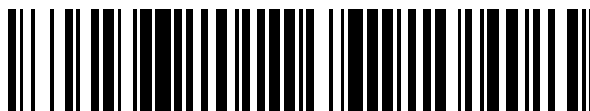


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 553 708**

51 Int. Cl.:

H02M 7/757 (2006.01)

H02H 7/122 (2006.01)

H02H 7/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.12.2013** **E 13197646 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.10.2015** **EP 2747271**

54 Título: **Dispositivo de protección contra una sobreintensidad eléctrica de al menos una rama electrónica de conmutación, sistema de conversión que incluye un dispositivo de protección de ese tipo, y procedimiento de control asociado**

30

Prioridad:

21.12.2012 FR 1262618

45

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

11.12.2015

73

Titular/es:

SCHNEIDER ELECTRIC INDUSTRIES SAS
(100.0%)

35 rue Joseph Monier
92500 Rueil-Malmaison, FR

72

Inventor/es:

REYMOND, BRUNO y
VALLET, MARIA

74

Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 553 708 T3

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

DESCRIPCIÓN

Dispositivo de protección contra una sobreintensidad eléctrica de al menos una rama electrónica de conmutación, sistema de conversión que incluye un dispositivo de protección de ese tipo, y procedimiento de control asociado

5 La presente invención se refiere a un dispositivo de protección contra una sobreintensidad eléctrica, de al menos una rama electrónica de conmutación de un sistema de conversión eléctrica, comprendiendo la o cada rama dos semi-ramas de conmutación conectadas en serie a un terminal intermedio, incluyendo al menos una semi-rama un órgano de conmutación, comprendiendo el o cada órgano de conmutación un primer interruptor electrónico que puede controlarse y un diodo conectado en anti-paralelo con dicho primer interruptor electrónico.

10 La invención se refiere igualmente a un sistema de conversión de una primera tensión eléctrica en una segunda tensión eléctrica que comprende un dispositivo de protección de ese tipo.

La invención se refiere igualmente a un procedimiento de control de un dispositivo de protección de ese tipo.

15 El campo de la invención es el de los sistemas de conversión de energía eléctrica. La invención se refiere en particular a las instalaciones de producción de energía eléctrica que comprenden al menos un sistema de conversión de energía eléctrica, principalmente las instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de módulos fotovoltaicos.

20 Es conocido un dispositivo de protección del tipo antes mencionado. Un dispositivo de protección de ese tipo se utiliza en el seno de un ondulador de tensión conectado entre un módulo fotovoltaico, que proporciona una corriente eléctrica continua, y una red alterna trifásica. El ondulador de tensión incluye tres ramas de conmutación, comprendiendo cada rama dos interruptores electrónicos y dos diodos. Cada diodo se conecta en anti-paralelo con un interruptor electrónico. El dispositivo de protección comprende varios contactores eléctricos y/o varios disyuntores, estando conectado cada contactor y/o cada disyuntor en serie entre una salida de fase del ondulador y la red eléctrica.

25 En régimen nominal, el valor de la tensión de entrada del ondulador, en el lado del módulo fotovoltaico, es superior al valor de la tensión de salida del ondulador, en el lado de la red. En este caso, la corriente eléctrica circula desde el módulo fotovoltaico hacia la red, a través del ondulador.

30 Cuando se produce un defecto, tal como un cortocircuito eléctrico en el lado del módulo fotovoltaico, o cuando la potencia eléctrica en la entrada del ondulador disminuye súbitamente, la tensión de entrada del ondulador baja bruscamente y desciende por debajo de la tensión de cresta de la red. En este caso, la corriente eléctrica circula desde la red hacia el módulo fotovoltaico, a través del ondulador. Si la intensidad de la corriente que circula en cada diodo del ondulador sobrepasa su intensidad nominal de funcionamiento, el diodo es susceptible de romperse. Ahora bien, si la disminución de la tensión de entrada del ondulador se efectúa en un tiempo muy corto, típicamente un tiempo inferior a la constante de tiempo características del contactor, este último se convierte en demasiado lento para poder abrir el circuito eléctrico e impedir así la rotura del diodo.

35 Para evitar este fenómeno, una primera solución conocida consiste en conectar una impedancia, en serie, entre cada salida de fase del ondulador y la red eléctrica. El valor de esta impedancia se elige de manera que limite la corriente de cortocircuito que se supone procederá de la red. Sin embargo, esta primera solución implica una caída de tensión en línea en una salida de fase del ondulador, lo que impone igualmente sobredimensionar la potencia aparente del ondulador. Esta solución conduce en consecuencia a una degradación del rendimiento global del sistema de conversión y a unos sobrecostes de realización.

40 Una segunda solución conocida es conectar un diodo en serie entre la salida de los módulos fotovoltaicos y la entrada del ondulador. Esta solución, si bien permite satisfacer las exigencias de tiempo de respuesta para la protección de los diodos, no es sin embargo satisfactoria desde el punto de vista de la pérdida de rendimiento que ocasiona. En efecto, la presencia del diodo en la entrada del ondulador implica una caída de tensión de entrada, y en consecuencia una degradación del rendimiento global del sistema de conversión.

45 Una tercera solución conocida consiste en la utilización de fusibles en el seno del dispositivo de protección. Cada fusible se conecta entonces en serie entre una salida de fase del ondulador y la red eléctrica. Como en la segunda solución, esa tercera solución no es muy satisfactoria desde el punto de vista del rendimiento, debiendo alcanzar los fusibles una temperatura relativamente elevada para funcionar correctamente. Además, la utilización de fusibles implica unos costes de explotación importantes.

50 El documento US 2003/137858 A1 describe un dispositivo de protección contra una sobreintensidad en los diodos parásitos formados en un elemento de conmutación, tales como unos diodos formados entre el electrodo de fuente y el electrodo de drenaje de un transistor MOSFET.

55 El documento US 5.375.028 A describe un dispositivo de protección contra una sobreintensidad de diodos de rueda libre del sistema de conversión eléctrica que incluye unos interruptores controlables, estando conectados los diodos de rueda libre en anti-paralelo con unos interruptores y protegidos a través de la conmutación de ciertos de estos

interruptores en caso de detección de una sobreintensidad.

El documento US 6.288.881 B1 describe un circuito de protección contra una sobreintensidad de un diodo de retorno en un cargador de batería, estando conectado el diodo de retorno en serie con un interruptor de control de la carga de la batería.

- 5 Un objeto de la invención es por lo tanto proponer un dispositivo de protección de al menos una rama electrónica de conmutación que permita proteger cada diodo de la rama contra una sobreintensidad eléctrica, mientras presenta una velocidad de disparo mejorada y conservando sustancialmente el rendimiento de la rama.

Con este fin, la invención tiene por objeto un dispositivo de protección según la reivindicación 1 o según la reivindicación 3.

- 10 Siguiendo otros aspectos ventajosos de la invención, el dispositivo de protección comprende una o varias de las características siguientes, tomadas aisladamente o siguiendo todas las combinaciones técnicamente posibles, según las reivindicaciones dependientes 2 y 4 a 6.

La invención tiene igualmente por objeto un sistema, según la reivindicación 7, de conversión de una primera tensión eléctrica en una segunda tensión eléctrica.

- 15 La invención tiene igualmente por objeto un procedimiento de control de un dispositivo de protección, según la reivindicación 8.

Siguiendo otros aspectos ventajosos de la invención, el procedimiento comprende una o varias de las características siguientes, tomadas aisladamente o siguiendo todas las combinaciones técnicamente posibles, según las reivindicaciones dependientes 9 a 14.

- 20 Estas características y ventajas de la invención surgirán con la lectura de la descripción que sigue, dada únicamente a título de ejemplo no limitativo, y realizada con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- la figura 1 es una vista esquemática de un sistema de conversión según la invención, conectado entre una fuente que suministra una primera tensión eléctrica y una carga que presenta entre sus bornes una segunda tensión eléctrica,
- 25 - la figura 2 es un esquema eléctrico del sistema de conversión de la figura 1 según un primer modo de realización, que incluye un ondulator trifásico que comprende tres ramas de conmutación, y un dispositivo de protección según la invención, protegiendo el dispositivo cada rama de conmutación y comprendiendo seis interruptores electrónicos,
- la figura 3 es un esquema eléctrico de una variante de realización de uno de los interruptores electrónicos del dispositivo de protección de la figura 2,
- 30 - la figura 4 es un organigrama que representa un procedimiento de control del dispositivo de protección según la invención,
- la figura 5 es una vista análoga a la de la figura 2 según un segundo modo de realización de la invención, incluyendo el sistema de conversión un ondulator trifásico que comprende tres ramas de conmutación, y un dispositivo de protección según la invención, protegiendo el dispositivo cada rama de conmutación y comprendiendo tres interruptores electrónicos, tres captadores de corriente y tres módulos de detección de una sobreintensidad eléctrica,
- 35 - la figura 6 es un esquema eléctrico de una variante de realización de uno de los interruptores electrónicos del dispositivo de protección de la figura 5,
- 40 - la figura 7 es un organigrama que representa una etapa del procedimiento de control de la figura 4, y
- la figura 8 es una vista análoga a la de la figura 2 según un tercer modo de realización de la invención.

La figura 1 representa un sistema 10 de conversión de una primera tensión eléctrica en una segunda tensión eléctrica. El sistema 10 de conversión se conecta por un lado a una fuente 12 que suministra la primera tensión eléctrica, y por otro lado a una carga 14 que produce entre sus bornes la segunda tensión eléctrica.

- 45 El sistema 10 de conversión comprende un convertidor 16 de la primera tensión eléctrica en la segunda tensión eléctrica. Este convertidor 16 se conecta entre la fuente 12 y la carga 14.

El sistema 10 de conversión comprende igualmente un dispositivo 18 de control del convertidor 16, unos medios 20 de medida de una magnitud relativa a al menos una corriente que circula en el seno del convertidor 16, y un dispositivo 21 de protección del convertidor 16 contra una sobreintensidad eléctrica.

- 50 La fuente 12 es por ejemplo una fuente de corriente continua. En el ejemplo de realización de la figura 2, la fuente 12 de corriente continua está formada por una instalación 22 de módulos fotovoltaicos conectada a un bus positivo 24A de tensión continua y a un bus negativo 24B de tensión continua. Presenta una tensión nominal de valor por ejemplo comprendido entre 600 V CC y 800 V CC. Como variante, la fuente 12 de corriente continua está formada por un dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica, tal como una batería por ejemplo.

