principio de invención consiste en bloquear los transistores T1-T6 que son de tipo normalmente cerrado durante el arranque del convertidor o durante un mal funcionamiento de la alimentación auxiliar AUX para evitar en concreto, que las entradas del convertidor estén en cortocircuito y cortocircuitar el condensador de bus, impidiendo la subida de tensión del bus de alimentación.
- El funcionamiento de la invención se explica a continuación, en relación con las curvas representadas en la figura 5 y con la representación simplificada de la figura 4.
- En el arranque, tal y como se representa en la figura 4, como todos los transistores son conductores, las entradas in1, in2, in3 del convertidor están en cortocircuito y por lo tanto, la línea 11 negativa y la línea 10 positiva del bus de alimentación están cortocircuitadas en un mismo punto.
- En un convertidor trifásico, se sabe que aplicar unas tensiones V1, V2, V3 entre las fases tal y como se representa en la figura 4, conlleva la aparición de tensiones Vin1 y Vin3 en las entradas in1 e in3, en los bornes de las resistencias de precarga Ri1, Ri3. Las dos tensiones Vin1 y Vin3 son tensiones sinusoidales desfasadas en $\pi/3$ tal y como se representa en las primeras curvas de la figura 5. Por lo que, estas dos tensiones son periódicamente negativas.
- En t0, las tensiones Vin1 y Vin3 son por ejemplo las dos positivas y los diodos D11 a D16 son por lo tanto bloqueantes. En t1, después de un tiempo T determinado, la tensión Vin3 se convierte en negativa. Los diodos D15 y D16 de los dispositivos de control CT5, CT6 se vuelven conductores. Los condensadores C15 y C16 se cargan con la tensión Vin3. Como la tensión Vin3 es negativa, las tensiones V_{C15} y V_{C16} en los bornes de los condensadores C15 y C16 también son negativas. Al mismo tiempo, las uniones puerta-fuente de los transistores T5 y T6 del tercer brazo de conmutación se cargan con una tensión negativa a través de las resistencias R15 y R16. Cuando las tensiones puerta-fuente V_{GS5} y V_{GS6} alcanzan un valor negativo suficiente, los transistores T5 y T6 se bloquean. En el dispositivo de control, como las tensiones puerta-fuente V_{GS5} y V_{GS6} son negativas, los diodos de bloqueo D_{b15}, D_{b16} se vuelven bloqueantes e impiden que una corriente de fuga pase fuera del dispositivo de control.
- Asimismo, cuando Vin1 se vuelve negativa, los diodos D11, D12 unidos al primer brazo de conmutación se vuelven conductores. Los condensadores C11 y C12 se cargan por lo tanto negativamente a partir de la tensión Vin1. Las tensiones V_{C11} y V_{C12} en los bornes de los condensadores C11 y C12 son entonces negativas. Al mismo tiempo, las uniones puerta-fuente de los transistores T1 y T2 se cargan negativamente a través de las resistencias R11 y R12. Cuando las tensiones puerta-fuente V_{GS1} y V_{GS2} alcanzan cierto umbral negativo, los transistores T1 y T2 se bloquean.
- En cuanto al segundo brazo de conmutación, según esté conectado a la primera entrada in1 o a la tercera entrada in3 del convertidor, las tensiones V_{GS3}, V_{GS4} puerta-fuente se vuelven negativas a la vez que las de los transistores del primer brazo de conmutación o a la vez que las del tercer brazo de conmutación. Cuando se alcanza el umbral negativo para estas tensiones, los transistores T3 y T4 se bloquean.
- Cuando todos los transistores T1-T6 del rectificador están bloqueados, el condensador de bus Cbus puede cargarse a través de los diodos internos de los transistores T1-T6. Una vez que el condensador de bus Cbus está cargado, la alimentación auxiliar AUX ya ha arrancado y los dispositivos CT1-CT6 de control de los transistores pueden entonces funcionar con normalidad para controlar la abertura o cierre de los transistores del rectificador. Una vez que los interruptores SWi1 y SWi3 están cerrados, el rectificador puede funcionar con normalidad.
- El funcionamiento del modo de realización de la figura 3 es idéntico, en lo referente a cada uno de los transistores bajos T1, T3, T5 del rectificador, al descrito anteriormente.

