

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 888 233**

51 Int. Cl.:

F03D 9/25

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.07.2018** E 18382558 (7)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.06.2021** EP 3599376

54 Título: **Turbinas eólicas y procedimientos**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
03.01.2022

73 Titular/es:

**GENERAL ELECTRIC RENOVABLES ESPAÑA
S.L. (100.0%)
C/ Roc Boronat, 78
08005 Barcelona, ES**

72 Inventor/es:

**CILLA GARCIA, JAVIER;
SCHOENLEBER, KEVIN y
RATES PALAU, SERGI**

74 Agente/Representante:

FORTEA LAGUNA, Juan José

ES 2 888 233 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

Turbinas eólicas y procedimientos

5 **[0001]** La presente divulgación se refiere a una turbina eólica que comprende componentes eléctricos y a sistemas que comprenden dichas turbinas eólicas. La presente divulgación se refiere además a procedimientos para conectar un transformador principal de turbina eólica a una red, en particular cuando el transformador principal de turbina eólica se ha desconectado previamente de la red.

10 **Antecedentes**

15 **[0002]** Las turbinas eólicas modernas se usan comúnmente para suministrar electricidad a la red eléctrica. Las turbinas eólicas de este tipo comprenden, en general, una torre y un rotor dispuesto en la torre. El rotor, que comprende típicamente un buje y una pluralidad de palas, se pone en rotación bajo la influencia del viento en las palas. Dicha rotación genera un par de torsión que se transmite normalmente a través de un árbol de rotor a un generador, bien directamente o a través del uso de una caja de engranajes. De esta manera, el generador produce electricidad que se puede suministrar a la red eléctrica por medio de transformadores.

20 **[0003]** Las turbinas eólicas pueden disponerse juntas formando un parque eólico, con un único punto de conexión a la red eléctrica, es decir, el PCC ("Punto de acoplamiento común"). Los parques eólicos pueden comprender una subestación que incluye, por ejemplo, transformadores de parque eólico que convierten la energía del voltaje del parque eólico en un voltaje de red. Una subestación de este tipo puede incluir además sistemas de control de parque eólico, por ejemplo, un sistema de supervisión, control y adquisición de datos (SCADA).

25 **[0004]** Los parques eólicos pueden disponerse sobre un terreno ("en tierra") o en el agua ("marítimas"), ya sea como una pluralidad de turbinas eólicas flotantes o con turbinas eólicas sobre pilares fijados en el lecho marino.

30 **[0005]** En las turbinas eólicas, hay componentes eléctricos que deben funcionar de forma continua, incluso durante situaciones de espera. Estos componentes pueden incluir componentes relacionados con sistemas de aire acondicionado, sensores, PLC, balizas y sistemas de protección, entre otros.

35 **[0006]** También hay componentes que son menos críticos. Es posible que se requiera que estos componentes funcionen solo ocasionalmente durante situaciones de espera. Estos componentes pueden incluir bombas de lubricación, sistemas de iluminación, un elevador de servicio, sistemas de pitch y orientación, entre otros.

40 **[0007]** En resumen, la fuente de alimentación debe estar siempre disponible para al menos algunos de los componentes eléctricos que forman parte de una turbina eólica. Además, para algunos otros componentes eléctricos, es posible que sea necesario garantizar el suministro de energía de forma intermitente.

45 **[0008]** Sin embargo, la conexión a la red puede perderse durante un mantenimiento planificado o durante la instalación. Además, a veces es necesario detener la turbina eólica para una inspección y se debe cortar la conexión del transformador a la red. Las turbinas eólicas que están desconectadas del sistema colector de medio o alto voltaje para trabajos de reparación o mantenimiento no pueden proporcionar energía eléctrica. En estos casos, se pueden proporcionar una o más fuentes de energía auxiliares para la mayoría de los componentes eléctricos.

50 **[0009]** Por ejemplo, se puede instalar una pluralidad de generadores de energía auxiliares, por ejemplo, generadores diésel, en turbinas eólicas individuales para poder suministrar energía a cada turbina eólica individualmente. De forma alternativa, se puede proporcionar al menos un generador de energía auxiliar más potente en la subestación central que alimenta todas las turbinas eólicas simultáneamente.

55 **[0010]** Además, cuando la red vuelve después de una desconexión con la red, el voltaje en un enlace de CC que forma parte de la turbina eólica puede ser de cero voltios o de un valor aproximado a cero. Una vez que la red está conectada de nuevo a la turbina eólica, el enlace de CC y el transformador principal de turbina eólica que está conectado al enlace de CC se energizan en muy poco tiempo, lo que da como resultado corrientes de irrupción muy altas que pueden ser inaceptables para la red del colector y pueden dañar el transformador y los componentes electrónicos dentro del enlace de CC. En dichos sistemas, puede necesitarse dispositivos de protección contra corrientes de irrupción para superar estos inconvenientes.

60 **[0011]** Otro enfoque conocido se divulga en el documento EP2647839. Este documento divulga que cuando una turbina está en funcionamiento normal, un circuito de alimentación principal se puede energizar y conectar a la red de energía por medio de un primer elemento de interrupción de corriente, y la energía eléctrica puede proporcionarse desde un DFIG (generador de inducción de doble alimentación) a la red de energía. Además,

en un funcionamiento normal, un circuito auxiliar se puede energizar y conectar a un punto de unión por medio de un segundo elemento de interrupción de corriente. Por lo tanto, la energía eléctrica puede suministrarse desde un DFIG a componentes auxiliares, y la energía eléctrica del transformador de potencia principal se convierte al voltaje adecuado mediante un transformador auxiliar.

[0012] Sin embargo, durante las operaciones de mantenimiento, el DFIG puede apagarse y el circuito de alimentación principal puede aislarse de la red de energía. Esto puede desenergizar el cableado, los ensamblajes y los componentes del circuito principal, reduciendo así el riesgo de electrocución durante las operaciones de mantenimiento. Sin embargo, cuando el circuito principal está aislado, el circuito auxiliar puede permanecer conectado a la red de energía mediante un punto de unión y un segundo elemento de interrupción de corriente. De este modo, la energía se puede retroalimentar desde la red al transformador auxiliar y a los componentes auxiliares de turbina eólica.

[0013] Sin embargo, este enfoque no es una solución rentable, ya que puede incluir elementos costosos, por ejemplo, un disyuntor de 66 kV para desconectar un transformador auxiliar de la barra colectora y del transformador auxiliar dispuesto para convertir una potencia de 66 kV entregada desde la red a una potencia adecuada para los componentes eléctricos. Otro ejemplo de la técnica anterior se da en el documento EP 2 662 561 A1.

Breve explicación

[0014] En un primer aspecto, se proporciona una turbina eólica. La turbina eólica comprende: un generador, uno o más convertidores de potencia dispuestos entre el generador y un punto de conexión a un transformador principal y uno o más componentes eléctricos de turbina eólica. El transformador principal está configurado para conectar una barra colectora ("bus bar") a un transformador auxiliar de turbina eólica, y la barra colectora está configurada para recibir energía eléctrica de una red eléctrica con un voltaje principal. Además, uno o más de los componentes eléctricos de turbina eólica están configurados para conectarse al transformador auxiliar de turbina eólica y una selección de los componentes eléctricos de turbina eólica está configurada además para conectarse a la barra colectora a través de un transformador de voltaje de servicio ("service voltage transformer") cuando el transformador principal está desconectado de la barra colectora.

[0015] De acuerdo con este primer aspecto, se proporciona energía eléctrica a una selección de los componentes eléctricos de turbina eólica usando el transformador de voltaje de servicio, en particular cuando el transformador principal está desconectado de la barra colectora.

[0016] La energía eléctrica consumida por los componentes de turbina eólica durante el funcionamiento normal es suministrada por la red eléctrica (por ejemplo, si no hay viento) o suministrada por la propia turbina eólica (por ejemplo, si hay viento y la turbina eólica está generando energía eléctrica).

