

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 872 343**

51 Int. Cl.:

H02K 7/18 (2006.01)
H02J 3/38 (2006.01)
F03D 13/20 (2006.01)
F03D 9/25 (2006.01)
F03D 13/10 (2006.01)
F03D 80/50 (2006.01)
F03D 80/80 (2006.01)
H02K 17/42 (2006.01)
H02K 11/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.10.2012 E 12190608 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.03.2021 EP 2590304**

54 Título: **Generador de turbina eólica y turbina eólica**

30 Prioridad:

02.11.2011 US 201113287167

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

02.11.2021

73 Titular/es:

**GE WIND ENERGY GMBH (100.0%)
Holsterfeld 16
48499 Salzbergen**

72 Inventor/es:

LANGEL, ANDRE

74 Agente/Representante:

FORTEA LAGUNA, Juan José

ES 2 872 343 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

Generador de turbina eólica y turbina eólica

- 5 **[0001]** La materia objeto descrita en el presente documento se refiere en general a procedimientos y sistemas para turbinas eólicas, y más en particular, a procedimientos y sistemas con respecto al generador de potencia de una turbina eólica, incluso más en particular, el estátor de un generador de potencia eólica y el posicionamiento del convertidor de potencia.
- 10 **[0002]** Las turbinas eólicas a gran escala que alimentan potencia eléctrica a las redes de suministro eléctrico han crecido rápidamente en los últimos años. Esta tasa de crecimiento se remonta a los numerosos beneficios y mejoras ambientales, técnicos y económicos de las tecnologías de energía eólica. La energía eólica posibilita una reducción del uso de combustibles fósiles como fuente de energía, lo que reduce en consecuencia la producción de gases de efecto invernadero. Además, la energía eólica está ampliamente disponible, es renovable y limpia.
- 15 Los desarrollos técnicos han mejorado el diseño, las tecnologías de fabricación, los materiales y los dispositivos electrónicos de potencia de las turbinas eólicas que posibilitan la producción de turbinas eólicas sólidas y eficaces a menores costes.
- 20 **[0003]** En general, una turbina eólica incluye una turbina que tiene un rotor que incluye un conjunto de buje giratorio que tiene múltiples palas. Las palas transforman la energía eólica en un par de rotación mecánico que acciona uno o más generadores por medio del rotor. A veces, pero no siempre, los generadores están acoplados de forma giratoria al rotor a través de una multiplicadora. La multiplicadora aumenta la velocidad de rotación inherentemente baja del rotor para que el generador convierta eficazmente la energía mecánica de rotación en energía eléctrica, que se alimenta a una red de suministro por medio de al menos una conexión eléctrica. También
- 25 existen turbinas eólicas de accionamiento directo sin engranajes. El rotor, el generador, la multiplicadora y otros componentes se montan típicamente dentro de una carcasa, o góndola, que se sitúa en la parte superior de una base que puede ser una estructura de celosía o una torre tubular.
- 30 **[0004]** Algunas configuraciones de turbinas eólicas incluyen generadores de inducción de doble alimentación (DFIG). Dichas configuraciones también pueden incluir convertidores de potencia que se usan para convertir una frecuencia de potencia eléctrica generada en una frecuencia sustancialmente similar a una frecuencia de la red de suministro. Además, dichos convertidores, junto con el DFIG, también transmiten potencia eléctrica entre la red de suministro y el generador, así como transmiten potencia de excitación del generador a un rotor bobinado del generador desde una de las conexiones a la conexión de red de suministro eléctrico. De forma alternativa, algunas
- 35 configuraciones de turbinas eólicas incluyen, pero no se limitan a, tipos alternativos de generadores de inducción, generadores síncronos de imanes permanentes (PM) y generadores síncronos eléctricamente excitados y generadores de reluctancia conmutada. Estas configuraciones alternativas también pueden incluir convertidores de potencia que se usan para convertir las frecuencias como se describe anteriormente y transmitir potencia eléctrica entre la red de suministro y el generador.
- 40 **[0005]** En algunas turbinas eólicas conocidas, la góndola de una turbina eólica contiene la maquinaria y los dispositivos electrónicos de potencia esenciales que posibilitan la conversión eficaz de la energía eólica en energía eléctrica, tal como el generador y posiblemente el convertidor de potencia. A veces, el convertidor está en la parte inferior de una torre de turbina eólica. Como núcleo de una turbina eólica, la góndola debe funcionar de forma fiable
- 45 y rentable durante toda la vida útil de la turbina eólica. Normalmente, el espacio en el interior de la góndola es limitado y se usa una gran cantidad de cables de transmisión o barras colectoras para conectar los componentes electrónicos de potencia individuales, lo que añade costes.
- 50 **[0006]** Además, las turbinas eólicas conocidas tienen una pluralidad de componentes mecánicos y eléctricos que pueden tener limitaciones de funcionamiento independientes o diferentes, tales como límites de corriente, voltaje, potencia y/o temperatura, de otros componentes. Puesto que muchos de los componentes eléctricos y/o mecánicos se unen por primera vez después de instalarse en la turbina eólica, las turbinas eólicas conocidas se diseñan y/o ensamblan típicamente con límites de potencia nominal predefinidos. Para funcionar dentro de dichos límites de potencia nominal, los componentes eléctricos y/o mecánicos se pueden hacer funcionar con grandes márgenes
- 55 para las limitaciones de funcionamiento. Dicho funcionamiento puede dar como resultado un funcionamiento ineficaz de la turbina eólica, y una capacidad de generación de potencia de la turbina eólica puede estar infrutilizada.
- 60 **[0007]** Para este propósito, se apreciará que se desea someter a prueba fácilmente los componentes mecánicos y electrónicos de potencia antes de su instalación, para garantizar una compatibilidad óptima entre los componentes y un funcionamiento eficaz, armonioso, duradero y sin problemas de la turbina eólica. Además, es deseable una fácil reparación e intercambio de piezas defectuosas, así como la reducción de los costes de material en el interior de la góndola y un incremento de la eficacia global de la turbina eólica.
- 65 **[0008]** El documento WO 2008/014584 describe un generador que tiene un estátor formado por una pluralidad de pares de segmentos de estátor paralelos. El conjunto de devanado del estátor incluye un devanado del estátor

y puede incluir un condensador de factor de potencia, un condensador de filtrado de corriente continua, un supercondensador y uno o más diodos.

5 [0009] El documento US 2010/133826 describe un generador de inducción de doble alimentación para su uso en una turbina eólica.

10 [0010] El documento WO 02/15367 describe una central de energía eólica, que comprende al menos dos rectificadores y dos inversores. El objetivo del documento WO 02/15367 es limitar el daño provocado por la falla de los componentes de la central de energía eólica mientras que todavía se permite el uso de componentes estándar. Para este fin, la central de energía eólica comprende al menos dos motores de arranque, cada uno con al menos un devanado del estátor, y al menos dos transformadores.

15 [0011] El documento EP 1416604 describe un circuito eléctrico para una central de energía, preferentemente un aeromotor, que incluye un generador accionado con rotor y estátor, donde el estátor del generador está dividido en secciones separadas que cada una está conectada a un circuito rectificador independiente. Cada circuito rectificador está conectado a un circuito de corriente continua independiente, que a su vez está conectado a la entrada de al menos un inversor independiente. El propósito del documento EP 1416604 es proporcionar un circuito eléctrico y un procedimiento para hacer funcionar aeromotores donde se incrementa la eficacia eléctrica. Otro propósito es lograr de forma simultánea una mayor fiabilidad del circuito eléctrico del aeromotor.

20 [0012] Por consiguiente, la materia objeto descrita en el presente documento se refiere a procedimientos y sistemas de conjunto mejorados, en particular con respecto a generadores de potencia y convertidores de potencia, para lograr los beneficios de coste, fiabilidad, espaciales, materiales y de mantenimiento mencionados anteriormente.

25 [0013] En un aspecto de acuerdo con la presente invención, se proporciona un generador de potencia de turbina eólica, que incluye: un estátor con al menos un segmento de estátor, un rotor bobinado montado de forma giratoria en el estátor, un generador de inducción trifásico de doble alimentación y uno o más conjuntos de conversión. El generador de potencia incluye uno o más conjuntos de conversión que están unidos de forma mecánica al al menos un segmento de estátor. El uno o más conjuntos de conversión también pueden estar conectados de forma integral al al menos un segmento de estátor. Además, el uno o más conjuntos de conversión se pueden preensamblar en el al menos un segmento de estátor.

30 [0014] En otro aspecto se proporciona una turbina eólica que incluye: una góndola soportada por una torre, al menos una pala de rotor para captar energía eólica y un generador de potencia para convertir energía cinética en energía eléctrica que incluye un estátor con al menos un segmento de estátor, un rotor montado de forma giratoria en el estátor y uno o más conjuntos de conversión. El generador de potencia incluye uno o más conjuntos de conversión que están conectados de forma integral al al menos un segmento de estátor. El uno o más conjuntos de conversión también se pueden unir de forma mecánica al al menos un segmento de estátor. Además, el uno o más conjuntos de conversión se pueden preensamblar en el al menos un segmento de estátor.

35 [0015] Aún en otro aspecto se proporciona un procedimiento para unir uno o más conjuntos de conversión al estátor de un generador de turbina eólica, en el que dicho generador incluye al menos un segmento de estátor. El procedimiento incluye: proporcionar uno o más conjuntos de conversión y al menos un segmento de estátor; unir de forma mecánica el uno o más conjuntos de conversión al al menos un segmento de estátor; e instalar el generador de potencia con uno o más conjuntos de conversión preensamblados en la góndola de una turbina eólica. Además, el uno o más conjuntos de conversión pueden estar conectados o preensamblados de forma integral en el al menos un segmento de estátor.

40 [0016] Diversos aspectos, ventajas y rasgos característicos de la presente invención son evidentes a partir de las reivindicaciones dependientes, la descripción y los dibujos adjuntos, en los que:

La fig. 1 es una vista en perspectiva de una parte de una turbina eólica ejemplar.

55 La fig. 2 es una vista esquemática de un sistema eléctrico y de control ejemplar adecuado para su uso con la turbina eólica mostrada en la fig. 1.

60 La fig. 3 es una vista esquemática de acuerdo con los modos de realización en el presente documento que muestra un generador con un estátor segmentado, donde cada segmento de estátor está provisto de un conjunto de conversión.

La fig. 4 es una vista esquemática de acuerdo con modos de realización en el presente documento que muestra un generador con un estátor segmentado y cuatro conjuntos de conversión.

65 La fig. 5 es una vista esquemática de acuerdo con los modos de realización en el presente documento que muestra un generador con un estátor no segmentado y cuatro conjuntos de conversión.

La fig. 6 es una vista esquemática de acuerdo con los modos de realización en el presente documento que muestra un generador con un estátor segmentado, donde cada segmento de estátor está provisto de parte de un conjunto de conversión, que se puede conectar en serie a otra parte de un conjunto de conversión.

5

La fig. 7 es una vista esquemática de acuerdo con los modos de realización en el presente documento que muestra un generador con un estátor segmentado y cuatro partes de conjuntos de conversión.

La fig. 8 es una vista esquemática de acuerdo con los modos de realización en el presente documento que muestra un generador con un estátor no segmentado y cuatro partes de conjuntos de conversión.