- La carga 14 es por ejemplo una red eléctrica polifásica. La red eléctrica 14 es, en el ejemplo de realización de la figura 2, una red alterna trifásica de tensión con valor por ejemplo igual a 240 V de fase a neutro o 380 V CA entre fases. Según este ejemplo de realización, el convertidor 16 es un ondulator de tensión, adecuado para convertir una tensión continua de entrada en una tensión alterna trifásica de salida, y el sistema 10 de conversión es un sistema de conversión de una tensión continua de entrada en una tensión alterna trifásica de salida.
- El convertidor 16 incluye al menos dos bornes 26A, 26B de entrada y al menos dos bornes 28U, 28V, 28W de salida. En el ejemplo de realización de la figura 2, el ondulator 16 de tensión incluye un borne positivo 26A de entrada, un borne negativo 26B de entrada, y tres bornes 28U, 28V, 28W de salida. Cada borne 28U, 28V, 28W de salida corresponde a una fase respectiva de la tensión alterna trifásica de salida adecuada para ser suministrada por el ondulator 16.
- El ondulator 16 de tensión incluye, para cada borne 28U, 28V, 28W de salida correspondiente a una fase respectiva U, V, W, una rama 30 de conmutación conectada entre los dos bornes 26A, 26B de entrada.
- Cada rama 30 de conmutación comprende dos semi-ramas 32A, 32B de conmutación conectadas en serie en un borne 34U, 34V, 34W intermedio respectivo. El ondulator 16 de tensión incluye de ese modo tres bornes de salida 34U, 34V, 34W intermedios. Cada borne de salida 34U, 34V, 34W intermedio corresponde a una fase respectiva de la tensión alterna trifásica de salida adecuada para ser suministrada por el ondulator 16. En el ejemplo de realización de la figura 2, cada borne 34U, 34V, 34W de salida intermedio está conectado a un borne 28U, 28V, 28W de salida respectivo, a través de una conexión 35U, 35V, 35W cableada.
- Cada primera semi-rama 32A se conecta entre el borne positivo 26A de entrada y un borne 34U, 34V, 34W de salida intermedio respectivo. Cada segunda semi-rama 32B se conecta entre un borne negativo 26B de entrada y un borne 34U, 34V, 34W de salida intermedio respectivo.
- Cada semi-rama 32A, 32B comprende un órgano 36 de conmutación. Como variante no representada, cada semi-rama 32A, 32B comprende un número N1 de órganos 36 de conmutación, siendo N1 un número entero superior o igual a dos. Esta variante corresponde por ejemplo a un convertidor 16 de tipo "buck".
- Como otra variante, para cada rama 30 de conmutación, solo una semi-rama 32A, 32B incluye un número N2 de órganos de conmutación, siendo N2 un número entero superior o igual a uno. Esta variante corresponde por ejemplo a un convertidor 16 cuya estructura es de tipo multinivel.
- Como se conoce por sí mismo, cada órgano 36 de conmutación es bidireccional en corriente y unidireccional en tensión. Cada órgano 36 de conmutación comprende un primer interruptor 37 electrónico controlable y un diodo 38 conectado en anti-paralelo asegurando de ese modo unos trayectos de circulación bidireccional de la corriente.
- Cada primer interruptor 37 está formado por ejemplo por un transistor bipolar de rejilla aislada, igualmente denominado transistor IGBT (del inglés Insulated Gate Bipolar Transistor). Todos los transistores IGBT 37 son por ejemplo, idénticos. La rejilla de cada transistor IGBT 37 se conecta al dispositivo 18 de control para recibir una señal de control correspondiente.
- Como variante, el transistor IGBT 37 se sustituye por cualquier componente electrónico semiconductor que comprenda un electrodo de control y dos electrodos de conducción, tal como un transistor bipolar, un transistor de efecto de campo, un tiristor, un tiristor de corte por puerta, un tiristor IGCT (del inglés Insulated Gate Commutated Thyristor), o un tiristor MCT (del inglés MOS Controlled Thyristor) por ejemplo.
- El dispositivo 18 de control se conecta a cada uno de los primeros interruptores 37 electrónicos, como se ha indicado anteriormente, y es adecuado para enviar unas señales de control a dichos primeros interruptores 37.
- Los medios 20 de medida se disponen en el seno del dispositivo 21 de protección. En el ejemplo de realización de la figura 2, los medios 20 de medida comprenden un órgano 44 de medida. El órgano 44 de medida se dispone ventajosamente entre la instalación 22 y el borne positivo 26A de entrada, en el bus positivo 24A de tensión continua.
- Como variante, el órgano 44 de medida, representado en trazos de puntos abajo a la izquierda de la figura 2, se dispone entre la instalación 22 y el borne negativo 26B de entrada, en el bus negativo 24B de tensión continua.
- Como variante adicional, los medios 20 de medida comprenden tres órganos 44 de medida, representados en trazos de puntos a la derecha de la figura 2. Cada órgano 44 de medida se dispone entre un borne 34U, 34V, 34W de salida intermedio respectivo y un borne 28U, 28V, 28W de salida asociado, en una conexión 35U, 35V, 35W cableada correspondiente. Según esta variante de realización, cada órgano 44 de medida es adecuado para medir la intensidad de la corriente que circula en un enlace 35U, 35V, 35W cableado, tal como se detalla a continuación.
- En los tres ejemplos de realización descritos anteriormente, el órgano 44 de medida es preferentemente un captador de corriente integrado por defecto en el seno del ondulator 16 de tensión. Como variante, el órgano 44 de medida es un captador de corriente adicional, por ejemplo un captador de tipo "shunt" o un captador de corriente de efecto

Hall o incluso un captador de tipo "Rogowski", siendo conocidos estos captadores.

Como variante adicional, los medios 20 de medida comprenden seis órganos 44 de medida, representados en trazos de puntos en el centro de la figura 2. Cada órgano 44 de medida se dispone en una semi-rama de conmutación 32A, 32B, en la conexión anti-paralelo de un diodo 38 respectivo. Según esta variante de realización, cada órgano 44 de medida es adecuado para medir la intensidad de la corriente que circula en el diodo 38 asociado, como se detalla a continuación. Según esta variante de realización, el órgano 44 de medida es, por ejemplo, un captador de corriente adicional del tipo antes mencionado o un captador de corriente integrado en el transistor IGBT 37 de la semi-rama 32A, 32B asociada.

En el ejemplo de realización de la figura 2, el órgano 44 de medida es adecuado para medir la intensidad de la corriente que circula en el bus positivo 24A de tensión continua, y para proporcionar una señal I_{med+} imagen de esta medida.

Para cada rama 30 de conmutación, los medios 20 de medida son adecuados para medir al menos una magnitud relativa a una corriente adecuada para circular en cada diodo 38 de esta rama 30, y para transmitir esta medida al dispositivo 18 de control. En el ejemplo de realización de la figura 2, la magnitud medida es la intensidad de la corriente que circula en el bus positivo 24A de tensión continua. La intensidad medida de la corriente que circula en el bus positivo 24A en un instante dado se refiere a la corriente adecuada para circular en cada diodo 38 del ondulator 16. En efecto, la corriente que circula en el bus positivo 24A en un instante dado está formada por la suma de las corrientes que circulan en las tres ramas 30 de conmutación en ese instante. En consecuencia, en un instante dado, la corriente que circula en el bus positivo 24A es susceptible de tener por componente la corriente que circula en el seno de uno de los diodos 38 de una rama 30 de conmutación, si este diodo 38 es conductor en ese instante. Los medios 20 de medida son así adecuados para realizar una medida indirecta de una corriente adecuada para circular en cada diodo 38 de cada rama 30.

Además de medios 20 de medida, el dispositivo 21 de protección comprende tantos segundos interruptores 46 electrónicos como primeros interruptores 37. Más precisamente, el dispositivo 21 de protección comprende, para cada rama 30 de conmutación, dos segundos interruptores 46 electrónicos, estando conectado cada segundo interruptor 46 electrónico en serie con el diodo 38 de una semi-rama 32A, 32B de conmutación respectiva.

Como variante no representada, el dispositivo 21 de protección comprende tres segundos interruptores 46 electrónicos. Más precisamente, según esta variante de realización, el dispositivo 21 de protección comprende, para cada rama 30 de conmutación, un segundo interruptor 46 electrónico. Cada segundo interruptor 46 electrónico se conecta por ejemplo en serie con el diodo 38 de una de las primeras semi-ramas 32A de conmutación, y en paralelo con el primer interruptor 37 electrónico asociado a este diodo 38. Como variante, cada segundo interruptor 46 electrónico se conecta en paralelo con el primer interruptor 37 electrónico de una de las segundas semi-ramas 32B de conmutación.

El dispositivo 21 de protección comprende igualmente unos medios 48 de control de cada segundo interruptor 46 electrónico.

En el ejemplo de realización de la figura 2, cada segundo interruptor 46 electrónico incluye una celda 49. La celda 49 comprende un transistor IGBT 50, una varistancia 52 conectada en paralelo con el transistor IGBT 50, un primer borne 53A de conexión conectado al emisor del transistor IGBT 50 y un segundo borne 53B de conexión conectado al colector del transistor IGBT 50.

Cada celda 49 se dispone en una semi-rama 32A, 32B de conmutación de tal manera que su primer borne 53A de conexión se conecta al ánodo del diodo 38 asociado, o su segundo borne 53B de conexión se conecta al cátodo del diodo 38 asociado. En el ejemplo de realización de la figura 2, se disponen tres celdas 49 en las primeras semi-ramas 53A de tal manera que su primer borne 53A de conexión se conecta al ánodo de un diodo 38 asociado, y se disponen tres celdas 49 en las segundas semi-ramas 53B de tal manera que su segundo borne 53B de conexión se conecta al cátodo de un diodo 38 asociado.

Como variante, el transistor IGBT 50 se sustituye por cualquier componente electrónico semiconductor que comprenda un electrodo de control y dos electrodos de conducción, tal como un transistor bipolar, un transistor de efecto de campo, un tiristor, un tiristor de extinción por puerta, un tiristor IGCT (del inglés Insulated Gate-Commutated Thyristor), o un tiristor MCT (del inglés MOS Controlled Thyristor) por ejemplo.

Como variante o como complemento, la varistancia 52 es sustituida por cualquier componente eléctrico no lineal, tal como un diodo trisil, un diodo transil, un fusible de bajo calibre de corriente, una resistencia metálica no lineal, una resistencia de coeficiente de temperatura positivo, o un componente formado por una combinación de estos elementos. Como una variante más, la varistancia 52 se sustituye por un conjunto formado por un componente eléctrico no lineal del tipo antes mencionado y un condensador de ayuda a la conmutación, conectado en paralelo con este componente.

Según una variante de realización representada en la figura 3, cada celda 49 es sustituida por un interruptor 54 de corte asistido híbrido, tal como se describe en el documento US 4 700 256 A. Un interruptor de ese tipo de corte

asistido permite reducir las pérdidas en conducción, y mejorar de ese modo al rendimiento del ondulador 16.

Como es conocido por sí mismo, el interruptor 54 de corte asistido híbrido incluye dos ramales 56A, 56B, un transistor IGBT 58, una varistancia 60 y un contactor 62 mecánico.

- 5 Los dos ramales 56A, 56B se conectan entre sí en dos bornes 63A, 63B de conexión. Un primer borne 63A de conexión del interruptor 54 es análogo al primer borne 53A de conexión de la celda 49. Un segundo borne 63B de conexión del interruptor 54 es análogo al segundo borne 53B de conexión de la celda 49.

Un primer ramal 56A comprende dos primeros diodos 64 conectados en serie por su cátodo respectivo en un primer punto 66 de conexión. Un segundo ramal 56B comprende dos segundos diodos 68 conectados en serie por su ánodo respectivo en un segundo punto 70 de conexión.

- 10 El colector, respectivamente el emisor, del transistor IGBT 58 se conecta al primer punto 66 de conexión, respectivamente al segundo punto 70 de conexión. La varistancia 60 se conecta en paralelo con el transistor IGBT 58. El contactor 62 mecánico se conecta en paralelo con el transistor IGBT 58 y la varistancia 60.

- 15 Como variante, el transistor IGBT 58 se sustituye por cualquier componente electrónico semiconductor que comprenda un electrodo de control y dos electrodos de conducción, tal como un transistor bipolar, un transistor de efecto de campo, un tiristor, un tiristor de extinción por puerta, un tiristor IGCT (del inglés Insulated Gate-Commutated Thyristor), o un tiristor MCT (del inglés MOS Controlled Thyristor) por ejemplo.

- 20 Como variante o como complemento, la varistancia 60 se sustituye por cualquier componente eléctrico no lineal, tal como un diodo trisil, un diodo transil, un fusible de bajo calibre de corriente, una resistencia metálica no lineal, una resistencia de coeficiente de temperatura positivo, o un componente formado por una combinación de estos elementos. Como una variante más, la varistancia 60 se sustituye por un conjunto formado por un componente eléctrico no lineal del tipo antes mencionado y un condensador de ayuda a la conmutación, conectado en paralelo con este componente.

Cada segundo interruptor 46 electrónico es adecuado para pasar, bajo la acción de los medios 48 de control, de un estado conductor a un estado de corte.