[0017] En funcionamiento normal, específicamente cuando la red eléctrica proporciona energía eléctrica, el transformador principal y el transformador auxiliar se utilizan para reducir un voltaje relativamente alto suministrado por la red eléctrica de modo que una potencia eléctrica adecuada se alimente a los componentes eléctricos de la turbina eólica.

[0018] Sin embargo, cuando el transformador principal se desconecta de la barra colectora (por ejemplo, debido a mantenimiento), el transformador principal no recibe energía eléctrica desde la red eléctrica y, por lo tanto, no puede proporcionar energía eléctrica a los componentes eléctricos. Por tanto, los componentes eléctricos seleccionados pueden conectarse a la barra colectora de modo que los componentes eléctricos seleccionados reciban energía eléctrica, en respuesta a la desconexión del transformador principal, por medio del transformador de voltaje de servicio.

[0019] En resumen, particularmente cuando el transformador principal está desconectado de la red, el transformador de voltaje de servicio se usa para reducir una potencia relativamente alta suministrada por la red eléctrica de modo que una potencia eléctrica adecuada se alimente a una selección de los componentes eléctricos de la turbina eólica.

[0020] En un segundo aspecto, se proporciona un procedimiento para conectar un transformador principal desconectado de turbina eólica a una red. El procedimiento comprende conectar la red a un devanado primario de un transformador de voltaje de servicio por medio de una barra colectora para suministrar energía a un circuito de precarga. El procedimiento comprende además: energizar previamente un devanado secundario del transformador principal con el circuito de precarga mientras un devanado primario del transformador está desconectado de la red y conectar el devanado primario del transformador principal de turbina eólica a la red cuando un devanado primario está en fase con la red.

[0021] De acuerdo con este aspecto, se proporciona un procedimiento para conectar el transformador principal de turbina eólica a la red, en el que se puede suministrar energía eléctrica al circuito de precarga y de

energización previa cuando el transformador principal se ha desconectado previamente de la red.

[0022] Por lo tanto, cuando la red se vuelve a conectar al transformador, el transformador principal se energiza previamente usando el circuito de precarga, de manera que se reducen las corrientes de irrupción. En consecuencia, las cargas mecánicas de los devanados del transformador pueden, al menos, reducirse y otras resonancias y/u oscilaciones del sistema eléctrico formado por la turbina eólica y la red pueden reducirse o evitarse.

Breve descripción de los dibujos

[0023] A continuación se describirán ejemplos no limitativos de la presente divulgación, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

la figura 1 ilustra una vista en perspectiva de un ejemplo de una turbina eólica;

la figura 2 ilustra una vista interna simplificada de un ejemplo de la góndola de la turbina eólica de la figura 1;

la figura 3 ilustra esquemáticamente un ejemplo de un sistema para proporcionar energía eléctrica a uno o más componentes de turbina eólica;

la figura 4 es una ilustración de un diagrama de bloques que describe un ejemplo de un procedimiento para proporcionar energía eléctrica a uno o más componentes de turbina eólica.

Descripción detallada de ejemplos

[0024] A continuación se hará referencia con detalle a modos de realización de la invención, donde uno o más ejemplos de los cuales se ilustran en los dibujos. Cada ejemplo se proporciona a modo de explicación de la invención, no de limitación de la invención. De hecho, resultará evidente para los expertos en la técnica que se pueden realizar diversas modificaciones y variaciones en la presente invención sin apartarse del alcance de la invención. Por ejemplo, pueden usarse características ilustradas o descritas como parte de un modo de realización con otro modo de realización para obtener otro modo de realización más. Por tanto, se pretende que la presente invención cubra dichas modificaciones y variaciones que estén dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

[0025] En estas figuras, los mismos signos de referencia se han usado para designar elementos coincidentes.

[0026] A lo largo de la presente descripción y reivindicaciones, el término "*disyuntor*" o "*disyuntor de circuito*" puede definirse como un dispositivo que puede funcionar en condiciones de carga y cortocircuito. El término "*conmutador de carga*" puede definirse como un dispositivo que puede funcionar con corriente nominal. El término "*conmutador sin carga*" puede definirse como un dispositivo que no puede funcionar con carga solo con voltaje. Cabe señalar que todos estos dispositivos pueden funcionar de forma remota.

[0027] La figura 1 ilustra una vista en perspectiva de un ejemplo de una turbina eólica 160. Como se muestra, la turbina eólica 160 incluye una torre 170 que se extiende desde una superficie de soporte 150, una góndola 161 montada en la torre 170 y un rotor 115 acoplado a la góndola 161. El rotor 115 incluye un buje giratorio 110 y al menos una pala de rotor 120 acoplada a y que se extiende hacia fuera del buje 110. Por ejemplo, en el modo de realización ilustrado, el rotor 115 incluye tres palas de rotor 120. Sin embargo, en un modo de realización alternativo, el rotor 115 puede incluir un número superior o inferior a tres palas de rotor 120. Cada pala de rotor 120 puede estar espaciada en torno al buje 110 para facilitar la rotación del rotor 115 para permitir que la energía cinética del viento se convierta en energía mecánica útil y, posteriormente, en energía eléctrica. Por ejemplo, el buje 110 puede estar acoplado de forma giratoria a un generador eléctrico 162 (figura 2) situado dentro de la góndola 161 para permitir que se produzca energía eléctrica.

[0028] La figura 2 ilustra una vista simplificada interna de un ejemplo de la góndola 161 de la turbina eólica 160 de la figura 1. Como se muestra, el generador 162 puede estar dispuesto dentro de la góndola 161. En general, el generador 162 puede estar acoplado al rotor 115 de la turbina eólica 160 para generar energía eléctrica a partir de la energía de rotación generada por el rotor 115. Por ejemplo, el rotor 115 puede incluir un árbol de rotor principal 163 acoplado al buje 110 para su rotación con el mismo. El generador 162 puede acoplarse entonces al árbol de rotor 163 de modo que la rotación del árbol de rotor 163 accione el generador 162. Por ejemplo, en el modo de realización ilustrado, el generador 162 incluye un árbol de generador 166 acoplado de forma giratoria al árbol de rotor 163 a través de una caja de engranajes 164.

[0029] Se debe apreciar que el árbol de rotor 163, la caja de engranajes 164 y el generador 162 pueden, en general, estar sostenidos dentro de la góndola 161 mediante un bastidor de soporte o bancada 165 situado encima de la torre de turbina eólica 170.

5 **[0030]** Las palas 120 están acopladas al buje 110 con un rodamiento de pitch 100 entre la pala 120 y el buje 110. El rodamiento de pitch 100 comprende un anillo interior y un anillo exterior. Una pala de turbina eólica se puede acoplar en el anillo interior del rodamiento o en el anillo exterior del rodamiento al tiempo que el buje está conectado en el otro. Una pala 120 puede realizar un movimiento de rotación relativo con respecto al buje 110 cuando se acciona un sistema de pitch 107. Por tanto, el anillo interior del rodamiento puede realizar un movimiento de rotación con respecto al anillo exterior del rodamiento. El sistema de pitch 107 de la figura 2 comprende un piñón 108 que se engrana con un engranaje anular 109 provisto en el anillo interior del rodamiento para hacer girar la pala de la turbina eólica.

10 **[0031]** La figura 3 ilustra esquemáticamente un ejemplo de un sistema para proporcionar energía eléctrica a uno o más componentes de turbina eólica. La figura 3 muestra un sistema 1 que comprende una red eléctrica 2, por ejemplo, un transformador de una subestación que conecta un parque eólico marino a una línea de transmisión de alto voltaje (CC de alto voltaje o CA de alto voltaje).

15 **[0032]** La red eléctrica 2 puede estar conectada a una barra colectora 60. La red eléctrica 2 está configurada para proporcionar energía eléctrica a la barra colectora 60 con un voltaje principal.