10

La fig. 9 es una vista esquemática de acuerdo con los modos de realización en el presente documento que muestra un generador con un estátor segmentado, donde cada segmento de estátor está provisto de partes de un conjunto de conversión.

15

La fig. 10 es una vista esquemática de acuerdo con los modos de realización en el presente documento que muestra un generador con un estátor segmentado y dos conjuntos de conversión situados en la superficie radial de los segmentos de estátor.

20

La fig. 11 es una vista esquemática de acuerdo con los modos de realización en el presente documento que muestra una turbina eólica con parte de un conjunto de conversión situado en el interior de la torre.

La fig. 12 es una vista esquemática de acuerdo con los modos de realización en el presente documento que muestra una turbina eólica con parte de un conjunto de conversión situado fuera de la torre.

25

La fig. 13 es un diagrama de bloques de acuerdo con los modos de realización en el presente documento que muestra un procedimiento de unión del conjunto de conversión a un segmento de estátor de un generador de potencia de turbina eólica.

30

[0017] Ahora se hará referencia en detalle a los diversos modos de realización, uno o más ejemplos de los que se ilustran en cada fig. Cada ejemplo se proporciona a modo de explicación y no pretende ser una limitación. Por ejemplo, los rasgos característicos ilustrados o descritos como parte de un modo de realización se pueden usar en o junto con otros modos de realización para proporcionar aún otros modos de realización. Se pretende que la presente divulgación incluya dichas modificaciones y variaciones.

35

[0018] Como se usa en el presente documento, el término "conjunto de conversión" pretende ser representativo de un convertidor de potencia de CA-CC-CA que incluye opcionalmente un enlace de CC. Además, el término "conjunto de conversión" también puede ser representativo de un convertidor de potencia de CA-CC o un convertidor de potencia de CC-CA, ambos opcionalmente con parte de un enlace de CC. Como se usa en el presente documento, el término "convertidor de frecuencia completa" pretende ser representativo de un convertidor que puede convertir frecuencias en el intervalo de 0 a 200 Hz o más.

40

[0019] Como se usa en el presente documento, el término "convertidor en el lado del generador" pretende ser representativo de la parte de un convertidor de potencia que está enlazado con el rotor o estátor de un generador de potencia, y normalmente incluye un convertidor de CA-CC y, opcionalmente, parte de un enlace de CC. Como se usa en el presente documento, el término "convertidor en el lado de la línea" pretende ser representativo de la parte de un convertidor de potencia que está enlazado con una red de suministro eléctrico, y normalmente incluye un convertidor de CC-CA y opcionalmente parte de un enlace de CC.

45

[0020] Como se usa en el presente documento, el término "pala" pretende ser representativo de cualquier dispositivo que proporciona una fuerza reactiva cuando está en movimiento con respecto a un fluido circundante. Como se usa en el presente documento, el término "turbina eólica" pretende ser representativo de cualquier dispositivo que genera energía de rotación a partir de energía eólica y, más específicamente, convierte la energía cinética del viento en energía mecánica.

50

[0021] Como se usa en el presente documento, el término "generador eólico" pretende ser representativo de cualquier turbina eólica que genera potencia eléctrica a partir de energía de rotación generada a partir de energía eólica y, más específicamente, convierte la energía mecánica convertida a partir de la energía cinética del viento en potencia eléctrica.

55

[0022] Como se usa en el presente documento, el término "estátor" pretende ser representativo de la parte estacionaria de un sistema de rotor, que se encuentra típicamente en un generador de potencia eléctrica. Como se usa en el presente documento, el término "al menos un segmento de estátor" pretende ser representativo de un segmento de estátor, que también puede incluir un estátor hecho de un segmento (por ejemplo, un estátor no segmentado). Como se usa en el presente documento, el término "bolsa del estátor" pretende ser representativo de una cavidad o espacio hueco dentro del estátor de un generador de potencia.

60

65

5 **[0023]** Como se usa en el presente documento, el término "interior de la torre" pretende ser representativo de cualquier ubicación en el interior de una base, torre o góndola de turbina eólica. Como se usa en el presente documento, el término "fuera de la torre" pretende ser representativo de cualquier ubicación fuera de una turbina eólica.

10 **[0024]** Los modos de realización descritos en el presente documento incluyen un sistema de turbina eólica que posibilita un tamaño de góndola reducido uniendo de forma mecánica o conectando de forma integral uno o más conjuntos de conversión sobre o en el al menos un segmento de estátor de un generador de potencia de clase multimegavatios. Por consiguiente, el uno o más conjuntos de conversión de potencia se pueden unir de forma mecánica o conectar de forma integral al al menos un segmento de estátor de un generador de potencia de clase multimegavatios, que a su vez se puede unir de forma mecánica a una turbina eólica. Los generadores de potencia de clase multimegavatios son típicamente generadores con una capacidad de producción de energía de entre 1 y 10 MW, y más.

15 **[0025]** Se puede lograr más redundancia que incrementa la fiabilidad del generador de potencia a través de varios conjuntos de conversión de potencia o unidades generadoras. Sin limitarse a ningún modo de realización particular, por ejemplo, cada uno de los dos o más segmentos de estátor de un generador de potencia puede incluir uno o múltiples devanados de estátor o conjuntos de devanados de estátor que se pueden conectar individualmente o en grupos al mismo conjunto de conversión, conectados opcionalmente en serie o en paralelo entre sí, o individualmente o en grupos para separar conjuntos de conversión de potencia o en cualquier combinación de los mismos.

20 **[0026]** En modos de realización donde uno o múltiples devanados de estátor de dos o más segmentos de estátor están conectados individualmente o en grupos al mismo conjunto de conversión, en el caso de una falla eléctrica o mal funcionamiento de uno o más devanados de estátor, la potencia de los devanados de estátor restantes evita la interrupción de potencia al ensamble de conversión. De forma similar, cuando uno o múltiples devanados de estátor de dos o más segmentos de estátor están conectados individualmente o en grupos entre sí, preferentemente en paralelo, en el caso de que uno o más devanados de estátor no proporcionen potencia eléctrica, los devanados de estátor restantes garantizan un suministro ininterrumpido de potencia al conjunto de conversión.

25 **[0027]** En otros modos de realización, uno o múltiples devanados de estátor de al menos un segmento de estátor se pueden conectar individualmente o en grupos a conjuntos de conversión separados. En caso de que uno o más devanados de estátor o conjuntos de conversión de potencia fallen durante el funcionamiento del generador, los devanados de estátor restantes y los conjuntos de conversión de potencia proporcionan canales para transmitir la potencia producida.

30 **[0028]** Se pueden proporcionar uno o más fusibles eléctricos o disyuntores de circuito a cualquiera de los modos de realización en el presente documento. El disyuntor de circuito puede posibilitar el reemplazo seguro de un devanado de estátor, un segmento de estátor o un conjunto de conversión sin interrumpir el funcionamiento del generador. Además, dichos disyuntores de circuito pueden posibilitar apagar solo una sección especificada de un generador.

35 **[0029]** Unir el uno o más conjuntos de conversión o una parte de ellos en o sobre el al menos un segmento de estátor permite un empaquetado integrado del sistema, ahorra conexiones de cables o barras colectoras desde el conjunto de conversión al generador y libera espacio. Además, debido a que las conexiones entre el uno o más conjuntos de conversión y el generador son cortas, no hay necesidad de protección adicional cerca de un generador de imanes permanentes. Además, cuando solo parte del uno o más conjuntos de conversión de potencia se une de forma mecánica o se conecta de forma integral al al menos un segmento de estátor, se puede omitir que los filtros de línea se unan de forma mecánica o se conecten de forma integral al al menos un segmento de estátor, lo que puede reducir el peso del al menos un segmento de estátor.

40 **[0030]** Además, el generador de potencia de la clase multimegavatios y uno o más conjuntos de conversión se pueden someter a prueba de forma conveniente como un sistema en o antes del suministro antes de instalarlos en la góndola de una turbina eólica. Además, en caso de piezas defectuosas o desgastadas, es fácil intercambiar el uno o más conjuntos de conversión con o sin el al menos un segmento de estátor y sin interrumpir el funcionamiento del generador, lo que evita tiempos de inactividad del generador.

45 **[0031]** Además, puesto que un conjunto de conversión no tiene mucho peso en comparación con el al menos un segmento de generador, las estructuras mecánicas existentes típicamente pueden soportar el peso adicional. Por consiguiente, habitualmente no se necesita una estructura adicional para el uno o más conjuntos de conversión, lo que crea ventajas adicionales de coste y espacio.

50 **[0032]** A través del diseño compacto e integrado, las conexiones del sistema de refrigeración también pueden ser muy cortas y puede ser suficiente un único sistema de refrigeración tanto para el generador como para el uno

o más conjuntos de conversión. Además, se pueden obtener ahorros de material con respecto a los accionadores principales como, por ejemplo, los accionadores que controlan el uno o más conjuntos de conversión. Finalmente, debido a que el generador y el uno o más sistemas de conjunto de conversión incluyen una gran cantidad de las mismas piezas, las ventajas de producción en masa se aplican a una cantidad mucho menor de sistemas.

[0033] En algunos modos de realización en el presente documento, el estátor de un generador de potencia eólica puede estar segmentado pesando cada segmento, por ejemplo, entre 5 y 15 toneladas, dependiendo de la salida de potencia del generador. Uno o más de los segmentos de estátor pueden incluir una bolsa del estátor con una abertura en la que se puede colocar un conjunto de conversión o parte de un conjunto de conversión. El conjunto de conversión puede pesar típicamente entre 350 y 750 kg o aproximadamente de un 5 a un 15 % en peso de un segmento de estátor. Estos intervalos de valores no son exclusivos puesto que el peso del conjunto de conversión puede variar de acuerdo con el tamaño de la turbina eólica, la capacidad de producción de potencia y la configuración específica del conjunto de conversión que puede incluir otros dispositivos electrónicos de potencia tales como, por ejemplo, filtros o conectores. La cavidad se dimensiona de modo que quede disponible suficiente espacio hueco para encerrar parcial o completamente el conjunto de conversión, incluyendo las conexiones de cables o barras colectoras.

[0034] De acuerdo con modos de realización, la bolsa del estátor se ubica de tal manera que no interfiera con el flujo magnético del generador de potencia. La abertura de la bolsa del estátor se puede situar de tal modo que se pueda acceder al conjunto de conversión desde el lado frontal o bien posterior, o desde a lo largo y alrededor de la superficie radial de la carcasa del generador, de modo que pueda tener lugar un intercambio sencillo y conveniente del conjunto de conversión en caso de mal funcionamiento o falla.

[0035] La bolsa y la tapa del estátor pueden estar revestidos además con material aislante que protege el conjunto de conversión, por ejemplo, del calor producido por el generador. Además, la tapa puede cerrar la abertura para proteger el conjunto de conversión de influencias externas. La tapa se puede diseñar para posibilitar la entrada o salida de las conexiones de los cables de transmisión, las barras colectoras, así como el sistema de refrigeración. Las conformaciones particulares de la tapa pueden incluir hendiduras o aberturas de aireación para permitir la circulación de aire hacia y desde el conjunto de conversión.

