

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 398 063**

51 Int. Cl.:

**H02P 3/06** (2006.01)

**H02P 9/00** (2006.01)

**H02J 3/38** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.12.2011 E 11010073 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.12.2012 EP 2472714**

54 Título: **Sistema y método de conversión de energía**

30 Prioridad:

**28.12.2010 US 979909**

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

**13.03.2013**

73 Titular/es:

**VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)  
Hedeager 44  
8200 Aarhus N, DK**

72 Inventor/es:

**TRIPATHI, ANSHUMAN;  
KAPUPPANAN, YUGARAJAN;  
OPINA, GIL JR LAMPONG;  
GUPTA, AMIT KUMAR y  
ANG, ZHI YOONG**

74 Agente/Representante:

**ARIAS SANZ, Juan**

**ES 2 398 063 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**

Sistema y método de conversión de energía

**Campo técnico**

5 La invención se refiere, en general, a un sistema para convertir energía eléctrica y a un método para convertir energía eléctrica. Por ejemplo, el sistema y el método pueden convertir energía eléctrica procedente de un generador de turbina eólica y proporcionar la energía convertida al suministro de energía de red eléctrica.

**Antecedentes**

10 El documento US 2009/0001725 A1 describe un sistema de convertidor con una pluralidad de módulos de convertidor que pueden convertir la energía eléctrica producida por un generador en energía eléctrica aplicable a una red de distribución de uso general. Los módulos de convertidor comprenden convertidores CA/CC de generador, enlaces de CC con condensadores de enlace de CC y convertidores CC/CA de red de distribución y pueden habilitarse o deshabilitarse en respuesta a un parámetro relacionado con la cantidad variable de energía eléctrica producida por el generador. Los interruptores de frenado para la disipación de energía residual pueden acoplarse en paralelo a los condensadores de enlace de CC.

15 El documento US 2004/0100102 A1 se refiere a una instalación de energía eólica con múltiples sistemas de generación de energía independientes dispuestos en paralelo, pero interconectados de manera conmutable para permitir el funcionamiento continuado en el caso de un fallo de componente crítico.

20 El documento US 2008/0297088 A1 describe un sistema de accionamiento de combustible/eléctrico con un generador y una pluralidad de módulos de convertidor con un conmutador de conexión entre los enlaces de CC de dos de los convertidores que permite que se alimente energía el enlace de CC de uno de los convertidores por medio del otro.

**Sumario**

25 Un primer aspecto de la invención se refiere a un sistema de conversión de energía para convertir energía eléctrica procedente de al menos una fuente de energía. El sistema comprende una pluralidad de cadenas de convertidor que acoplan la al menos una fuente de energía a al menos una carga. Al menos dos de las cadenas de convertidor comprenden una unidad de disipación asociada. Las unidades de disipación están acopladas por medio de al menos un conmutador. Un controlador está dispuesto para controlar el al menos un conmutador para encaminar la energía que va a disiparse desde una de las cadenas de convertidor hasta la unidad de disipación asociada de la cadena de convertidor, o hasta al menos una de las otras unidades de disipación, o hasta la unidad de disipación asociada de la cadena de convertidor y hasta al menos una de las otras unidades de disipación, para provocar la disipación correspondiente de la energía que va a disiparse.

35 Un segundo aspecto de la invención se refiere a un método para convertir energía eléctrica que comprende encaminar la energía eléctrica procedente de al menos una fuente de energía hasta al menos una carga por medio de una pluralidad de cadenas de convertidor. Al menos dos de las cadenas de convertidor comprenden una unidad de disipación asociada. Las unidades de disipación están acopladas por medio de al menos un conmutador. Controlando el al menos un conmutador, la energía que va a disiparse desde una de las cadenas de convertidor se encamina hasta la unidad de disipación asociada de la cadena de convertidor, o hasta al menos una de las otras unidades de disipación, o hasta la unidad de disipación asociada de la cadena de convertidor y hasta al menos una de las otras unidades de disipación, para provocar la disipación correspondiente de la energía que va a disiparse.

**Breve descripción de los dibujos**

40 En la siguiente descripción, la invención se explicará en más detalle con referencia a los ejemplos de implementación mostrados en los dibujos, en los que

la figura 1 es una vista global esquemática de un ejemplo del sistema de conversión de energía;

la figura 2 muestra una ilustración esquemática de otro ejemplo del sistema de conversión de energía;

45 la figura 3 ilustra un ejemplo de funcionamiento del sistema de conversión de energía de figura 2;

la figura 4 ilustra otro ejemplo del funcionamiento del sistema de conversión de energía de figura 2;

la figura 5 ilustra un ejemplo adicional del funcionamiento del sistema de conversión de energía de figura 2;

la figura 6 muestra una ilustración esquemática de otro ejemplo del sistema de conversión de energía;

la figura 7 muestra una ilustración esquemática de un ejemplo adicional del sistema de conversión de energía;

50 la figura 8 muestra una ilustración esquemática de otro ejemplo del sistema de conversión de energía;

la figura 9 muestra una ilustración esquemática de aún otro ejemplo del sistema de conversión de energía;

la figura 10 muestra una ilustración esquemática de aún otro ejemplo del sistema de conversión de energía; y

la figura 11 muestra un diagrama de estado que ilustra esquemáticamente un ejemplo del método para convertir energía.

## 5 Descripción detallada

La invención se refiere a un sistema de conversión de energía para convertir energía eléctrica procedente de al menos una fuente de energía.

10 Por ejemplo, esta al menos una fuente de energía puede ser un generador de turbina eólica que proporciona energía de CA eléctrica; o una pluralidad de generadores de turbina eólica puede proporcionar energía al sistema de conversión de energía como una pluralidad de fuentes de energía. Alternativamente, un generador de turbina eólica puede dividirse en una pluralidad de segmentos de generador, que producen una pluralidad de salidas de energía de CA independientes y representan por tanto fuentes de energía separadas. Los generadores segmentados aumentan la fiabilidad de un generador, ya que los casos de avería de generador se refieren en su mayoría sólo a segmentos de generador individuales, de modo que los otros segmentos pueden seguir funcionando.

15 El sistema de conversión de energía acopla la al menos una fuente de energía a al menos una carga, por ejemplo la red de suministro de energía de red eléctrica. Por tanto, el sistema de conversión de energía puede convertir en un ejemplo la energía de CA eléctrica procedente de un generador de turbina eólica en energía de CA adaptada a los requisitos de la red de suministro de energía de red eléctrica y suministrar la energía de CA convertida a la red de suministro de energía de red eléctrica. Otros componentes, tales como uno o más transformadores, pueden acoplarse entre el sistema de conversión de energía y la carga. En otro ejemplo, el sistema de conversión de energía puede acoplar la energía procedente de la al menos una fuente de energía a una pluralidad de cargas, por ejemplo una pluralidad de redes de suministro.

25 Además, el sistema de conversión de energía comprende una pluralidad de cadenas de convertidor que pueden proporcionar trayectorias de transferencia de energía diferentes desde la al menos una fuente de energía hasta la al menos una carga. En un ejemplo, por ejemplo si las cadenas de convertidor acoplan una única fuente de energía a una carga común, las cadenas de convertidor pueden conectarse eléctricamente en paralelo. En otros ejemplos, las cadenas de convertidor pueden no estar conectadas en sus entradas o sus salidas o ambas, por ejemplo si las cadenas de convertidor están acopladas a fuentes de energía diferentes o cargas diferentes o ambas. Si se proporciona acoplamiento galvánico sólo en un lado de las cadenas de convertidor o no se proporciona en absoluto, el flujo de corriente cruzado desde una cadena de convertidor hasta la otra puede evitarse o al menos limitarse.

30 Proporcionar una pluralidad de cadenas de convertidor para acoplar la al menos una fuente de energía a la al menos una carga permite la distribución de la corriente producida por la al menos una fuente de energía a la pluralidad de cadenas de convertidor, con el resultado de que las corrientes inferiores fluyen a través de las cadenas de convertidor individuales. Además, las implementaciones con una pluralidad de cadenas de convertidor pueden mejorar la fiabilidad del sistema de conversión de energía y proporcionar redundancia. Por ejemplo, cada cadena de convertidor puede comprender conmutadores controlables para aislar, y por tanto desactivar, componentes de cadenas de convertidor individuales de la al menos una fuente de energía y la al menos una carga. Además, las cadenas de convertidor pueden acoplarse por medio de conmutadores controlables para permitir la derivación de componentes de cadena de convertidor desactivados. Por tanto, en algunos ejemplos puede ser posible distribuir toda o parte de la energía encaminada de otro modo a través del componente de convertidor desactivado hasta uno o más componentes de las otras cadenas de convertidor. En otras implementaciones que conectan las cadenas de convertidor a fuentes de energía dedicadas, por ejemplo segmentos de generador dedicados, el sistema puede seguir funcionando con salida de energía reducida si una de las cadenas de convertidor está desactivada.

35 Según un ejemplo de implementación, una cadena de convertidor puede comprender un convertidor CA/CC de lado de fuente y un convertidor CC/CA de lado de carga acoplados en serie. Entre el convertidor CA/CC y el convertidor CC/CA, los enlaces de CC pueden proporcionar en un ejemplo acoplamiento de CC. En lo sucesivo, la expresión "lado de fuente" indica que un componente está más próximo a la fuente que un componente de referencia, que es el enlace de CC o, si no hay enlace de CC, un punto entre los dos convertidores de una cadena de convertidor, si no se indica lo contrario; y la expresión "lado de carga" indica que un componente está más próximo a la carga que el componente de referencia.

40 Al menos dos de los enlaces de CC pueden acoplarse en un ejemplo por medio de uno o más conmutadores. Esto puede permitir que componentes de cadena de convertidor se deriven, por ejemplo el convertidor CC/CA de lado de carga (véase anteriormente), y la conexión de los enlaces de CC puede mejorar el equilibrio de tensión de enlace de CC de las cadenas de convertidor.

55 Además, las cadenas de convertidor pueden comprender conmutadores controlables para aislar tanto el convertidor CA/CC de lado de fuente como el convertidor CC/CA de lado de carga de una o más de las cadenas de convertidor de la al menos una fuente de energía y la al menos una carga.

Al menos dos de las cadenas de convertidor comprenden una unidad de disipación asociada. Una unidad de disipación asociada puede acoplarse a la cadena de convertidor asociada correspondiente por medio de uno o más conmutadores, por ejemplo conmutadores controlables mediante el controlador o dispositivos electrónicos que se proporcionan automáticamente para una conexión en ciertas condiciones predeterminadas (por ejemplo los diodos que están encendidos en una caída de tensión predeterminada). Alternativamente, en particular si el comienzo de la disipación de energía puede controlarse y no se inicia automáticamente en cuanto la energía se introduce en la unidad de disipación, la unidad de disipación asociada puede acoplarse a la cadena de convertidor sin usar conmutadores. Otras unidades de disipación no asociadas con la cadena de convertidor pueden acoplarse en un ejemplo a esa cadena de convertidor sólo de manera indirecta por medio de componentes adicionales, en particular por medio de otra unidad de disipación, de modo que la energía procedente de la cadena de convertidor puede encaminarse hasta otras unidades de disipación sólo por medio de estos componentes adicionales. En algunos ejemplos, encaminar la energía desde una cadena de convertidor hasta una unidad de disipación que no es la unidad de disipación asociada requiere el control (o cierre) de al menos un conmutador más controlable que al encaminar la energía desde la cadena de convertidor hasta su unidad de disipación asociada. En un ejemplo, la energía que va a disiparse puede encaminarse desde una cadena de convertidor hasta la unidad de disipación asociada por defecto y hasta otras unidades de disipación solo bajo circunstancias especiales.

Cada unidad de disipación puede comprender uno o más elementos de disipación que pueden convertir la energía eléctrica que va a disiparse en calor o en una forma diferente de energía, por ejemplo una o más resistencias. En el presente documento, la expresión "energía que va a disiparse" se refiere a la energía presente en una cadena de convertidor que no puede manejarse apropiadamente mediante la cadena de convertidor o uno o más componentes de la cadena de convertidor debido a un caso de avería de cualquier tipo. Por ejemplo, puede ser la energía que se introduce en una cadena de convertidor procedente de la al menos una fuente de energía pero que no puede convertirse debido a una avería de convertidor; o la energía en exceso introducida en una cadena de convertidor, debido a una turbina eólica conectada a un generador de turbina eólica que representa la al menos una fuente de energía que trabaja en exceso; o la energía residual en el enlace de CC después de la desactivación de una cadena de convertidor. Disipar tal energía puede proteger a los componentes electrónicos de las cadenas de convertidor y por tanto prolongar su ciclo de vida.

Disipar energía por medio del uno o más elementos de disipación puede controlarse mediante un controlador. Por ejemplo, los conmutadores controlables acoplados al uno o más elementos de disipación pueden permitir que la disipación comience y se detenga de manera controlada, y/o la cantidad de energía disipada puede controlarse por ejemplo por medio del control de PWM de los conmutadores correspondientes.

Según la invención, las al menos dos unidades de disipación están acopladas por medio de al menos un conmutador controlable mediante un controlador. Por un lado, esto permite distribuir la energía que va a disiparse a al menos dos unidades de disipación, permitiendo por tanto la disipación de cantidades más grandes de energía sin proporcionar unidades de disipación más grandes y protegiendo las unidades de disipación separadas de sobrecarga o desgaste por ejemplo durante casos de avería de larga duración. Por otro lado, las unidades de disipación pueden acoplarse para permitir en un ejemplo que se derive una unidad de disipación (por ejemplo defectuosa), proporcionando por tanto redundancia.

Las implementaciones del sistema de conversión de energía que comprende más de dos cadenas de convertidor con unidades de disipación asociadas pueden acoplar por ejemplo todas las unidades de disipación por medio de conmutadores controlables. Alternativamente, las unidades de disipación pueden distribuirse en grupos diferentes de al menos dos unidades de disipación, y sólo las unidades de disipación de un grupo pueden conectarse entre sí por medio de conmutadores controlables. Cuando mayor sea el número de unidades de disipación acopladas, mayores son las cantidades de energía y mayores son los casos de avería que pueden manejarse y mayor es la redundancia que puede proporcionarse. El número óptimo de unidades de disipación acopladas depende de la aplicación y de las cantidades implicadas de energía que va a disiparse.