20 **[0033]** El sistema 1 comprende además una turbina eólica 160. La turbina eólica puede ser, por ejemplo, una turbina eólica marina. La turbina eólica 160 comprende un convertidor 20 y un generador de turbina eólica 162. En los ejemplos, el generador de turbina eólica es accionado por un convertidor de potencia total. La turbina eólica 160 puede comprender además un transformador principal 5 que incluye un devanado primario 5a y un devanado secundario 5b.

25 **[0034]** En ejemplos, el transformador principal 5 puede formar parte de la turbina eólica. Sin embargo, en algunos otros ejemplos, el transformador principal puede ser externo a la turbina eólica.

30 **[0035]** El devanado primario 5a del transformador principal 5 está conectado a la barra colectora 60 y, por tanto, está dispuesto para recibir energía eléctrica desde la red eléctrica 2. El devanado secundario 5b del transformador principal 5 está configurado para suministrar energía eléctrica al convertidor 20.

35 **[0036]** El convertidor 20 puede comprender un convertidor en el lado de máquina 12, por ejemplo, un convertidor CA-CC y un convertidor en el lado de red 13, por ejemplo, un convertidor CC-CA. El convertidor en el lado de máquina 12 puede conectarse eléctricamente al generador 162. Además, el convertidor en el lado de red 13 puede acoplarse eléctricamente a un punto de conexión del devanado secundario 5b del transformador principal 5. El convertidor en el lado de máquina 13 y el convertidor en el lado de red 14 están configurados para el modo de funcionamiento normal en una disposición trifásica de modulación por ancho de pulso (PWM) usando, por ejemplo, elementos de conmutación de transistores bipolares de puerta aislada (IGBT). El convertidor en el lado de máquina 13 y el convertidor en el lado de red 14 pueden acoplarse por medio de un enlace de CC 14.

40 **[0037]** En la turbina eólica 160, los componentes eléctricos se pueden clasificar en tres niveles, como sigue: Los componentes eléctricos de nivel 1 son aquellos componentes que pueden considerarse críticos. Se requiere que estos componentes de nivel 1 tengan una operatividad ininterrumpida, incluso durante situaciones de espera, es decir, cuando la turbina eólica está desconectada de la red eléctrica y, por lo tanto, no hay energía eléctrica disponible. Por este motivo, estos componentes de nivel 1 pueden conectarse a una fuente de alimentación ininterrumpida (UPS).

45 **[0038]** Los componentes eléctricos de nivel 1 pueden incluir componentes relacionados con la comunicación, el control y el manejo de una aparamenta con aislamiento de gas (GIS). Además, puede incluir sistemas de aire acondicionado, sensores, PLC, balizas y sistemas de protección, entre otros.

50 **[0039]** Los componentes eléctricos de nivel 2 pueden incluir componentes que son menos críticos; es posible que se requiera que estos componentes funcionen solo ocasionalmente, por ejemplo, solo durante situaciones de espera. Los componentes de nivel 2 pueden incluir bombas de lubricación, sistemas de iluminación, sistemas de protección contra corrientes de irrupción, unidades de alimentación ininterrumpida, enchufes, el elevador de servicio, entre otros.

55 **[0040]** Por último, es posible que no se requiera que componentes eléctricos de nivel 3 funcionen durante situaciones de espera, pero pueden funcionar cuando la turbina eólica esté funcionando con normalidad. Los componentes de nivel 3 pueden incluir, por ejemplo, bombas de lubricación, sistemas de refrigeración, entre otros.

60 **[0041]** A este respecto, se dispone un transformador auxiliar 6 que suministra energía eléctrica a un primer conjunto de componentes eléctricos 8. El primer conjunto de componentes eléctricos puede comprender componentes eléctricos de nivel 3, es decir, componentes que no tienen que funcionar en situaciones en las

que el transformador principal 5 está desconectado de la barra colectora 60.

[0042] El transformador auxiliar 6 puede disponerse además para que suministre energía eléctrica a un segundo conjunto de componentes eléctricos 9. El segundo conjunto de componentes eléctricos puede comprender componentes eléctricos de nivel 1, es decir, componentes que deben funcionar continuamente, incluso cuando la turbina eólica está desconectada de la red eléctrica.

[0043] Al igual que el transformador principal, el transformador auxiliar puede formar parte de la turbina eólica. Sin embargo, en algunos otros ejemplos, el transformador auxiliar puede ser externo a la turbina eólica.

[0044] Se puede agregar una fuente de alimentación ininterrumpida 42 (UPS) al segundo conjunto de componentes eléctricos 9. En caso de que el transformador principal 5 se desconecte de la red 2, la fuente de alimentación ininterrumpida asociada al segundo conjunto de componentes eléctricos puede seguir funcionando durante, por ejemplo, 30 minutos aproximadamente. Sin embargo, más allá de estos 30 minutos, la red tendrá que suministrar la energía necesaria por medio de, por ejemplo, un transformador de voltaje de servicio 7, como se explicará más adelante.

[0045] Siguiendo el ejemplo, el transformador de turbina eólica auxiliar 6 comprende un devanado primario 6a y un devanado secundario 6b. El devanado primario 6a está configurado para recibir energía eléctrica desde el transformador principal 5 y el devanado secundario 6b está configurado para suministrar energía eléctrica al primer conjunto de componentes eléctricos 8 y/o al segundo conjunto de componentes eléctricos 9 (por medio de la UPS 42).

[0046] Puede proporcionarse un disyuntor 28 para desconectar el transformador auxiliar de turbina eólica 6 del transformador principal 5.

[0047] Puede disponerse otro disyuntor 11 aguas arriba del transformador principal 5 para desconectar el transformador principal 5 de la barra colectora 60. Una señal de control que ordena al disyuntor 11 que desconecte el transformador principal de la barra colectora 60 puede generarse a nivel de un sistema de supervisión, control y adquisición de datos (SCADA) de un parque eólico y puede enviarse al disyuntor 11.

[0048] Además, se puede proporcionar el transformador de voltaje de servicio 7 anteriormente comentado que incluye un devanado primario 7a y un devanado secundario 7b. En ejemplos, el transformador de voltaje de servicio 7 puede formar parte de la turbina eólica. Sin embargo, en algunos otros ejemplos, el transformador de voltaje de servicio puede ser externa a la turbina eólica.

[0049] El devanado primario 7a del transformador de voltaje de servicio 7 está conectado a la barra colectora 60 y, por tanto, está dispuesto para recibir energía eléctrica desde la red eléctrica 2. El devanado secundario 7b del transformador de voltaje de servicio 7 está configurado para suministrar energía eléctrica al segundo conjunto de componentes eléctricos 9 por medio de la UPS 42 y un tercer conjunto de componentes eléctricos 10.

[0050] A este respecto, la UPS 42 está configurada para recibir selectivamente energía eléctrica del devanado secundario 6b del transformador auxiliar 6 o del devanado secundario 7b del transformador de voltaje de servicio 7 dependiendo de si el transformador principal está conectado o no desde la barra colectora, como se explicará más adelante. Esto se puede realizar usando un conmutador 23. El conmutador 23 puede estar configurado para conectar de forma alternativa el segundo conjunto de componentes eléctricos de turbina eólica 9 al transformador de voltaje de servicio 7 o al transformador auxiliar de turbina eólica 6 por medio de la UPS.

[0051] El tercer conjunto de componentes eléctricos puede comprender componentes eléctricos de nivel 2, es decir, componentes necesarios para funcionar únicamente durante situaciones en las que el transformador principal se ha desconectado de la red.

[0052] También se puede proporcionar un conmutador 50, por ejemplo, un "conmutador de carga" o un "conmutador sin carga" para desconectar el transformador de voltaje de servicio 7 de la red 2. Cabe señalar que el uso del conmutador propuesto es más rentable que las alternativas convencionales, por ejemplo, un disyuntor, que puede incluir estructuras costosas, en particular cuando la energía eléctrica proporcionada por la red puede ser como máximo de 66 kV y para una subestación relativamente pequeña. A este respecto, la provisión de un disyuntor de circuito puede ser económica solo por encima de 66 kV, lo que no es el caso actual. Además, la sustitución de dicho disyuntor de circuito convencional puede llevar cierto tiempo.