[0036] Típicamente, el sistema de refrigeración emplea refrigeración con aire, tal como ventilación abierta (OV) para la parte del rotor giratorio del generador y/o refrigeración con agua, tal como refrigeración con agua a aire totalmente cerrada (TEWAC) para el al menos un segmento de estátor del generador. En general, son posibles diferentes combinaciones de los siguientes procedimientos de refrigeración para enfriar el generador de potencia: agua directa, agua a aire, agua a agua, aire a agua, aire a aire o aire directo. Puesto que el generador de potencia y el conjunto de conversión pueden tener temperaturas de funcionamiento similares, el intercambiador de calor de agua a aire del generador también puede regular la temperatura del conjunto de conversión o al menos de parte del conjunto de conversión. Se puede emplear un único sistema de refrigeración tanto para el generador de potencia como para el conjunto de conversión. Normalmente, el intercambiador de calor de agua a aire puede estar ubicado cerca o en el interior del generador. Por consiguiente, se pueden minimizar las conexiones del sistema de refrigeración hacia y desde el conjunto de conversión.

[0037] En otros modos de realización en el presente documento, el uno o más conjuntos de conversión se pueden unir al lado frontal o posterior del al menos un segmento de estátor, en la superficie radial del al menos un segmento de estátor, o en algún lugar a lo largo y alrededor de la superficie radial, lado frontal o lado posterior de la carcasa del generador. Por consiguiente, se posibilitaría un fácil acceso al uno o más convertidores. Sin limitarse a un modo de realización particular, el uno o más conjuntos de conversión se pueden unir al al menos un segmento de estátor o carcasa del generador de forma mecánica, física o integral, por ejemplo, por soldadura, atornillado, empernado o cualquier otro ajuste por fricción/de forma que pueda incluir, por ejemplo, fuerzas magnéticas o adhesivas. En general, la cantidad de conjuntos de conversión de potencia puede ser menor que la cantidad de segmentos de estátor o la cantidad de conjuntos de conversión de potencia puede ser mayor que la cantidad de segmentos de estátor.

[0038] Sin limitarse a un modo de realización particular en el presente documento, el al menos un segmento de estátor del generador de potencia puede incluir uno o más conjuntos de conversión. Además, el uno o más conjuntos de conversión pueden incluir convertidores de CA-CC-CA de frecuencia completa, en general con un enlace de CC. Sin embargo, el uno o más conjuntos de conversión también pueden incluir un convertidor de CA-CC de frecuencia completa y un convertidor de CC-CA de frecuencia completa separado que se pueden conectar entre sí por medio de un enlace de CC. En el caso del uso de dos convertidores de CA-CC y CC-CA de frecuencia completa separados espacialmente conectados por medio de un enlace de CC, normalmente, el convertidor de CA-CC se puede conectar de forma mecánica al generador que normalmente está ubicado en la góndola de una turbina eólica, y el convertidor de CC-CA que transmite la energía eléctrica a una red de suministro eléctrico puede estar ubicado en el interior o fuera de la torre de la turbina eólica.

[0039] Típicamente, se puede emplear un disyuntor o fusible en cualquiera de las disposiciones del conjunto de conversión descritas en los modos de realización en el presente documento. Por ejemplo, en modos de realización

que incluyen un conjunto de conversión por segmento de estátor, cada segmento de estátor también puede incluir un disyuntor para protección. Normalmente, cada disyuntor o fusible puede estar ubicado entre el conjunto de conversión y el transformador, por ejemplo, unido en el interior o sobre cada uno de los segmentos de estátor. Los modos de realización en el presente documento, donde parte del conjunto de conversión y el enlace de CC no están unidos a los segmentos de estátor del generador de potencia, pueden incluir al menos un disyuntor o fusible que también puede no estar unido a los segmentos de estátor.

[0040] En los modos de realización en el presente documento, los enlaces de CC individuales del uno o más convertidores de CA-CC y CC-CA de frecuencia completa separados se pueden conectar a un sistema colector de CC directamente. El sistema colector de CC conecta los enlaces de CC del convertidor en el lado del generador preferentemente en serie al menos un convertidor en el lado de la línea para incrementar el voltaje del sistema. Un voltaje del sistema incrementado puede disminuir las pérdidas de potencia. De forma similar, uno o más convertidores de CA-CC-CA de frecuencia completa se pueden conectar preferentemente en serie para incrementar el voltaje del sistema y disminuir las pérdidas de potencia antes de alimentarse finalmente a una red de suministro eléctrico.

[0041] Adicionalmente, un sistema colector de CC puede conectar los enlaces de CC individuales de los convertidores en el lado del generador de CA-CC de más de una turbina eólica, por ejemplo, de un parque eólico en tierra o en alta mar en serie o en paralelo a uno o más convertidores en el lado de la línea de CC-CA de frecuencia completa centrales. De manera similar, uno o más convertidores de CA-CC-CA de frecuencia completa de más de una turbina eólica, por ejemplo, de un parque eólico en tierra o en alta mar, se pueden conectar en serie o en paralelo antes de alimentarse finalmente a una red de suministro eléctrico.

[0042] La fig. 1 es una vista en perspectiva de una parte de una turbina eólica 100 ejemplar. La turbina eólica 100 incluye una góndola 102 que aloja un generador (no mostrado en la fig. 1). La góndola 102 está montada en una torre 104 (una parte de la torre 104 se muestra en la fig. 1). La torre 104 puede tener cualquier altura adecuada que facilite el funcionamiento de la turbina eólica 100 como se describe en el presente documento. La turbina eólica 100 también incluye un rotor 106 que incluye tres palas 108 unidas a un buje giratorio 110. De forma alternativa, la turbina eólica 100 incluye una cantidad cualquiera de palas 108 que facilita el funcionamiento de la turbina eólica 100 como se describe en el presente documento. En el modo de realización ejemplar, la turbina eólica 100 incluye una multiplicadora (no mostrada en la fig. 1) acoplada de forma operativa al rotor 106 y un generador (no mostrado en la fig. 1).

[0043] La fig. 2 es una vista esquemática de un sistema eléctrico y de control 200 ejemplar que se puede usar con la turbina eólica 100. El rotor 106 incluye palas 108 acopladas al buje 110. El rotor 106 también incluye un eje lento 112 acoplado de forma giratoria al buje 110. El eje lento 112 está acoplado a una multiplicadora elevadora 114 que está configurada para aumentar la velocidad de rotación del eje lento 112 y transferir esa velocidad a un eje rápido 116. En el modo de realización ejemplar, la multiplicadora 114 tiene una proporción de aumento de aproximadamente 70:1. Por ejemplo, el eje lento 112 que gira a aproximadamente 20 revoluciones por minuto (rpm) acoplado a la multiplicadora 114 con una proporción de aumento de aproximadamente 70:1 genera una velocidad para el eje rápido 116 de aproximadamente 1400 rpm. De forma alternativa, la multiplicadora 114 tiene cualquier proporción de aumento adecuada que facilite el funcionamiento de la turbina eólica 100 como se describe en el presente documento. Como otra alternativa, la turbina eólica 100 incluye un generador de accionamiento directo que está acoplado de forma giratoria al rotor 106 sin ninguna multiplicadora intermedia.

[0044] El eje rápido 116 está acoplado de forma giratoria al generador 118. El generador 118 es un generador (asíncrono) de inducción de doble alimentación (DFIG) trifásico de rotor bobinado que incluye un estátor de generador 120 acoplado magnéticamente a un rotor de generador 122.

[0045] El sistema eléctrico y de control 200 incluye un controlador de turbina 202. El controlador de turbina 202 incluye al menos un procesador y una memoria, al menos un canal de entrada de procesador, al menos un canal de salida de procesador, y puede incluir al menos un ordenador (no mostrados ninguno en la fig. 2). Como se usa en el presente documento, el término ordenador no se limita a los circuitos integrados a los que se hace referencia en la técnica como un ordenador, sino que se refiere ampliamente a un procesador, un microcontrolador, un microordenador, un controlador lógico programable (PLC), un circuito integrado específico de la aplicación y otros circuitos programables (no mostrados ninguno en la fig. 2), y estos términos se usan de manera intercambiable en el presente documento. En el modo de realización ejemplar, la memoria puede incluir, pero no se limita a, un medio legible por ordenador, tal como una memoria de acceso aleatorio (RAM) (no mostrado ninguno en la fig. 2). De forma alternativa, también se pueden usar uno o más dispositivos de almacenamiento, tales como un disquete, una memoria de solo lectura en disco compacto (CD-ROM), un disco magnetoóptico (MOD) y/o un disco versátil digital (DVD) (no mostrado ninguno en la fig. 2). Además, en el modo de realización ejemplar, los canales de entrada adicionales (no mostrados en la fig. 2) pueden ser, pero no se limitan a, periféricos de ordenador asociados con una interfaz de operador, tal como un ratón y un teclado (no mostrado ninguno en la fig. 2). Además, en el modo de realización ejemplar, los canales de salida adicionales pueden incluir, pero no se limitan a, un monitor de interfaz de operario (no mostrado en la fig. 2).

[0046] Los procesadores para el controlador de turbina 202 para procesar información transmitida desde una pluralidad de dispositivos eléctricos y electrónicos que pueden incluir, pero no se limitan a, transductores de voltaje y corriente. La RAM y/o los dispositivos de almacenamiento almacenan y transfieren información e instrucciones que se van a ejecutar por el procesador. También se pueden usar la RAM y/o dispositivos de almacenamiento para almacenar y proporcionar variables temporales, información e instrucciones estáticas (es decir, que no cambian) u otra información intermedia a los procesadores durante la ejecución de instrucciones por los procesadores. Las instrucciones que se ejecutan incluyen, pero no se limitan a, conversión residente y/o algoritmos de comparación. La ejecución de secuencias de instrucciones no se limita a ninguna combinación específica de circuitos de hardware e instrucciones de software.

[0047] El estátor de generador 120 está acoplado eléctricamente a un conmutador de sincronización de estátor 206 por medio de un bus de estátor 208. En un modo de realización ejemplar, para facilitar la configuración DFIG, el rotor de generador 122 se acopla eléctricamente a un conjunto de conversión de potencia 210 bidireccional por medio de un bus de rotor 212. De forma alternativa, el rotor de generador 122 se acopla eléctricamente al bus de rotor 212 por medio de cualquier otro dispositivo que facilite el funcionamiento del sistema eléctrico y de control 200 como se describe en el presente documento. Como otra alternativa, el sistema eléctrico y de control 200 se configura como un sistema de conversión de potencia completa (no mostrado) que incluye un conjunto de conversión de potencia completa (no mostrado en la fig.2) similar en diseño y funcionamiento al conjunto de conversión de potencia 210 y acoplado eléctricamente al estátor de generador 120. El conjunto de conversión de potencia completa facilita la canalización de la potencia eléctrica entre el estátor de generador 120 y una red de transmisión y distribución de potencia eléctrica (no mostrada). En el modo de realización ejemplar, el bus de estátor 208 transmite potencia trifásica desde el estátor de generador 120 al conmutador de sincronización de estátor 206. El bus de rotor 212 transmite potencia trifásica desde el rotor de generador 122 al conjunto de conversión de potencia 210. En el modo de realización ejemplar, el conmutador de sincronización de estátor 206 se acopla eléctricamente a un disyuntor de circuito de transformador principal 214 por medio de un bus de sistema 216. En un modo de realización alternativo, se usan uno o más fusibles (no mostrados) en lugar del disyuntor de circuito de transformador principal 214. En otro modo de realización, no se usan ni fusibles ni el disyuntor de circuito de transformador principal 214.