REIVINDICACIONES

1. Convertidor de potencia que comprende:

- 5 - varias entradas conectadas por un lado a una fuente de energía y por otro lado a un rectificador, estando dicho rectificador conectado a un bus de alimentación de potencia, provisto de una línea (10) positiva y una línea (11) negativa y sobre el que se aplica una tensión continua (V_{bus});
- un condensador (C_b) de bus, conectado aguas abajo del rectificador entre la línea (10) positiva y la línea (11) negativa del bus de alimentación;
- 10 - rectificador que comprende un brazo de conmutación conectado entre la línea (10) positiva y la línea (11) negativa del bus de alimentación, brazo de conmutación que comprende al menos dos transistores (T1-T6) conectados en serie, estando un punto (M1, M2, M3) intermedio de conexión situado entre los dos transistores del brazo de conmutación conectado a una entrada (in_1 , in_3) del convertidor, mediante un elemento (R_{i_1} , R_{i_3}) limitador de corriente;
- siendo los transistores (T1-T6) de tipo de los de efecto de campo normalmente cerrados y estando cada uno controlado por un dispositivo (CT1-CT6) de control de puerta;

15 **caracterizado porque** cada dispositivo de control de puerta comprende:

- una salida (OUT1) conectada a la puerta (G) del transistor;
- un elemento (D1, D2; D11, D12) rectificador de tensión conectado entre la salida del dispositivo de control y una entrada (in_1 , in_3) del convertidor, aguas arriba del elemento (R_{i_1} , R_{i_3}) limitador de la corriente;
- 20 - un condensador (C11) conectado entre la fuente (S) del transistor y un punto situado entre la salida (OUT1) del dispositivo de control y el elemento (D1, D2; D11, D12) rectificador de tensión.

2. Convertidor de potencia de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** el dispositivo (CT1-CT6) de control de puerta comprende una resistencia (R_{11} - R_{16}) montada en serie con el elemento rectificador de tensión.

3. Convertidor de potencia de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, **caracterizado porque** el dispositivo de control de puerta comprende una resistencia (R_{G1}) de puerta conectada entre la puerta (G) del transistor (T1- T6) y la salida del dispositivo de control de puerta.

4. Convertidor de potencia según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** el dispositivo de control de puerta comprende un diodo (D_{CL1}) Zener conectado entre la puerta (G) del transistor (T1- T6) y un borne positivo del dispositivo de control.

30 5. Convertidor de potencia según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque** los transistores (T1-T6) son de tipo JFET.

6. Convertidor de potencia según la reivindicación 5, **caracterizado porque** los transistores (T1-T6) están fabricados con carburo de silicio o con nitruro de galio.

7. Convertidor de potencia según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado porque** el convertidor comprende un interruptor (SWi1, SWi3) montado en paralelo del elemento limitador de la corriente.

35 8. Convertidor de potencia según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado porque** el elemento limitador de corriente es una resistencia (R_{i_1} , R_{i_3}).

9. Convertidor de potencia según una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado porque** el elemento rectificador de tensión es un diodo (D11).