[0053] En algunos ejemplos en los que la energía eléctrica proporcionada por la red eléctrica es de 33 kV, se puede proporcionar un fusible para desconectar el transformador de voltaje de servicio 7 de la red 2, lo que es una solución aún más rentable.

[0054] Además, pueden disponerse conmutadores 16, 17, 18, por ejemplo, "conmutadores de carga" o

"conmutadores sin carga" para el primer conjunto, el segundo conjunto y el tercer conjunto de componentes eléctricos. El conmutador correspondiente se puede abrir en caso de que el transformador principal esté desconectado de la barra colectora o esté conectado a la barra colectora, y solo se cerrará selectivamente para que solo se suministre energía a esos componentes, usando el transformador principal o el transformador de voltaje de servicio, cuando sea necesario.

[0055] El tercer conjunto de componentes eléctricos 10 puede incluir un dispositivo de protección contra corrientes de irrupción, por ejemplo, un circuito de precarga 90. Un problema con las corrientes de irrupción es que cuando la red vuelve después de una pérdida de red, el transformador de la turbina eólica puede energizarse repentinamente. Esto puede dar como resultado un pico de corriente de irrupción muy alto. En consecuencia, el transformador principal puede desconectarse de la red debido a un disparo no deseado del relé de protección. Además, el pico de corriente de irrupción puede dar lugar a resonancias y/u oscilaciones en el sistema de distribución de energía y/o a una alta carga mecánica de los devanados de transformador, lo que puede dar como resultado una reducción de la vida útil del transformador.

[0056] Una solución para estos inconvenientes puede ser la provisión del circuito de precarga 90 antes comentado, que puede ser alimentado incluso si el transformador principal (y el generador de turbina eólica) está fuera de línea. El circuito de precarga 90 puede estar conectado eléctricamente al enlace de CC 14 (y, por tanto, al convertidor 20). Por tanto, el circuito de precarga 10 puede además estar conectado indirectamente al devanado secundario 5b del transformador principal 5 por medio del convertidor 20, en particular por medio del inversor 13 que forma parte del convertidor 20.

[0057] El circuito de precarga 90 está configurado para cargar el convertidor y el devanado secundario 5b del transformador 5, respectivamente, cuando el transformador principal 5 está desconectado de la red 2. En consecuencia, el circuito de precarga a través del enlace de CC puede magnetizar/energizar previamente el devanado secundario del transformador principal 5 antes de que el transformador principal se vuelva a conectar a la red, por ejemplo, por medio del disyuntor 11 después de una desconexión entre el transformador principal y la red. Cabe destacar que a lo largo de la presente descripción y reivindicaciones, el término "*magnetizar previamente*" y el término "*energizar previamente*" pueden usarse indistintamente. Estos términos se refieren a la magnetización/energización previa del transformador de turbina eólica por medio de un enlace de CC precargado que forma parte de un convertidor de turbina eólica. Al hacerlo, las corrientes de irrupción pueden evitarse o al menos reducirse cuando el devanado primario 5a del transformador 5 está conectado a la red 2. En consecuencia, las cargas mecánicas de los devanados del transformador pueden, al menos, reducirse, y resonancias y/u oscilaciones adicionales del sistema eléctrico formado por la turbina eólica 160 y la red externa 2 pueden reducirse o evitarse sustancialmente.

[0058] Después de magnetizar previamente el devanado secundario 5b del transformador 5 usando el circuito de precarga 90, el circuito de precarga 90 puede enviar una señal al disyuntor de circuito 11 para conectar la red 2 y el devanado primario del transformador 5. Para este propósito, al menos una línea de señal (no mostrada), por ejemplo una línea TTL o un cable LAN, está dispuesta entre el circuito de precarga 90 y el disyuntor 11. Cabe señalar que la señal puede enviarse al circuito disyuntor cuando el devanado primario del transformador está sustancialmente en fase con la red, como se describirá más adelante.

[0059] El circuito de precarga 90 también puede estar conectado por medio de al menos una línea de señal con un controlador de turbina para intercambiar información. Por ejemplo, el controlador de turbina puede enviar la consigna para cerrar el disyuntor 11 a través del circuito de precarga 10. En consecuencia, un sistema SCADA conectado a o funcionando en un controlador de turbina puede conmutar varias turbinas eólicas una tras otra de nuevo a la red formada por una red de parque eólico. Por consiguiente, las corrientes de irrupción pueden reducirse aún más.

[0060] El circuito de precarga 90 puede incluir un búfer de energía, por ejemplo un condensador, para proporcionar en un tiempo relativamente corto de aproximadamente varios milisegundos a aproximadamente varios segundos suficiente energía eléctrica para cargar el transformador de turbina eólica 5 por medio del inversor 13 del convertidor, como se describió anteriormente.

[0061] En cualquier caso, el devanado secundario del transformador 5b se magnetiza con la energía almacenada en el circuito de precarga mientras el devanado primario del transformador principal permanece desconectado de la red. Esto se puede realizar de modo que el devanado primario del transformador 5 esté en una relación de fase definida, por ejemplo sustancialmente en fase con la red 2.

[0062] Debido a la magnetización del transformador antes de conectar el devanado primario del transformador 5 de nuevo a la red 2 y también considerando que el disyuntor está cerrado cuando el devanado primario del transformador está sustancialmente en fase con la red, las corrientes de irrupción se evitan o al menos se reducen sustancialmente. Se puede aumentar la vida útil del transformador 5. Además, se pueden evitar oscilaciones y/o resonancias de corriente y/o voltaje del sistema transformador-red.

[0063] De acuerdo con un aspecto, se puede suministrar energía eléctrica a uno o más componentes eléctricos de turbina eólica sustancialmente como sigue:

5 En funcionamiento normal, es decir, cuando la red suministra energía eléctrica, la red eléctrica puede conectarse al devanado primario 5a del transformador principal 5. Por tanto, el transformador principal 5 puede convertir la potencia de 66 kV suministrada desde la red a un nivel de voltaje del devanado secundario del transformador principal, por ejemplo, 3,3 kV.

10 **[0064]** Una señal de control que ordena al conmutador 23 que conecte la UPS 42 y el segundo conjunto de componentes eléctricos 9 al transformador auxiliar 6 puede generarse a nivel de un sistema de supervisión, control y adquisición de datos (SCADA) de un parque eólico y puede enviarse al conmutador 23.

15 **[0065]** El transformador auxiliar de turbina eólica 6 transformará además la potencia del nivel de voltaje del devanado secundario del transformador principal al nivel de voltaje requerido por el primer conjunto de componentes eléctricos 8 y el segundo conjunto de componentes eléctricos de la turbina eólica 9 por medio de la fuente de alimentación ininterrumpida 42. Este nivel de voltaje puede ser de 0,4 kV.

20 **[0066]** Por tanto, está claro que, en el funcionamiento normal comentado anteriormente, el primer conjunto de componentes eléctricos 8 y el segundo conjunto de componentes eléctricos 9 pueden conectarse a la red por medio del transformador principal 5 y del transformador auxiliar 6 y pueden ser adecuadamente alimentados usando dichos transformadores.

25 **[0067]** Se observa que, en funcionamiento normal, no se suministra energía eléctrica al tercer conjunto de componentes eléctricos, por ejemplo, al circuito de precarga 10. El motivo es que el transformador principal está conectado a la red. Por lo tanto, no se puede producir un alto pico de corriente de irrupción al conectar el transformador a la red y, por lo tanto, el circuito de precarga no es necesario en esta fase.