- 25 Los medios 48 de control se disponen ventajosamente en el interior del dispositivo 18 de control y se conectan a los medios 20 de medida, como se ha ilustrado en la figura 2. Los medios 48 de control se conectan además a cada uno de los segundos interruptores 46 electrónicos, y son adecuados para enviar unas señales de control a dichos segundos interruptores 46 electrónicos. Más precisamente, el electrodo de control de cada segundo interruptor 46 electrónico se conecta a los medios 48 de control para recibir una señal de control correspondiente.

- 30 Los medios 48 de control incluyen una unidad de tratamiento de informaciones formada, por ejemplo, por un procesador 74 de datos asociado a una memoria 76. Los medios 48 de control incluyen además al menos un órgano de control conectado al procesador 74. En el ejemplo de realización de la figura 2, los medios 48 de control incluyen un único órgano 78 de control adecuado para enviar una señal de control a los seis segundos interruptores 46 electrónicos. En este ejemplo de realización, la señal de control es adecuada para controlar la apertura o el cierre simultáneo de los seis segundos interruptores 46 electrónicos.

El órgano 78 de control es, por ejemplo, una tarjeta de control-comando integrada por defecto en el seno del dispositivo 18 de control del ondulador 16 de tensión. Como variante, el órgano de 78 de control es una tarjeta de control-comando adicional dedicada al control de los segundos interruptores 46 electrónicos.

- 40 Como una variante más, los medios 48 de control incluyen seis órganos de control, siendo adecuado cada órgano de control para enviar una señal de control a uno de los segundos interruptores 46 electrónicos y estando formado por una tarjeta de control-comando específica. Cada señal de control es adecuada para mandar la apertura o cierre del segundo interruptor 46 electrónico asociado. Está variante de realización permite mejorar la modularidad de los medios 48 de control.

- 45 Cada procesador 74 es adecuado para comparar el valor de la señal I_{med+} con un valor de referencia y para transmitir una orden de control al órgano 78 de control. En el ejemplo de realización de la figura 2, el procesador 74 es adecuado para comparar el valor de la señal I_{med+} con el valor nulo, y para transmitir una orden de control de apertura al órgano 78 de control si la señal I_{med+} presenta un valor negativo.

La memoria 76 es adecuada para almacenar un valor de referencia. En el ejemplo de realización de la figura 2, la memoria 76 es adecuada para almacenar el valor nulo.

- 50 Los medios 48 de control son adecuados para mandar el paso de cada segundo interruptor 46 electrónico desde su estado conductor a su estado de corte, en función de la magnitud medida por los medios 20 de medida, en este caso la intensidad de la corriente que circula en el bus positivo 24A de tensión continua en el ejemplo de realización de la figura 2.

El dispositivo 21 de protección es adecuado para proteger cada rama 30 de conmutación contra una sobreintensidad eléctrica. Más particularmente, en el ejemplo de realización de la figura 2, cada segundo interruptor 46 electrónico es adecuado, mediante el paso de su estado conductor a su estado de corte, para proteger un diodo 38 contra una sobreintensidad eléctrica.

5 El funcionamiento del dispositivo de protección 21 según la invención se explicará de aquí en adelante.

En funcionamiento nominal, el valor de la tensión de entrada del ondulator 16 es superior al valor de la tensión de salida del ondulator 16. La instalación 22 de módulos fotovoltaicos alimenta entonces la red eléctrica 14 a través del ondulator 16. Al ser el funcionamiento de los primeros interruptores 37 electrónicos conocido por sí mismo, éste no se describirá más en detalle en lo que sigue.

10 Se supone que en un primer instante dado, se produce un defecto, por ejemplo un defecto de tipo cortocircuito eléctrico en el lado de la instalación 22. El valor de la tensión de entrada del ondulator 16 baja bruscamente y desciende por debajo del valor de la tensión de cresta de la red 14. A partir de este primer instante, circula una corriente de defecto en al menos dos diodos 38 que pertenecen a dos ramas 30 de conmutación distintas, perteneciendo un primer diodo 38 a una primera semi-rama 32A de una rama 30 de conmutación, y perteneciendo
15 segundo diodo 38 a una segunda semi-rama 32B de otra rama 30 de conmutación. Además, debido a la presencia del defecto eléctrico, la intensidad de la corriente de defecto que circula en el seno de los dos diodos 38 crece en valor absoluto en el transcurso del tiempo. Debido a la circulación de una corriente de intensidad creciente en valor absoluto en el seno de los dos diodos 38, la intensidad de la corriente que circula en el bus positivo 24A presenta un valor negativo a partir de un segundo instante.

20 En la figura 4 se representan las etapas de un procedimiento de control del dispositivo 21 de protección, realizado por el dispositivo 21 de protección.

En el curso de una etapa 84 inicial, el órgano 44 mide la intensidad de la corriente que circula en el bus positivo 24A de tensión continua.

25 En el curso de una etapa 86 siguiente, el órgano 44 de medida transmite la señal I_{med+} a los medios 48 de control. La señal I_{med+} presenta un valor negativo.

En el curso de una etapa siguiente, los medios 48 de control controlan a todos los segundos interruptores 46 electrónicos en función del valor de la señal I_{med+} .

30 Más precisamente, en el curso de una primera subetapa 88 de la etapa de control, el procesador 74 compara el valor de la señal I_{med+} con el valor de referencia almacenado en la memoria 76. Más particularmente, el procesador 74 compara el valor de la señal I_{med+} con el valor nulo. Al presentar la señal I_{med+} un valor negativo, el procesador 74 transmite entonces una orden de control de apertura de los segundos interruptores 46 al órgano 78 de control.

35 En el curso de una segunda subetapa 90 de la etapa de control, el órgano 78 de control emite una señal de control de apertura con destino en cada uno de los segundos interruptores 46 electrónicos. Bajo la acción de la señal de control, todos los segundos interruptores 46 electrónicos pasan entonces simultáneamente de su estado conductor a su estado de corte. Más precisamente, bajo la acción de la señal de control, el transistor IGBT 50 de cada segundo interruptor 46 pasa desde su estado conductor a su estado de corte. La varistancia 52 del segundo interruptor 46 genera entonces una tensión inferior a la tensión de ruptura del transistor IGBT 50, deteniendo así el paso de la corriente eventual que circula en el diodo 38 asociado. En particular, la corriente de defecto no circula entonces ya en ninguno de los diodos 38 del ondulator 16.

40 Además, en el curso de esta misma segunda subetapa 90, el órgano 78 de control emite una señal de apertura forzada con destino en cada uno de los primeros interruptores 37 electrónicos.

45 En la variante de realización según la que el segundo interruptor 46 está formado por el interruptor 54 de corte híbrido, la aplicación de la señal de control de apertura, durante la segunda subetapa 90, en cada segundo interruptor 46 electrónico, comprende una primera etapa de control de apertura del contactor 62 mecánico, posteriormente, cuando el contactor 62 mecánico está abierto, una segunda etapa de control de apertura del transistor IGBT 58. Con relación a la celda 49, el interruptor 54 de corte híbrido permite mejorar el rendimiento global del ondulator 16, debido a la presencia del contactor 62 mecánico que reduce la caída de tensión en los bornes del interruptor 54.

50 En la variante según la que el órgano 44 de medida se dispone sobre el bus negativo 24B de tensión continua, la intensidad de la corriente que circula en el bus negativo 24A presenta un valor positivo a partir de un segundo instante. Además, según esta variante, el procesador 74 es adecuado para transmitir una orden de control de apertura al órgano 78 de control si la señal imagen de la intensidad de corriente que circula en el bus negativo 24A presenta un valor positivo. Al presentar esta señal un valor positivo a partir de este segundo instante, el procesador 74 transmite entonces una orden de control de apertura de los segundos interruptores 46 al órgano 78 de control
55 durante la primera subetapa 88.

De ese modo, según este primer modo de realización del sistema 10 de conversión, a partir de que la intensidad de una corriente de defecto que circula en el seno de un diodo 38 crece en valor absoluto en el transcurso del tiempo, el conjunto de los diodos 38 del ondulator 16 está protegido, mediante la apertura simultánea de dos segundos interruptores 46 electrónicos del dispositivo 21. Además, al estar controlada la apertura de los segundos interruptores 46 mediante los medios 48 de control, la duración total de disparo del dispositivo 21 de protección no depende más que del tiempo de reacción de los medios 20 de medida y de los medios 48 de control, del tiempo de reacción del dispositivo 21 de protección y del tiempo de conmutación de los segundos interruptores 46 electrónicos. Esta duración de disparo es, en todo caso, muy inferior a la constante de tiempo característica de los contactores, de los disyuntores y de los fusibles de la técnica anterior. En efecto, la duración total es determinista y no depende del nivel de corriente, lo que es el caso para los dispositivos de la técnica anterior.

Además, según este modo de realización, cada segundo interruptor 46 electrónico se conecta en paralelo con un primer interruptor 37 respectivo. El rendimiento global del sistema 10 de conversión no queda por ello afectado, a pesar de la caída de tensión inherente a los interruptores 46. En efecto, durante la conmutación de los interruptores 46, es suministrada la energía eléctrica por la red alterna 14.

Se concibe de ese modo que el dispositivo 21 de protección según la invención permite proteger cada diodo 38 de cada rama 30 contra una sobreintensidad eléctrica, mientras presenta una velocidad de disparo mejorada y conservándose sustancialmente el rendimiento de las ramas 30.

La figura 5 ilustra un segundo modo de realización de la invención para el que los elementos análogos al primer modo de realización, descrito anteriormente, son indicados por unas referencias idénticas, y no por tanto se describen de nuevo.

Los medios 20 de medida comprenden tres órganos 44 de medida. Cada órgano 44 de medida se dispone entre un borne 34U, 34V, 34W de salida intermedio respectivo y un borne 28U, 28V, 28W de salida respectivo, en un enlace 35U, 35V, 35W cableado correspondiente. Cada órgano 44 de medida es adecuado para medir la intensidad de la corriente que circula en un enlace 35U, 35V, 35W cableado, y para proporcionar una señal I_{medU} , I_{medV} , I_{medW} imagen de esta medida. Como complemento, cada órgano 44 de medida es adecuado ventajosamente además para medir la derivada de la intensidad de la corriente que circula en un enlace 35U, 35V, 35W cableado, y para proporcionar una señal D_{medU} , D_{medV} , D_{medW} imagen de esta medida. La señal D_{medU} , D_{medV} , respectivamente D_{medW} corresponde a la derivada temporal de la señal I_{medU} , I_{medV} , respectivamente I_{medW} .

Según este segundo modo de realización, la magnitud medida por los medios 20 de medida es la intensidad de la corriente que circula en un enlace 35U, 35V, 35W cableado. La intensidad medida de la corriente que circula en un enlace 35U, 35V, 35W cableado en un instante dado es relativa a la corriente adecuada para circular en cada diodo 38 de la rama 30 de conmutación asociada a este enlace cableado. En efecto, la corriente que circula en un enlace 35U, 35V, 35W cableado en un instante dado es la corriente que circula en ese instante en la rama 30 de conmutación asociada a este enlace cableado. En consecuencia, en un instante dado, la corriente que circula en un enlace 35U, 35V, 35W cableado es susceptible de tener por componente la corriente que circula en el seno de uno de los diodos 38 de la rama 30 de conmutación asociada, si este diodo 38 es conductor en ese instante. Los medios 20 de medida son así adecuados para realizar una medida indirecta de una corriente adecuada para circular en cada diodo 38 de cada rama 30.

El dispositivo 21 de protección comprende tres segundos interruptores 96 electrónicos. Más precisamente, el dispositivo 21 de protección comprende, para cada rama 30 de conmutación, un segundo interruptor 96 electrónico conectado entre el borne 34U, 34V, 34W de salida intermedio de esta rama 30 y el borne 28U, 28V, 28W de salida asociado. Cada segundo interruptor 96 electrónico es adecuado, mediante el paso de su estado conductor a su estado de corte, para proteger los dos diodos 38 de la rama 30 asociada contra una sobreintensidad eléctrica.