Fig. 1

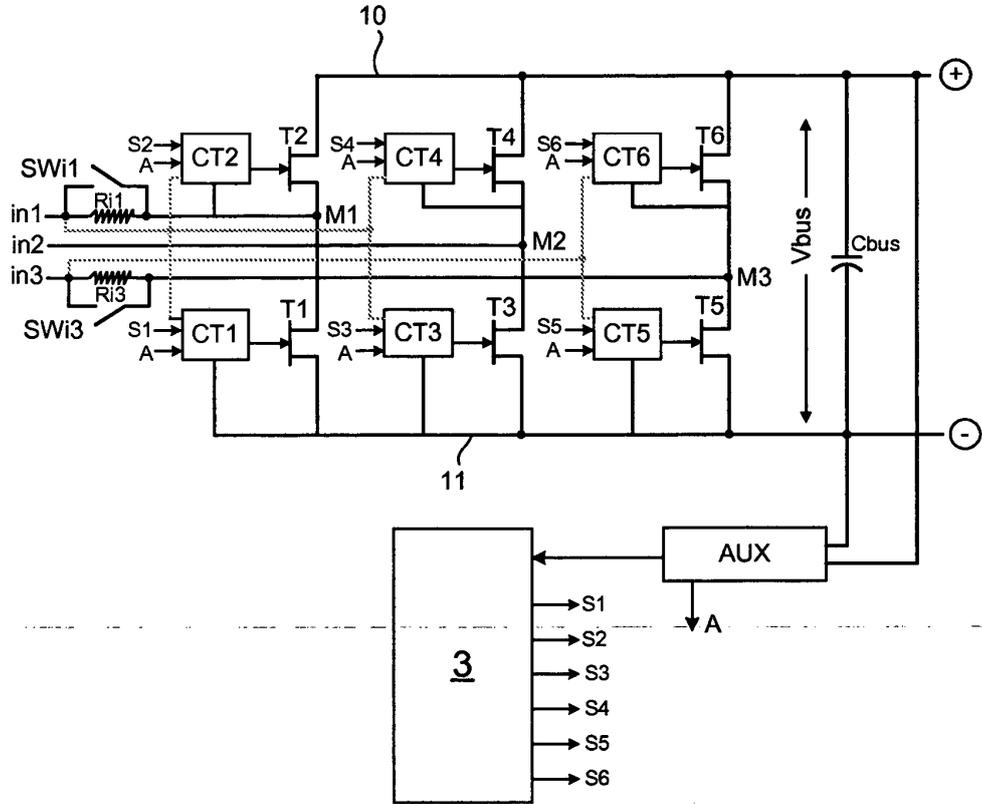


Fig. 4

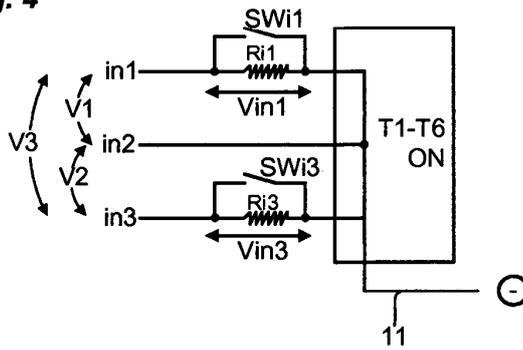