30 **[0068]** Sin embargo, cuando el transformador principal 5 se desconecta de la red 2 usando, por ejemplo, el disyuntor de circuito 11, la red eléctrica puede conectarse al devanado primario 7a del transformador de voltaje de servicio 7 por medio de, por ejemplo, el conmutador 50.

35 **[0069]** Una señal de control que ordene al conmutador 23 que conecte el segundo conjunto de componentes eléctricos 9 al transformador de voltaje de servicio 7 debido a la desconexión entre el transformador principal 5 y la red 2 se puede generar a nivel de un sistema de supervisión, control y adquisición de datos (SCADA) de un parque eólico y puede enviarse al conmutador 23. En algunos ejemplos, la desconexión entre el transformador principal 5 y la red 2 también puede detectarse localmente, por ejemplo, a través de una ausencia sostenida de energía eléctrica en el devanado primario del transformador principal. En cualquier caso, el conmutador 23 puede activarse de modo que el segundo conjunto de componentes eléctricos se conecte al transformador de voltaje de servicio 7.

40 **[0070]** El transformador de voltaje de servicio 7 puede convertir así la energía de 66 kV suministrada desde la red al nivel de voltaje requerido por el segundo conjunto de componentes eléctricos 8 y el tercer conjunto de componentes eléctricos de la turbina eólica 9. Este nivel de voltaje puede ser de 0,4 kV.

45 **[0071]** Como se ilustra aquí, independientemente de si la energía es suministrada por la red por medio del transformador principal y el transformador auxiliar o por medio del transformador de voltaje de servicio, la energía se suministra al segundo conjunto de componentes eléctricos, es decir, componentes eléctricos que siempre necesitan suministro de energía, y la interrupción del funcionamiento no puede aceptarse.

50 **[0072]** Además, en caso de que el transformador principal 5 esté desconectado de la red 2 y la barra colectora 60, se suministra energía al circuito de precarga 90. Como resultado, el transformador 5 puede energizarse por medio del convertidor 20 de una manera sustancialmente similar a la descrita anteriormente. En caso de que el transformador principal 5 se vuelva a conectar a la red, se puede evitar casi, o incluso por completo, una corriente de irrupción.

55 **[0073]** La figura 4 es una ilustración de un diagrama de bloques que describe un ejemplo de un procedimiento para conectar un transformador principal desconectado de turbina eólica a una red.

60 **[0074]** Puede proporcionarse un sistema para suministrar energía eléctrica a uno o más componentes de turbina eólica como se describió anteriormente, en particular para proporcionar energía eléctrica a un circuito de precarga.

65 **[0075]** En el bloque 400, el devanado primario de un transformador de voltaje de servicio se puede conectar a la red por medio de una barra colectora para suministrar energía a un circuito de precarga. Por tanto, el transformador de voltaje de servicio puede convertir la potencia de 66 kV suministrada desde la red al nivel de voltaje requerido por el circuito de precarga. Este nivel de voltaje puede ser de 0,4 kV. En cualquier caso, la

energía se almacena en un circuito de precarga.

[0076] En el bloque 401, un devanado secundario del transformador se energiza previamente con el circuito de precarga mientras un devanado primario del transformador está desconectado de la red. Esto se hace típicamente de modo que el devanado primario del transformador esté en una relación de fase definida, por ejemplo sustancialmente en fase con la red.

[0077] En algunos ejemplos, un voltaje del devanado secundario del transformador puede incrementarse hasta un valor predefinido, por ejemplo hasta un voltaje nominal del generador o cerca del voltaje nominal del generador.

[0078] En el bloque 402, el devanado primario del transformador y la red están conectados cuando el devanado primario del transformador está sustancialmente en fase con la red. Debido a la energización previa del transformador antes de conectar su devanado primario a la red, las corrientes de irrupción se evitan o, al menos, se reducen sustancialmente. En consecuencia, se puede aumentar la vida útil del transformador. Además, se pueden evitar oscilaciones y/o resonancias de corriente y/o voltaje del sistema transformador-red.

[0079] En un primer aspecto, se proporciona una turbina eólica. La turbina eólica comprende: un generador, uno o más convertidores de potencia dispuestos entre el generador y un punto de conexión a un transformador principal. La turbina eólica comprende además uno o más componentes eléctricos de turbina eólica, en la que el transformador principal está configurado para conectar una barra colectora a un transformador de turbina eólica auxiliar, en la que la barra colectora está configurada para recibir energía eléctrica desde una red eléctrica con un voltaje principal. Además, uno o más de los componentes eléctricos de turbina eólica están configurados para conectarse al transformador auxiliar de turbina eólica y una selección de los componentes eléctricos de turbina eólica está configurada además para conectarse a la barra colectora a través de un transformador de voltaje de servicio cuando el transformador principal está desconectado de la barra colectora.

[0080] En otros ejemplos, el transformador de turbina eólica auxiliar puede estar configurado para conectar el transformador principal a un primer conjunto de componentes eléctricos de turbina eólica. Además, el transformador de voltaje de servicio puede estar configurado para conectar la barra colectora a un segundo conjunto de componentes eléctricos de turbina eólica. El transformador de turbina eólica auxiliar y el transformador de voltaje de servicio pueden estar configurados para conectarse al segundo conjunto de componentes eléctricos de turbina eólica.

[0081] En los ejemplos, el transformador de voltaje de servicio está configurado para conectar la barra colectora a un tercer conjunto de componentes eléctricos. Este tercer conjunto de componentes eléctricos puede incluir un circuito de precarga para precargar un bus de CC de los convertidores.

[0082] En algunos ejemplos, los componentes eléctricos de turbina eólica se dividen en dos o más niveles diferentes, en los que el primer nivel se define para componentes eléctricos que requieren una operatividad sustancialmente permanente, en los que el primer nivel de componentes eléctricos incluye el segundo conjunto de componentes eléctricos de turbina eólica.

[0083] En los ejemplos, se puede definir un segundo nivel de componentes eléctricos para componentes eléctricos que sustancialmente solo requieren operatividad cuando el transformador principal está desconectado de la barra colectora, en el que el segundo nivel incluye el tercer conjunto de componentes eléctricos. Un tercer nivel se define además para componentes eléctricos que no requieren operatividad cuando el transformador principal está desconectado de la barra colectora, en el que el tercer nivel incluye el primer conjunto de componentes eléctricos.

[0084] En un ejemplo se proporciona un sistema. El sistema comprende una barra colectora, una red eléctrica para proporcionar energía eléctrica a la barra colectora con un voltaje principal, una turbina eólica como la descrita anteriormente, un transformador principal para conectar la turbina eólica a la barra colectora, un transformador de turbina eólica auxiliar para conectar el transformador principal a uno o más de los componentes eléctricos de turbina eólica. El sistema comprende además: un transformador de voltaje de servicio para conectar la barra colectora a la selección de los componentes eléctricos de turbina eólica cuando el transformador principal está desconectado de la barra colectora.

[0085] En ejemplos, el sistema comprende además un disyuntor de circuito para desconectar el transformador principal de la barra colectora.

[0086] En algunos ejemplos, el transformador de voltaje de servicio forma parte de la turbina eólica.

[0087] En ejemplos, el transformador principal comprende un devanado primario y un devanado secundario, en el que el devanado primario está configurado para recibir energía eléctrica desde la barra colectora y el devanado secundario está configurado para suministrar energía eléctrica a los convertidores, en el que el

transformador de turbina eólica auxiliar comprende un devanado primario y un devanado secundario, en el que el devanado primario está configurado para recibir energía eléctrica desde el transformador principal y el devanado secundario está configurado para suministrar energía eléctrica a un primer conjunto de componentes eléctricos.

5

[0088] En otros ejemplos, el transformador de voltaje de servicio comprende un devanado primario y un devanado secundario, en el que el devanado primario está configurado para recibir energía eléctrica de la barra colectora y el devanado secundario está configurado para suministrar energía eléctrica a un segundo conjunto de componentes eléctricos.

