

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 861 320**

51 Int. Cl.:

F03D 7/02 (2006.01)

F03D 7/04 (2006.01)

F03D 9/25 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.05.2016 E 16170163 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.12.2020 EP 3096005**

54 Título: **Límite para el esquema de reducción de capacidad usado en el control de turbinas eólicas**

30 Prioridad:

20.05.2015 US 201514717132

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

06.10.2021

73 Titular/es:

**GENERAL ELECTRIC COMPANY (100.0%)
1 River Road
Schenectady, NY 12345, US**

72 Inventor/es:

**KLODOWSKI, ANTHONY MICHAEL y
SMITH, DAVID**

74 Agente/Representante:

FORTEA LAGUNA, Juan José

ES 2 861 320 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

Límite para el esquema de reducción de capacidad usado en el control de turbinas eólicas

5 **[0001]** La presente materia se refiere en general a turbinas eólicas y, más en particular, a sistemas y a procedimientos para controlar sistemas de turbina eólica.

10 **[0002]** Una turbina eólica puede incluir 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. Los generadores algunas veces, pero no siempre, están acoplados de forma rotativa al rotor a través de una multiplicadora. La multiplicadora aumenta la velocidad de giro inherentemente baja del rotor para que el generador convierta eficazmente la energía mecánica rotativa en energía eléctrica, que se alimenta a una red de suministro por medio de, al menos, una conexión eléctrica. También 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 un armazón o una torre tubular.

15 **[0003]** 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 la frecuencia de una red de suministro (por ejemplo, 50 Hz, 60 Hz, etc.). Además, dichos convertidores, junto con el DFIG, también transmiten potencia eléctrica entre la red de suministro y el generador, además de transmitir la potencia de excitación del generador a un rotor bobinado del generador desde una de las conexiones a la conexión de la red de suministro eléctrico. De forma alternativa, algunas configuraciones de turbinas eólicas incluyen, pero no se limitan a, tipos alternativos de generadores de inducción, generadores sincrónicos de imanes permanentes (PM) y generadores sincrónicos excitados eléctricamente y generadores de reluctancia conmutada. Estas configuraciones alternativas también pueden incluir convertidores de potencia que se utilizan para convertir las frecuencias como se describe anteriormente y transmitir potencia eléctrica entre la red de suministro y el generador.

20 **[0004]** Las turbinas eólicas tienen una pluralidad de componentes eléctricos y mecánicos. Cada componente puede tener limitaciones operativas independientes o diferentes, como límites de corriente, voltaje, potencia y/o temperatura, que otros componentes. Además, las turbinas eólicas conocidas se diseñan y/o ensamblan típicamente con componentes que tienen límites de potencia nominal predefinidos. Para operar dentro de dichos límites de potencia nominal, los componentes eléctricos se pueden operar con grandes márgenes para las limitaciones operativas. Tal operación puede resultar en una operación ineficiente de la turbina eólica, y la capacidad de generación de potencia de la turbina eólica puede estar infrutilizada. Además, el uso de componentes con mayores valores nominales puede resultar caro.

25 **[0005]** Los esquemas de control para permitir un funcionamiento más eficiente de la turbina eólica pueden monitorizar varias condiciones ambientales, como temperatura, altitud, densidad del aire, etc., del sistema de turbina eólica y ajustar varios límites de operación (por ejemplo, usando curvas de reducción de capacidad) en función de las condiciones de operación. Por ejemplo, se puede usar un esquema de reducción de capacidad para ajustar un límite operativo para un componente de turbina eólica en función de la altitud, la temperatura y otras condiciones ambientales. En algunos casos, el esquema de reducción de capacidad puede proporcionar un límite operativo que es mayor que un límite operativo máximo especificado por el fabricante de un componente. Véanse, por ejemplo, los documentos EP2781738, US2010133831, US2013049363 y WO 2012/088640.

30 **[0006]** Diversos aspectos y ventajas de los modos de realización de la presente divulgación se expondrán en parte en la siguiente descripción, o pueden aprenderse a partir de la descripción o pueden aprenderse llevando a la práctica los modos de realización.