Las unidades de disipación pueden acoplarse en algunos ejemplos a sus unidades de disipación adyacentes espacialmente por medio de líneas que se interrumpen mediante los conmutadores controlables, es decir acoplados en serie. Para tales implementaciones puede usarse una línea en anillo interrumpida mediante los conmutadores controlables que también acopla las unidades de disipación dispuestas en posiciones más externas espacialmente.

En otras implementaciones, las unidades de disipación pueden acoplarse en configuraciones con protección en caso de avería mejorada lo que permite la conexión de dos unidades de disipación cualesquiera sin implicar unidades de disipación interyacentes espacialmente. Tales configuraciones pueden acoplar las unidades de disipación por medio de los conmutadores controlables a un punto de conexión común, por ejemplo una línea común. Ejemplos son las configuraciones en estrella o las barras colectoras. En otro ejemplo, cada unidad de disipación pueden acoplarse a una pluralidad de otras unidades de disipación mediante líneas interrumpidas mediante conmutadores controlables.

Como ya se explicó, las unidades de disipación pueden acoplarse a sus cadenas de convertidor asociadas por ejemplo por medio de conmutadores. En algunos ejemplos, las unidades de disipación están acopladas a un punto en la entrada de sus cadenas de convertidor asociadas en el que la energía de entrada recibida por la cadena de convertidor procedente de la al menos una fuente de energía, que va a convertirse, puede derivarse y encaminarse

5 hasta la unidad de disipación asociada antes de entrar en otros componentes de la cadena de convertidor (en particular los convertidores). Si la energía de entrada es una energía de CA polifásica proporcionada por múltiples líneas de fase, las unidades de disipación pueden comprender varios elementos de disipación (por ejemplo resistencias) que son iguales al número de fases (líneas de fase) de la energía de entrada. En el caso de que vaya a disiparse la energía de CA polifásica de entrada, cada elemento de disipación puede acoplarse a una línea de fase respectiva. En otros ejemplos, la unidad de disipación puede comprender un convertidor CA/CC, por ejemplo un rectificador de puente de diodo, para convertir la energía de CA en energía de CC; la energía de CC puede entonces disiparse mediante un único elemento de disipación.

10 Adicional o alternativamente, las unidades de disipación pueden acoplarse en un ejemplo a un punto entre los convertidores de lado de fuente y lado de carga de sus cadenas de convertidor asociadas, por ejemplo a través de los enlaces de CC (si se proporcionan), para permitir que la energía presente entre los convertidores o en los enlaces de CC se encamine hasta las unidades de disipación.

Pueden elegirse otros puntos para acoplar las unidades de disipación asociadas a sus cadenas de convertidor respectivas.

15 El sistema de conversión de energía comprende también un controlador que está dispuesto para encaminar la energía procedente de la al menos una fuente de energía hasta la al menos una carga por medio de la pluralidad de cadenas de convertidor. Además, el controlador está dispuesto para encaminar la energía que va a disiparse desde una de las cadenas de convertidor hasta su unidad de disipación asociada; o hasta al menos una de las otras unidades de disipación; o hasta su unidad de disipación asociada y hasta al menos una de las otras unidades de disipación controlando el uno o más conmutadores controlables que acoplan las unidades de disipación para provocar la disipación correspondiente de la energía que va a disiparse.

Por ejemplo, el controlador puede comprender uno o más microcontroladores, o puede ser una rutina de software. Otras configuraciones son posibles.

25 En una implementación, el controlador puede monitorizar uno o más parámetros indicativos de la presencia de la energía que va a disiparse en una o más de las cadenas de convertidor. Por ejemplo, el uno o más parámetros puede ser uno o más de los siguientes: la tensión entre los terminales de convertidor o a través del enlace de CC de las cadenas de convertidor; la corriente en los terminales de convertidor o en el enlace de CC de las cadenas de convertidor; la energía de salida procedente de la al menos una fuente de energía; la corriente de salida procedente de la al menos una fuente de energía; la tensión de salida procedente de la al menos una fuente de energía; la tensión de la carga; y la frecuencia de la carga. Basándose en estos uno o más parámetros, el controlador puede detectar la presencia de la energía que va a disiparse en una o más cadenas de convertidor, y en un ejemplo de implementación también puede detectar e identificar uno o más de una pluralidad de posibles casos de avería. Por ejemplo, tales casos de avería comprenden casos de avería de fuente, tales como cortocircuitos monofásicos, bifásicos o trifásicos, casos de avería de carga, tales como baja tensión, alta tensión y tensión cero, y casos de avería de convertidor, tales como fallo de componentes de convertidor. En algunos ejemplos, el controlador puede derivar y detectar la presencia de la energía que va a disiparse en una cadena de convertidor a partir de y basándose en la detección e identificación de un caso de avería, o viceversa.

35 Si se detecta la presencia de la energía que va a disiparse en una cadena de convertidor, el controlador puede activar en un ejemplo el encaminamiento de la energía que va a disiparse hasta una o más unidades de disipación controlando uno o más conmutadores correspondientes controlables.

40 En una implementación, el controlador puede encaminar la energía que va a disiparse hasta la unidad de disipación asociada con la cadena de convertidor correspondiente por defecto. El controlador puede decidir también por ejemplo basándose en el caso de avería detectado si la energía de entrada de la cadena de convertidor o la energía entre los convertidores, o en los enlaces de CC, va a encaminarse hasta la unidad de disipación asociada. En particular, si se produce un caso de avería con respecto a la al menos una fuente de energía o un componente de cadena de convertidor dispuesto en el lado de fuente de un punto entre los convertidores o del enlace de CC, el controlador puede encaminar la energía de entrada de la cadena de convertidor hasta la unidad de disipación; y si se produce un caso de avería con respecto a la carga o un componente de cadena de convertidor en el lado de carga de un punto entre los convertidores o del enlace de CC, el controlador puede encaminar la energía entre los convertidores o en el enlace de CC hasta la unidad de disipación asociada.

45 En una implementación, el controlador encaminará la energía que va a disiparse no hasta la unidad de disipación asociada, sino hasta una o más otras unidades de disipación por ejemplo si la unidad de disipación asociada está no disponible debido a una avería (por ejemplo debido al sobrecalentamiento), o está disponible de manera restringida por ejemplo debido a que todavía puede disiparse energía debido a otro caso de avería. Por supuesto, el controlador puede considerar también la disponibilidad de las otras unidades de disipación para esta decisión.

55 Además, el controlador puede encaminar la energía que va a disiparse desde una de las cadenas de convertidor hasta más de una unidad de disipación (o bien a la unidad de disipación asociada y al menos otra unidad de disipación, o bien hasta al menos otras dos unidades de disipación, dependiendo de por ejemplo la disponibilidad de

la unidad de disipación asociada) por ejemplo cuando disipar la energía que va a disiparse en una única unidad de disipación tendría el riesgo de sobrecarga o desgaste de esa única unidad de disipación. Un riesgo de este tipo puede producirse, por ejemplo, si se presenta o espera una gran cantidad de energía que va a disiparse (una cantidad de energía que supera por ejemplo un umbral de energía) debido a la naturaleza del caso de avería actual; o si hay un caso de avería de larga duración (un caso de avería mayor por ejemplo que un intervalo de tiempo predeterminado).

Además, el controlador puede controlar la disipación en las unidades de disipación, en particular la disipación de partida y de detención. Por ejemplo por medio del control de PWM de uno o más los conmutadores correspondientes, puede controlarse adicionalmente la cantidad de energía disipada por el/los elemento(s) de disipación en un cierto intervalo de tiempo.

El controlador también puede aislar y/o derivar los componentes de cadena de convertidor basándose en un caso de avería detectado controlando los conmutadores correspondientes.

El método para convertir energía está relacionado en un ejemplo con las etapas descritas anteriormente que se llevan a cabo e inician por el controlador.

A continuación se explicarán en más detalle los ejemplos de implementación mostrados en los dibujos.

La figura 1 es una vista global esquemática de un ejemplo del sistema de conversión de energía. Como puede observarse, el sistema de conversión de energía 10 acopla un generador de turbina eólica 1 al suministro de energía de red eléctrica 5, que representa una carga. El generador de turbina eólica 1 proporciona las salidas de energía de CA independientes primera y segunda 11 y 12 y por tanto proporciona dos fuentes de energía. Ni el generador de turbina eólica 1 ni el suministro de energía de red eléctrica 5 son parte del sistema de conversión de energía 10.

Tal como se ilustra, el sistema de conversión de energía 10 comprende dos cadenas de convertidor 2 y 3 y un controlador 4. La cadena de convertidor 2 recibe la primera salida de energía de CA a medida que se introduce y la convierte en una energía adaptada para suministrarse al suministro de energía de red eléctrica 5. La cadena de convertidor 3 recibe la segunda salida de energía de CA a medida que se introduce y la convierte en una energía adaptada para suministrarse al suministro de energía de red eléctrica 5. Las energías extraídas mediante la cadenas de convertidor 2 y 3 se añaden las unas a las otras. El resultado de la adición representa la salida del sistema de conversión de energía 10, que se suministra al suministro de energía de red eléctrica 5. En la mayoría de los casos, uno o más transformadores (no mostrados) se proporcionan o bien como parte del sistema de conversión de energía 10 o bien entre el sistema de conversión de energía 10 y el suministro de energía de red eléctrica 5. El sistema de conversión de energía 10 puede comprender componentes adicionales.

El controlador 4 está dispuesto para encaminar la energía desde las fuentes de energía 11 y 12 hasta el suministro de energía de red eléctrica 5 por medio de las cadenas de convertidor 2 y 3. Detalles adicionales de la funcionalidad del controlador 4 se describirán con referencia a las siguientes figuras.

La figura 2 muestra una representación esquemática de otro ejemplo de un sistema de conversión de energía. Ha de observarse que la disposición circular se ha elegido únicamente para fines ilustrativos. En la práctica es poco probable que un sistema de conversión de energía se disponga de esta manera.

El sistema de conversión de energía de la figura 2 acopla cuatro fuentes de energía trifásicas 11-14 a cuatro cargas 51-54. Las fuentes de energía 11-14 pueden representar cuatro segmentos de generador (por ejemplo conjuntos de devanado aislados magnética y eléctricamente) de un generador de turbina eólica, que produce cada uno su respectiva salida de energía de CA trifásica. Tales segmentos de generador están dispuestos a menudo en pares simétricos (por ejemplo en pares de conjuntos de devanado distribuidos simétricamente de manera axial sobre el estator). Esto se aplica también al ejemplo de la figura 2: las fuentes de energía 11 y 13 forman un par simétrico de conjuntos de devanado, y las fuentes de energía 12 y 14 forman un par simétrico de conjuntos de devanado. Las fuentes de energía 11-14 pueden acoplarse en sus puntos neutros por medio de conmutadores controlables S1. Por ejemplo, un controlador 4 puede controlar los conmutadores S1 para acoplar las fuentes de energía 11-14. Los segmentos de generador sólo deben acoplarse si están diseñados simétricamente para evitar la circulación de energía entre los segmentos de generador acoplados.

Los conmutadores controlables S1 así como el resto de los conmutadores controlables mencionados anteriormente y a continuación pueden ser cualquier dispositivo que permita la ruptura y realización controlada de una conexión dependiendo de las señales de control de un controlador. Por ejemplo, los conmutadores pueden ser interruptores, contactores con o sin un fusible, conmutadores de energía de semiconductores, por ejemplo transistores bipolares de compuerta aislada, transistores de efecto de campo metal-óxido-semiconductor (MOSFET), transistores IGBT, tiristores desactivados por compuerta (GTO), tiristores antiparalelos o diodos controlables. Un conmutador controlable puede comprender uno o más conmutadores. Por ejemplo, un conmutador controlable en una línea trifásica puede comprender tres conmutadores, una para cada línea de fase. En otro ejemplo, un conmutador controlable comprende conmutadores redundantes, por ejemplo dos conmutadores paralelos, que permiten la realización y ruptura selectiva de la conexión correspondiente aunque esté dañado uno de los conmutadores. En el

presente documento, la expresión “cerrar” un conmutador indica controlar el conmutador para realizar una conexión; la expresión “abrir” un conmutador indica controlar el conmutador para romper una conexión.

De vuelta a la figura 2, el sistema de conversión de energía comprende cuatro cadenas de convertidor idénticas. Para una mayor claridad, los símbolos de referencia sólo se han añadido a una parte de los componentes representados del sistema de conversión de energía, concretamente a la cadena de convertidor 2 y parcialmente a la cadena de convertidor 3. Las siguientes explicaciones con respecto a los componentes referenciados mediante los símbolos de referencia se aplican a los componentes correspondientes sin símbolos de referencia en analogía.

La cadena de convertidor 2 es una de las cuatro cadenas de convertidor y acopla la fuente de energía 11 a la carga 51. Comprende un convertidor CA/CC de lado de fuente 21 conectado a la fuente de energía 11, que convierte la energía de CA recibida de la fuente de energía 11 en energía de CC. El convertidor CA/CC 21 (como el resto de los convertidores) se ilustra generalmente mediante seis conmutadores. Además, la cadena de convertidor 2 comprende un enlace de CC, que se representa en la figura 2 como un segmento de las líneas en círculo 6 y 7; línea en círculo 7 está habitualmente en el potencial de tierra. Los segmentos respectivos de las líneas de círculo 6 y 7 que forman los enlaces de CC de las cadenas de convertidor individuales pueden conectarse y separarse por medio de conmutadores controlables (uno de los cuales es el conmutador S24).

En general, el enlace de CC puede comprender un almacenamiento de energía capacitivo (por ejemplo un condensador), o (especialmente sólo cuando se producen corrientes bajas) un almacenamiento de energía inductivo (por ejemplo una bobina de inductancia). En el ejemplo de la figura 2 se proporciona un condensador (aunque no se muestra).

De nuevo con referencia a la figura 2, acoplado al enlace de CC 6, 7 hay un convertidor CC/CA de lado de carga 22, que convierte la energía de CC recibida por medio del enlace de CC en energía de CA adaptada a los requisitos de la carga 51 y la acopla a la carga 51. Tales requisitos de la carga 51 pueden referirse a la frecuencia, la tensión u otras propiedades de la señal de energía. El funcionamiento del convertidor CA/CC 21 y el convertidor CC/CA 22 puede controlarse mediante el controlador 4 u otro controlador.