10

[0089] En algunos otros ejemplos, el sistema comprende una fuente de alimentación ininterrumpida, en el que la fuente de alimentación ininterrumpida está configurada para recibir selectivamente energía eléctrica desde el transformador auxiliar o desde el transformador de voltaje de servicio.

15

[0090] En algunos otros ejemplos, el sistema comprende además un conmutador o un fusible para desconectar el transformador de voltaje de servicio de la red. En los ejemplos, el segundo conjunto de componentes eléctricos de turbina eólica está configurado para conectarse alternativamente al transformador de voltaje de servicio o al transformador de turbina eólica auxiliar usando un conmutador.

20

[0091] En un aspecto adicional, se proporciona un procedimiento para conectar un transformador principal desconectado de turbina eólica a una red. El procedimiento comprende: conectar la red a un devanado primario de un transformador de voltaje de servicio por medio de una barra colectora para suministrar energía a un circuito de precarga. El procedimiento comprende además: energizar previamente un devanado secundario del transformador principal con el circuito de precarga mientras un devanado primario del transformador está desconectado de la red, y conectar el devanado primario del transformador principal a la red cuando el devanado primario del transformador está sustancialmente en fase con la red.

25

[0092] En los ejemplos, el devanado secundario del transformador puede energizarse previamente aumentando un voltaje del devanado secundario del transformador hasta que se alcance un valor predefinido.

30

[0093] En un aspecto adicional, se proporciona una turbina eólica. La turbina eólica comprende un generador, uno o más convertidores de potencia dispuestos entre el generador y un punto de conexión a un transformador principal, en la que el transformador principal está configurado para conectar una barra colectora a los convertidores, en la que la barra colectora está configurada para recibir energía eléctrica desde una red eléctrica con un voltaje principal. La turbina eólica comprende además: un circuito de precarga configurado para conectarse a la barra colectora a través de un transformador de voltaje de servicio cuando el transformador principal está desconectado de la barra colectora, en la que el circuito de precarga está configurado para aplicar energía eléctrica a una barra colectora de CC del convertidor de modo que un devanado secundario del transformador principal esté precargado y un devanado primario del transformador esté sustancialmente en fase con la red.

35

40

[0094] En ejemplos, se puede proporcionar un sistema. El sistema comprende una barra colectora, una red eléctrica para suministrar energía eléctrica a la barra colectora con un voltaje principal, una turbina eólica de acuerdo con el aspecto comentado anteriormente, un transformador principal para conectar la turbina eólica a la barra colectora. El sistema comprende además: un transformador de voltaje de servicio para conectar la barra colectora al circuito de precarga cuando el transformador principal está desconectado de la barra colectora.

45

[0095] Esta descripción escrita usa ejemplos para divulgar la invención, incluidos los modos de realización preferentes, y también para permitir que cualquier experto en la técnica ponga en práctica la invención, incluyendo la fabricación y el uso de cualquier dispositivo o sistema y la realización de cualquier procedimiento incorporado. El alcance patentable de la invención se define por las reivindicaciones y puede incluir otros ejemplos concebidos por los expertos en la técnica. Si los signos de referencia relacionados con los dibujos están colocados entre paréntesis en una reivindicación, son únicamente para intentar aumentar la inteligibilidad de la reivindicación y no se interpretará como una limitación del alcance de la reivindicación.

50

55

REIVINDICACIONES

1. Una turbina eólica (160), que comprende:
 - 5 un generador (162),
uno o más convertidores de potencia (20) dispuestos entre el generador (162) y un punto de conexión a un transformador principal (5), y
uno o más componentes eléctricos de turbina eólica (8, 9, 10),
10 en la que el transformador principal (5) está configurado para conectar una barra colectora (60) a un transformador auxiliar de turbina eólica (6),
en la que la barra colectora (60) está configurada para recibir energía eléctrica desde una red eléctrica (2) con un voltaje principal,
en la que uno o más de los componentes eléctricos de turbina eólica (8, 9) están configurados para conectarse al transformador auxiliar de turbina eólica (6), y
15 en la que una selección de los componentes eléctricos de turbina eólica (9, 10) está configurada además para conectarse a la barra colectora (60) a través de un transformador de voltaje de servicio (7) cuando el transformador principal (5) se desconecta de la barra colectora (60).
2. Una turbina eólica (160) de acuerdo con la reivindicación 1, en la que el transformador de turbina eólica auxiliar está configurado para conectar el transformador principal a un primer conjunto de componentes eléctricos de turbina eólica (8).
3. Una turbina eólica (160) de acuerdo con la reivindicación 2, en la que el transformador de voltaje de servicio está configurado para conectar la barra colectora a un segundo conjunto de componentes eléctricos de turbina eólica (9).
4. Una turbina eólica (160) de acuerdo con la reivindicación 3, en la que el transformador auxiliar de turbina eólica (6) y el transformador de voltaje de servicio (7) están ambos configurados para conectarse al segundo conjunto de componentes eléctricos de turbina eólica (9).
5. Una turbina eólica (160) de acuerdo con la reivindicación 4, en la que el transformador de voltaje de servicio (7) está configurado para conectar la barra colectora (60) a un tercer conjunto de componentes eléctricos (10).
6. Una turbina eólica (160) de acuerdo con la reivindicación 5, en la que el tercer conjunto de componentes eléctricos (10) incluye un circuito de precarga (90) para precargar un bus de CC (14) de los convertidores.
7. Una turbina eólica (160) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 3 a 6, en la que los componentes eléctricos de turbina eólica se dividen en dos o más niveles diferentes, en la que un primer nivel se define para componentes eléctricos que requieren una operatividad sustancialmente permanente, en la que el primer nivel de componentes eléctricos incluye el segundo conjunto de componentes eléctricos de turbina eólica (9).
8. Una turbina eólica (160) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 5-7, en la que
 - 45 un segundo nivel se define para componentes eléctricos que solo requieren sustancialmente operatividad cuando el transformador principal (5) está desconectado de la barra colectora (60), en el que el segundo nivel incluye el tercer conjunto de componentes eléctricos (10),
50 un tercer nivel se define para componentes eléctricos que no requieren operatividad cuando el transformador principal está desconectado de la barra colectora, en el que el tercer nivel incluye el primer conjunto de componentes eléctricos (8).
9. Un sistema, que comprende:
 - 55 una barra colectora (60),
una red eléctrica (2) para proporcionar energía eléctrica a la barra colectora con una voltaje principal,
una turbina eólica (62) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-8,
un transformador principal (5) para conectar la turbina eólica (162) a la barra colectora (60),
un transformador auxiliar de turbina eólica (6) para conectar el transformador principal (5) a uno o
60 más de los componentes eléctricos de turbina eólica (8, 9), y que comprende además:
un transformador de voltaje de servicio (7) para conectar la barra colectora (60) a la selección de los componentes eléctricos de turbina eólica (9, 10) cuando el transformador principal (5) está desconectado de la barra colectora (60).
- 65 10. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 9, que comprende además un disyuntor de circuito para desconectar el transformador principal de la barra colectora.

11. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 9 o 10, en el que el transformador principal (5) comprende un devanado primario (5a) y un devanado secundario (5b), en el que
- 5 el devanado primario (5a) está configurado para recibir energía eléctrica desde la barra colectora (60) y el devanado secundario (5b) está configurado para suministrar energía eléctrica a los convertidores (20), en el que el transformador auxiliar de turbina eólica (6) comprende un devanado primario (6a) y un devanado secundario (6b), en el que
- 10 el devanado primario está configurado para recibir energía eléctrica desde el transformador principal (5) y el devanado secundario (6b) está configurado para suministrar energía eléctrica al primer conjunto de componentes eléctricos (8).
12. Un sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9-11, en el que el transformador de voltaje de servicio (7) comprende un devanado primario (7a) y un devanado secundario (7b), en el que
- 15 el devanado primario (7a) está configurado para recibir energía eléctrica desde la barra colectora (60) y el devanado secundario (7b) está configurado para suministrar energía eléctrica al segundo conjunto de componentes eléctricos (9).
- 20 13. Un sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9-12, que comprende además una fuente de alimentación ininterrumpida, en el que la fuente de alimentación ininterrumpida está configurada para recibir selectivamente energía eléctrica desde el transformador auxiliar o desde el transformador de voltaje de servicio.
- 25 14. Un procedimiento para conectar un transformador principal desconectado de turbina eólica (5) a una red (2), comprendiendo el procedimiento:
- 30 conectar la red a un devanado primario (7a) de un transformador de voltaje de servicio (7) por medio de una barra colectora para suministrar energía a un circuito de precarga, energizar previamente un devanado secundario (5b) del transformador principal (5) con el circuito de precarga mientras un devanado primario (5a) del transformador (5) está desconectado de la red (2), y
- 35 conectar el devanado primario (5a) del transformador principal (5) a la red cuando el devanado primario (5a) del transformador (5) está sustancialmente en fase con la red.
15. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 14, en el que energizar previamente el devanado secundario (5b) del transformador (5) comprende aumentar el voltaje del devanado secundario del transformador hasta que se alcance un valor predefinido.