35 **[0007]** La presente invención está definida por las reivindicaciones adjuntas.

40 **[0008]** Se pueden hacer variaciones y modificaciones a estos aspectos de ejemplo de la presente divulgación.

45 **[0009]** Diversas características, aspectos y ventajas de diversos modos de realización se entenderán mejor con referencia a la siguiente descripción y a las reivindicaciones adjuntas. Los dibujos adjuntos, que se incorporan en y constituyen una parte de esta memoria descriptiva, ilustran modos de realización de la presente divulgación y, junto con la descripción, sirven para exponer los principios relacionados.

50 **[0010]** El análisis detallado de los modos de realización dirigidos a un experto en la técnica se establece en la memoria descriptiva, que hace referencia a las figuras adjuntas, en las que:

55 la FIG. 1 representa una parte de una turbina eólica de ejemplo;

60 la FIG. 2 representa un sistema eléctrico y de control de ejemplo de una turbina eólica de ejemplo;

65

la FIG. 3 representa un esquema de control de limitación de potencia de ejemplo de acuerdo con aspectos de ejemplo de la presente divulgación;

5 la FIG. 4 representa un módulo de reducción de capacidad de ejemplo de acuerdo con modos de realización de ejemplo de la presente divulgación;

la FIG. 5 representa la interpolación de una curva de reducción de capacidad de ejemplo de acuerdo con modos de realización de ejemplo de la presente divulgación; y

10 la FIG. 6 representa un diagrama de flujo de un procedimiento de control de ejemplo de acuerdo con modos de realización de ejemplo de la presente divulgación.

15 **[0011]** A continuación se hará referencia en detalle a modos de realización de la invención, de los cuales se ilustran uno o más ejemplos en los dibujos. Cada ejemplo se proporciona a modo de explicación de la invención, no de limitación de la invención. Así, se pretende definir la presente invención por las reivindicaciones adjuntas. Los aspectos de ejemplo de la presente divulgación están dirigidos a sistemas y procedimientos para controlar una turbina eólica ajustando los límites operativos para uno o más componentes (por ejemplo, cables, transformadores, interruptores de límite, buses, conectores, etc.) de la turbina eólica. De acuerdo con aspectos de ejemplo de la presente divulgación, se puede determinar un límite operativo para un componente de la turbina eólica basándose en diversas condiciones ambientales (por ejemplo, temperatura, altitud, densidad del aire, velocidad del viento, etc.) y/o condiciones operativas (por ejemplo, velocidad de la turbina) usando un esquema de reducción de capacidad. El esquema de reducción de capacidad puede ajustar el límite operativo del componente en función de los datos indicativos de las condiciones ambientales. Por ejemplo, a medida que disminuye la temperatura, se puede aumentar un límite operativo de la corriente eléctrica de un componente de la turbina eólica, como un cable (por ejemplo, cable de rotor, cable de estátor, etc.) para acomodar más corriente. La turbina eólica se puede controlar en función del límite operativo. Por ejemplo, se puede controlar una condición operativa de la turbina eólica de modo que la operación de la turbina eólica no provoque que un parámetro operativo (por ejemplo, una corriente eléctrica) exceda el límite operativo determinado para el componente de la turbina eólica.

30 **[0012]** De acuerdo con modos de realización de ejemplo de la presente divulgación, el límite operativo determinado usando el esquema de reducción de capacidad puede limitarse para no exceder un límite operativo nominal para el al menos un componente según lo especificado, por ejemplo, por el fabricante del componente. Por ejemplo, el esquema de reducción de capacidad puede implementar un fijador de nivel que limita el límite operativo determinado usando el esquema de reducción de capacidad a un valor nominal más alto o máximo del componente de la turbina eólica especificado, por ejemplo, por un fabricante de un componente.