En el ejemplo de realización de la figura 5, cada segundo interruptor 96 electrónico incluye una celda 98. La celda 98 incluye una varistancia 100, dos ramales 102A, 102B conectados cada uno en paralelo con la varistancia 100. Los dos ramales 102A, 102B se conectan entre sí en un primer borne 104A de conexión conectado a un borne 34U, 34V, 34W de salida intermedio, y en un segundo borne de conexión 104B conectado a un borne 28U, 28V, 28W de salida.

Un primer ramal 102A comprende un primer diodo 106 y un primer transistor IGBT 108 conectados en serie. En el ejemplo de realización de la figura 5, el emisor del primer transistor IGBT 108 se conecta al primer borne 104A de conexión, el cátodo del primer diodo 106 se conecta al colector del primer transistor IGBT 108, y el ánodo del primer diodo 106 se conecta al segundo borne 104B de conexión. Como variante no representada, el cátodo del primer diodo 106 se conecta al primer borne 104A de conexión, el emisor del primer transistor IGBT 108 se conecta al ánodo del primer diodo 106, y el colector del primer transistor IGBT 108 se conecta al segundo borne 104B de conexión.

Un segundo ramal 102B comprende un segundo diodo 110 y un segundo transistor IGBT 112 conectados en serie. En el ejemplo de realización de la figura 5, el emisor del segundo transistor IGBT 112 se conecta al segundo borne 104B de conexión, el cátodo del segundo diodo 110 se conecta al colector del segundo transistor IGBT 112, y el ánodo del segundo 110 se conecta al primer borne 104A de conexión. Como variante no representada, el cátodo del

segundo diodo 110 se conecta al segundo borne 104B de conexión, el emisor del segundo transistor IGBT 112 se conecta al ánodo del segundo diodo 110, y el colector del segundo transistor IGBT 112 se conecta al primer borne 104A de conexión.

5 Según una variante de realización representada en la figura 6, cada celda 98 es sustituida por un órgano 114. El órgano 114 incluye dos ramales 116A, 116B, un transistor IGBT 118, y una varistancia 120.

Los dos ramales 116A, 116B están conectados entre sí en dos bornes 122A, 122B de conexión.

Un primer borne 122A de conexión del órgano 114 es análogo al primer borne 104A de conexión de la celda 98. Un segundo borne 122B de conexión del órgano 114 es análogo al segundo borne 104B de conexión de la celda 98.

10 Un primer ramal 116A comprende dos primeros diodos 124 conectados en serie por su cátodo respectivamente en un primer punto 126 de conexión. Un segundo ramal 116B comprende dos segundos diodos 128 conectados en serie por su ánodo respectivo en un segundo punto 130 de conexión.

El colector, respectivamente el emisor del transistor IGBT 118 está conectado al primer punto 126 de conexión, respectivamente al segundo punto 130 de conexión. La varistancia 120 está conectada en paralelo con el transistor IGBT 118.

15 Como variante o como complemento, cada varistancia 100, 120 se sustituye por cualquier componente eléctrico no lineal, tal como un diodo trisil, un diodo transil, un fusible de bajo calibre de corriente, una resistencia metálica no lineal, una resistencia de coeficiente de temperatura positivo, o un componente formado por una combinación de estos elementos. Como una variante más, la varistancia 100, 120 se sustituye por un conjunto formado por un componente eléctrico no lineal del tipo antes mencionado y un condensador de ayuda a la conmutación, conectado en paralelo con este componente.

20 Como variante o como complemento, cada transistor IGBT 108, 112, 118 se sustituye por cualquier componente electrónico semiconductor que comprenda un electrodo de control y dos electrodos de conducción, tal como un transistor bipolar, un transistor de efecto de campo, un tiristor, un tiristor de extinción por puerta, un tiristor IGCT (del inglés Insulated Gate-Commutated Thyristor), o un tiristor MCT (del inglés MOS Controlled Thyristor) por ejemplo.

25 Como variante, cada celda 98 es sustituida por un interruptor 54 de corte asistido híbrido. Según esta variante de realización, el primer borne 63A de conexión del interruptor 54 es análogo al primer borne 104A de conexión de la celda 98 y el segundo borne 63B de conexión del interruptor 54 es análogo al segundo borne 104B de conexión de la celda 98.

30 Según este segundo modo de realización, los medios 48 de control incluyen además ventajosamente tres módulos 134 de detección de una sobretensión eléctrica. Como se ha representado en la figura 5, cada módulo 134 se ha conectado al procesador 74 por un lado, y a un órgano 44 de medida por otro lado.

35 Cada módulo 134 es adecuado para determinar el signo de las señales I_{medU} , I_{medV} , I_{medW} , D_{medU} , D_{medV} , D_{medW} proporcionadas por el órgano 44 de medida asociado. Cada módulo 134 es adecuado además para comparar el signo de la señal I_{medU} , I_{medV} , I_{medW} proporcionada por el órgano 44 de medida asociado al signo de la señal D_{medU} , D_{medV} , D_{medW} proporcionada por este mismo órgano 44 de medida. Cada módulo 134 es igualmente adecuado para adquirir el estado instantáneo de los primeros interruptores 37 de la rama 30 de conmutación asociada. Cada módulo 134 es adecuado además para proporcionar al procesador 74 una señal I_{detecU} , I_{detecV} , I_{detecW} adecuada para tomar dos valores distintos. Uno de los dos valores de cada señal I_{detecU} , I_{detecV} , I_{detecW} indica el funcionamiento normal de la rama 30 de conmutación asociada. El otro valor de cada señal I_{detecU} , I_{detecV} , I_{detecW} indica la detección de una sobreintensidad de una corriente eléctrica que circula en al menos uno de los diodos 38 de la rama 30 de conmutación asociada.

40 Cada módulo 134 está formado por ejemplo por un módulo programado y/o analógico y es adecuado para implementar las operaciones que figuran en el organigrama de la figura 7, como se detalla a continuación.

45 El procesador 74 es adecuado para transmitir una orden de control al órgano 78 de control, siendo adecuada la orden de control para tomar dos valores distintos. El valor de la orden de control se determina por la aplicación de una función lógica "O" a las tres señales I_{detecU} , I_{detecV} , I_{detecW} . El primer valor de la orden de control corresponde por ejemplo a una orden de apertura de uno de los segundos interruptores 96 electrónicos, correspondiendo un segundo valor a una orden de cierre del conjunto de los segundos interruptores 96 electrónicos. Como variante, el primer valor de la orden de control corresponde a una orden de apertura simultánea de los tres segundos interruptores 96 electrónicos.

50 El órgano 78 de control es adecuado para transmitir una señal de control a cada segundo interruptor 96 electrónico.

Se explicará a partir de ahora el funcionamiento del dispositivo 21 de protección según el segundo modo de realización.

Se considera en lo que sigue el enlace 35U cableado, así como la rama 30 de conmutación, el segundo interruptor 96, el órgano 44 de medida y el módulo 134 asociados a este enlace 35U cableado.

En el curso de la etapa inicial 84, el órgano 44 mide la intensidad de la corriente que circula en el enlace 35U cableado, así como la derivada de esta intensidad.

- 5 En el curso de la etapa 86 siguiente, el órgano 44 de medida transmite la señal I_{medU} y la señal D_{medU} al módulo 134.

En el curso de una etapa siguiente, los medios 48 de control controlan el segundo interruptor 96 electrónico en función del valor de las señales I_{medU} y D_{medU} .

- 10 Más particularmente, en el curso de la primera subetapa 88 ilustrada en la figura 7, el módulo 134 determina el signo de la señal I_{medU} y el signo de la señal D_{medU} . El módulo 134 adquiere además el estado instantáneo de los primeros interruptores 37 de la rama 30 de conmutación.

En la figura 7, el primer interruptor 37 de la primera semi-rama 32A se denomina "interruptor T1", el primer interruptor 37 de la segunda semi-rama 32B se denomina "interruptor T2", el diodo 38 de la primera semi-rama 32A se denomina "diodo DRL1" y el diodo 38 de la segunda semi-rama 32B se denomina "diodo DRL2". Además, en esta figura, la señal I_{medU} se denomina "I", y la señal D_{medU} se denomina "dI/dt".

- 15 Si el signo de la señal I_{medU} es positivo, y si el interruptor T1 está en el estado bloqueado, el módulo 134 compara el signo de la señal I_{medU} con el signo de la señal D_{medU} . Si las señales I_{medU} y D_{medU} son del mismo signo, dicho de otra manera si la señal D_{medU} es de signo positivo, el módulo 134 transmite al procesador 74 la señal I_{detecU} , cuyo valor indica la detección de una sobreintensidad de una corriente eléctrica que circula al menos en el diodo DRL2. El procesador 74 transmite entonces la orden de control de apertura del segundo interruptor 96 al órgano 78 de control.

- 20 Si el signo de la señal I_{medU} es positivo, y si el interruptor T1 está en el estado conductor, o si el signo de la señal I_{medU} es positivo, mientras que el interruptor T1 está en el estado de corte y las señales I_{medU} y D_{medU} son de signo opuesto, el módulo 134 transmite al procesador 74 la señal I_{detecU} , cuyo valor indica un funcionamiento normal de la rama 30 de conmutación.

- 25 Si el signo de la señal I_{medU} es negativo, y si el interruptor T2 está en el estado bloqueado, el módulo 134 compara el signo de la señal I_{medU} con el signo de la señal D_{medU} . Si las señales I_{medU} y D_{medU} son del mismo signo, dicho de otra manera si la señal D_{medU} es de signo negativo, el módulo 134 transmite al procesador 74 la señal I_{detecU} , cuyo valor indica la detección de una sobreintensidad de una corriente eléctrica que circula al menos en el diodo DRL1. El procesador 74 transmite entonces la orden de control de apertura del segundo interruptor 96 al órgano 78 de control.

- 30 Si el signo de la señal I_{medU} es negativo, y si el interruptor T2 está en el estado conductor, o si el signo de la señal I_{medU} es negativo, mientras que el interruptor T2 está en el estado de corte y las señales I_{medU} y D_{medU} son de signo opuesto, el módulo 134 transmite al procesador 74 la señal I_{detecU} , cuyo valor indica un funcionamiento normal de la rama 30 de conmutación.

- 35 En el curso de la segunda subetapa 90, si el valor de la señal I_{detecU} indica la detección de una sobreintensidad de una corriente eléctrica, el órgano 78 de control emite la señal de control de apertura con destino en el segundo interruptor 96. Bajo la acción de la señal de control, el segundo interruptor 96 pasa entonces de su estado conductor a su estado bloqueado. La corriente de defecto no circula ya entonces en ninguno de los dos diodos 38 de la rama 30. Además, en el curso de esta misma segunda subetapa 90, el órgano 78 de control emite una señal de apertura forzada con destino en los primeros interruptores 37 electrónicos de la rama 30 de conmutación.

- 40 En la variante según la que el primer valor de la orden de control corresponde a una orden de apertura simultánea de los tres segundos interruptores 96 electrónicos, durante la segunda subetapa 90, el órgano 78 de control transmite a cada uno de los tres segundos interruptores 96 electrónicos una señal de control de apertura. Bajo la acción de la señal de control, los tres segundos interruptores 96 electrónicos pasan entonces simultáneamente de su estado conductor a su estado de corte. La corriente de defecto ya no circula entonces en ninguno de los diodos 38 del ondulator 16. Además, en el curso de esta misma segunda subetapa 90, el órgano 78 de control emite una señal de apertura forzada con destino en cada uno de los primeros interruptores 37 electrónicos del ondulator 16.