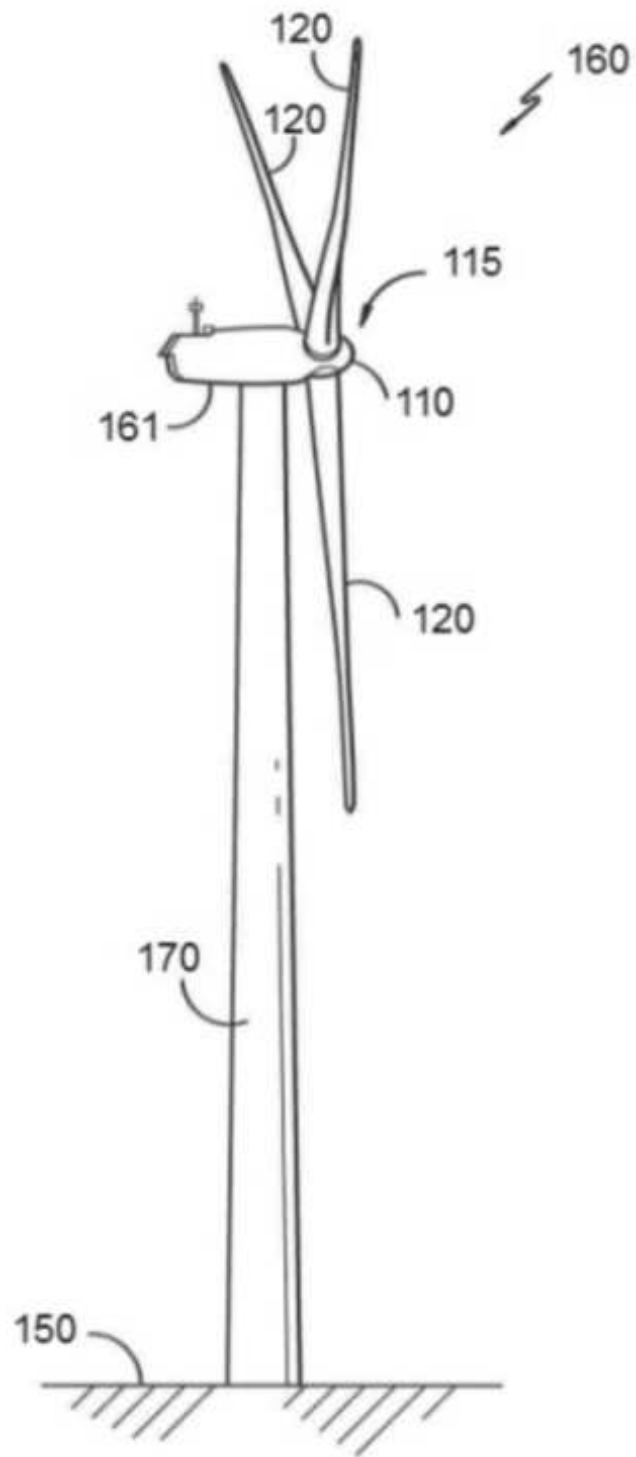


Fig. 1

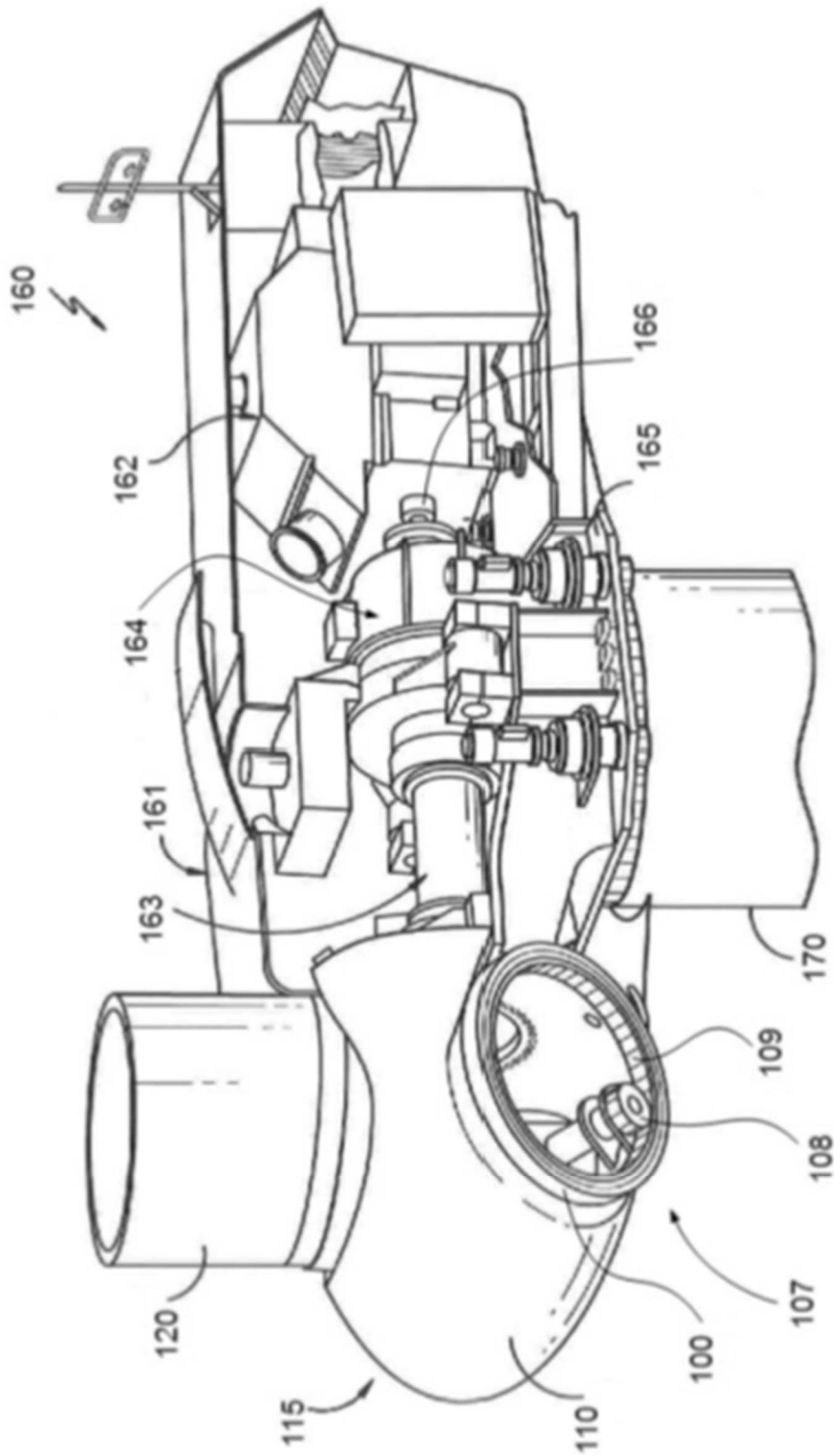


Fig. 2

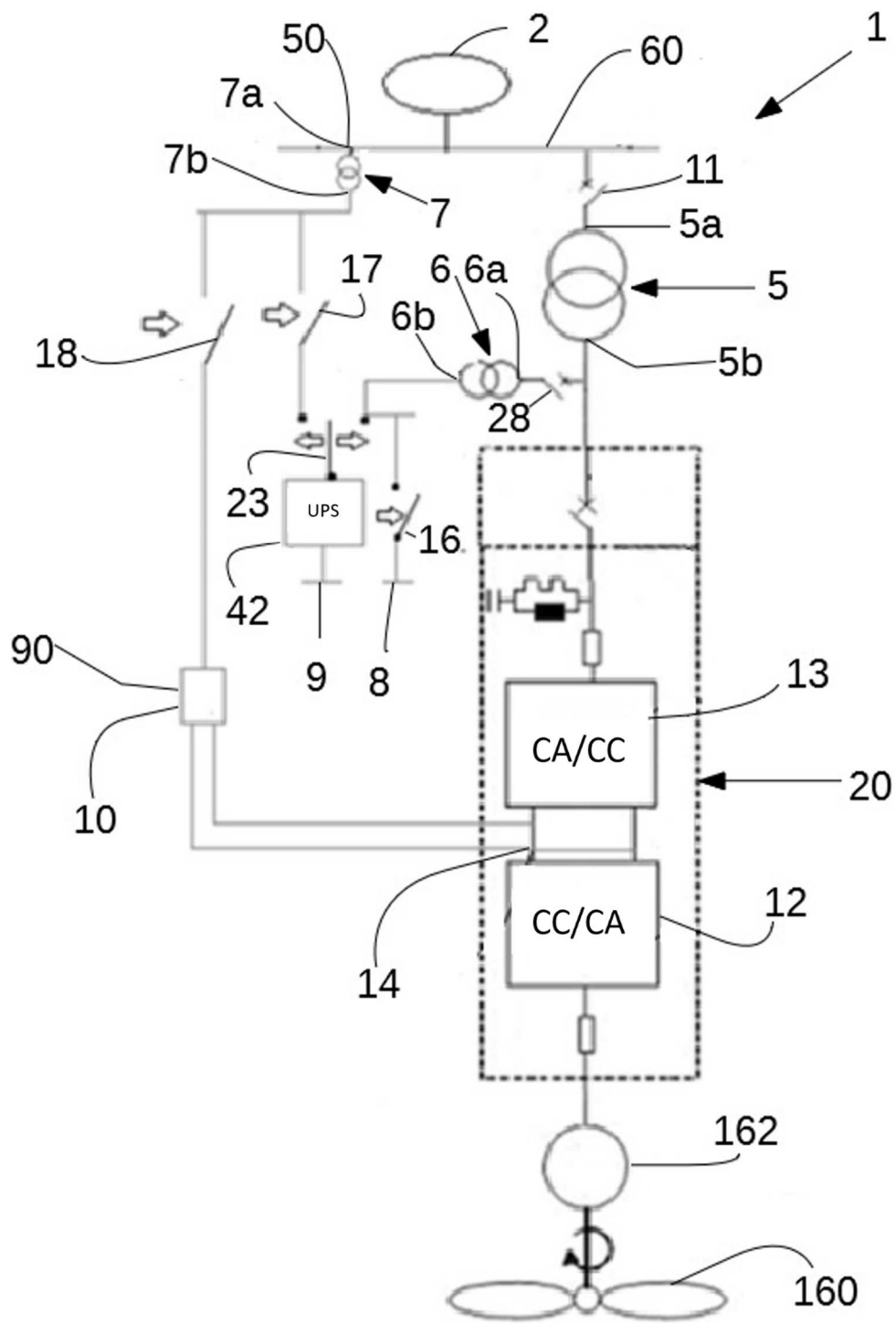


Fig. 3

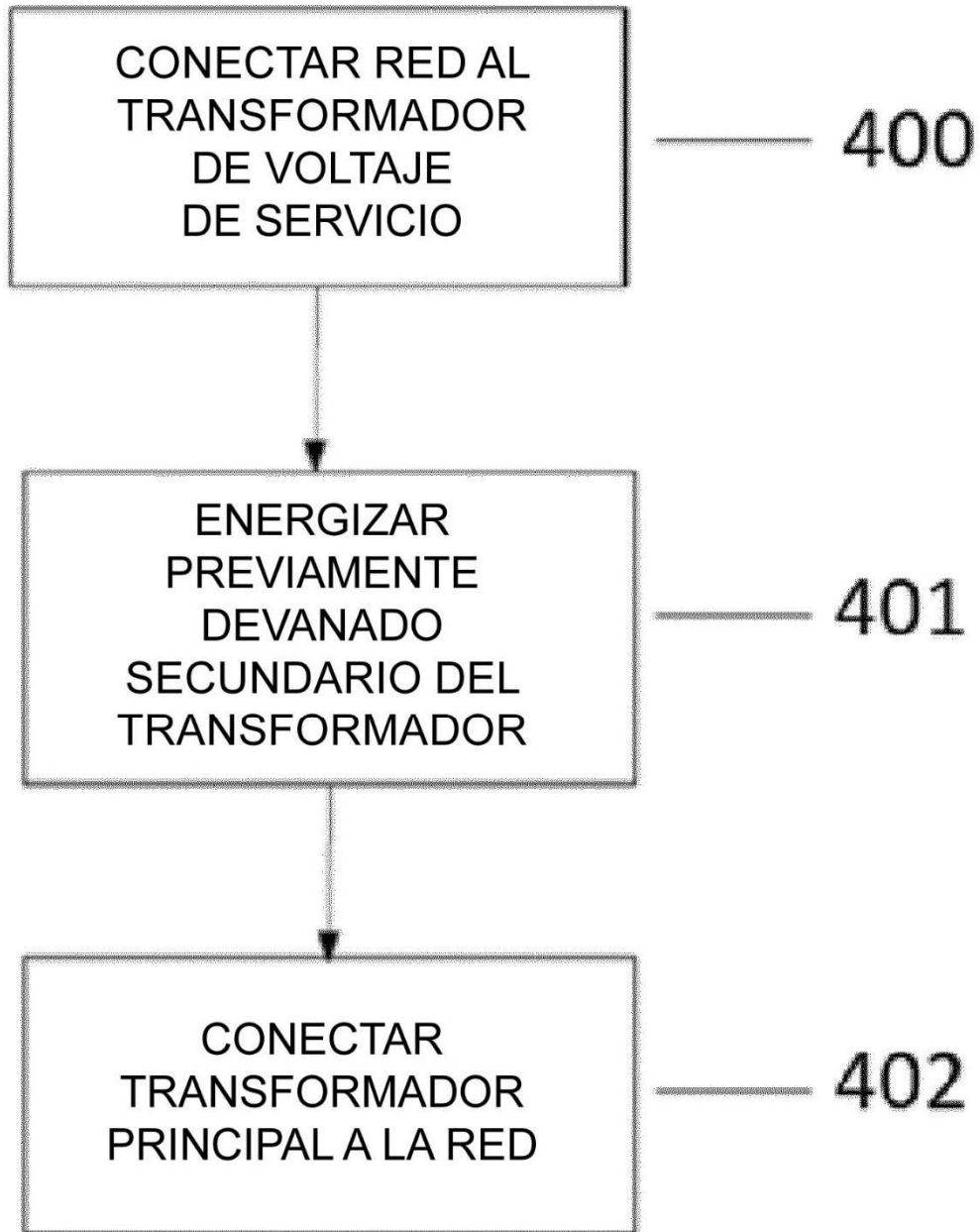


Fig. 4