[0048] El conjunto de conversión de potencia 210 incluye un filtro de rotor 218 que se acopla eléctricamente al rotor de generador 122 por medio del bus de rotor 212. Un bus de filtro de rotor 219 acopla eléctricamente el filtro de rotor 218 a un convertidor de potencia en el lado del generador 220 y el convertidor de potencia en el lado del generador 220 se acopla eléctricamente a un convertidor de potencia en el lado de la línea 222. El convertidor de potencia en el lado del generador 220 y el convertidor de potencia en el lado de la línea 222 son puentes de convertidor de potencia que incluyen semiconductores de potencia (no mostrados). En el modo de realización ejemplar, el convertidor de potencia en el lado del generador 220 y el convertidor de potencia en el lado de la línea 222 se configuran en una configuración de modulación de ancho de pulso (PWM) trifásica que incluye dispositivos de conmutación de transistor bipolar de puerta aislada (IGBT) (no mostrados en la fig.2) que funcionan como es conocido en la técnica. De forma alternativa, el convertidor de potencia en el lado del generador 220 y el convertidor de potencia en el lado de la línea 222 tienen cualquier configuración que usa cualquier dispositivo de conmutación que facilita el funcionamiento del sistema eléctrico y de control 200 como se describe en el presente documento. El conjunto de conversión de potencia 210 se acopla en comunicación de datos electrónicos con el controlador de turbina 202 para controlar el funcionamiento del convertidor de potencia en el lado del generador 220 y del convertidor de potencia en el lado de la línea 222.

[0049] En el modo de realización ejemplar, un bus convertidor de potencia en el lado de la línea 223 acopla eléctricamente el convertidor de potencia en el lado de la línea 222 a un filtro de línea 224. Además, un bus de línea 225 acopla eléctricamente el filtro de línea 224 a un conector de línea 226. Además, el conector de línea 226 se acopla eléctricamente a un disyuntor de circuito de conversión 228 por medio de un bus de disyuntor de circuito de conversión 230. Además, el disyuntor de circuito de conversión 228 se acopla eléctricamente al disyuntor de circuito de transformador principal 214 por medio del bus de sistema 216 y un bus de conexión 232. De forma alternativa, el filtro de línea 224 se acopla eléctricamente al bus de sistema 216 directamente por medio del bus de conexión 232 e incluye cualquier esquema de protección adecuado (no mostrado) configurado para tener en cuenta la eliminación del conector de línea 226 y el disyuntor de circuito de conversión 228 del sistema eléctrico y de control 200. El disyuntor de circuito de transformador principal 214 se acopla eléctricamente a un transformador principal de potencia eléctrica 234 por medio de un bus en el lado del generador 236. El transformador principal 234 se acopla eléctricamente a un disyuntor de circuito de red 238 por medio de un bus en el lado de disyuntor 240. El disyuntor de circuito de red 238 se conecta a la red de transmisión y distribución de potencia eléctrica por medio de un bus de red 242. En un modo de realización alternativo, el transformador principal 234 se acopla eléctricamente a uno o más fusibles (no mostrados), en lugar de al disyuntor de circuito de red 238, por medio del bus en el lado de disyuntor 240. En otro modo de realización, no se usan ni fusibles ni el disyuntor de circuito de red 238, sino que el transformador principal 234 se acopla a la red de transmisión y distribución de potencia eléctrica por medio del bus en el lado de disyuntor 240 y el bus de red 242.

[0050] En el modo de realización ejemplar, el convertidor de potencia en el lado del generador 220 se acopla en comunicación eléctrica con el convertidor de potencia en el lado de la línea 222 por medio de un único enlace de

corriente continua (CC) 244. De forma alternativa, el convertidor de potencia en el lado del generador 220 y el convertidor de potencia en el lado de la línea 222 se acoplan eléctricamente por medio de enlaces de CC individuales y separados (no mostrados en la fig. 2). El enlace de CC 244 incluye un carril positivo 246, un carril negativo 248 y al menos un condensador 250 acoplado entre el carril positivo 246 y el carril negativo 248. De forma alternativa, el condensador 250 incluye uno o más condensadores configurados en serie y/o en paralelo entre el carril positivo 246 y el carril negativo 248.

[0051] El controlador de turbina 202 se configura para recibir una pluralidad de señales de medición de voltaje y corriente eléctrica desde un primer conjunto de sensores de voltaje y corriente eléctrica 252. Además, el controlador de turbina 202 se configura para supervisar y controlar al menos algunas de las variables operativas asociadas con la turbina eólica 100. En el modo de realización ejemplar, cada uno de los tres sensores de voltaje y corriente eléctrica 252 se acopla eléctricamente a cada una de las tres fases del bus de red 242. De forma alternativa, los sensores de voltaje y corriente eléctrica 252 se acoplan eléctricamente al bus de sistema 216. Como otra alternativa, los sensores de voltaje y corriente eléctrica 252 se acoplan eléctricamente a cualquier parte del sistema eléctrico y de control 200 que facilite el funcionamiento del sistema eléctrico y de control 200 como se describe en el presente documento. Como otra alternativa más, el controlador de turbina 202 se configura para recibir una cantidad cualquiera de señales de medición de voltaje y corriente eléctrica desde una cantidad cualquiera de sensores de voltaje y corriente eléctrica 252, incluyendo, pero sin limitarse a, una señal de medición de voltaje y corriente eléctrica desde un transductor.

[0052] Como se muestra en la fig. 2, el sistema eléctrico y de control 200 también incluye un controlador de convertidor 262 que se configura para recibir una pluralidad de señales de medición de voltaje y corriente eléctrica. Por ejemplo, en un modo de realización, el controlador de convertidor 262 recibe señales de medición de voltaje y corriente eléctrica desde un segundo conjunto de sensores de voltaje y corriente eléctrica 254 acoplados en comunicación de datos electrónica con el bus de estátor 208. El controlador de convertidor 262 recibe un tercer conjunto de señales de medición de voltaje y corriente eléctrica desde un tercer conjunto de sensores de voltaje y corriente eléctrica 256 acoplados en comunicación de datos electrónica con el bus de rotor 212. El controlador de convertidor 262 también recibe un cuarto conjunto de señales de medición de voltaje y corriente eléctrica desde un cuarto conjunto de sensores de voltaje y corriente eléctrica 264 acoplados en comunicación de datos electrónica con el bus de disyuntor de circuito de conversión 230. El segundo conjunto de sensores de voltaje y corriente eléctrica 254 es sustancialmente similar al primer conjunto de sensores de voltaje y corriente eléctrica 252, y el cuarto conjunto de sensores de voltaje y corriente eléctrica 264 es sustancialmente similar al tercer conjunto de sensores de voltaje y corriente eléctrica 256. El controlador de convertidor 262 es sustancialmente similar al controlador de turbina 202 y se acopla en comunicación de datos electrónica con el controlador de turbina 202. Además, en el modo de realización ejemplar, el controlador de convertidor 262 está físicamente integrado dentro del conjunto de conversión de potencia 210. De forma alternativa, el controlador de convertidor 262 tiene cualquier configuración que facilite el funcionamiento del sistema eléctrico y de control 200 como se describe en el presente documento.

[0053] Durante el funcionamiento, el viento impacta en las palas 108 y las palas 108 transforman la energía eólica en un par de rotación mecánico que acciona de forma giratoria el eje lento 112 por medio del buje 110. El eje lento 112 acciona la multiplicadora 114 que, posteriormente, aumenta la baja velocidad de rotación del eje lento 112 para accionar el eje rápido 116 con una velocidad de rotación incrementada. El eje rápido 116 acciona de forma giratoria el rotor de generador 122. Un campo magnético giratorio se induce por el rotor de generador 122 y un voltaje se induce dentro del estátor de generador 120 que está acoplado magnéticamente al rotor de generador 122. El generador 118 convierte la energía mecánica de rotación en una señal de energía eléctrica de corriente alterna (CA) trifásica sinusoidal en el estátor de generador 120. La potencia eléctrica asociada se transmite al transformador principal 234 por medio del bus de estátor 208, el conmutador de sincronización de estátor 206, el bus de sistema 216, el disyuntor de circuito de transformador principal 214 y el bus en el lado del generador 236. El transformador principal 234 aumenta la amplitud de voltaje de la potencia eléctrica y la potencia eléctrica transformada se transmite además a una red por medio del bus en el lado de disyuntor 240, el disyuntor de circuito de red 238 y el bus de red 242.

[0054] En el modo de realización ejemplar, se proporciona una segunda vía de transmisión de potencia eléctrica. La potencia de CA eléctrica, trifásica, sinusoidal se genera dentro del rotor de generador 122 y se transmite al conjunto de conversión de potencia 210 por medio del bus de rotor 212. Dentro del conjunto de conversión de potencia 210, se transmite la potencia eléctrica al filtro de rotor 218 y se modifica la potencia eléctrica para la velocidad de cambio de las señales PWM asociadas con el convertidor de potencia en el lado del generador 220. El convertidor de potencia en el lado del generador 220 actúa como un rectificador y rectifica la potencia de CA sinusoidal trifásica a potencia de CC. La potencia de CC se transmite al enlace de CC 244. El condensador 250 facilita la mitigación de las variaciones de amplitud de voltaje del enlace de CC 244 al facilitar la mitigación de una ondulación de CC asociada con la rectificación de CA.

[0055] La potencia de CC se transmite posteriormente desde el enlace de CC 244 al convertidor de potencia en el lado de la línea 222 y el convertidor de potencia en el lado de la línea 222 actúa como un inversor configurado para convertir la potencia eléctrica de CC del enlace de CC 244 a potencia eléctrica de CA trifásica sinusoidal con

voltajes, corrientes y frecuencias predeterminados. Esta conversión se supervisa y controla por medio del controlador de convertidor 262. La potencia de CA convertida se transmite desde el convertidor de potencia en el lado de la línea 222 al bus de sistema 216 por medio del bus de convertidor de potencia en el lado de la línea 223 y el bus de línea 225, el conector de línea 226, el bus de disyuntor de circuito de conversión 230, el disyuntor de
 5 circuito de conversión 228 y el bus de conexión 232. El filtro de línea 224 compensa o ajusta las corrientes armónicas en la potencia eléctrica transmitida desde el convertidor de potencia en el lado de la línea 222. El conmutador de sincronización de estátor 206 se configura para cerrarse para facilitar la conexión de la potencia trifásica del estátor de generador 120 con la potencia trifásica del conjunto de conversión de potencia 210.

10 **[0056]** El disyuntor de circuito de conversión 228, el disyuntor de circuito de transformador principal 214 y el disyuntor de circuito de red 238 se configuran para desconectar los buses correspondientes, por ejemplo, cuando el flujo de corriente excesivo puede dañar los componentes del sistema eléctrico y de control 200. También se proporcionan componentes de protección adicionales, incluyendo el conector de línea 226, que se pueden controlar para formar una desconexión abriendo un conmutador (no mostrado en la fig. 2) correspondiente a cada línea del
 15 bus de línea 225.

20 **[0057]** El conjunto de conversión de potencia 210 compensa o ajusta la frecuencia de la potencia trifásica del rotor de generador 122 para cambios, por ejemplo, en la velocidad del viento en el buje 110 y las palas 108. Por lo tanto, de esta manera, las frecuencias del rotor mecánicas y eléctricas se desacoplan de la frecuencia del estátor.