- 45 Como variante no representada, los medios 48 de control no incluyen módulos de detección 134 y los órganos 44 de medida se conectan directamente al procesador 74. Según esta variante, la memoria 76 es adecuada para almacenar un valor de intensidad de referencia, por ejemplo un valor de intensidad sustancialmente igual al valor de cresta de la intensidad de la corriente nominal adecuada para circular en cada primer interruptor 37. Además, el procesador 74 es adecuado para comparar el valor de cada señal I_{medU} , I_{medV} , I_{medW} con el valor de la intensidad de referencia y para transmitir la orden de control al órgano 78 de control. El valor de la orden de control se determina por el resultado de la comparación entre cada señal I_{medU} , I_{medV} , I_{medW} y la intensidad de referencia. Por ejemplo, el valor de la orden de control es igual al primer valor si el valor de una de las señales I_{medU} , I_{medV} , I_{medW} es superior al valor de la intensidad de referencia. En el funcionamiento, durante la primera subetapa 88, al procesador 74
- 50 compara el valor de la señal I_{medU} con el valor de referencia almacenado en la memoria 76. Si el valor de la señal I_{medU} es superior al valor de la intensidad de referencia, el procesador 74 transmite al órgano 78 de control la orden
- 55

de control de apertura del segundo interruptor 96 asociado al enlace cableado 35U. El resto del funcionamiento del dispositivo 21 de protección según esta variante de realización es análogo al del dispositivo 21 de protección según el ejemplo de realización del segundo modo anteriormente descrito.

En las diferentes variantes del segundo modo de realización descritas anteriormente en el presente documento, solo es necesario un órgano 44 de medida por fase de corriente de salida del ondulator 16. Esto permite reducir los costes de realización, principalmente con relación al tercer modo de realización descrito a continuación. Además, a través de la señal de medida que proporciona, cada órgano 44 de medida permite la detección, para cada diodo 38 de la rama 30 asociada, de una sobreintensidad eventual de la corriente que circula en el seno de este diodo 38. Por otro lado, las señales D_{medU} , D_{medV} , D_{medW} no son perturbadas por los frentes de conmutación de los diodos 38, contrariamente al tercer modo de realización descrito a continuación.

Como variante, los medios 20 de medida comprenden un número N3 de órganos 44 de medida, en el que N3 es el número de semi-ramas 32A, 32B de conmutación. Los N3 órganos 44 de medida se representan en trazos de puntos en la figura 5. Cada órgano 44 de medida se dispone en una semi-rama 32A, 32B de conmutación, sobre la conexión anti-paralelo de un diodo 38 respectivo. Según esta variante de realización, cada órgano 44 de medida es adecuado para medir la intensidad de la corriente que circula en el diodo 38 asociado. Como complemento, cada órgano 44 de medida es adecuado además ventajosamente para medir la derivada de la intensidad de la corriente que circula en el diodo 38 asociado. Los medios 20 de medida son así adecuados para realizar una medida directa de una corriente adecuada para circular en cada diodo 38 de cada rama 30. Los medios 48 de control comprenden ventajosamente, según esta variante de realización, N3 módulos 134 de detección de una sobreintensidad eléctrica, estando conectado cada módulo 134 al procesador 74 por un lado, y a un órgano 44 de medida por otro lado. Cada módulo 134 es adecuado para suministrar al procesador 74 una señal adecuada para tomar dos valores distintos. Uno de los dos valores de cada señal indica un funcionamiento normal de la semi-rama 32A, 32B de conmutación asociada. El otro valor de cada señal indica la detección de una sobreintensidad de una corriente eléctrica que circula en el diodo 38 asociado. El funcionamiento del dispositivo 21 de protección según esta variante de realización es análogo al del dispositivo 21 de protección según los ejemplos de realización del segundo modo anteriormente descritos.

Como variante, los medios 20 de medida comprenden un único órgano 44 de medida análogo al del primer modo de realización, y representado en trazos de puntos en la figura 5. Según esta variante, los medios 48 de control no incluyen los módulos 134. Al haber sido descrito anteriormente el funcionamiento del órgano 44 de medida y de los medios 48 de control asociados, éstos no se describirán más en detalle para esta variante de realización.

Las ventajas de este segundo modo de realización del sistema 10 de conversión son idénticas, en lo que se refiere al dispositivo 21 de protección, a los del primer modo de realización, y no se describen por tanto de nuevo.

La figura 8 ilustra un tercer modo de realización de la invención para el que los elementos análogos al primer modo de realización, descrito anteriormente, son indicados mediante unas referencias idénticas, y no se describen por tanto de nuevo.

A diferencia del primer y segundo modos de realización, la carga 14 es un motor eléctrico de corriente continua. Además, según este ejemplo de realización, el convertidor 16 es un chopper de tensión adecuado para convertir una tensión continua de entrada en una tensión continua de salida, y el sistema de conversión 10 es un sistema de conversión de una tensión continua de entrada en una tensión continua de salida. Más particularmente, según este ejemplo de realización, el convertidor 16 es un chopper de tensión de cuatro cuadrantes de control en puente completo, conocido por sí mismo.

El chopper 16 de tensión incluye un borne positivo 26A de entrada, un borne negativo 26B de entrada, un primer borne 144A de salida y un segundo borne 144B de salida.

El chopper 16 de tensión incluye de manera conocida, para cada borne 144A, 144B de salida una rama 30 de conmutación conectada entre los dos bornes 26A, 26B de entrada. Cada rama 30 de conmutación comprende dos semi-ramas 32A, 32B de conmutación conectadas en serie en un borne 146A, 146B intermedio respectivo. El chopper 16 de tensión incluye de ese modo dos bornes 146A, 146B de salida intermedios.

Los medios 20 de medida comprenden cuatro órganos 44 de medida. Cada órgano 44 de medida se dispone en una semi-rama 32A, 32B de conmutación, en la conexión anti-paralelo de un diodo 38 respectivo.

Cada órgano 44 de medida es adecuado para medir la intensidad de la corriente que circula en el diodo 38 asociado. Como complemento, cada órgano 44 de medida es adecuado además ventajosamente para medir la derivada de la intensidad de la corriente que circula en el diodo 38 asociado.

Como variante, los medios 20 de medida comprenden un órgano 44 de medida, representado en trazos de puntos a la izquierda de la figura 8. Un órgano de medida 44 se dispone entre la fuente 12 de corriente continua y el borne positivo 26A de entrada, en el bus positivo 24A de tensión continua. Como variante no representada, el órgano 44 de medida se dispone entre la fuente 12 de la corriente continua y el borne negativo 26B de entrada, en el bus negativo 24B de tensión continua.

Como una variante más, los medios 20 de medida comprenden dos órganos 44 de medida, representados en trazos de puntos en el centro de la figura 8. Cada órgano 44 de medida se dispone entre un borne 146A, 146B de salida intermedio respectivo y un borne 144A, 144B de salida asociado.

5 El dispositivo 21 de protección comprende cuatro segundos interruptores 46 electrónicos. Más precisamente, el dispositivo 21 de protección comprende, para cada rama 30 de conmutación, dos segundos interruptores 46 electrónicos, estando conectado cada segundo interruptor 46 electrónico en serie con el diodo 38 de una semi-rama 32A, 32B de conmutación respectiva.

10 Como variante no representada, el dispositivo 21 de protección comprende dos segundos interruptores 46 electrónicos. Más precisamente, según esta variante de realización, el dispositivo 21 de protección comprende, para cada rama 30 de conmutación, un segundo interruptor 46 electrónico. Cada segundo interruptor 46 electrónico se conecta por ejemplo en serie con el diodo 38 de una de las primeras semi-ramas 32A de conmutación. Como variante, cada segundo interruptor 46 electrónico se conecta en serie con el diodo 38 de una de las segundas semi-ramas 32B de conmutación.

15 En el ejemplo de realización de la figura 8, los medios 48 de control comprenden ventajosamente cuatro módulos 134 de detección de una sobreintensidad eléctrica, estando conectado cada módulo 134 al procesador 74 por un lado, y a un órgano 44 de medida por otro lado. Cada módulo 134 es adecuado para proporcionar al procesador 74 una señal adecuada para tomar dos valores distintos. Uno de los dos valores de cada señal indica un funcionamiento normal de la semi-rama 32A, 32B de conmutación asociada. El otro valor de cada señal indica la detección de una sobreintensidad de una corriente eléctrica que circula en el diodo 38 asociado.

20 Como variante no representada, los medios 48 de control no incluyen módulos 134 de detección y los órganos 44 de medida se conectan directamente al procesador 74, como se ha descrito anteriormente.

25 El funcionamiento de este tercer modo de realización del dispositivo 21 de protección es similar al del segundo modo de realización en lo que se refiere a los medios 20 de medida y a los medios 48 de control, y al del primer modo de realización en lo que se refiere a los segundos interruptores 46 electrónicos. Por tanto no se describe en detalle el funcionamiento de este tercer modo de realización.

Las ventajas de este tercer modo de realización del sistema 10 de conversión son idénticas, en lo que se refiere al dispositivo 21 de protección, a las del primer modo de realización, y por tanto no se describen de nuevo.

30 Se dispone de ese modo que el dispositivo de protección según la invención permite proteger cada diodo de cada rama contra una sobreintensidad eléctrica, mientras presenta una velocidad de disparo mejorada y conservando sustancialmente el rendimiento de la ramas.

35 El dispositivo de protección según la invención permite por otro lado sustituir ventajosamente los contactores clásicos de tipo "día-noche" utilizados del lado de la red eléctrica en los sistemas de conversión de energía fotovoltaica, teniendo estos contactores por objetivo proteger al ondulador de tensión cuando la tensión continua de entrada es inferior a la tensión de cresta de la red. Esto permite disminuir los costes de producción ligados a la presencia de dichos contactores y también incrementar la resistencia de maniobras.

40 Además, el dispositivo de protección según la invención puede utilizarse ventajosamente en tanto que medio de aislamiento del ondulador de tensión. Dicho de otra manera, en el marco de una protección anti-aislamiento implementada en el lado de la red eléctrica, el dispositivo de protección puede jugar el papel de órgano de apertura de la cadena de alimentación eléctrica, permitiendo de ese modo la desconexión de la fuente de alimentación eléctrica de la red.

La utilización del dispositivo de protección según la invención hace posible la utilización de un seccionador para poner en situación de seguridad la cadena de alimentación eléctrica. El dispositivo de protección según la invención permite entonces anular ventajosamente, antes de la apertura de seccionador, cualquier corriente de defecto detectada por el regulador de tensión, esto sin degradación del seccionador.

45 En los tres modos de realización descritos anteriormente, los medios 20 de medida son adecuados para medir la intensidad de la corriente que circula en uno de los buses 24A, 24B de tensión continua, o la intensidad y/o la derivada de la intensidad de la corriente que circula en cada enlace 35U, 35V, 35W cableado, o la intensidad y/o la derivada de la intensidad de una corriente que circula en cada diodo 38. Como variante, los medios 20 de medida son adecuados para medir una diferencia de potencial entre la tensión de los buses 24A, 24B de tensión continua y la tensión de cresta de la carga 14. Esta medida es una medida indirecta de la corriente adecuada para circular en cada diodo 38 de cada rama 30. En efecto, si la tensión de los buses 24A, 24B, que corresponde a la tensión de entrada del convertidor 16, es inferior a la tensión de cresta de la carga 14, esto significa que circula una corriente de defecto en al menos dos diodos 38 que pertenecen a dos ramas 30 de conmutación distintas.

55 Como una variante más, cada derivada de la intensidad de la corriente antes mencionada no se mide por los medios 20 de medida sino que se determina por el procesador 74 a partir de la medida de la intensidad de la corriente asociada.

5 La descripción de los dos primeros modos de realización se ha realizado con referencia a unos onduladores “mono-nivel”. Se entiende sin embargo que la invención se aplica de la misma manera a unos onduladores “multi-nivel”, por ejemplo unos onduladores que presenten una topología de tipo controlado por el neutro, igualmente denominada topología NPP (del inglés Neutral Point Piloted), o incluso una topología del tipo anclado por el neutro, igualmente denominada topología NPC (del inglés Neutral Point Clamped).