Fig. 2

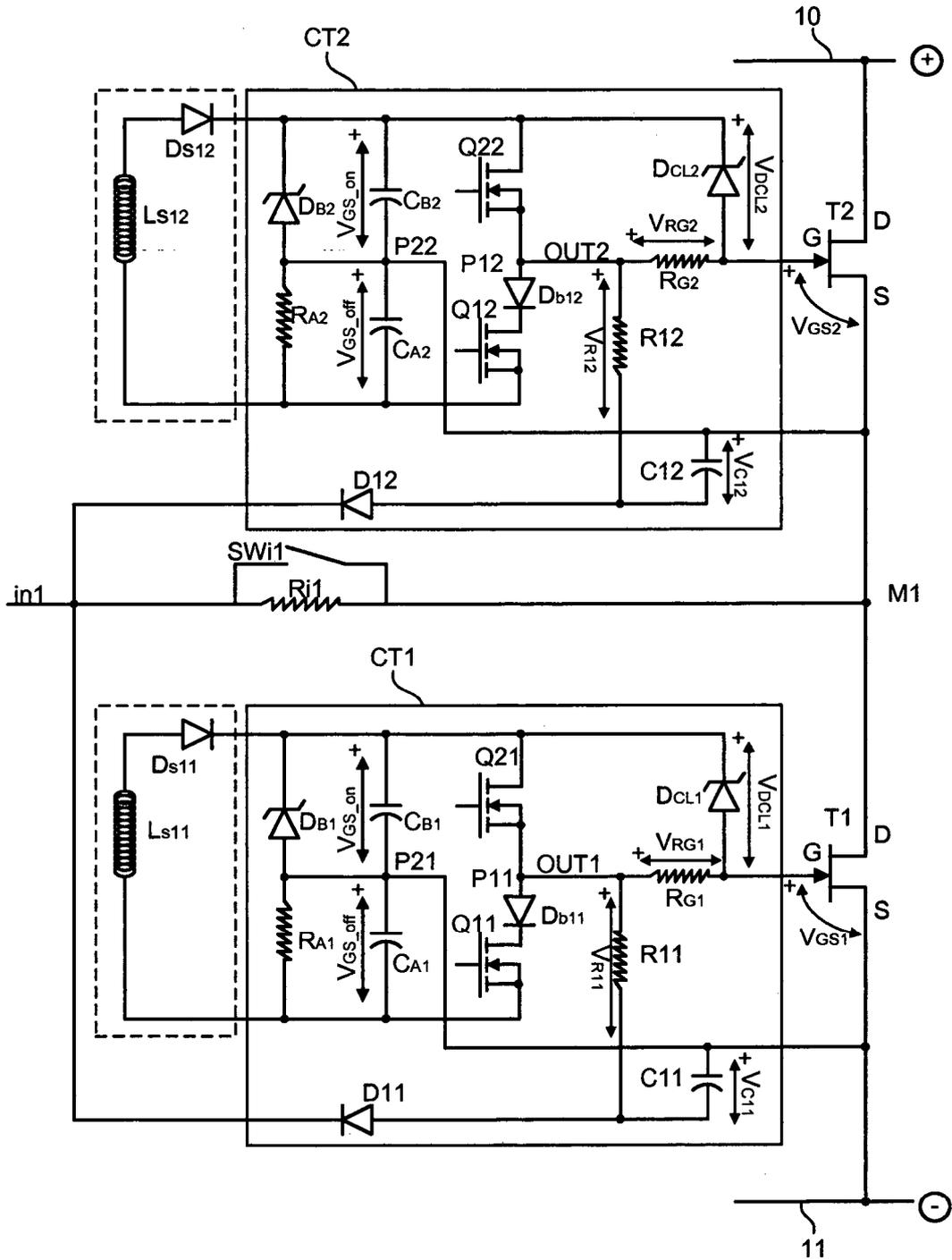


Fig. 3

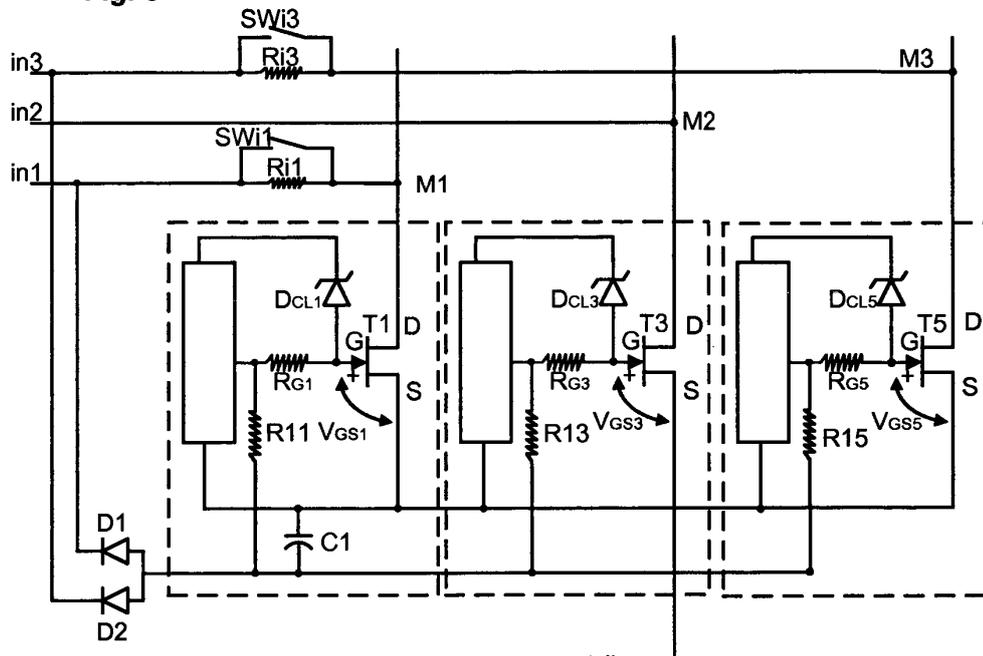


Fig. 5