Además, la cadena de convertidor 2 comprende una unidad de disipación asociada 24, que está acoplada por medio de conmutadores controlables S21 a la entrada de la cadena de convertidor en el lado de fuente del convertidor CA/CC 21 y por medio de conmutadores controlables S22 al enlace de CC. El controlador 4 está dispuesto para controlar los conmutadores S21 para encaminar la energía recibida en la entrada de la cadena de convertidor hasta la unidad de disipación 24 y para controlar los conmutadores S22 para encaminar la energía presente en el enlace de CC hasta la unidad de disipación 24.

Como puede observarse, la unidad de disipación 24 comprende tres elementos de disipación acoplados al potencial de tierra 8, y el conmutador controlable S21 comprende tres conmutadores. Esta configuración permite la conexión selectiva de las fases separadas de la energía de entrada de cadena de convertidor 2 a los elementos de disipación correspondientes.

El conmutador controlable S22 comprende también tres conmutadores para acoplar los tres elementos de disipación al enlace de CC. Como ya se ha mencionado, los enlaces de CC de las cadenas de convertidor individuales están acopladas por medio de conmutadores controlables; por ejemplo, el enlace de CC de la cadena de convertidor 2 se acopla al enlace de CC de la cadena de convertidor 3 por medio del conmutador S24, que se controla mediante el controlador 4. Por tanto, las unidades de disipación de las cadenas de convertidor adyacentes están acopladas por medio de conmutadores controlables; por ejemplo la unidad de disipación 24 se acopla a la unidad de disipación 34 por medio de conmutadores controlables S22, S24 y S32. Esto permite que el controlador 4 encamine la energía que va a disiparse por ejemplo desde la cadena de convertidor 2 hasta la unidad de disipación 34.

Lo mismo se aplica por analogía a las otras cadenas de convertidor.

La figura 3 muestra un detalle ampliado de la figura 2 e ilustra un ejemplo de funcionamiento del sistema de la figura 2. En particular, la figura 3 ilustra un ejemplo de funcionamiento correcto en condiciones en las que no tiene lugar la disipación de energía; por tanto, la energía se encamina sólo dentro del “canal” representado en la figura 3 como el círculo interno (“canal para el acoplamiento de CC”).

La figura 3 muestra la cadena de convertidor 2 y una parte de la cadena de convertidor 3. La energía de CA de la fuente de energía 11 se convierte mediante el convertidor CA/CC 21 en energía de CC, que está acoplada por medio del enlace de CC 6, 7 al convertidor CC/CA 22. El convertidor CC/CA 22 convierte la energía de CC en energía de CA adaptada según los requisitos de la carga 51 y la alimenta a la carga 51. Esta trayectoria de transferencia de energía se indica mediante la flecha P1.

Además, la energía de la fuente de energía 12 se recibe por la cadena de convertidor 3 y se convierte mediante el convertidor CA/CC 31 en energía de CC. Sin embargo, en lugar de procesar la salida de energía de CC adicionalmente dentro de la cadena de convertidor 3 por medio del convertidor CA/CC 31, la energía de CC se acopla por medio del conmutador S24 (que se controla mediante el controlador 4 para establecer una conexión, no mostrado) al enlace de CC de la cadena de convertidor 2 y se introduce en el convertidor CC/CA 22 para convertirse

en una energía de CA adecuada y encaminarse hasta la carga 51. Esta trayectoria de transferencia de energía se indica mediante la flecha P2.

5 Por tanto, dos convertidores CCA/CC acoplan la energía a un convertidor CC/CA compartido. Esta configuración puede elegirse por ejemplo en el caso de una demanda de energía aumentada de la carga 51, o si hay un fallo del convertidor de lado de carga de la cadena de convertidor 3.

10 La figura 4 muestra también un detalle ampliado de la figura 2 e ilustra otro ejemplo de funcionamiento del sistema de la figura 2. En particular, la figura 4 ilustra un ejemplo de funcionamiento en una situación en la que se produce un caso de avería de carga o un caso de avería de convertidor de lado de carga. Puesto que tiene lugar la disipación de energía, la energía se encamina también hasta el “canal” representado en la figura 4 como el círculo externo (“canal para la gestión de energía en exceso”).

La figura 4 representa tanto un caso de avería de carga como un caso de avería de convertidor de lado de carga. Sin embargo, lo siguiente se aplicaría también a la configuración representada si se produce sólo un caso de avería de carga o sólo un caso de avería de convertidor de lado de carga.

15 Tanto el caso de avería de carga como el caso de avería de convertidor de lado de carga tienen la consecuencia de que no se encamina más energía hasta el convertidor CC/CA 22 y la carga 51. Sin embargo, las fuentes de energía 11 y 12 todavía producen energía, que ya no puede manejarse apropiadamente por los convertidores 21, 22 y 31, 32. Se supone que canalizar la energía producida por las fuentes de energía 11 y 12 hasta otro convertidor de lado de carga y la carga no es una opción.

20 El controlador 4, que monitoriza constantemente la tensión de enlace de CC, la tensión de carga y otros parámetros requeridos, detecta los casos de avería y la presencia de la energía que va a disiparse en las cadenas de convertidor 2 y 3. Además, el controlador 4 detecta o se le informa de que ambas unidades de disipación asociadas 24 y 34 son correctas y están disponibles para la disipación de energía. Por tanto, el controlador 4 controla que el conmutador S22 se cierra para encaminar la energía que va a disiparse desde el enlace de CC de la cadena de convertidor 2 hasta la unidad de disipación 24 (véase la flecha P1), y el conmutador S32 se cierra para encaminar la energía que va a disiparse desde el enlace de CC de la cadena de convertidor 3 hasta la unidad de disipación 34 (véase la flecha P2).

30 El controlador 4 evalúa adicionalmente si la energía que va a disiparse debe distribuirse a más de una unidad de disipación. Para esto, el controlador 4 puede considerar en particular la cantidad de energía que va a disiparse o la duración (prevista o medida) de el/los caso(s) de avería. En el presente caso, el controlador 4 puede decidir además distribuir la energía que va a disiparse a una pluralidad de unidades de disipación, por ejemplo en el caso en que las fuentes de energía 11 y 12 produzcan cantidades considerablemente diferentes de energía. Si el controlador 4 decidiera distribuir la energía que va a disiparse a más de una unidad de disipación, el controlador 4 controlaría el conmutador S24 para cerrarlo, encaminando por tanto la energía desde ambas fuentes de energía 11 y 12 hasta ambas unidades de disipación 24 y 34.

35 Los casos de avería de carga, como por ejemplo los casos de baja tensión, son habitualmente bastante cortos. Asimismo, los componentes de convertidor pueden recuperarse después de un caso de avería, por ejemplo cuando estaban sobrecalentados. Por tanto, el controlador 4 continuará monitorizando los parámetros anteriores constantemente o en intervalos de tiempo predeterminados para detectar el final de un caso de avería.

40 En cuanto el controlador 4 detecta el final de un caso de avería, puede detener en un ejemplo de implementación la disipación de energía y reanudar el funcionamiento normal controlando los conmutadores S22 y S32 para interrumpir las conexiones a las unidades de disipación.

La figura 5 muestra también un detalle ampliado de la figura 2 e ilustra otro ejemplo de funcionamiento del sistema de la figura 2. En particular, la figura 5 ilustra un ejemplo de funcionamiento en una situación cuando se produce un caso de avería de fuente (en este caso un cortocircuito bifásico de la fuente de energía 11).

45 Puesto que tiene lugar la disipación de energía, la energía se encamina también hasta el “canal” representado en la figura 5 como el círculo externo (“canal para la gestión de energía en exceso”).

50 Tras la detección del caso de avería de fuente o la presencia correspondiente de energía que va a disiparse en la cadena de convertidor 2, el controlador 4 controlará el conmutador S21 para encaminar la energía de entrada de cadena de convertidor 2 desde la única fase de fuente de energía intacta 11 hasta uno de los elementos de disipación de la unidad de disipación 24 y provocar la disipación para mantener el equilibrio mecánico del generador.

55 Además, el controlador 4 puede proporcionar el aislamiento del enlace de CC de la fuente de energía defectuosa 11. Durante el caso de avería, el controlador 4 por tanto puede continuar encaminando la energía desde la fuente de energía 12 hasta la carga 51 (véase la figura 3). En particular, puede transferirse energía desde la fuente de energía 12 por medio del convertidor de lado de fuente 31 de la cadena de convertidor 3 y el convertidor de lado de carga 22 de la cadena de convertidor 2 a la carga 51 cerrando de manera selectiva el conmutador controlable S24.

Tal como se explica con respecto a la figura 2, los segmentos de generador que representan las fuentes de energía 11-14 están dispuestos en pares simétricos. Por tanto, puesto que la fuente de energía 11 y la trayectoria de transferencia de energía correspondiente básicamente se apagan, el controlador 4 puede apagar el otro segmento de generador del par simétrico, concretamente la fuente de energía 13, y la cadena de convertidor correspondiente para evitar el desequilibrio mecánico.

La figura 6 muestra una ilustración esquemática de otro ejemplo del sistema de conversión de energía. El sistema de conversión de energía de este ejemplo acopla un generador de turbina eólica 1, que suministra n-1 salidas de energía de CA 20-n0 y por tanto actúa como n-1 fuentes de energía, al suministro de energía de red eléctrica o red de distribución (no mostrado). Además, el sistema de conversión de energía comprende las cadenas de convertidor 2-n, comprendiendo cada cadena de convertidor un convertidor CA/CC de lado de fuente 21,..., n1, un enlace de CC 23,..., n3, un convertidor de lado de carga de CC/CA 22,..., n2 y una unidad de disipación asociada 24,..., n4.

Los enlaces de CC 23-n3 de las cadenas de convertidor están acopladas por medio de conmutadores controlables S24-Sn4 en una configuración en estrella (o paralela) a un punto común. La conexión de los enlaces de CC de las cadenas de convertidor individuales controlando los conmutadores S24-Sn4 por consiguiente durante el funcionamiento proporcionará una tensión de enlace de CC equilibrada. En un ejemplo diferente, los enlaces de CC de las cadenas de convertidor pueden acoplarse en serie por medio de conmutadores controlables, o por medio de una línea en anillo, de modo que el enlace de CC n3 de la cadena de convertidor n puede acoplar un enlace de CC 23 de cadena de convertidor 2 por medio de un conmutador controlable. Tal como se muestra, los conmutadores S24-Sn4 se complementan mediante los fusibles F2-Fn. La disposición y el número de fusibles serán diferentes para los diferentes circuitos. Alternativamente, pueden usarse conmutadores interruptores de circuito individuales.

Cada unidad de disipación 24,..., n4 se acopla por medio de un conmutador controlable S21,...,Sn1 a su cadena de convertidor asociada en la entrada de la cadena de convertidor en el lado de fuente del convertidor CA/CC 21,..., n1. Por tanto, la energía de entrada (CA) proporcionada a la cadena de convertidor puede encaminarse hasta la unidad de disipación asociada controlando por consiguiente el conmutador S21,...,Sn1. En un ejemplo alternativo, los conmutadores S21,..., Sn1 pueden estar dispuestos en el lado de CC de del convertidor CA/CC correspondiente 241,..., n41.

Además, cada unidad de disipación 24,..., n4 se acopla por medio de un conmutador controlable S22,..., Sn2 a su cadena de convertidor asociada a través del enlace de CC 23,..., n3. Por tanto, la energía en los enlaces de CC respectivos puede encaminarse hasta la unidad de disipación 24,..., n4 controlando por consiguiente el conmutador S22,..., Sn2. En general, si hay alguna avería en el generador, en el generador que conecta los cables, en el convertidor CA/CC o en cualquier otro módulo de componente en el lado de fuente del enlace de CC, la energía de entrada de CA a la cadena de convertidor es la energía que va a disiparse, y el controlador 4 (no mostrado en la figura 6) encaminará la energía de entrada de CA a la unidad de disipación 24,..., n4 controlando por consiguiente el conmutador S21,..., Sn1. Durante cualquier avería de la red de distribución (por ejemplo baja tensión, alta tensión, tensión cero) o cualquier avería de componente en el lado de carga del enlace de CC, la energía en el enlace de CC es la energía que va a disiparse, y el controlador 4 encaminará la energía en el enlace de CC hasta la unidad de disipación 24,..., n4 controlando el conmutador S22,..., Sn2.

Las unidades de disipación están acopladas en una configuración en estrella por medio de conmutadores controlables S23-Sn3. Esta configuración en estrella mejora la protección en caso de avería del sistema, puesto que cada unidad de disipación 24,..., n4 puede conectarse y desconectarse de manera selectiva a un punto de conexión común por medio del conmutador controlable S23,..., Sn3. En particular, la configuración en estrella garantiza que la energía procedente de cada unidad de disipación puede encaminarse hasta cualquier otra unidad de disipación cerrando los conmutadores correspondientes sin implicar a las unidades de disipación interyacentes espacialmente. Para mejorar adicionalmente la protección en caso de avería, los conmutadores S23-Sn3 que acoplan las unidades de disipación 24-n4 al punto común pueden configurarse en un ejemplo como conmutadores paralelos redundantes. Por tanto, si uno de los conmutadores paralelos falla, el otro puede conectar aún la unidad de disipación a una o más de las otras unidades de disipación.

En otro ejemplo, la configuración en estrella puede sustituirse por una barra colectora a la que las unidades de disipación individuales 24-n4 están acopladas por medio de los conmutadores controlables. En aún un ejemplo diferente, las unidades de disipación de las cadenas de convertidor pueden acoplarse por medio de las líneas interrumpidas por los conmutadores controlables, por ejemplo por medio de una línea en anillo, de modo que la unidad de disipación n4 de la cadena de convertidor n puede acoplarse a la unidad de disipación 24 de la cadena de convertidor 2 por medio de un conmutador controlable.

Adicionalmente, las unidades de disipación 24-n4 están acopladas indirectamente por medio de conmutadores controlables S22-Sn2 y los enlaces de CC 23-n3 de sus cadenas de convertidor asociadas, que a su vez están acopladas a los enlaces de CC 23-n3 de las otras cadenas de convertidor por medio de conmutadores S24-Sn4.