Más generalmente, la invención se aplica a cualquier sistema de conversión de una primera tensión eléctrica en una segunda tensión eléctrica de tipo “reductor”, es decir tal que en régimen nominal de funcionamiento la tensión de entrada del sistema es superior a la tensión de salida del sistema.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo (21) de protección, contra una sobreintensidad, de al menos una rama electrónica (30) de conmutación de un sistema (10) de conversión eléctrico, comprendiendo la o cada rama (30) dos semi-ramas (32A, 32B) de conmutación conectadas en serie en un borne (34U, 34V, 34W; 146A, 146B) intermedio, incluyendo al menos una
- 5 semi-rama (32A, 32B) al menos un órgano (36) de conmutación, comprendiendo el o cada órgano (36) de conmutación un primer interruptor (37) electrónico controlable y un diodo (38) conectado en anti-paralelo con dicho primer interruptor (37) electrónico,
caracterizado porque incluye, para la o cada rama (30) de conmutación:
- 10 - al menos un segundo interruptor (46) electrónico, siendo adecuado el o cada segundo interruptor (46) electrónico para pasar, bajo la acción de un control, de un estado conductor a un estado bloqueado para la protección de dicho diodo (38) contra la sobreintensidad,
- estando conectado el o cada segundo interruptor (46) electrónico a un electrodo de dicho diodo (38) conectado en anti-paralelo con el primer interruptor (37) electrónico, en serie con dicho diodo (38) respectivo y en anti-paralelo con dicho primer interruptor (37) electrónico respectivo,
- 15 - unos medios (20) de medida de al menos una magnitud relativa a una corriente adecuada para circular en el o cada diodo (38) de la rama (30), y
 - unos medios (48) de control del o de cada segundo interruptor (46) electrónico, en función de la magnitud medida por los medios (20) de medida.
2. Dispositivo (21) según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el o cada segundo interruptor electrónico (46) incluye un componente electrónico semiconductor (50) de conmutación, tal como un transistor, y un componente
- 20 eléctrico (52) no lineal conectado en paralelo con dicho componente semiconductor (50) de conmutación.
3. Dispositivo (21) de protección, contra una sobreintensidad, de al menos una rama electrónica (30) de conmutación de un sistema (10) de conversión eléctrico, comprendiendo la o cada rama (30) dos semi-ramas (32A, 32B) de conmutación conectadas en serie en un borne (34U, 34V, 34W; 146A, 146B) intermedio, incluyendo al menos una
- 25 semi-rama (32A, 32B) al menos un órgano (36) de conmutación, comprendiendo el o cada órgano (36) de conmutación un primer interruptor (37) electrónico controlable y un diodo (38) conectado en anti-paralelo con dicho primer interruptor (37) electrónico,
caracterizado porque incluye, para la o cada rama (30) de conmutación:
- 30 - al menos un segundo interruptor (96) electrónico, siendo adecuado el o cada segundo interruptor (96) electrónico para pasar, bajo la acción de un control, de un estado conductor a un estado bloqueado para la protección de dicho diodo (38) contra la sobreintensidad,
- estando conectado el segundo interruptor (96) electrónico por un lado al borne (34U, 34V, 34W; 146A, 146B) intermedio de esta rama (30) de conmutación, y adecuado para conectarse por otro lado a un borne (28U, 28V, 28W) de salida del sistema (10) de conversión eléctrica
- 35 - unos medios (20) de medida de al menos una magnitud relativa a una corriente adecuada para circular en el o cada diodo (38) de la rama (30), y
 - unos medios (48) de control del o de cada segundo interruptor (96) electrónico, en función de la magnitud medida por los medios (20) de medida.
4. Dispositivo (21) según la reivindicación 3, **caracterizado porque** el o cada segundo interruptor electrónico (96) incluye un componente eléctrico (100) no lineal, y dos ramales (102A, 102B) conectados cada uno en paralelo con el
- 40 componente eléctrico (100) no lineal, incluyendo cada ramal (102A, 102B) un componente electrónico (108, 112) semiconductor de conmutación, tal como un transistor, y un diodo (106, 110) conectado en serie con el componente semiconductor (108, 112) de conmutación.
5. Dispositivo (21) según la reivindicación 3, **caracterizado porque** el o cada segundo interruptor (96) electrónico incluye dos ramales (116A, 116B), comprendiendo un primer ramal (116A) dos diodos (124) conectados en serie por su cátodo respectivo en un primer punto (126) de conexión, comprendiendo un segundo ramal (116B) dos diodos
- 45 (128) conectados en serie por su ánodo respectivo en un segundo punto (130) de conexión, y **porque** el o cada segundo interruptor (96) electrónico incluye además un componente eléctrico (120) no lineal conectado entre los primer y segundo puntos (126, 130) de conexión, y un componente electrónico (118) semiconductor de conmutación,
- 50 tal como un transistor, estando conectado el componente electrónico (118) semiconductor de conmutación en paralelo con el componente eléctrico (120) no lineal.
6. Dispositivo (21) según la reivindicación 1 o 3, **caracterizado porque** el o cada segundo interruptor (46; 96) electrónico incluye dos ramales (56A, 56B), comprendiendo un primer ramal (56A) dos diodos (64) conectados en serie por su cátodo respectivo en un primer punto (66) de conexión, comprendiendo un segundo ramal (56B) dos
- 55 diodos (68) conectados en serie por su ánodo respectivo en un segundo punto (70) de conexión, y porque el o cada segundo interruptor (46; 96) electrónico incluye además un componente eléctrico (60) no lineal conectado entre los

primer y segundo puntos (66, 70) de conexión, un contactor (62) mecánico, conectado en paralelo con el componente eléctrico (60) no lineal y un componente electrónico (58) semiconductor de conmutación, tal como un transistor, conectado en paralelo con el componente eléctrico (60) no lineal.

7. Sistema (10) de conversión de una primera tensión eléctrica en una segunda tensión eléctrica, que comprende:

- 5 - un convertidor (16) de una primera tensión eléctrica en una segunda tensión eléctrica, comprendiendo el convertidor (16) al menos dos bornes (26A, 26B) de entrada, al menos dos bornes (28U, 28V, 28W; 144A, 144B) de salida, y al menos una rama electrónica (30) de conmutación conectada entre los dos bornes (26A, 26B) de entrada, comprendiendo la o cada rama (30) dos semi-ramas (32A, 32B) de conmutación conectadas en serie en un borne (34U, 34V, 34W; 146A, 146B) intermedio, incluyendo al menos una semi-rama (32A, 32B) al menos un
- 10 órgano (36) de conmutación, comprendiendo el o cada órgano (36) de conmutación un primer interruptor electrónico (37) controlable y un diodo (38) conectado en anti-paralelo con dicho primer interruptor (37) electrónico,
- un dispositivo (18) de control del o de cada primer interruptor (37) electrónico de la o de cada rama (30), y
- un dispositivo (21) de protección, contra una sobreintensidad eléctrica, de la o de cada rama (30),
- 15 **caracterizado porque** el dispositivo (21) de protección es conforme con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

8. Procedimiento de control de un dispositivo (21) de protección, siendo adecuado el dispositivo (21) de protección para proteger, contra una sobreintensidad eléctrica, al menos una rama electrónica (30) de conmutación de un sistema (10) de conversión eléctrica, comprendiendo la o cada rama (30) dos semi-ramas (32A, 32B) de conmutación conectadas en serie en un borne (34U, 34V, 34W; 146A, 146B) intermedio, incluyendo al menos una semi-rama (32A, 32B) al menos un órgano (36) de conmutación, comprendiendo el o cada órgano (36) de conmutación un primer interruptor electrónico (37) controlable y un diodo (38) conectado en anti-paralelo con dicho primer interruptor (37) electrónico, comprendiendo el dispositivo (21) de protección, para la o cada rama (30) de conmutación, al menos un segundo interruptor (46; 96) electrónico,
- 20 estando conectado el o cada segundo interruptor (46; 96) electrónico al borne (34U, 34V, 34W; 146A, 146B) intermedio y a un borne (28U, 28V, 28W) de salida del sistema (10) de conversión eléctrica,
- 25 o bien conectado a un electrodo de dicho diodo (38) conectado en anti-paralelo con el primer interruptor (37) electrónico, en serie con dicho diodo (38) y en anti-paralelo con dicho primer interruptor (37) electrónico, siendo adecuado el o cada segundo interruptor (46; 96) electrónico para pasar, bajo la acción de un control, de un estado conductor a un estado de corte para la protección de dicho diodo (38) contra la sobreintensidad,
- 30 estando el procedimiento **caracterizado porque** comprende, para el o cada segundo interruptor (46; 96) electrónico, las etapas siguientes:

- la medida (84), para el o cada diodo (38) adecuado para ser protegido por dicho segundo interruptor (46; 96), de al menos una magnitud relativa a la corriente que circula en este diodo (38),
- 35 - el control del o de cada segundo interruptor (46; 96) electrónico en función de la magnitud medida por los medios (20) de medida.

9. Procedimiento según la reivindicación 8, **caracterizado porque** la etapa de control del o de cada segundo interruptor (46; 96) electrónico comprende:

- 40 - la comparación (88) de la o de cada medida recibida (I_{med+} ; I_{medU} , I_{medV} , I_{medW} , D_{medU} , D_{medV} , D_{medW}) con una magnitud de referencia predeterminada o con otra medida recibida (I_{med+} ; I_{medU} , I_{medV} , I_{medW} , D_{medU} , D_{medV} , D_{medW}), y
- la emisión (90) de una señal de control de apertura o de cierre del, de los, o de uno de los segundo(s) interruptor(es) (46; 96) electrónico(s) en función del resultado de la comparación.

10. Procedimiento según la reivindicación 9, **caracterizado porque** durante la etapa (84) de medida, la medida es una medida directa de la intensidad de la corriente que circula en el o cada diodo (38) de la o de cada rama (30), **porque** la etapa de comparación consiste en la comparación entre el valor de la intensidad medida de la corriente que circula en al menos uno de los diodos adecuados para ser protegidos por dicho segundo interruptor (46; 96) y el valor de una intensidad de referencia, y **porque**, durante la etapa (90) de emisión de una señal de control, la señal de control es una señal de control de apertura cuando la desviación entre la intensidad medida de la corriente que circula en dicho al menos un diodo (38) y la intensidad de referencia es superior a una desviación predeterminada.
- 50

11. Procedimiento según la reivindicación 9, **caracterizado porque**, durante la etapa (84) de medida, la medida es una medida de la intensidad de la corriente que circula en el o cada diodo (38) de la o de cada rama (30), a través de una medida de la intensidad de la corriente principal que comprende la corriente que circula en dicho diodo (38), y **porque** la etapa de comparación consiste en una comparación entre el valor de la intensidad de la corriente principal medida y un valor nulo.
- 55

12. Procedimiento según la reivindicación 10 u 11, **caracterizado porque**, durante la etapa (84) de medida, la medida es una medida de la intensidad de la corriente que circula en el o cada diodo (38) de la o de cada rama (30) y de la derivada de la intensidad de la corriente que circula en el o cada diodo (38) de la o de cada rama (30),

porque la etapa de comparación consiste en una comparación entre el signo del valor de la intensidad de la corriente que circula en al menos uno de los diodos (38) adecuados para ser protegidos por dicho segundo interruptor (46; 96) y el signo del valor de la derivada de la intensidad de la corriente que circula en este diodo (38), y **porque**, durante la etapa (90) de emisión de una señal de control, la señal de control es una señal de control de apertura, cuando el valor de la intensidad de la corriente que circula en dicho al menos un diodo (38) y el valor de la derivada de esta intensidad son del mismo signo.