35 **[0013]** En un modo de realización de ejemplo, la implementación del esquema de reducción de capacidad puede incluir acceder a una curva de reducción de capacidad. La curva de reducción de capacidad puede especificar uno o más límites operativos en función de las condiciones ambientales conocidas. Una vez recibidos los datos indicativos de las condiciones ambientales actuales de la turbina eólica, la curva de reducción de capacidad se puede interpolar (por ejemplo, usando interpolación lineal u otra interpolación adecuada) basándose en los datos conocidos de la curva de reducción de capacidad para determinar un límite operativo para el componente en las condiciones ambientales actuales. En algunos casos, el esquema de reducción de capacidad puede proporcionar un límite operativo inicial que es mayor que el valor nominal más alto del componente de la turbina eólica.

40 **[0014]** El esquema de reducción de capacidad puede ajustar el límite operativo inicial basándose, al menos en parte, en el límite operativo nominal del componente de la turbina eólica. Por ejemplo, en un ejemplo, el esquema de reducción de capacidad ajusta el límite operativo inicial a un límite operativo ajustado que no es mayor que el límite operativo nominal del componente de la turbina eólica. En otro ejemplo, se puede proporcionar un margen para que el límite operativo ajustado no sea mayor que el 80 % del límite operativo nominal, tal como que no sea mayor que el 90 % del límite operativo nominal, tal como que no sea mayor que el 95 % del límite operativo nominal, tal como que no sea mayor que el 98 % del límite operativo nominal, u otro porcentaje del límite operativo nominal. En un modo de realización, el límite operativo se puede establecer para que esté por encima del límite operativo nominal, tal como el 105 % del límite operativo nominal, el 110 % del límite operativo nominal, el 120 % del límite operativo nominal u otro límite operativo adecuado mayor que el límite operativo nominal.

45 **[0015]** De esta manera, un efecto técnico de los modos de realización de ejemplo de la presente divulgación puede incluir al menos implementar la reducción de capacidad de uno o más componentes de una turbina eólica para no exceder los límites operativos nominales de los componentes como se especifica, por ejemplo, por la fabricación de los componentes. Por ejemplo, implementar un fijador de nivel de acuerdo con los modos de realización de ejemplo de la presente divulgación durante la implementación del esquema de reducción de capacidad para cada uno de los componentes de la turbina eólica (por ejemplo, cada cable, transformador, interruptor de límite, etc.) puede proporcionar un control adicional para garantizar que no se excedan los límites operativos nominales máximos para los componentes de la turbina eólica durante el control de las condiciones de operación de la turbina eólica.

[0016] La FIG. 1 es una vista en perspectiva de una parte de una turbina eólica 100 de ejemplo. La turbina eólica 100 incluye una góndola 102 que aloja un generador (no mostrado en la FIG. 1). La góndola 102 puede estar montada en una torre 104 (una parte de la torre 104 se muestra en la FIG. 1). La torre 104 puede tener cualquier altura/altitud adecuada (por ejemplo, 75 m, 120 m, etc.) que facilite la operación 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.

[0017] La turbina eólica 100 puede incluir cualquier número de palas 108 que faciliten la operación de la turbina eólica 100 como se describe en el presente documento. En modos de realización de ejemplo, la turbina eólica 100 puede incluir una multiplicadora acoplada operativamente al rotor 106 y un generador.

[0018] La FIG. 2 es una vista esquemática de un sistema eléctrico y de control 200 de ejemplo que se puede usar con la turbina eólica 100. El rotor 106 puede incluir palas 108 acopladas al buje 110. El rotor 106 también puede incluir un eje lento 112 acoplado de manera giratoria al buje 110. El eje lento 112 está acoplado a una multiplicadora elevadora 114 que está configurada para aumentar la velocidad de giro del eje lento 112 y transferir esa velocidad a un eje rápido 116. En un modo de realización de ejemplo, la multiplicadora 114 puede tener 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 puede generar una velocidad para el eje rápido 116 de aproximadamente 1400 rpm. Como se usa en el presente documento, el uso del término "aproximadamente" o "de forma aproximada" junto con un valor numérico establecido se refiere a un margen del 25 % del valor numérico establecido. La multiplicadora 114 puede tener cualquier proporción de aumento adecuada que facilite la operación de la turbina eólica 100 como se describe en el presente documento. En un modo de realización, la turbina eólica 100 puede incluir un generador de accionamiento directo que está acoplado de manera giratoria al rotor 106 sin ninguna multiplicadora intermedia.