Cada unidad de disipación 24,..., n4 comprende un convertidor CA/CC 241,..., n41, por ejemplo un puente de diodo trifásico, para rectificar la energía de CA proporcionada en la entrada de la cadena de convertidor asociada 2,..., n. Una resistencia 242, ..., n42 se usa para disipar la energía que se encamina hasta la unidad de disipación 24,..., n4

- o bien por medio del conmutador S21,..., Sn1 o bien por medio del conmutador S22, ..., Sn2. Los conmutadores 243,..., n43 se mantienen normalmente en estado bloqueado y los conmutadores 244, ..., n44 reciben las señales de control de PWM del controlador 4 para controlar la disipación de energía mediante la resistencia 242,..., n42. Los conmutadores 243 y 244 pueden ser IGBT, interruptores, tiristores o cualquier otro dispositivo de conmutador. En otro ejemplo, sólo está dispuesto un conmutador controlable para proporcionar el control de la disipación de energía mediante un elemento de disipación 242,..., n42, o se usa una pluralidad de conmutadores controlables.
- Por tanto, la disipación de energía de energía presente en el enlace de CC comenzará en este ejemplo sólo si el controlador 4 controla por consiguiente los conmutadores 244,..., n44 de la unidad de disipación. Por tanto, la energía de enlace de CC de una cadena de convertidor puede encaminarse hasta otras unidades de disipación distintas de su unidad de disipación asociada por medio de la unidad de disipación asociada y los conmutadores S23,..., Sn3 sin provocar la disipación en la unidad de disipación asociada.
- El sistema de conversión de energía puede incluir componentes adicionales, aunque no se muestran en la figura 6. Esto puede incluir, por ejemplo, bobinas de choque de red de distribución, filtros de red de distribución, interruptores, transformadores u otros componentes.
- A continuación se describirá el funcionamiento del sistema de conversión de energía de la figura 6 con respecto a los ejemplos de los casos de avería.
- En primer lugar, se supone que el convertidor CA/CC 21 es defectuoso. Poco después, se produce un caso de avería de carga, concretamente una baja tensión.
- Puesto que el controlador 4 (no mostrado en la figura 6) monitoriza constantemente la tensión de enlace de CC de las cadenas de convertidor 2-n y la tensión de carga, puede detectar estos casos de avería. En respuesta a detectar el abandono del convertidor CA/CC 21, el controlador 4 determina a qué unidad de disipación o unidades 24-n4 va a encaminarse la energía que va a disiparse. En el presente caso, la unidad de disipación asociada 24 está disponible. No se aplica ninguna de estas condiciones bajo las que la energía que va a disiparse se distribuiría a más de una unidad de disipación. Por tanto, el controlador 4 controla el conmutador S21 para que se cierre y por tanto encamina la energía que va a disiparse (es decir, en este caso la energía de entrada de la cadena de convertidor 2) a la unidad de disipación asociada 24. Además, el controlador 4 emite una señal de PWM al conmutador 244 para comenzar y controlar la disipación de la energía que va a disiparse mediante el resistor 242.
- En respuesta a la detección del caso de avería de la carga común poco después, el controlador 4 activaría normalmente todas las unidades de disipación 24-n4 para disipar la energía que va a disiparse, es decir en este caso la energía residual presente en los enlaces de CC 23-n3 de sus cadenas de convertidor respectivas asociadas 2-n debido a la avería de carga. Sin embargo, la unidad de disipación 24 ya está funcionando para disipar la energía debido al caso de avería de convertidor. Por tanto, el controlador 4 distribuirá la energía presente en el enlace de CC 23 de la cadena de convertidor 2 a las unidades de disipación restantes controlando el conmutador S32 así como los conmutadores S33-Sn3 y cerrará los conmutadores S24-Sn4, si no están cerrados todavía para equilibrar la tensión de enlace de CC durante el funcionamiento. Además, el controlador 4 controlará los conmutadores 344-n44 para provocar la disipación de energía mediante las resistencias 342-n42. Como resultado, la energía presente en los enlaces de CC 23-n3 de cadenas de convertidor 2-n se distribuirá por medio de la unidad de disipación 34 y los conmutadores S33-Sn3 a todas las unidades de disipación 34-n4 excepto la unidad de disipación 24.
- En otro ejemplo, el controlador puede controlar los conmutadores S32-Sn2 para cerrarlos (en lugar de sólo cerrar el conmutador S32 y los conmutadores S33-Sn3) para distribuir la energía de enlace de CC a las unidades de disipación 34-n4; puesto que los conmutadores S24-Sn4 están cerrados, las unidades de disipación 34-n4 todavía estarán acopladas, de modo que la energía que va a disiparse de todos los enlaces de CC 23-n3 se encaminará todavía hasta las unidades de disipación 34- n4.
- Normalmente, una baja tensión durará sólo unos pocos milisegundos, por ejemplo 250 ms. Cuando el controlador 4 detecta el final del caso de avería de carga, reanudará el funcionamiento normal para las cadenas de convertidor 3-n encaminando la energía desde el generador de turbina eólica 1 a través de las cadenas de convertidor 3-n hasta la carga abriendo el conmutador S32 y los conmutadores S33-Sn3. Además, las señales PWM para los conmutadores 344-n44 pueden inhibirse. Como consecuencia, el sistema funcionará en un modo de energía parcial (debido a que la cadena de convertidor 2 está todavía desactivada).
- En el caso de que la avería en el convertidor CA/CC 21 no se solucione después de un intervalo de tiempo predeterminado, el controlador 4 distribuirá la energía de entrada de la cadena de convertidor 2, que en este caso es la energía que va a disiparse, a todas las unidades de disipación 24-n4 cerrando los conmutadores S23-Sn3 (el conmutador S21 ya está cerrado para encaminar la energía de entrada hasta la unidad de disipación 24). Esto puede reducir el desgaste y prolongar el ciclo de vida de la unidad de disipación 24.
- La figura 7 es una ilustración esquemática de otro ejemplo del sistema de conversión de energía, que es idéntico al sistema de conversión de energía de la figura 6 con la excepción de que se omite la configuración en estrella que acopla los enlaces de CC por medio de conmutadores S24-Sn4. Si se requiere, los enlaces de CC pueden acoplarse por medio de conmutadores controlables S22,..., Sn2 y S23,..., Sn3.

La figura 8 es una ilustración esquemática de un ejemplo adicional del sistema de conversión de energía, que es idéntico al sistema de conversión de energía de la figura 6 con la excepción de la configuración del generador 1, que proporciona sólo una salida de energía de CA. Las cadenas de convertidor 2-n están acopladas en paralelo a esta salida de energía de CA. En este ejemplo, una bobina de choque pequeña (no mostrada) puede añadirse en serie con las cadenas de convertidor para evitar la circulación actual.

5

La figura 9 es también una ilustración esquemática de un ejemplo adicional del sistema de conversión de energía, que es idéntico al sistema de conversión de energía de la figura 6 con la excepción de que las unidades de disipación 24-n4 están acopladas adicionalmente en otra configuración en estrella por medio de conmutadores S25-Sn5. Esta segunda conexión proporciona redundancia adicional.

10 La figura 10 muestra una ilustración esquemática de otro ejemplo del sistema de conversión de energía, que es similar al sistema de conversión de energía de la figura 6, pero minimiza el número de conmutadores usados.

En particular, los conmutadores S21-Sn1 de la figura 6 se sustituyen por diodos S28-Sn8, que no proporcionan una función de conmutación, sino que definen simplemente la dirección de un flujo de corriente. Además, cada cadena de convertidor 2,..., n comprende un conmutador controlable S26,..., Sn6 en el lado de fuente de convertidor CA/CC 21,..., n1 y un conmutador controlable S27,..., Sn7 en el lado de carga de convertidor CC/CA 22,..., n2 para aislar el convertidor CA/CC correspondiente, el enlace de CC y el convertidor CC/CA del generador de turbina eólica 1 y la carga. En el caso de un fallo, por ejemplo del convertidor CA/CC 21, el controlador 4 puede controlar los conmutadores S26 y S27 para abrir y por tanto aislar el convertidor CA/CC 21, el enlace de CC 23 y el convertidor CC/CA 22 de la fuente de energía y la carga respectivas.

15

20 En el ejemplo de la figura 10, las unidades de disipación 24-n4 están acopladas por medio de conmutadores S25-Sn5 en una configuración en estrella a un punto común. Los conmutadores S25-Sn5 que acoplan las unidades de disipación 24-n4 a la configuración en estrella están configurados como subconmutadores controlables paralelos G1 y G2. Si, tal como se muestra en la figura 10, se usan dos (o más) líneas para el acoplamiento de (por ejemplo) las unidades de disipación 24- n4 (en las que por ejemplo una línea está en el potencial de tierra), puede ser suficiente para realizar y romper una conexión para proporcionar un conmutador controlable (en este caso, los subconmutadores paralelos) en una de las líneas. En un ejemplo, los subconmutadores paralelos permiten el control de la dirección de flujo de corriente. Ejemplos de configuración de un subconmutador G1 y un subconmutador G2 se muestran en la esquina superior izquierda de la figura 10. Por ejemplo, un IGBT (o MOSFET o GTO) con un diodo antiparalelo puede acoplarse en serie a un diodo adicional para definir una dirección de flujo de corriente, en el que G1 y G2 tal como se muestra definen direcciones de flujo de corriente invertidas. Puede usarse otra configuración. Tal como se muestra, el subconmutador G1 se acopla para permitir de manera selectiva un flujo de corriente desde una unidad de disipación 24,..., n4 en dirección hasta el punto de conexión común, y el subconmutador G2 se acopla para permitir de manera selectiva un flujo de corriente desde el punto de conexión común hasta una unidad de disipación 24, ..., n4.

25

30

35 Por tanto, en el caso de que haya un requisito de acoplar unidades de disipación correctas mientras que no se disipe energía en unidades de disipación defectuosas, los subconmutadores G1 de las unidades de disipación defectuosas y los subconmutadores G2 de las unidades de disipación defectuosas pueden encenderse. Por ejemplo, si el elemento de disipación 242 de la unidad de disipación 24 es defectuoso, y la energía procedente de la cadena de convertidor 2 tiene que disiparse, el subconmutador G1 de S25 y los subconmutadores G2 de S35 y Sn5 se encienden, encaminando por tanto la energía que va a disiparse hasta las unidades de disipación 34 y n4.

40

En la implementación representada, los conmutadores S24-Sn4 que acoplan los enlaces de CC 23-n3 pueden comprender también un conmutador G1 de la configuración descrita anteriormente, por ejemplo sólo en una de dos o más líneas usadas para el acoplamiento de los enlaces de CC 23-n3. Por ejemplo, los conmutadores G1 pueden acoplarse para permitir un flujo de corriente en la dirección desde los enlaces de CC 23-n3 hasta el punto de conexión común. En otro ejemplo, los conmutadores S24-Sn4 pueden incluir subconmutadores paralelos G1 y G2 para permitir el control del flujo de corriente en ambas direcciones, tal como se describe con respecto a los conmutadores S25-Sn5.

45

De manera similar, los conmutadores S22-Sn2 que acoplan las unidades de disipación 24,..., n4 a los enlaces de CC 23,..., n3 pueden comprender un conmutador G2 dispuesto en una de las líneas, que puede acoplarse para permitir un flujo de corriente en la dirección desde los enlaces de CC 23, ..., n3 hasta las unidades de disipación 24,..., n4. En un ejemplo diferente, los conmutadores S22-Sn2 pueden incluir subconmutadores paralelos G1 y G2 para permitir el control del flujo de corriente en ambas direcciones, tal como se describe con respecto a los conmutadores S25-Sn5. En un ejemplo, los conmutadores S22-Sn2 pueden sustituirse por diodos. Este ejemplo supone que la tensión de enlace de CC es lo suficientemente baja.

50

55 Si se requiere, los conmutadores G1 o G2 pueden complementarse por los diodos, por ejemplo una línea no interrumpida por los conmutadores G1 o G2, tal como se muestra para los conmutadores S22-Sn2.

En un ejemplo de implementación diferente, se omite la conexión de los enlaces de CC por medio de los conmutadores S24-Sn4, de modo que se desacoplan los enlaces de CC.

Finalmente, las cadenas de convertidor 2-n comprenden bobinas de choque 25-n5. Usar bobinas de choque separadas 25-n5 proporciona una reducción del flujo de corriente cruzado. Las cadenas de convertidor 2-n comprenden también filtros de red de distribución 26-n6, que pueden servir adicionalmente para formar la tensión de salida de las cadenas de convertidor filtrando los armónicos de conmutación producidos por el convertidor de energía.

El controlador 4 puede encaminar la energía en los sistemas de la figuras 7 a 10 según el principio general descrito con respecto a la figura 6 con algunas adaptaciones para tener en cuenta las diferentes implementaciones.

La figura 11 muestra un diagrama de estado que ilustra esquemáticamente un ejemplo del método para convertir energía que considera una cadena predeterminada de la pluralidad de cadenas de convertidor de un sistema de conversión de energía. En particular, la figura 11 se refiere a un sistema de conversión de energía con un total de dos cadenas de convertidor con unidades de disipación asociadas e ilustra los estados que puede adoptar una de ellas. Ambas unidades de disipación de este sistema de conversión de energía están acopladas por medio de conmutadores controlables a sus cadenas de convertidor asociadas para encaminar o bien la energía de entrada de la cadena de convertidor o bien la energía de enlace de CC de la cadena de convertidor hasta la unidad de disipación correspondiente. Las etapas de método descritas a continuación se realizan mediante un controlador.

Cuando no detecta la energía que va a disiparse en la cadena de convertidor predeterminada (lo que habitualmente significa que la cadena de convertidor funciona normalmente), la cadena de convertidor predeterminada está en el estado 0. En este estado, la energía de la al menos una fuente de energía se encamina hasta la carga por medio de la cadena de convertidor predeterminada. Es decir, cuando ambas cadenas de convertidor están en el estado 0, el sistema de convertidor de energía es correcto, y la energía se encamina desde la al menos una fuente de energía hasta la al menos una carga por medio de las dos cadenas de convertidor. El estado A es el estado de inicio (es decir el estado en el que está la cadena de convertidor predeterminada cuando comienza el funcionamiento del sistema de conversión de energía), tal como se indica mediante la flecha gruesa.