25 **[0058]** En algunas condiciones, las características bidireccionales del conjunto de conversión de potencia 210, y específicamente, las características bidireccionales del convertidor de potencia en el lado del generador 220 y del convertidor de potencia en el lado de la línea 222, facilitan la realimentación de al menos parte de la potencia eléctrica generada hacia el rotor de generador 122. Más específicamente, la potencia eléctrica se transmite desde
 30 el bus de sistema 216 al bus de conexión 232 y, posteriormente, a través del disyuntor de circuito de conversión 228 y el bus de disyuntor de circuito de conversión 230 hacia el conjunto de conversión de potencia 210. Dentro del conjunto de conversión de potencia 210, la potencia eléctrica se transmite a través del conector de línea 226, el bus de línea 225 y el bus convertidor de potencia en el lado de la línea 223 hacia el convertidor de potencia en el lado de la línea 222. El convertidor de potencia en el lado de la línea 222 actúa como un rectificador y rectifica la potencia de CA sinusoidal trifásica a potencia de CC. La potencia de CC se transmite al enlace de CC 244. El condensador 250 facilita la mitigación de las variaciones de amplitud de voltaje del enlace de CC 244 al facilitar la mitigación de una ondulación de CC asociada a veces con la rectificación de CA trifásica.

35 **[0059]** La potencia de CC se transmite posteriormente desde el enlace de CC 244 al convertidor de potencia en el lado del generador 220 y el convertidor de potencia en el lado del generador 220 actúa como un inversor configurado para convertir la potencia eléctrica de CC transmitida desde el enlace de CC 244 en una potencia eléctrica de CA trifásica sinusoidal con voltajes, corrientes y frecuencias predeterminados. Esta conversión se supervisa y controla por medio del controlador de convertidor 262. La potencia de CA convertida se transmite desde el convertidor de potencia en el lado del generador 220 al filtro de rotor 218 por medio del bus de filtro de
 40 rotor 219 y posteriormente se transmite al rotor de generador 122 por medio del bus de rotor 212, facilitando de este modo el funcionamiento subsíncrono.

45 **[0060]** El conjunto de conversión de potencia 210 se configura para recibir señales de control desde el controlador de turbina 202. Las señales de control se basan en condiciones detectadas o características de funcionamiento de la turbina eólica 100 y el sistema eléctrico y de control 200. Las señales de control se reciben por el controlador de turbina 202 y se usan para controlar el funcionamiento del conjunto de conversión de potencia 210. La realimentación desde uno o más sensores se puede usar por el sistema eléctrico y de control 200 para controlar el conjunto de conversión de potencia 210 por medio del controlador de convertidor 262, incluyendo, por
 50 ejemplo, voltajes o realimentaciones de corriente del bus de disyuntor de circuito de conversión 230, el bus de estátor y el bus de rotor por medio del segundo conjunto de sensores de voltaje y corriente eléctrica 254, el tercer conjunto de sensores de voltaje y corriente eléctrica 256 y el cuarto conjunto de sensores de voltaje y corriente eléctrica 264. Usando esta información de realimentación y, por ejemplo, señales de control de conmutación, se pueden generar de cualquier manera conocida señales de control de conmutador de sincronización de estátor y señales de control (disparo) de disyuntor de circuito de sistema. Por ejemplo, para un voltaje de red transitorio con características predeterminadas, el controlador de convertidor 262 suspenderá sustancialmente al menos de forma temporal los IGBT para que no conduzcan dentro del convertidor de potencia en el lado de la línea 222. Dicha suspensión del funcionamiento del convertidor de potencia en el lado de la línea 222 mitigará sustancialmente la potencia eléctrica que se canaliza a través del conjunto de conversión de potencia 210 hasta aproximadamente
 55 cero.

60 **[0061]** Las figs. 3 a 5 son modos de realización descritas en el presente documento que muestran un generador de potencia de turbina eólica 118 con el estátor 120 que puede incluir uno o más segmentos de estátor 121. Además, las fig. 3 a 5 incluyen el rotor 122, que está montado de forma giratoria en el interior del estátor 120 o los segmentos de estátor 121. Además, uno o más conjuntos de conversión de potencia 210 están montados en el
 65 estátor 120 que pueden incluir uno o más segmentos de estátor 121. El conjunto de conversión 210 es típicamente un convertidor de potencia de CA-CC-CA de frecuencia completa, que incluye un enlace de CC, convertidores de

potencia de CA-CC en el lado del generador y CC-CA en el lado de la línea que pueden funcionar ambos como inversores o rectificadores dependiendo del modo de funcionamiento.

5 **[0062]** El modo de realización descrito en el presente documento e ilustrado en la fig. 3 muestra el generador de potencia de turbina eólica 118 y el estátor segmentado 121 con al menos un conjunto de conversión de potencia 210 por segmento de estátor 121. Los conjuntos de conversión de potencia 210 se montan de forma desmontable en el lado frontal o lado posterior de cada segmento de estátor 121 o tanto en el lado frontal como en el lado posterior.

10 **[0063]** Sin limitarse a este modo de realización, típicamente, los cables de potencia de los segmentos del estátor se ramifican desde un generador en dirección radial; por consiguiente, los cables de potencia de los conjuntos de conversión de potencia montados en los segmentos del estátor también se pueden ramificar en dicha dirección (no mostrado en las figs.). Los haces de cables de potencia dispuestos de tal manera son más compactos y ahorran espacio adicional en una góndola o una turbina eólica. Las conexiones del sistema de refrigeración se pueden disponer de manera similar para liberar espacio en una góndola y para acortar las conexiones del sistema de refrigeración (no mostrado tampoco en las figs.). Otros ahorros de material que se pueden lograr uniendo de forma mecánica uno o más conjuntos de conversión directamente a un generador de potencia son con respecto a los accionadores principales, especialmente, en el caso, cuando uno o más convertidores de potencia de CA-CC-CA de frecuencia completa se unen al generador de potencia.

20 **[0064]** De acuerdo con modos de realización en el presente documento, ilustrados en la fig. 4, el generador de turbina eólica 118 puede tener doce segmentos de estátor 121 y/o cuatro conjuntos de conversión de potencia 210 unidos de forma desmontable al lado frontal o posterior de los segmentos de estátor 121. Sin limitarse a ningún modo de realización particular, en general es posible que la cantidad de conjuntos de conversión de potencia sea menor que la cantidad de segmentos de estátor o que la cantidad de conjuntos de conversión de potencia sea mayor que la cantidad de segmentos de estátor. Sin embargo, se puede conectar más de un segmento de estátor 121 a un conjunto de conversión de potencia 210.

30 **[0065]** La fig. 5 muestra el generador de turbina eólica 118 con el estátor 120 y cuatro conjuntos de conversión de potencia 210 de acuerdo con los modos de realización descritos en el presente documento. Los conjuntos de conversión de potencia 210 se montan de forma desmontable en el lado frontal o posterior del estátor 120 que rodea al estátor 122 en una disposición simétrica. Sin embargo, y sin restringirse a este modo de realización particular, se pueden disponer dos o más conjuntos de conversión de potencia de manera asimétrica en el estátor o segmentos de estátor de un generador de turbina eólica.

35 **[0066]** Las figs. 6 a 8 ilustran los modos de realización descritos en el presente documento, que muestran el generador de turbina eólica 118 con el estátor 120 o más de un segmento de estátor 121 y que incluye además un rotor 122, que se monta de forma giratoria en el interior del estátor 120 o los segmentos de estátor 121. El convertidor de potencia en el lado del generador 220, típicamente un convertidor de CA-CC, incluye parte del enlace de CC 244. El convertidor de potencia en el lado de la línea 222, típicamente un convertidor de CC-CA, que incluye la otra parte de los enlaces de CC 244, se conecta al convertidor de potencia en el lado del generador 220 por medio del enlace de CC 244, que incluye el carril positivo 246 y el carril negativo 248.

45 **[0067]** La fig. 6, de acuerdo con algunos modos de realización en el presente documento, ilustra los modos de realización del generador de turbina eólica 118 con un convertidor de potencia en el lado del generador 220 unido de forma desmontable al lado frontal o posterior de cada uno de los doce segmentos de estátor 121. Se pueden conectar dos o una pluralidad de convertidores de potencia en el lado del generador 220 en serie a un sistema colector de CC 245, lo que incrementa el voltaje del sistema. El sistema colector de CC 245 se conecta al convertidor de potencia en el lado de la línea 222 por el carril positivo 246 y el carril negativo 248. El número de convertidores de potencia en el lado de la línea unidos a una pluralidad de convertidores de potencia en el lado del generador por medio de numerosos sistemas colectores de CC puede variar (mostrado en la fig. 9).

55 **[0068]** La fig. 7 ilustra los modos de realización descritos en el presente documento que incluyen el generador de turbina eólica 118 con los segmentos de estátor 121 y el rotor giratorio 122, en el que cuatro convertidores de potencia en el lado del generador 220 que incluyen parte del enlace de CC 244 se montan simétricamente a través en el lado frontal o posterior de los doce segmentos de estátor 121. Se pueden conectar dos o más de los convertidores de potencia en el lado del generador 220 por medio del enlace de CC 244, incluyendo el carril positivo 246 y el carril negativo 248 a un convertidor de potencia en el lado de la línea 222 o más de un convertidor de potencia en el lado de la línea 222 (mostrado en la fig. 9), que incluye la otra parte del enlace de CC 244.

60 **[0069]** La fig. 8 muestra los modos de realización con el generador de turbina eólica 118, el estátor 120 y el rotor 122, que incluyen además cuatro convertidores de potencia en el lado del generador 220 dispuestos de forma desmontable simétricamente a través en el lado frontal o posterior del estátor 120. Cada uno de los convertidores de potencia en el lado del generador 220 incluye parte del enlace de CC 244. Los cuatro convertidores de potencia en el lado del generador 220 se conectan a un convertidor de potencia en el lado de la línea 222 (o más de un convertidor de potencia en el lado de la línea como se muestra en la fig. 9) que incluye la otra parte del enlace de

CC 244. El carril positivo 246 y el carril negativo 248 conectan los convertidores de potencia en el lado del generador 220 y en el lado de la línea 222.

5 **[0070]** La fig. 9 ilustra la conexión de una pluralidad de convertidores en el lado del generador 220, que están unidos a los segmentos de estátor 121, a una pluralidad de convertidores en el lado de la línea 222 por medio de un enlace de CC 244 de acuerdo con los modos de realización descritos en el presente documento. Sin limitarse a los modos de realización mostrados en la fig. 6, se puede emplear una pluralidad de sistemas colectores de CC 245 en cualquiera de los modos de realización descritos en el presente documento.

10 **[0071]** La fig. 10 muestra el generador de turbina eólica 118, segmentos de estátor 121 y dos conjuntos de conversión de potencia de frecuencia completa 210 conectados de forma mecánica en la superficie radial del estátor de acuerdo con los modos de realización descritos en el presente documento. En general, la cantidad de conjuntos de conversión de potencia puede variar y no está necesariamente relacionada con la cantidad de segmentos de estátor. En los modos de realización, se puede montar al menos un conjunto de conversión en la superficie radial del estátor o de la carcasa del generador (no mostrado en las figs.) El conjunto de conversión puede incluir un convertidor de potencia de frecuencia completa de CA-CC-CA o un convertidor de potencia de frecuencia completa de CA-CC en el lado del generador y parte de un enlace de CC.