5

13. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12, **caracterizado porque** la señal de control de apertura se transmite al o a cada segundo interruptor (46; 96) electrónico, y es adecuada para controlar la apertura simultánea del conjunto de los segundos interruptores (46; 96) electrónicos del sistema (10) de conversión.

10

14. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 13, **caracterizado porque**, cuando la señal de control del, de los, o de uno de los segundo(s) interruptor(es) (46; 96) electrónico(s) es una señal de control de apertura, la etapa de control comprende además la emisión de una señal de control de apertura forzada del, de los, o de uno de los primer(os) interruptor(es) (37) electrónico(s).

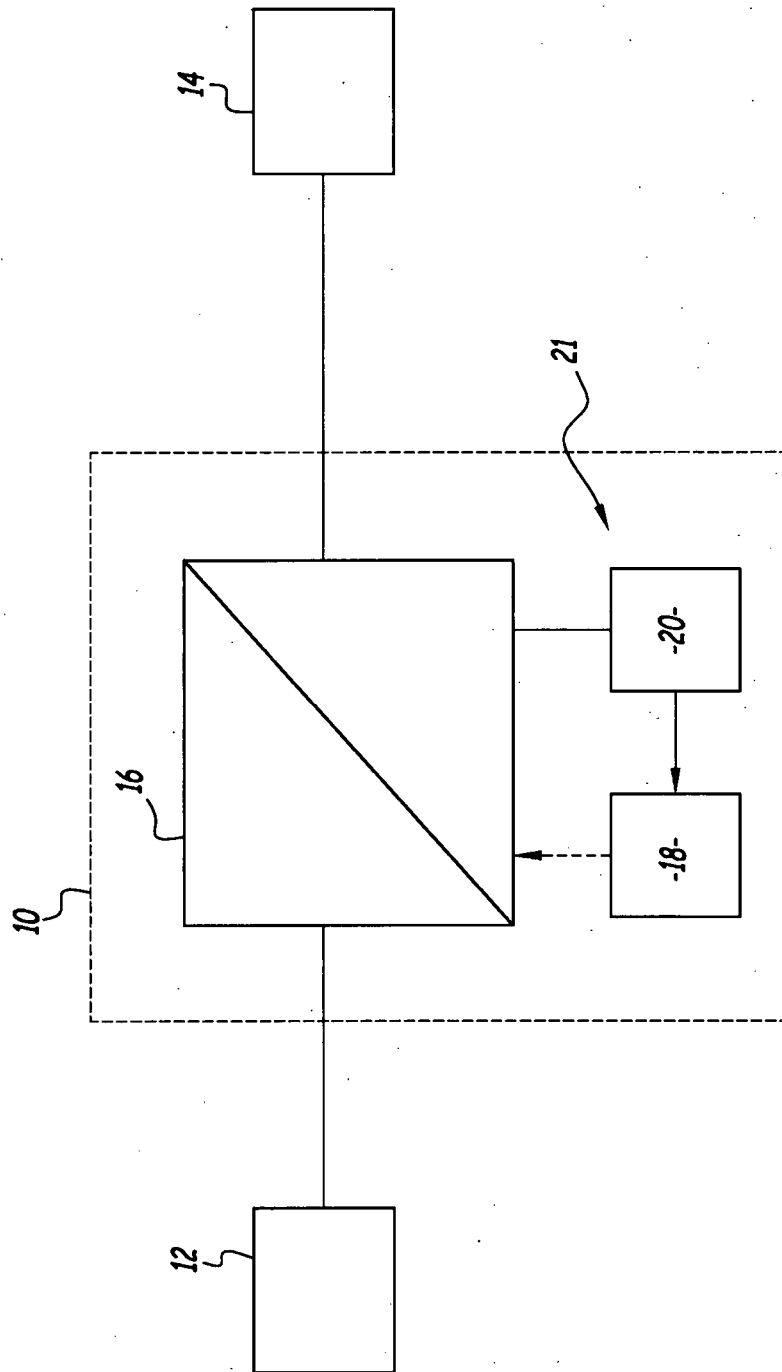


Fig.1

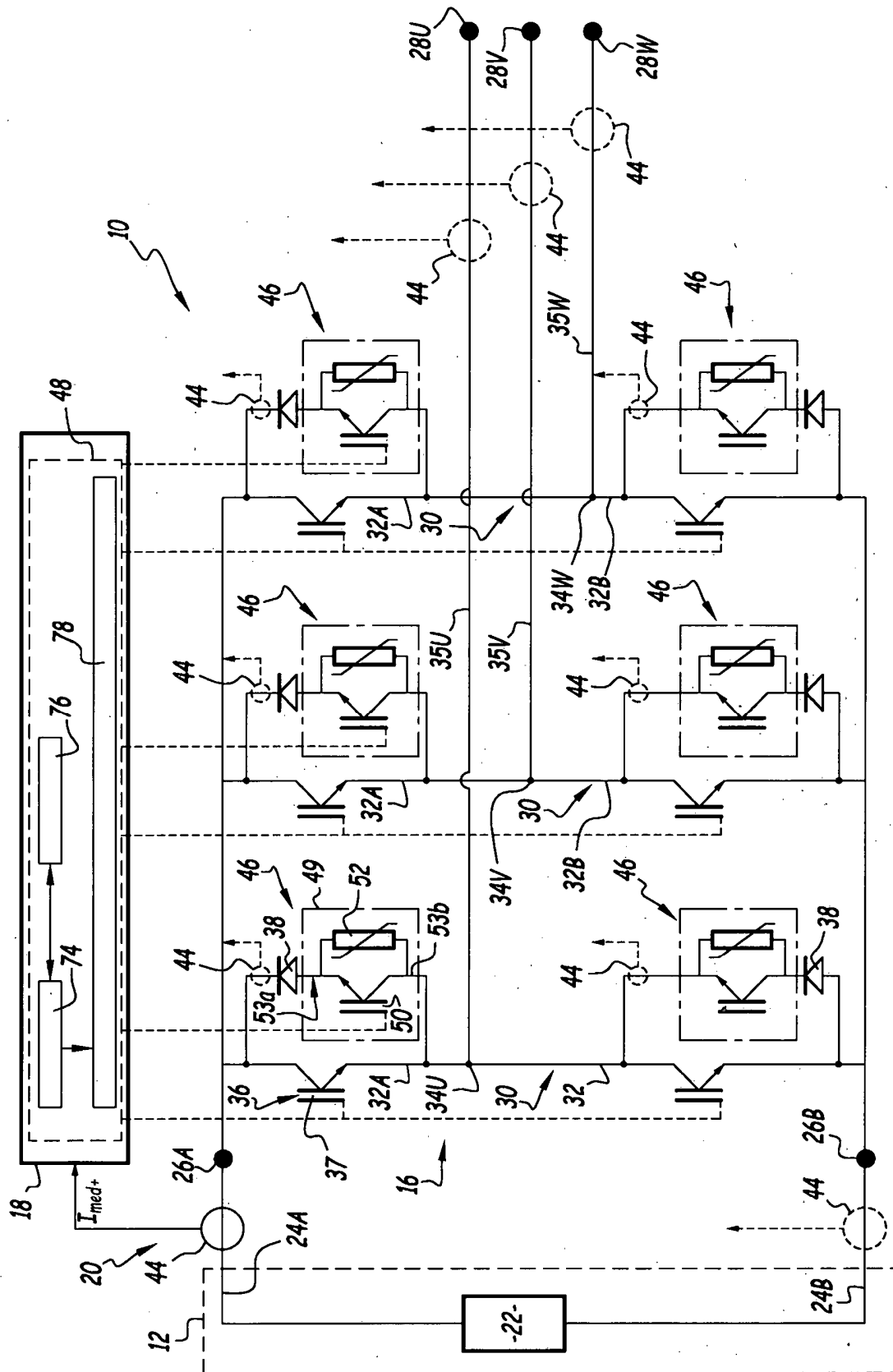


Fig. 2

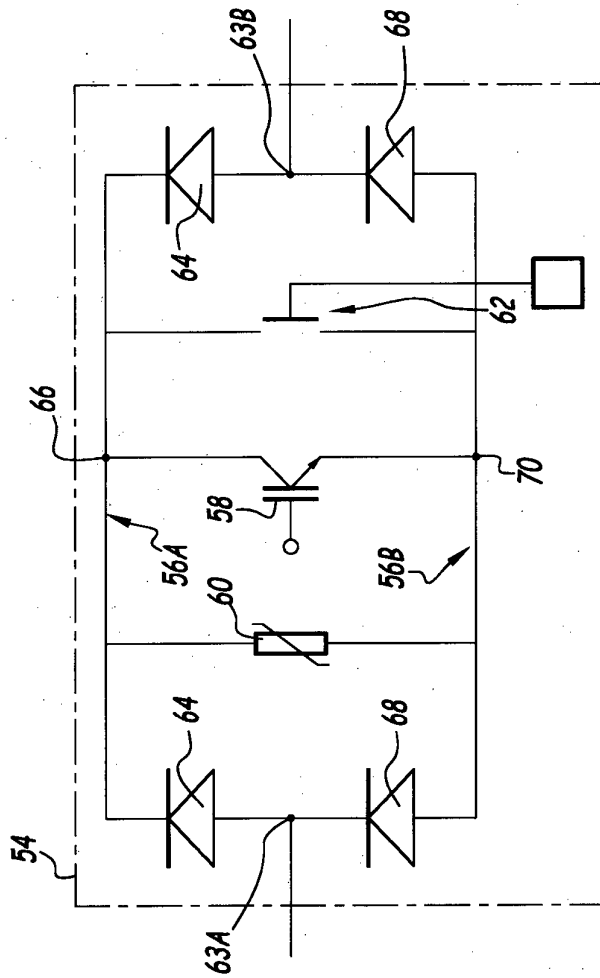


Fig.3

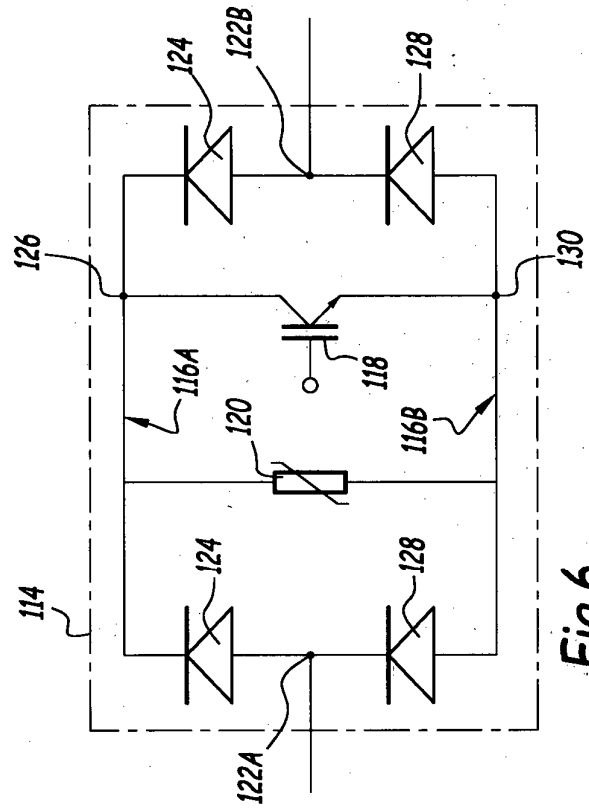


Fig.6

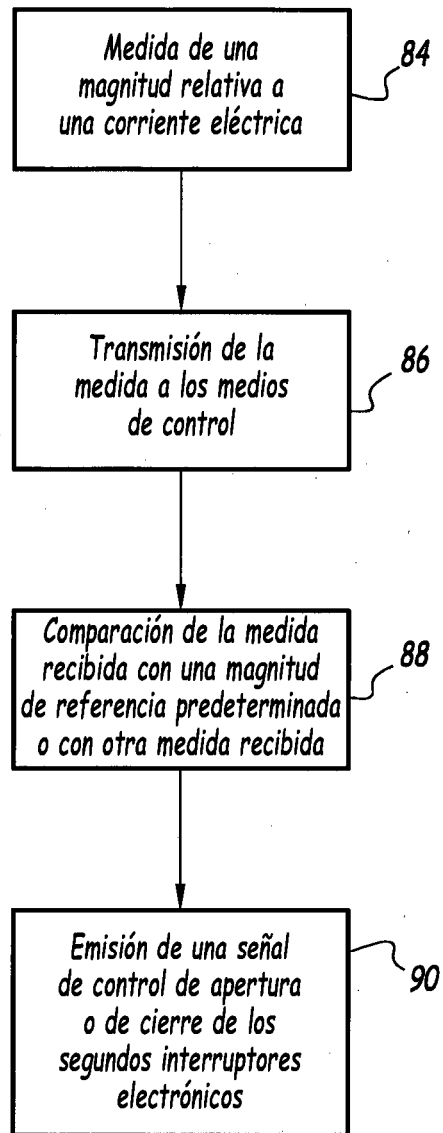


Fig.4

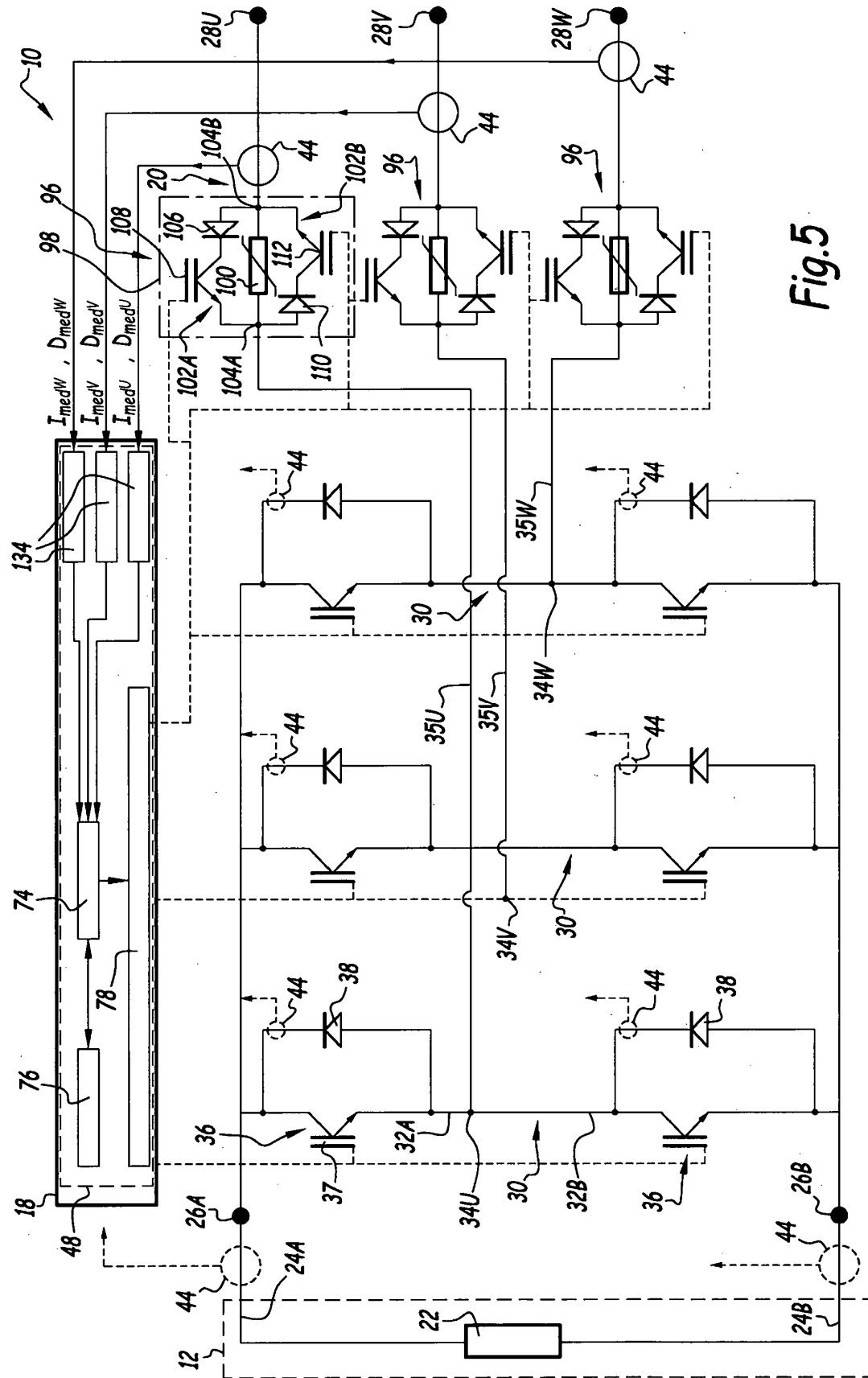


Fig.5

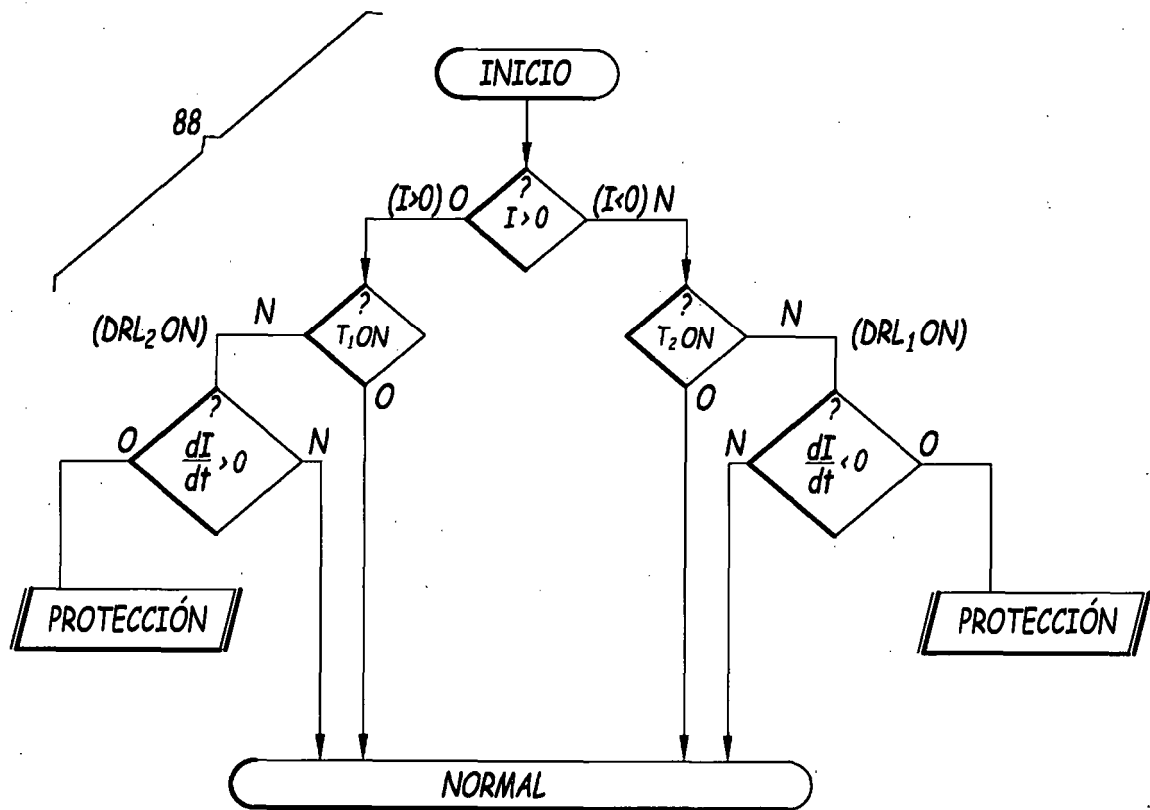


Fig.7

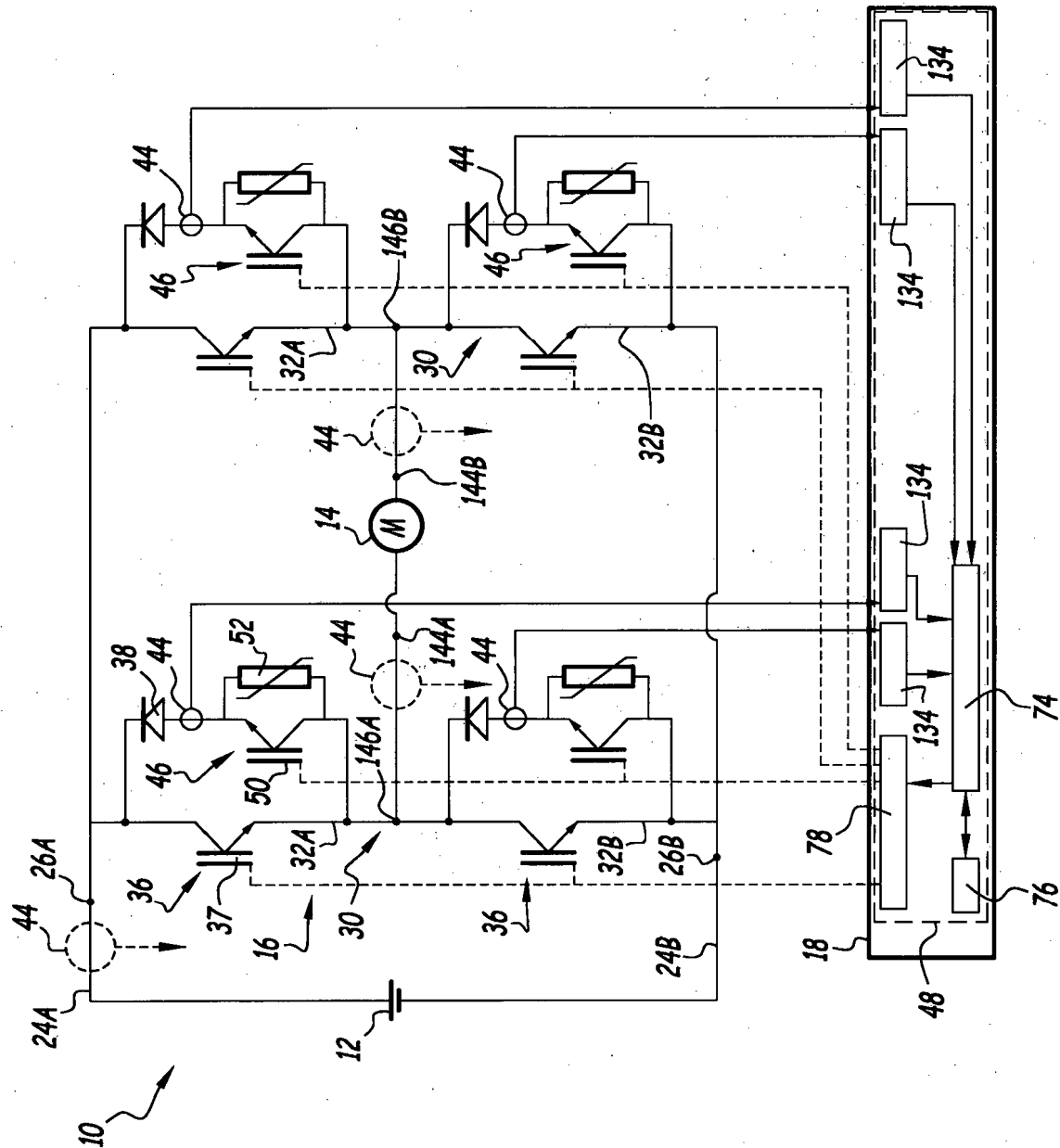


Fig. 8