Mientras que la cadena de convertidor predeterminada está en el estado 0 (y también si está en uno de los otros estados AD), se monitorizan parámetros que son indicativos de posibles casos de avería con respecto a la cadena de convertidor predeterminada y/o la presencia de la energía que va a disiparse en la cadena de convertidor predeterminada. Por ejemplo, los parámetros pueden monitorizarse constantemente o en intervalos de tiempo predeterminados, por ejemplo cada pocos milisegundos. Los parámetros monitorizados pueden comprender, pero no se restringen a, uno o más de los siguientes: corriente de enlace de CC de la cadena de convertidor predeterminada; tensión de enlace de CC de la cadena de convertidor predeterminada; tensión de carga; frecuencia de carga; energía de salida procedente de la fuente de energía; corriente de salida procedente de la fuente de energía; y tensión de salida procedente de la fuente de energía.

Basándose en los parámetros monitorizados, puede detectarse e identificarse un caso de avería con respecto a la cadena de convertidor predeterminada en un ejemplo. Basándose en el caso de avería detectado o independientemente del mismo, puede detectarse la presencia de la energía que va a disiparse en la cadena de convertidor predeterminada. En respuesta a la detección de la presencia de la energía que va a disiparse, la cadena de convertidor predeterminada se pasa a uno de los estados A-D.

La transición 200 desde el estado 0 hasta el estado A se considerará que se cumple en el presente ejemplo si la energía que va a disiparse se detecta en la cadena de convertidor predeterminada, la unidad de disipación asociada está disponible para la disipación de energía y la cantidad de energía que va a disiparse no es demasiado grande. Una unidad de disipación puede estar disponible en este ejemplo si está no disponible debido a un fallo (por ejemplo debido a que la unidad de disipación esté dañada), y si está no disponible de manera restringida debido a que ya se está usando para disipar la energía de la otra cadena de convertidor. Además, una unidad de disipación puede estar disponible de manera restringida debido a que se está disipando la energía procedente de la cadena de convertidor predeterminada debido a un caso de avería anterior; sin embargo, esta situación no puede producirse obviamente para una transición desde el estado 0, debido a que la cadena de convertidor predeterminada estará sólo en el estado 0 siempre que no se detecta energía que vaya a disiparse en la cadena de convertidor predeterminada. Para determinar si la cantidad de energía que va a disiparse es demasiado grande, la energía detectada puede compararse con un primer umbral de energía predeterminado (por ejemplo en el intervalo de algunos vatios). Alternativamente, el caso de avería puede identificarse, y la cantidad esperada de energía que va a disiparse puede derivarse del caso de avería identificado. Entonces, la potencia esperada puede compararse con el primer umbral.

El estado A se pasará de vuelta al estado 0 si la energía que va a disiparse ya no se detecta en la cadena de convertidor predeterminada.

En el estado A, la energía que va a disiparse (que puede ser la energía de entrada o la energía de enlace de CC) se encamina desde la cadena de convertidor predeterminada hasta su unidad de disipación asociada, y la disipación de la energía que va a disiparse se provoca sólo en la unidad de disipación asociada. Esto puede implicar en un ejemplo controlar los conmutadores correspondientes que acoplan la unidad de disipación asociada a la cadena de convertidor para que se cierren, y controlar la unidad de disipación asociada para iniciar la disipación. En el estado A, no se encamina energía desde la cadena de convertidor predeterminada hasta la otra unidad de disipación. Por

tanto, se controlan uno o más conmutadores que se usan para acoplar la unidad de disipación asociada a la otra unidad de disipación para que se abran y no proporcionen conexión.

5 Se determinará que se cumple la transición 800 desde el estado 0 hasta el estado B en el presente ejemplo si se detecta la presencia de la energía que va a disiparse y la unidad de disipación asociada está no disponible o está disponible de manera restringida para la disipación de energía, mientras que la otra unidad de disipación está disponible. En algunos ejemplos (coordinados con la transición 400), se requiere además que la cantidad de energía que va a disiparse no sea demasiado grande. Alternativamente, se determinará que se cumple la transición 800 si se detecta la energía que va a disiparse en la cadena de convertidor predeterminada, la unidad de disipación asociada está no disponible por ejemplo debido a un fallo y la otra unidad de disipación está no disponible por ejemplo debido a un fallo. Es decir, en el caso de que esté dañada la unidad de disipación asociada, se entrará en el estado B aunque la otra unidad de disipación se considere disponible de manera restringida, por ejemplo debido a que ya está disipando energía provocada por otro caso de avería, e independientemente de la cantidad de energía que va a disiparse.

15 El estado B pasará de vuelta al estado 0 si la energía que va a disiparse ya no se detecta en la cadena de convertidor predeterminada.

20 En el estado B, la energía que va a disiparse se encamina desde la cadena de convertidor predeterminada hasta la otra unidad de disipación que no es su unidad de disipación asociada, y la disipación de esa energía que va a disiparse se provoca sólo en la otra unidad de disipación. En un ejemplo, esto puede implicar controlar los conmutadores correspondientes que acoplan la unidad de disipación asociada a la cadena de convertidor y los conmutadores que acoplan la unidad de disipación asociada a la otra unidad de disipación para cerrarse, y controlar la otra unidad de disipación para iniciar la disipación. No se disipa energía de la cadena de convertidor predeterminada en su unidad de disipación asociada.

25 Se determinará que se cumple la transición 400 desde el estado 0 hasta el estado C en el presente ejemplo si se detecta la presencia de la energía que va a disiparse, la cantidad de energía que va a disiparse es demasiado grande en una única unidad de disipación y ninguna de las unidades de disipación está no disponible debido a un fallo. Es decir, se entrará en el estado C aunque una o ambas de las unidades de disipación se consideren disponibles de manera restringida. En otro ejemplo, se entrará en el estado C sólo si o bien ambas unidades de disipación están disponibles, o bien ambas unidades de disipación están disponible de manera restringida (en caso contrario, puede entrarse en el estado A o el estado B; por consiguiente, entonces es necesario que se adapten las transiciones 200 y 800).

30 El estado C pasará de vuelta al estado 0 si la energía que va a disiparse ya no se detecta en la cadena de convertidor predeterminada.

35 En el estado C, la energía que va a disiparse se encamina desde la cadena de convertidor predeterminada hasta su unidad de disipación asociada y hasta la otra unidad de disipación. Esto puede implicar controlar conmutadores por medio de los cuales las unidades de disipación correspondientes se acoplan para cerrarse y proporcionar conexión, y ambas unidades de disipación para provocar la disipación.

40 Se determinará que se cumple la transición 600 desde el estado 0 hasta el estado D en el presente ejemplo si se detecta la presencia de la energía que va a disiparse en la cadena de convertidor predeterminada y no se cumple ninguna de las transiciones 200, 400 y 800. En particular, se entra en el estado D desde el estado 0 si ambas unidades de disipación están no disponibles debido a un fallo. En algunos ejemplos, se entra en el estado D sólo si la cantidad de energía que va a disiparse supera el primer umbral de energía, es decir es tan grande que podría dañar los componentes de convertidor etc., o si la energía que va a disiparse ha estado presente durante un intervalo de tiempo predeterminado. Hasta que se cumplan estas condiciones, el sistema puede permanecer en el estado 0.

45 En el estado D, se comienza una rutina de emergencia. Esto puede implicar por ejemplo apagar la turbina eólica para impedir la producción de cualquier energía adicional que no pueda manejarse por el sistema de conversión de energía.

Dependiendo de la rutina de emergencia elegida, en algunos ejemplos el estado D puede pasar hasta el estado 0 si la energía que va a disiparse ya no se detecta en la cadena de convertidor predeterminada.

50 Se determinará que se cumple la transición 100 desde el estado A hasta el estado B en el presente ejemplo si la energía que va a disiparse está presente todavía en la cadena de convertidor predeterminada, la unidad de disipación asociada se vuelve no disponible debido a un fallo (por ejemplo debido a que la unidad de disipación se sobrecalienta mientras disipa energía) y la otra unidad de disipación está no disponible debido a un fallo. Se determinará que se cumple la transición 300 desde el estado A hasta el estado C en el presente ejemplo si la energía que va a disiparse está presente todavía en la cadena de convertidor predeterminada, la otra unidad de disipación está disponible y la energía que va a disiparse está presente en la cadena de convertidor predeterminada durante un intervalo de tiempo predeterminado, o si la energía que va a disiparse está presente todavía en la cadena de convertidor predeterminada, la otra unidad de disipación está no disponible debido a un fallo y la cantidad de

energía que va a disiparse es demasiado grande, por ejemplo supera el primer umbral de energía (por ejemplo debido a que un caso de avería adicional provoca energía adicional que va a disiparse para estar presente en la cadena de convertidor predeterminada). El intervalo de tiempo predeterminado puede elegirse apropiadamente (por ejemplo en el intervalo de un segundo) dependiendo de la configuración de componentes del sistema de conversión de energía. Se determinará que se cumple la transición 900 desde el estado A hasta el estado D en el presente ejemplo si la energía que va a disiparse está presente todavía en la cadena de convertidor predeterminada, la unidad de disipación asociada se vuelve no disponible debido a un fallo y la otra unidad de disipación también está no disponible debido a un fallo.

Se determinará que se cumple la transición 300 desde el estado B hasta el estado A en el presente ejemplo si la energía que va a disiparse está presente todavía en la cadena de convertidor predeterminada y la unidad de disipación asociada se vuelve disponible, por ejemplo si la unidad de disipación asociada se sobrecalentó y se ha enfriado, o si se ha disipado energía desde la otra cadena de convertidor como resultado de un caso de avería que mientras tanto se ha superado. Se determinará que se cumple la transición 1000 desde el estado B hasta el estado C en el presente ejemplo si la energía que va a disiparse está presente todavía en la cadena de convertidor predeterminada, la unidad de disipación asociada está disponible y la energía que va a disiparse ha estado presente en la cadena de convertidor predeterminada durante un periodo de tiempo que es más largo que el intervalo de tiempo predeterminado, o alternativamente si la energía que va a disiparse está presente todavía en la cadena de convertidor predeterminada, la unidad de disipación asociada está no disponible debido a un fallo y la cantidad de energía que va a disiparse es demasiado grande, por ejemplo supera el primer umbral de energía. Se determinará que se cumple la transición 700 desde el estado B hasta el estado D en el presente ejemplo si la energía que va a disiparse está presente todavía en la cadena de convertidor predeterminada, la otra unidad de disipación se vuelve no disponible debido a un fallo y la unidad de disipación asociada está también no disponible debido a un fallo.

Se determinará que se cumple la transición 300 desde el estado C hasta el estado A en el presente ejemplo si la energía que va a disiparse está presente todavía en la cadena de convertidor predeterminada y la cantidad de energía que va a disiparse es inferior al segundo umbral de energía predeterminado, o si la energía que va a disiparse está presente todavía en la cadena de convertidor predeterminada y la otra unidad de disipación se ha vuelto no disponible debido a un fallo. El segundo umbral predeterminado es normalmente inferior al primer umbral predeterminado. Se determinará que se cumple la transición 1000 desde el estado C hasta el estado B en el presente ejemplo si la energía que va a disiparse está presente todavía en la cadena de convertidor predeterminada y la unidad de disipación asociada se ha vuelto no disponible debido a un fallo. Se determinará que se cumple la transición 700 desde el estado C hasta el estado D en el presente ejemplo si la energía que va a disiparse está presente todavía en la cadena de convertidor predeterminada y ambas unidades de disipación se han vuelto no disponibles debido a fallo.

Se determinará que se cumple la transición 900 desde el estado D hasta el estado A en el presente ejemplo (se supone a continuación que la rutina de emergencia elegida permite una transición desde el estado D) si la energía que va a disiparse está presente todavía en la cadena de convertidor predeterminada, la unidad de disipación asociada ya está no disponible debido a un fallo y ni la cantidad de la energía que va a disiparse es mayor que el primer umbral de energía, ni la energía que va a disiparse que ha estado presente durante un tiempo es mayor que el intervalo de tiempo predeterminado. Alternativamente, se determinará que se cumple la transición 900 desde el estado D hasta el estado A si la energía que va a disiparse está presente todavía en la cadena de convertidor predeterminada, la unidad de disipación asociada se ha vuelto disponible o disponible de manera restringida y la otra unidad de disipación todavía está no disponible debido a un fallo. Se determinará que se cumple la transición 700 desde el estado D hasta el estado B en el presente ejemplo si la energía que va a disiparse está presente todavía en la cadena de convertidor predeterminada, la otra unidad de disipación se ha vuelto disponible o disponible de manera restringida y la unidad de disipación asociada todavía está no disponible. Se determinará que se cumple la transición 700 desde el estado D hasta el estado C en el presente ejemplo si energía que va a disiparse está presente todavía en la cadena de convertidor predeterminada, ambas unidades de disipación ya están no disponibles debido a un fallo y la cantidad de la energía que va a disiparse es mayor que el primer umbral de energía o la energía que va a disiparse ha estado presente durante un tiempo mayor que el intervalo de tiempo predeterminado.

Aunque las realizaciones de la invención se han mostrado y descrito particularmente con referencia a los dibujos, los expertos en la técnica deben entender que pueden realizarse diversos cambios a los ejemplos mostrados en los dibujos en forma y detalle sin apartarse del alcance de la invención tal como se define en reivindicaciones adjuntas. El alcance de la invención se indica por tanto mediante las reivindicaciones adjuntas.