15 **[0072]** Las figs. 11 y 12 ilustran diferentes ubicaciones del convertidor de potencia de CC-CA en el lado de la línea 222, que incluye parte del enlace de CC 244 de acuerdo con los modos de realización descritos en el presente documento. Típicamente, un convertidor en el lado del generador de CA-CC y parte de un enlace de CC permanecen unidos a un estátor de generador de potencia y se sitúan en el interior de una góndola de turbina eólica.

20 **[0073]** En la fig. 11, el convertidor de potencia en el lado de la línea 222 de CC-CA se puede situar en cualquier lugar en el interior de la torre 104 de la turbina eólica 100, habitualmente cerca de la superficie 265. Sin embargo, en los modos de realización en el presente documento, el convertidor de potencia en el lado de la línea 222 también se puede situar en el interior de la góndola 102. Además, es concebible que el convertidor de potencia en el lado de la línea 222 esté parcial o completamente embutido o sumergido en el interior de la estructura de soporte 231 por debajo de la superficie 265.

25 **[0074]** La fig. 12 ilustra el posicionamiento del convertidor de potencia en el lado de la línea 222 de CC-CA fuera de la torre de la turbina eólica 100. El convertidor de potencia en el lado de la línea 222 se puede situar por encima o por debajo de la superficie 265. En este caso, la superficie 265 puede ser representativa del nivel del suelo en tierra. Sin embargo, en otros modos de realización, la superficie 265 puede ser, por ejemplo, agua en un entorno marino.

30 **[0075]** Además, y sin limitarse a un modo de realización particular descrito en el presente documento, se puede conectar un único convertidor de potencia en el lado de la línea de CC-CA central a una pluralidad de convertidores de potencia en el lado del generador de CA-CC de una o más turbinas eólicas. Dicha disposición posibilita interconectar una pluralidad de turbinas eólicas para formar, por ejemplo, un parque eólico en tierra o en alta mar con más redundancia y una reducción adicional de los requisitos espaciales y materiales.

35 **[0076]** La fig. 13 es un diagrama de flujo de un procedimiento para unir uno o más conjuntos de conversión a al menos un segmento de estátor de un generador de potencia de turbina eólica. En el bloque 310, se proporcionan uno o más conjuntos de conversión de potencia y un generador de potencia de turbina eólica que incluye al menos un segmento de estátor. El uno o más conjuntos de conversión se unen de forma mecánica al al menos un segmento de estátor, en el bloque 320. Típicamente, ahora se puede someter a prueba el flujo de energía eléctrica entre el al menos un segmento de estátor y uno o más conjuntos de conversión. Finalmente, en el bloque 330, el generador de potencia con uno o más conjuntos de conversión preensamblados se instala en la góndola de una turbina eólica.

40 **[0077]** Los sistemas y procedimientos descritos anteriormente facilitan un conjunto más compacto del generador de potencia y el conjunto de conversión, y también posibilitan someter a prueba y armonizar los dos componentes entre sí antes de instalarlos en la góndola de una turbina eólica. Más específicamente, un conjunto más compacto libera espacio en la góndola, lo que posibilita la construcción de góndolas más pequeñas o permite la integración de otros equipos en la góndola tales como, por ejemplo, el transformador principal o la aparatada de voltaje del medio. Adicionalmente, los costes de material se reducen a través de conexiones del sistema de refrigeración más cortas, cables y conexiones de generadores convencionales reducidos. Finalmente, debido al cableado y las conexiones reducidos, en caso de mal funcionamiento o desgaste normal por el uso, es fácil intercambiar el conjunto de conversión.

45 **[0078]** Los modos de realización ejemplares de sistemas y procedimientos para un generador de potencia de turbina eólica que incluye un estátor con al menos un segmento de estátor, un rotor montado de forma giratoria en el estátor y uno o más conjuntos de conversión de potencia se describen anteriormente en detalle. Los sistemas y procedimientos no se limitan a los modos de realización específicos descritos en el presente documento, sino que

5 los componentes de los sistemas y/o las etapas de los procedimientos se pueden utilizar de forma independiente y separada de otros componentes y/o etapas descritos en el presente documento. Por ejemplo, unir el conjunto de conversión en la superficie radial del al menos un estátor o superficie radial de la carcasa del generador e instalar los componentes en una turbina eólica vertical y, por consiguiente, no se limita a la práctica solo con los sistemas de turbinas eólicas como se describe en el presente documento. Más bien, el modo de realización ejemplar se puede implementar y utilizar en conexión con muchas otras aplicaciones de generadores o convertidores en, por ejemplo, otras aplicaciones de palas de rotor.

10 **[0079]** Aunque los rasgos característicos específicos de diversos modos de realización de la invención se pueden mostrar en algunos dibujos y no en otros, esto es sólo por conveniencia. De acuerdo con los principios de la invención, se puede hacer referencia y/o reivindicar cualquier rasgo característico de un dibujo en combinación con cualquier rasgo característico de cualquier otro dibujo.

15 **[0080]** En la preferente descripción escrita se usan ejemplos para divulgar la invención, que incluyen el modo preferente, y también para posibilitar que cualquier experto en la técnica lleve a la práctica la invención, incluyendo fabricar y usar cualquier dispositivo o sistema y realizar cualquier procedimiento incorporado. Si bien se han descrito diversos modos de realización específicos en lo que antecede, los expertos en la técnica reconocerán que otros modos de realización y modificaciones se encontrarán dentro del alcance de las reivindicaciones. Especialmente, los rasgos característicos mutuamente no excluyentes de los modos de realización descritos
20 anteriormente se pueden combinar entre sí. El alcance patentable de la invención está definido por las reivindicaciones y puede incluir otros ejemplos que se les ocurran a los expertos en la técnica. Dichos otros ejemplos pretenden estar dentro del alcance de las reivindicaciones si tienen elementos estructurales que no difieren del texto literal de las reivindicaciones, o si incluyen elementos estructurales equivalentes con diferencias insustanciales del lenguaje literal de las reivindicaciones.
25

REIVINDICACIONES

1. Un generador de potencia de turbina eólica (118), que comprende un, generador de inducción de rotor bobinado, trifásico, de doble alimentación que comprende:
- 5
- a) un estátor (120) que incluye dos o más segmentos de estátor (121);
 - b) un rotor (122) montado de forma giratoria en el estátor (120), estando acoplado magnéticamente el estátor (120) al rotor; y
 - 10
 - c) dos o más conjuntos de conversión (210), comprendiendo cada uno un convertidor de CA-CC y opcionalmente un convertidor de CC-CA, en el que cada uno de los segmentos de estátor (121) está provisto de uno o más de los conjuntos de conversión (210);
- 15
- en el que dichos dos o más conjuntos de conversión (210) o los convertidores de CA-CC se unen de forma mecánica a dichos dos o más segmentos de estátor (121), en el que cada uno de los segmentos de estátor (121) incluye uno o múltiples devanados de estátor;
- 20
- en el que los devanados de estátor de los segmentos de estátor (121) se conectan individualmente o en grupos a unos separados de los conjuntos de conversión (210).
2. El generador de potencia de turbina eólica (118) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la cantidad de dichos dos o más conjuntos de conversión (210) es igual a, o bien mayor que la cantidad de dichos dos o más segmentos de estátor (121).
- 25
3. El generador de potencia de turbina eólica (118) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que dichos dos o más conjuntos de conversión (210) incluyen al menos: un convertidor en el lado del generador (220) y un convertidor en el lado de la línea (222) que se conectan opcionalmente entre sí por medio de un enlace de CC (244), o un convertidor en el lado del generador (220) y, opcionalmente, parte de un enlace de CC (244), en el que el número de convertidores en el lado de la línea (222) puede ser igual o menor que la cantidad de convertidores en el lado del generador (220).
- 30
4. El generador de potencia de turbina eólica (118) de acuerdo con la reivindicación 3, en el que dichos dos o más conjuntos de conversión (210) incluyen convertidores en el lado del generador (220) que están conectados en serie o en paralelo a uno o más convertidores en el lado de la línea (222).
- 35
5. Un procedimiento para ensamblar e instalar el generador de potencia de turbina eólica (118) de la reivindicación 1, comprendiendo el procedimiento:
- 40
- a) proporcionar los dos o más conjuntos de conversión (210) y los dos o más segmentos de estátor (121); y
 - b) unir de forma mecánica los dos o más conjuntos de conversión (210) a los dos o más segmentos de estátor (121); e
 - 45
 - c) instalar el generador de potencia (118) que comprende los dos o más conjuntos de conversión en una góndola de una turbina eólica;