**REIVINDICACIONES**

1. Sistema de conversión de energía para convertir energía eléctrica procedente de al menos una fuente de energía, que comprende
 

una pluralidad de cadenas de convertidor que acoplan la al menos una fuente de energía a al menos una carga, en el que al menos dos de las cadenas de convertidor comprenden una unidad de disipación asociada, y en el que las unidades de disipación están acopladas por medio de al menos un conmutador;

un controlador dispuesto para controlar el al menos un conmutador para encaminar la energía que va a disiparse desde una de las cadenas de convertidor

  - hasta la unidad de disipación asociada de la cadena de convertidor
  - o hasta al menos una de las otras unidades de disipación
- 5                   - o hasta la unidad de disipación asociada de la cadena de convertidor y hasta al menos una de las otras unidades de disipación,
- 10                   para provocar la disipación correspondiente de la energía que va a disiparse.
2. Sistema según la reivindicación 1, en el que las unidades de disipación están acopladas por medio del al menos un conmutador a un punto de conexión común.
- 15 3. Sistema según la reivindicación 1 ó 2, en el que las cadenas de convertidor comprenden convertidores de energía CA/CC de lado de fuente y convertidores de energía CC/CA de lado de carga, que están acoplados por medio de enlaces de CC.
4. Sistema según la reivindicación 3, en el que los enlaces de CC de las cadenas de convertidor están acopladas por medio de al menos un conmutador controlable mediante el controlador.
- 20 5. Sistema según la reivindicación 3 ó 4, en el que las cadenas de convertidor comprenden conmutadores controlables mediante el controlador para aislar los convertidores de energía de lado de fuente y los convertidores de energía de lado de carga.
6. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 3-6, en el que las unidades de disipación están acopladas a los enlaces de CC de sus cadenas de convertidor asociadas.
- 25 7. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las unidades de disipación están acopladas a las entradas de sus cadenas de convertidor asociadas para permitir el encaminamiento de la energía de entrada recibida por las cadenas de convertidor hasta sus unidades de disipación asociadas.
8. Sistema de transferencia de energía según la reivindicación 7, en el que cada unidad de disipación comprende varios elementos de disipación que son iguales al número de fases de la energía de entrada, y en el que las líneas de fase que llevan las fases de la energía de entrada están acopladas por medio de conmutadores a los elementos de disipación.
- 30 9. Método para convertir energía eléctrica, que comprende:
 

encaminar la energía eléctrica procedente de al menos una fuente de energía hasta al menos una carga por medio de una pluralidad de cadenas de convertidor, en el que al menos dos de las cadenas de convertidor comprenden una unidad de disipación asociada, y en el que las unidades de disipación están acopladas por medio de al menos un conmutador;

encaminar la energía que va a disiparse desde una de las cadenas de convertidor

  - hasta la unidad de disipación asociada de la cadena de convertidor
  - o hasta al menos una de las otras unidades de disipación
- 35                   - o hasta la unidad de disipación asociada de la cadena de convertidor y hasta al menos una de las otras unidades de disipación,
- 40                   controlando por consiguiente el al menos un conmutador, para provocar la disipación correspondiente de la energía que va a disiparse.
- 45 10. Método según la reivindicación 9, que comprende monitorizar parámetros indicativos de la presencia de la energía que va a disiparse en una o más de las cadenas de convertidor.

11. Método según la reivindicación 10, que comprende detectar la presencia de la energía que va a disiparse en una o más de las cadenas de convertidor.
- 5 12. Método según las reivindicaciones 10 u 11, que comprende detectar uno o más de los siguientes: un caso de avería de un componente de lado de fuente de una cadena de convertidor, un caso de avería de un componente de lado de carga de una cadena de convertidor, un caso de avería de la al menos una fuente de energía y un caso de avería de la carga.
- 10 13. Método según la reivindicación 12, que comprende encaminar la energía de entrada recibida por la cadena de convertidor, a medida que se disipa la energía, hasta al menos una de las unidades de disipación si el caso de avería detectado es un caso de avería de un componente de lado de fuente de una cadena de convertidor o un caso de avería de la al menos una fuente de energía, y encaminar la energía presente entre los componentes de lado de fuente y los componentes de lado de carga de las cadenas de convertidor, a medida que se disipa la energía, hasta al menos una de las unidades de disipación si el caso de avería detectado es un caso de avería de un componente de lado de carga de una cadena de convertidor o un caso de avería de la carga.
- 15 14. Método según cualquiera de las reivindicaciones 9-13, que comprende encaminar la energía que va a disiparse hasta más de una de las unidades de disipación si la cantidad de energía que va a disiparse supera un umbral o si un caso de avería dura más que un intervalo de tiempo predeterminado.
- 15 15. Método según cualquiera de las reivindicaciones 9-14, que comprende detectar si una unidad de disipación está no disponible y encaminar la energía que va a disiparse hasta una o más de las otras unidades de disipación si la unidad de disipación asociada está no disponible.

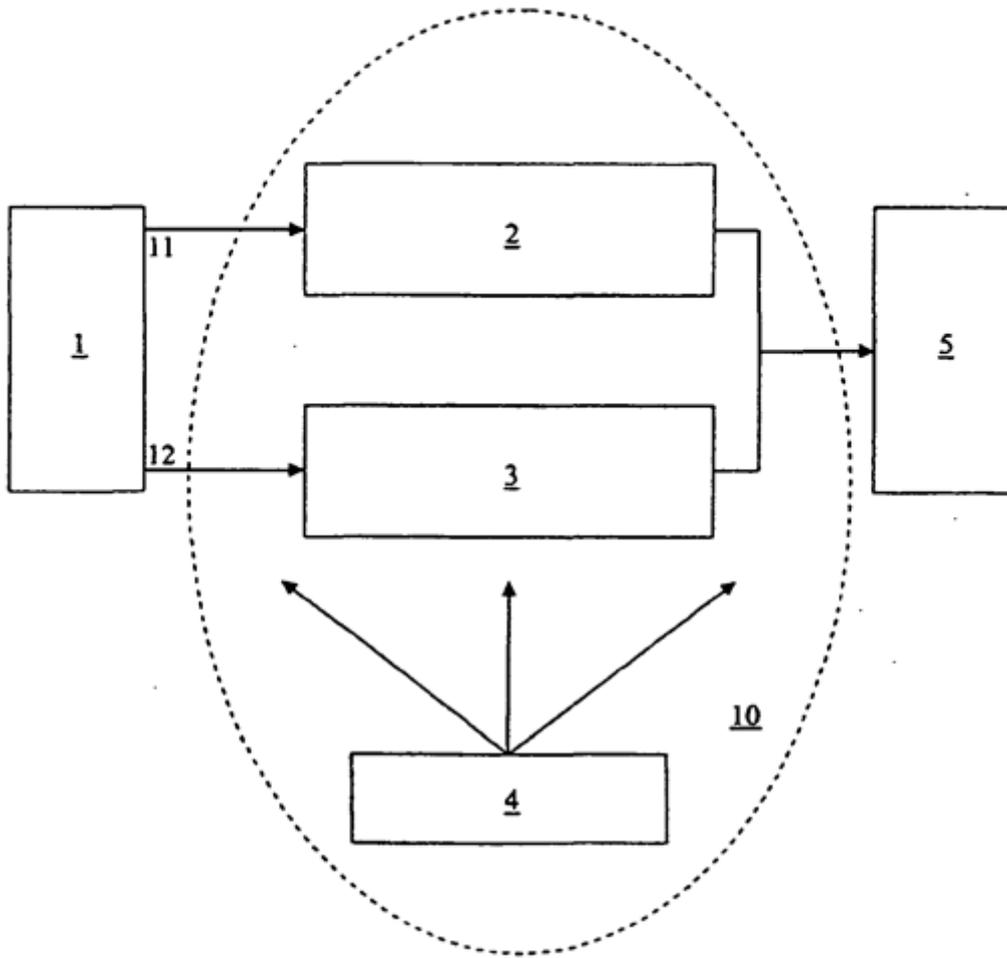


Figura 1

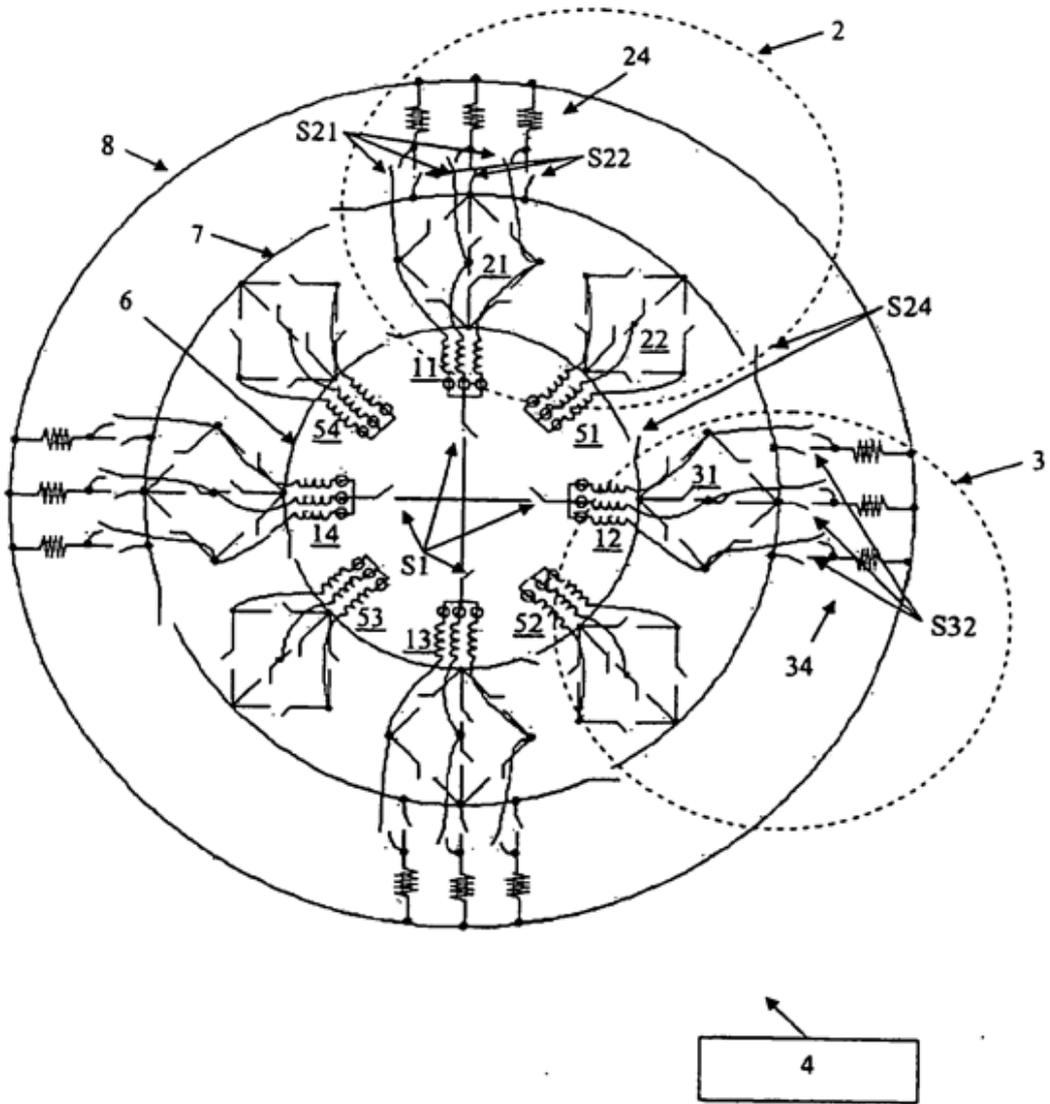


Figura 2

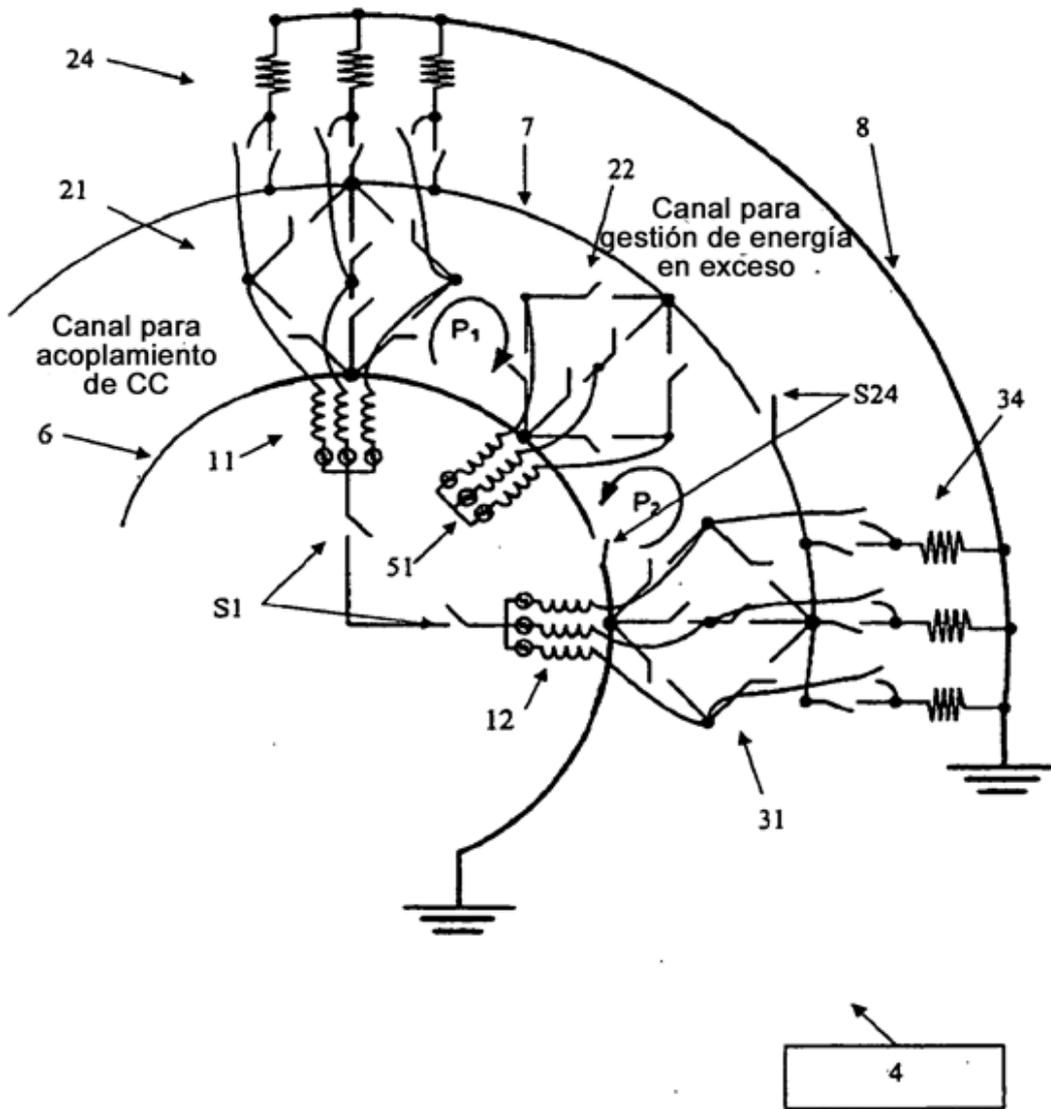


Figura 3

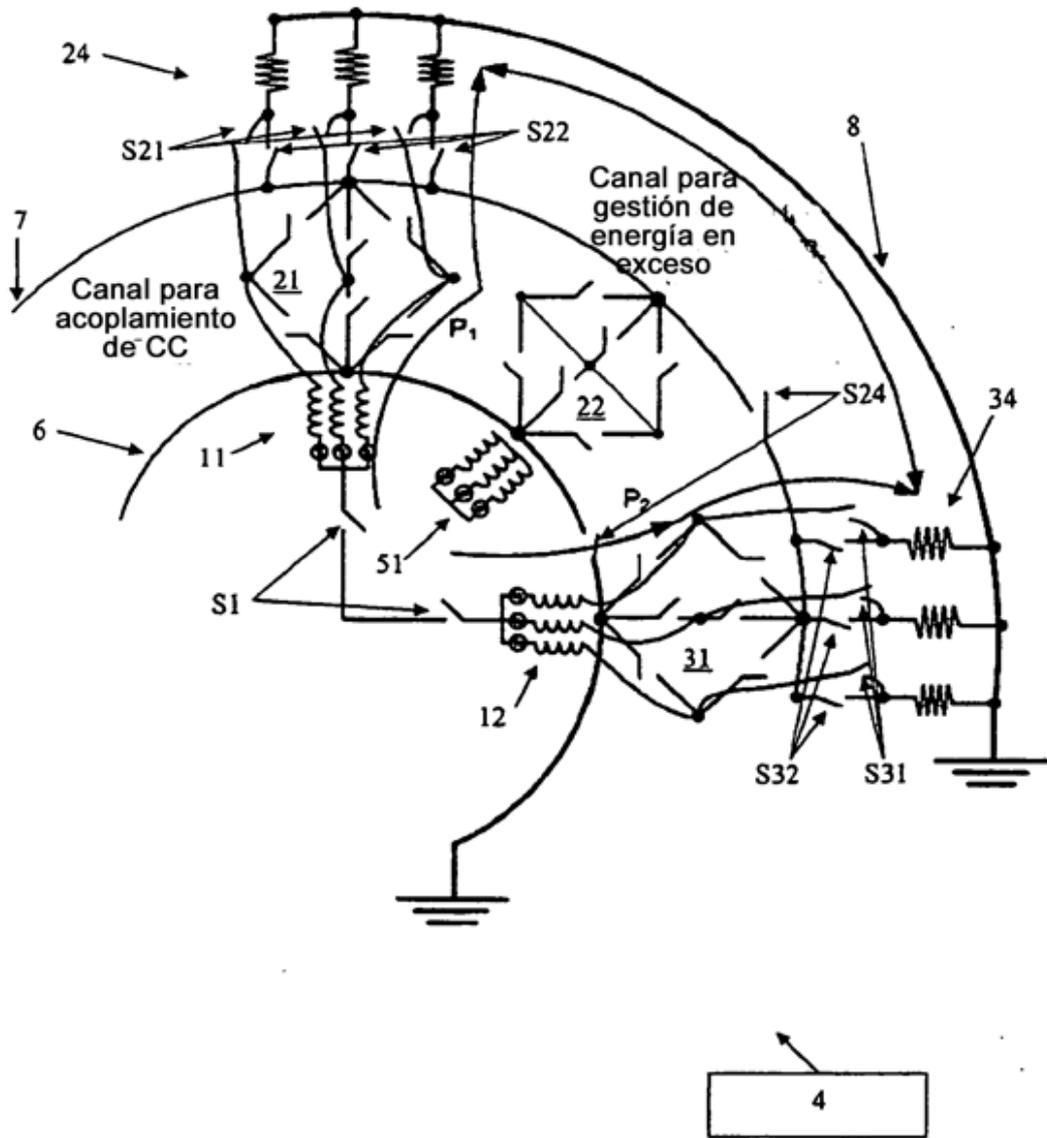


Figura 4

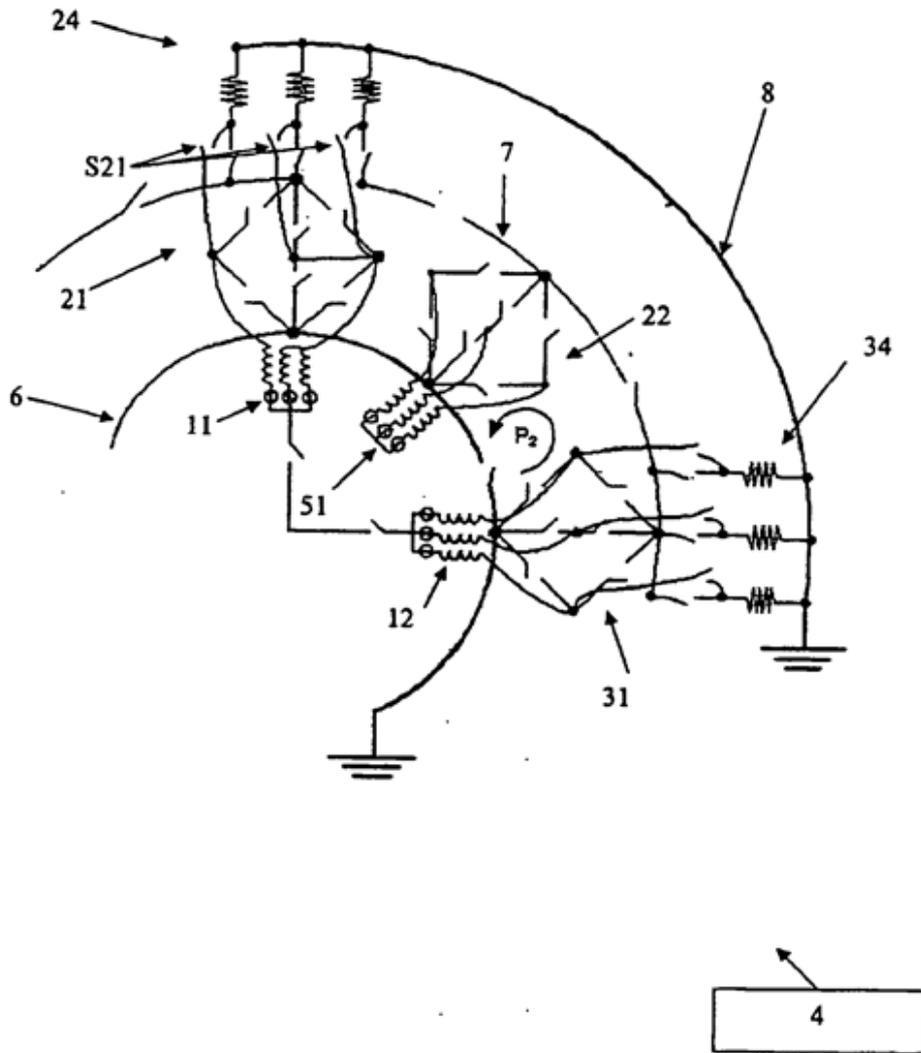


Figura 5

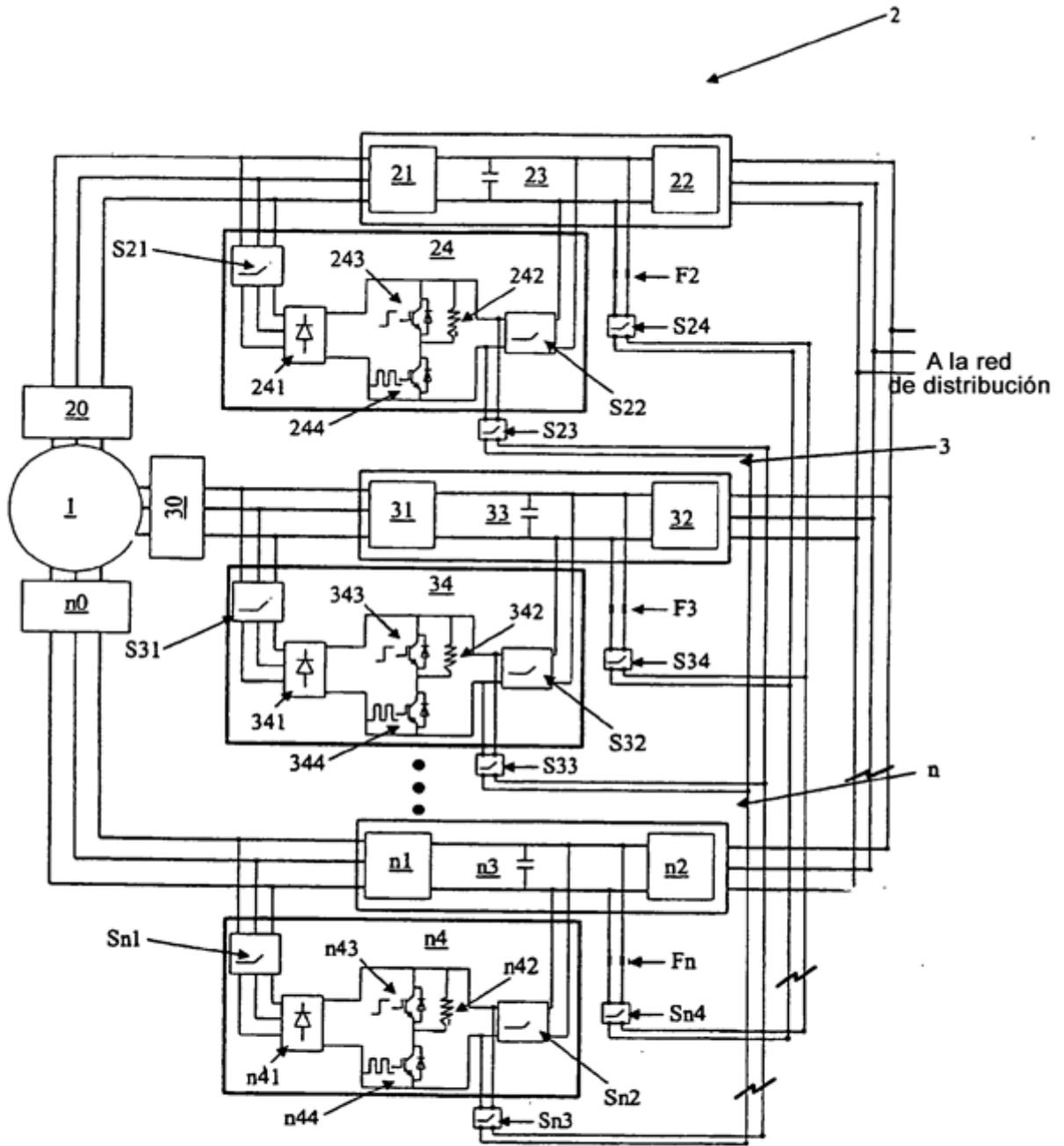