Fig. 1

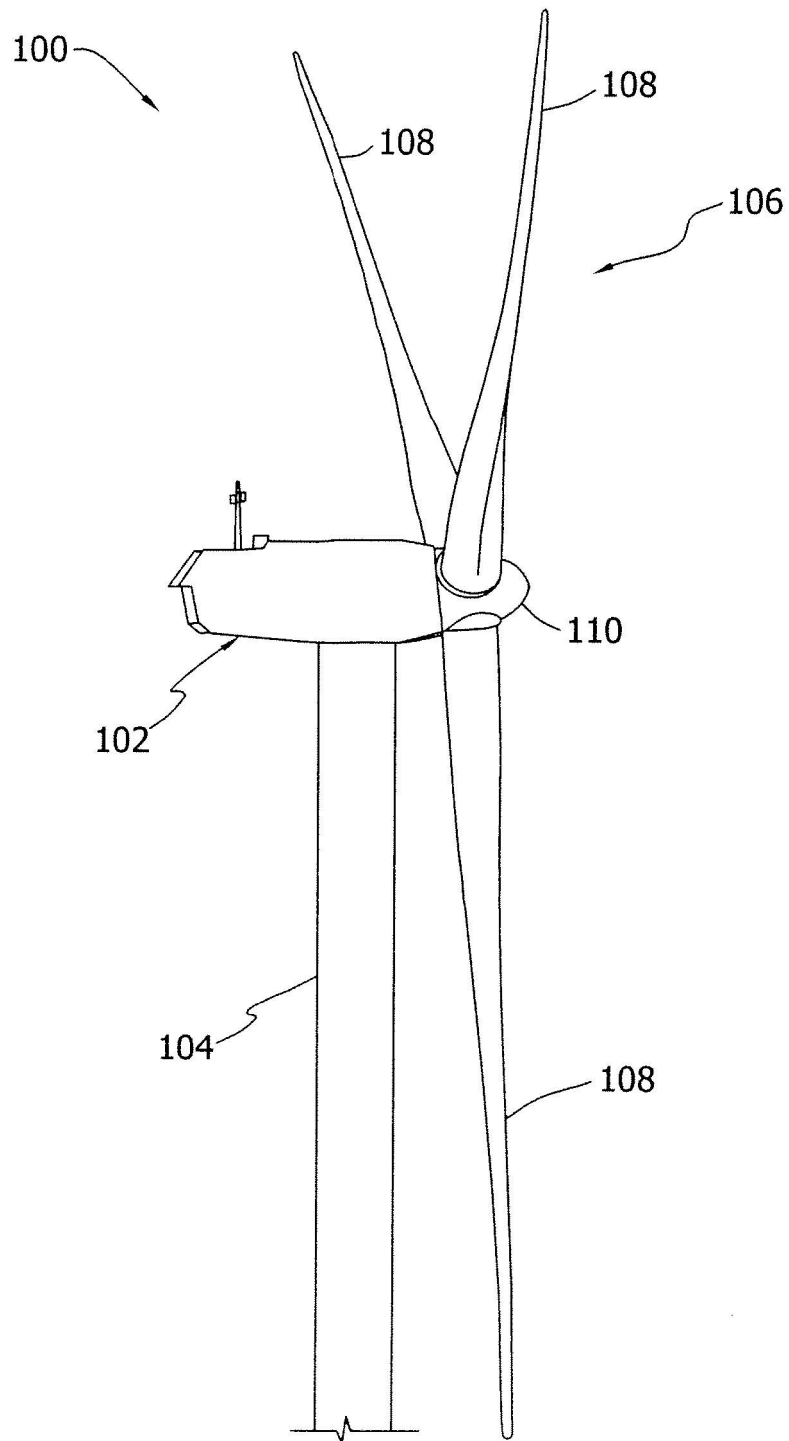


Fig. 3

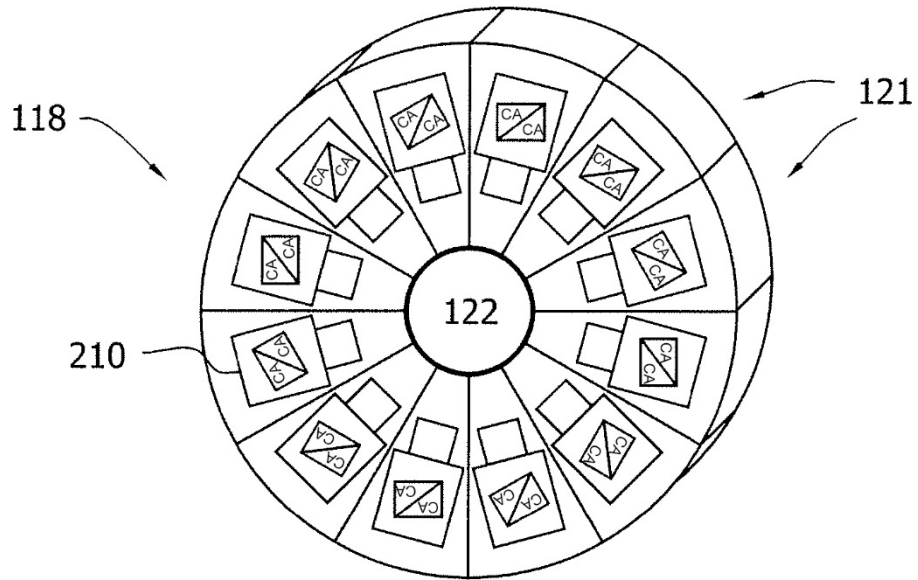


Fig. 4

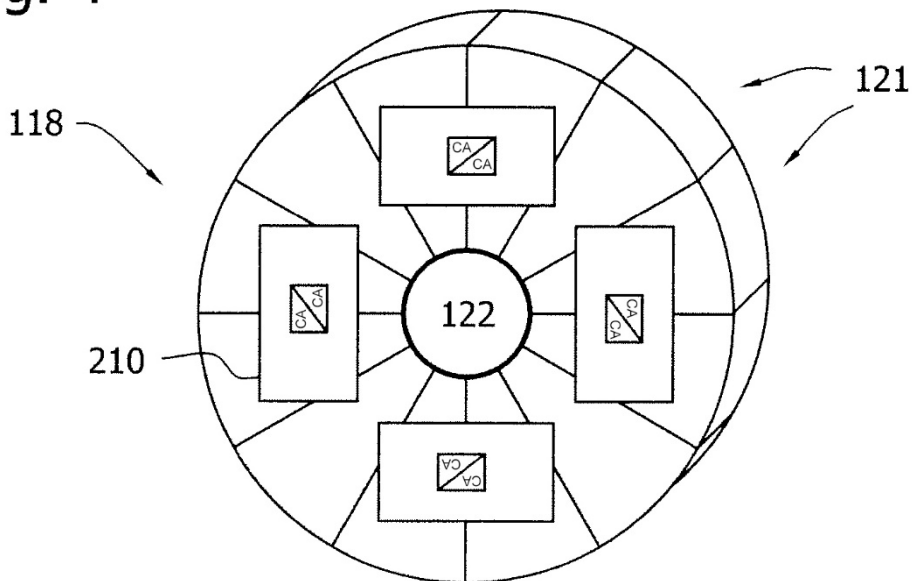


Fig. 5

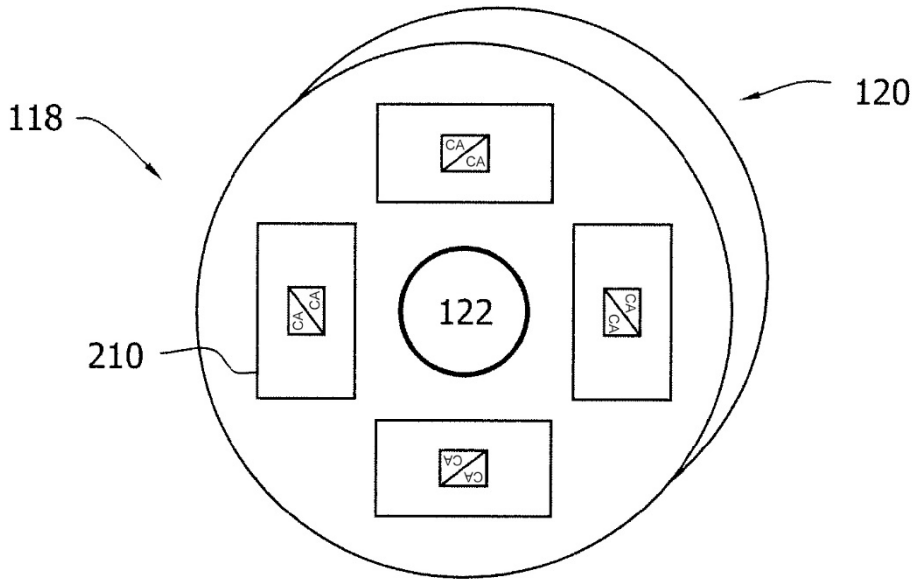


Fig. 6

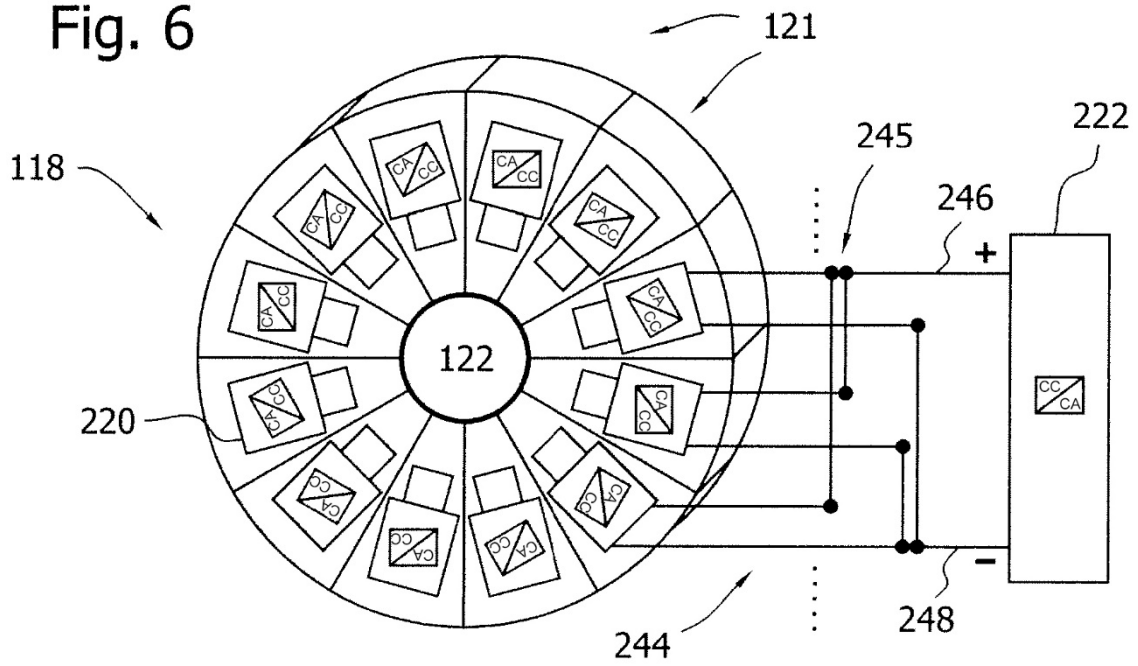


Fig. 7

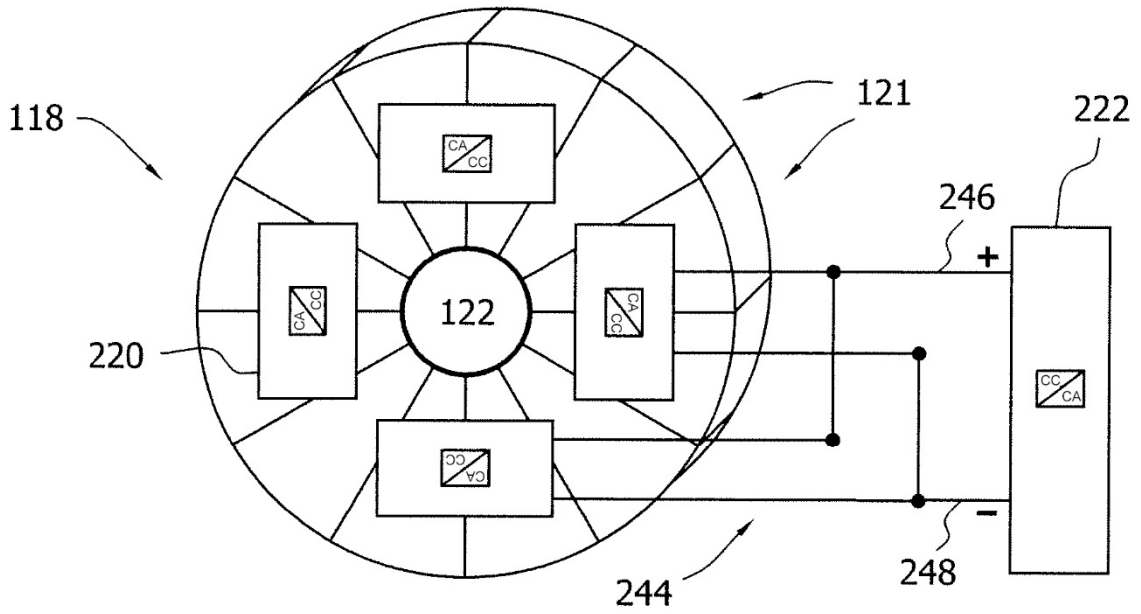


Fig. 8

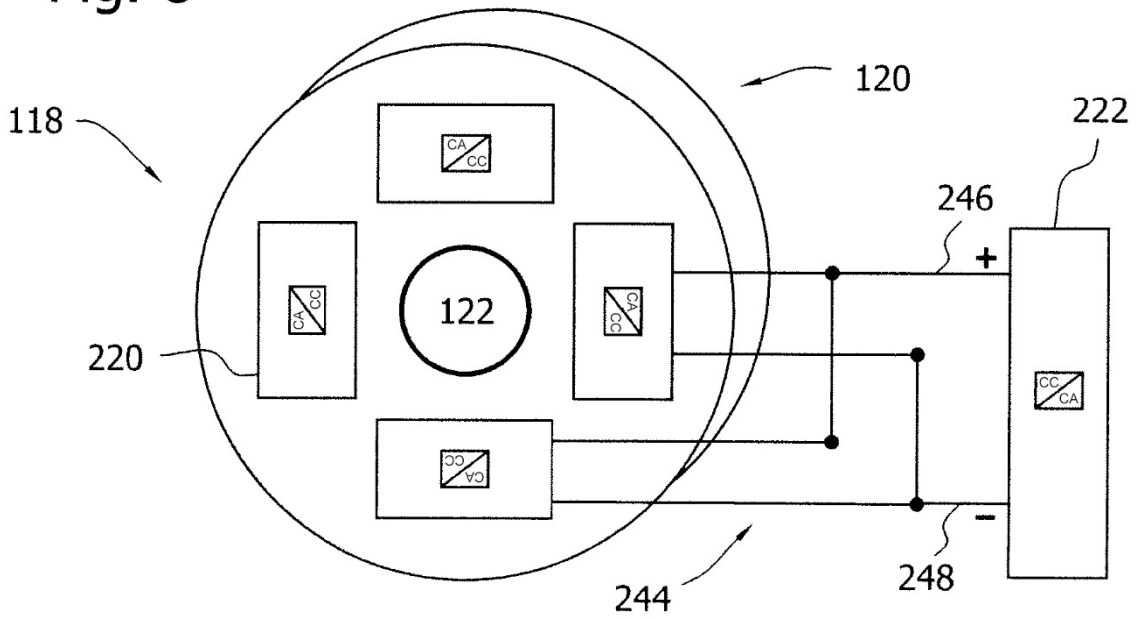


Fig. 9

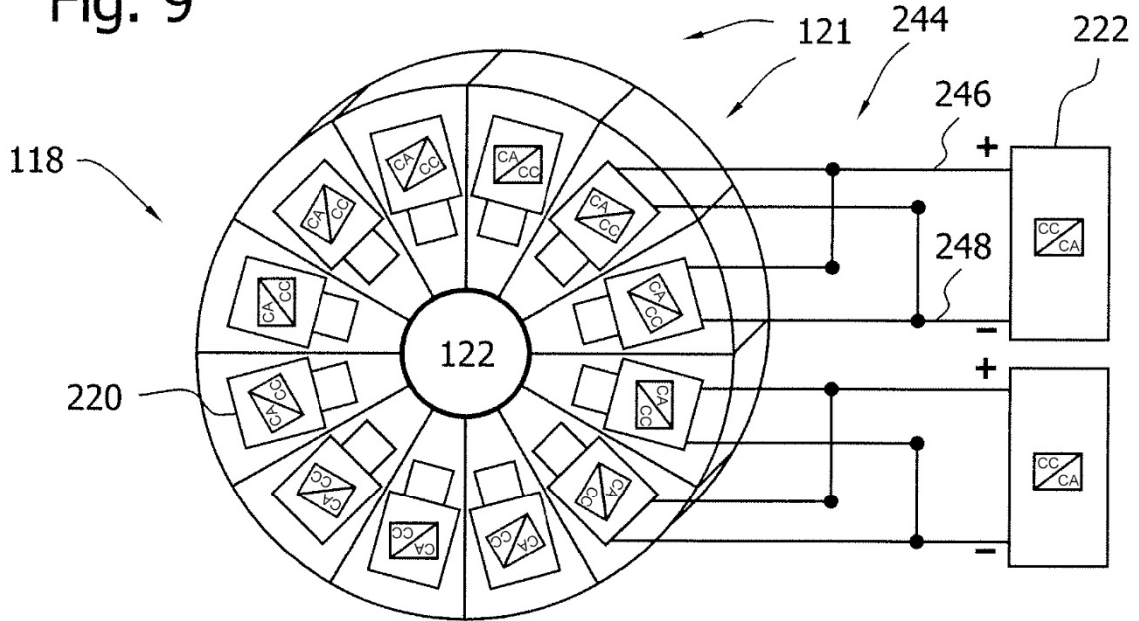


Fig. 10

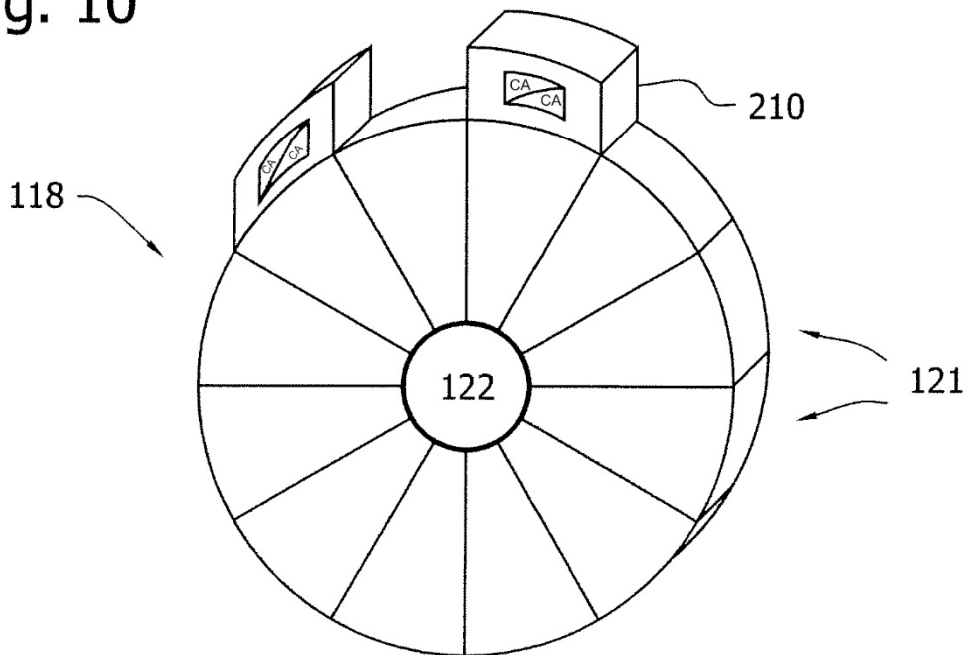
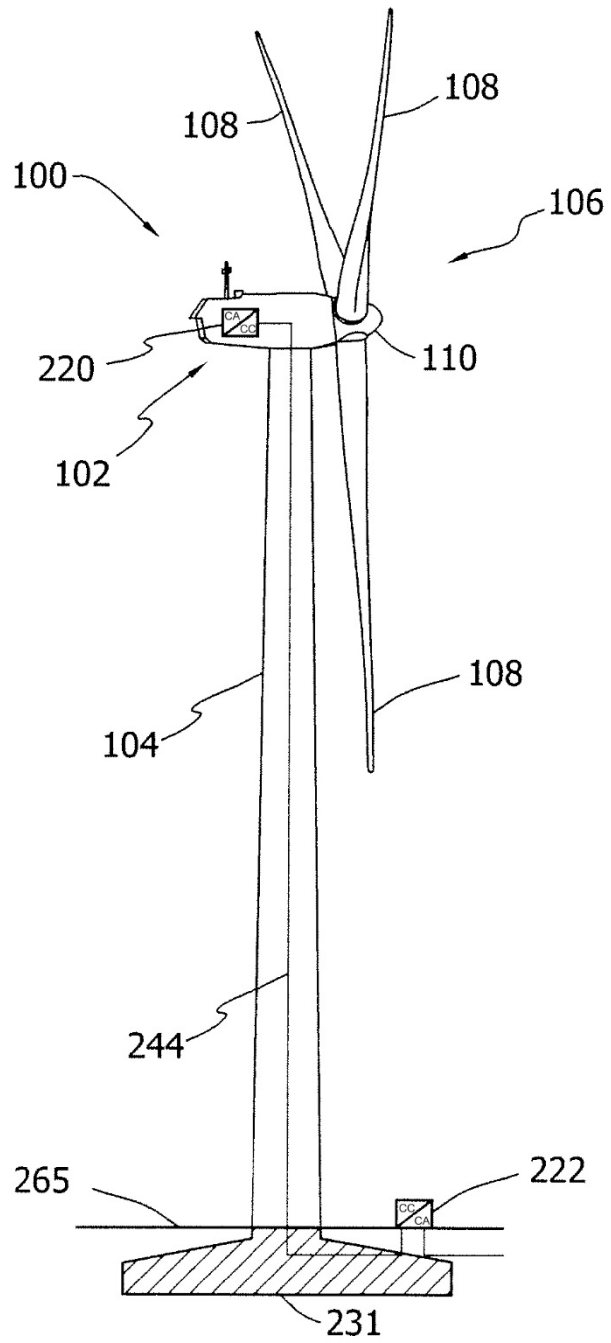


Fig. 12



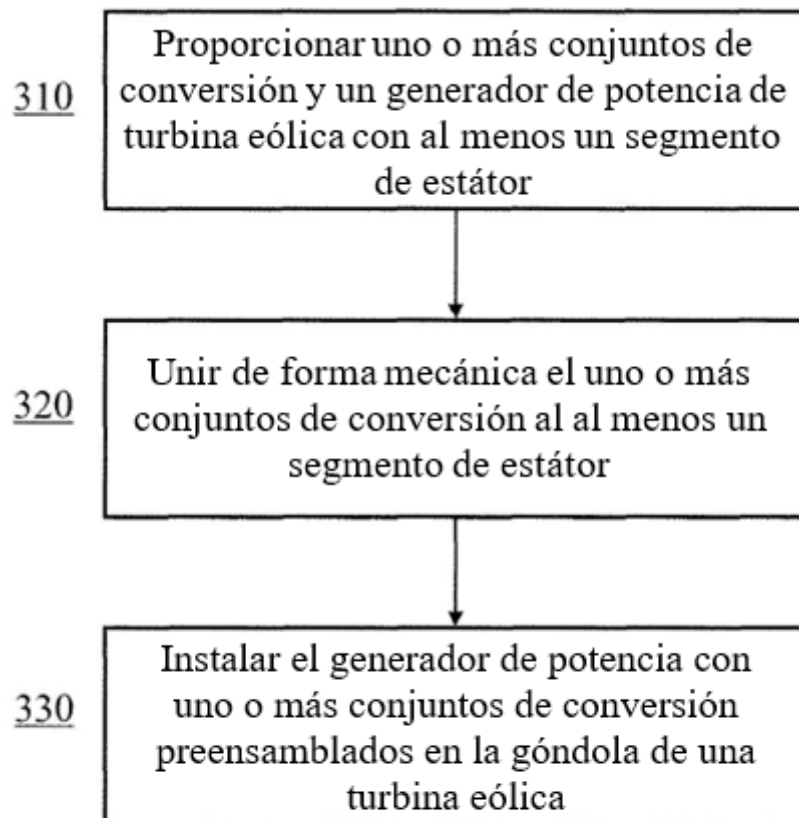


Fig. 13