Figura 6

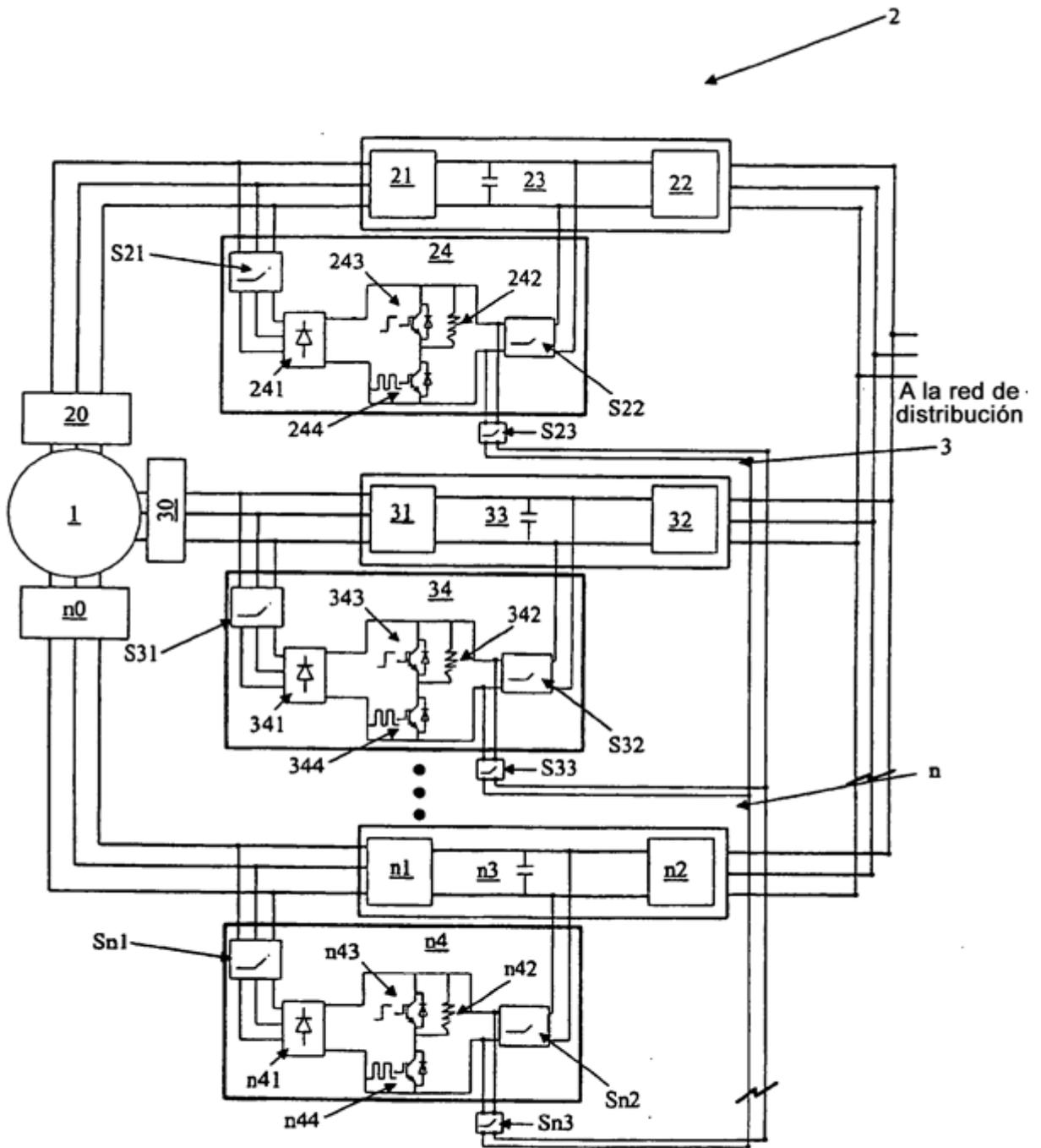


Figura 7

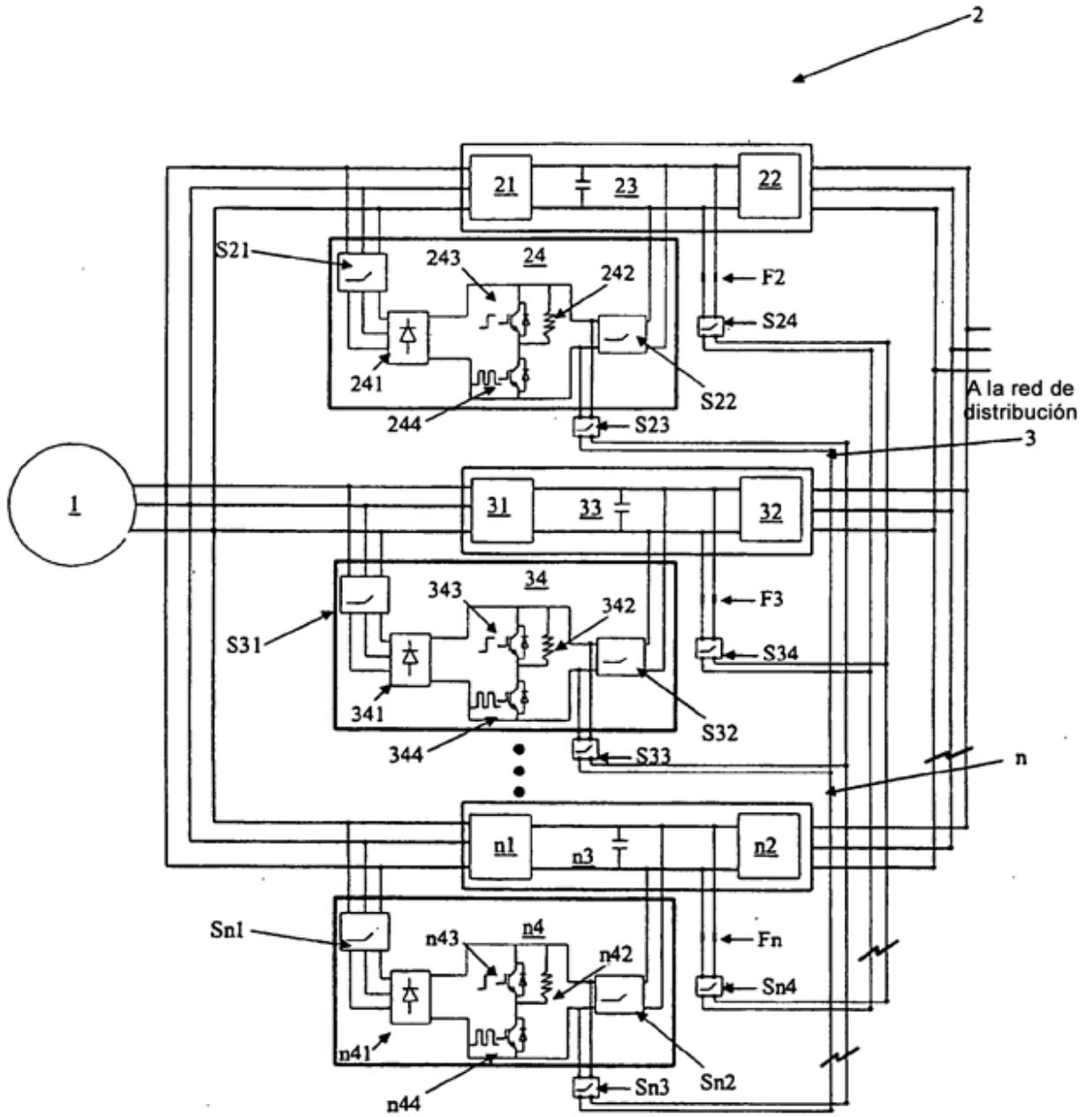


Figura 8

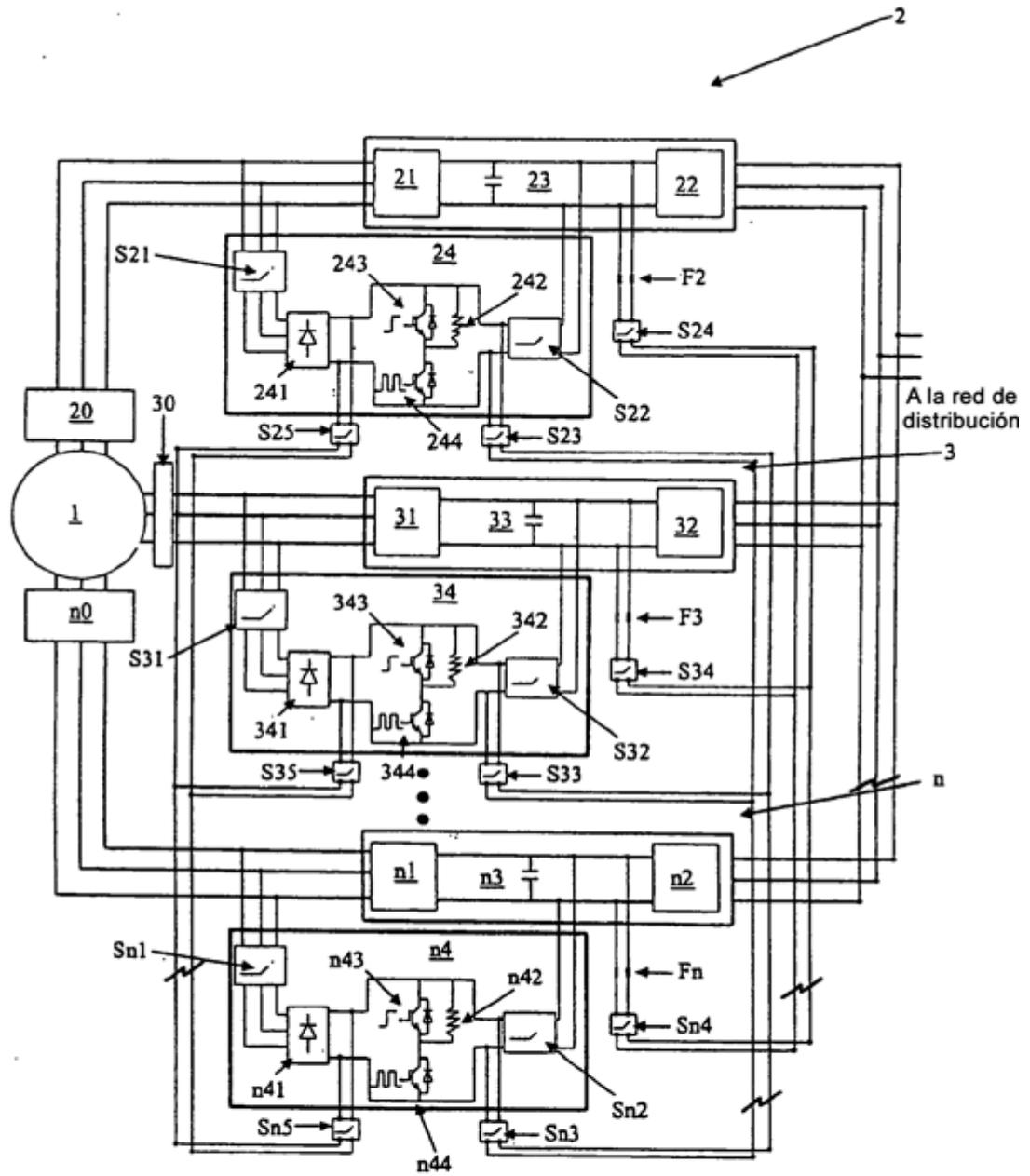


Figura 9

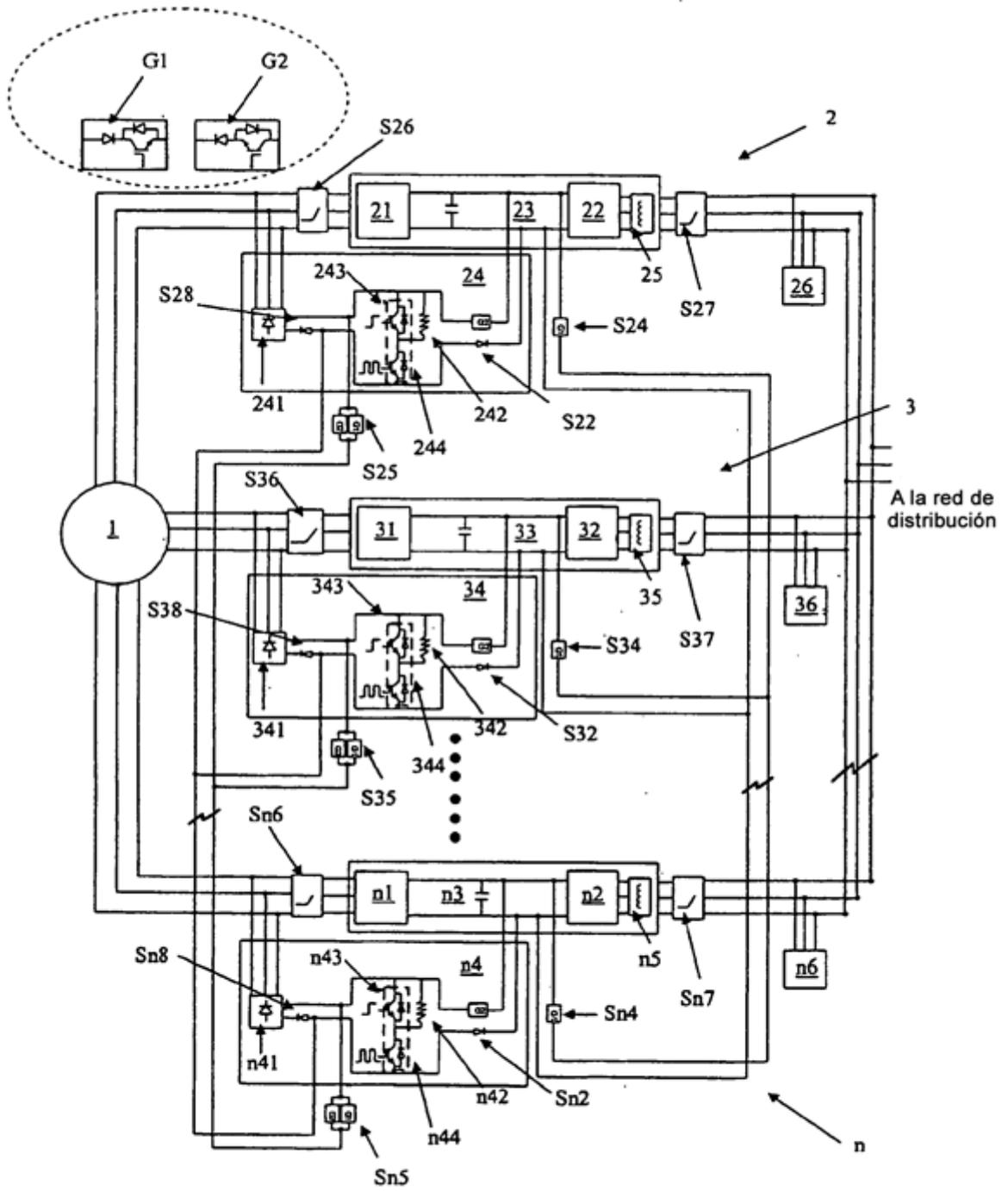


Figura 10

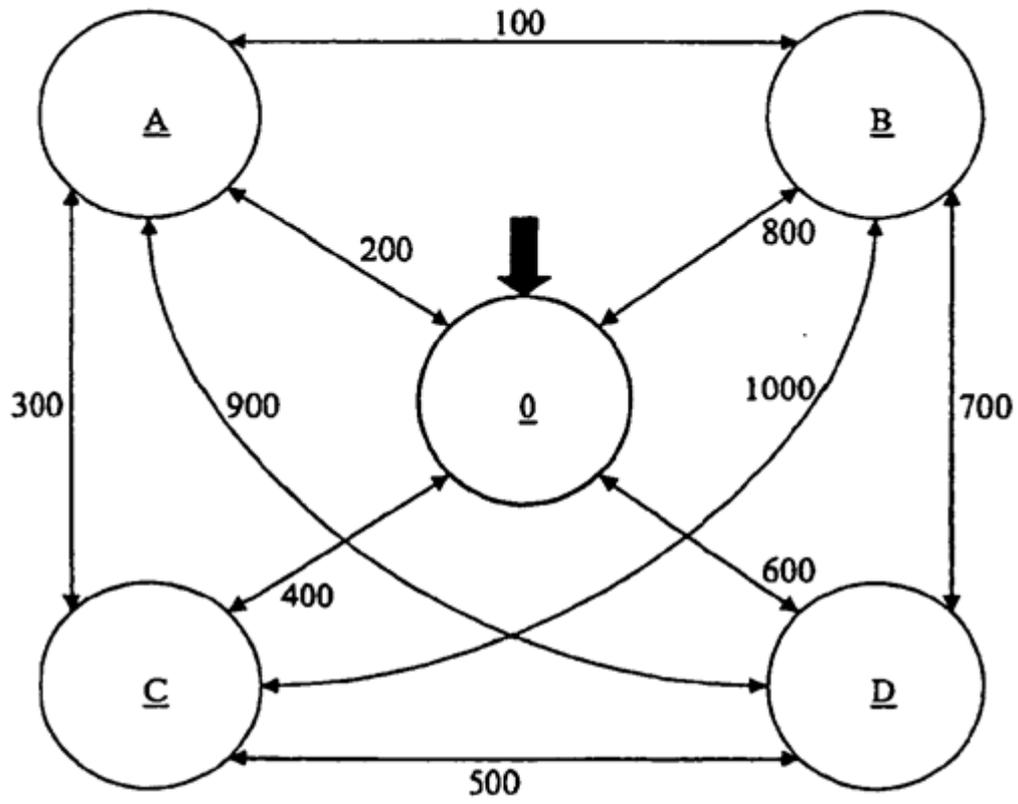


Figura 11