[0019] El eje rápido 116 se puede acoplar de forma giratoria al generador 118. En un modo de realización de ejemplo, el generador 118 puede ser un generador de rotor bobinado, trifásico, de inducción de doble alimentación (asíncrono) (DFIG) que incluye un estátor 120 de generador acoplado magnéticamente a un rotor 122 de generador. En un modo de realización, el rotor 122 del generador puede incluir una pluralidad de imanes permanentes en lugar de los devanados del rotor.

[0020] El sistema eléctrico y de control 200 puede incluir un controlador 202 de turbina. El controlador 202 de turbina puede incluir uno o más procesadores y uno o más dispositivos de memoria. El controlador 202 de turbina puede incluir, además, al menos un canal de entrada del procesador y al menos un canal de salida del procesador. En modos de realización de ejemplo, el controlador 202 de turbina puede incluir uno o más dispositivos informáticos.

[0021] Como se usa en el presente documento, el término "dispositivo informático" no se limita a circuitos integrados a los que se hace referencia en la técnica como 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, y estos términos se usan de manera intercambiable en el presente documento. En un modo de realización de ejemplo, un dispositivo de memoria puede incluir, pero no se limita a, un medio legible por ordenador, tal como una memoria de acceso aleatorio (RAM). En un modo de realización, 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). Además, en un modo de realización de ejemplo, canales de entrada adicionales pueden ser, pero no se limitan a, periféricos de ordenador asociados a una interfaz de operador, tal como un ratón y un teclado. Además, en un modo de realización, canales de salida adicionales pueden incluir, pero no se limitan a, un monitor de interfaz de operador.

[0022] Uno o más procesadores para el controlador 202 de turbina pueden procesar información transmitida desde una pluralidad de dispositivos eléctricos y electrónicos que pueden incluir, pero no se limitan a, transductores de tensión y de corriente. La RAM y/o los dispositivos de almacenamiento pueden almacenar y transferir información e instrucciones para ser ejecutadas por el uno o más procesadores. También se pueden usar 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 al uno o más procesadores durante la ejecución de instrucciones por parte del uno o más procesadores. Las instrucciones que se ejecutan incluyen, pero no se limitan a, algoritmos y/o conversión residente. La ejecución de secuencias de instrucciones no se limita a ninguna combinación específica de circuitos de hardware e instrucciones de software.

[0023] Haciendo referencia a la FIG. 2, el estátor 120 de generador puede estar acoplado eléctricamente a un conmutador de sincronización de estátor 206 por medio de un bus del estátor 208. En un modo de realización de ejemplo, para facilitar la configuración DFIG, el rotor 122 del generador puede estar acoplado eléctricamente a un conjunto de conversión de potencia 210 bidireccional a través de un bus de rotor 212. En un modo de realización, el rotor 122 de generador puede estar acoplado eléctricamente al bus de rotor 212 por medio de cualquier otro

dispositivo que facilite la operación del sistema eléctrico y de control 200 como se describe en el presente documento. En un modo de realización, el sistema eléctrico y de control 200 puede configurarse como un sistema de conversión de potencia total que incluye un conjunto de conversión de potencia total similar en diseño y operación al conjunto de conversión de potencia 210 y acoplado eléctricamente al estátor 120 del generador. El conjunto de conversión de potencia completa puede facilitar la canalización de la potencia eléctrica entre el estátor 120 del generador y una red de transmisión y distribución de potencia eléctrica. En un modo de realización de ejemplo, el bus del estátor 208 puede transmitir potencia trifásica desde el estátor 120 del generador al conmutador de sincronización del estátor 206. El bus de rotor 212 puede transmitir potencia trifásica desde el rotor 122 del generador al conjunto de conversión de potencia 210. En un modo de realización, el conmutador de sincronización de estátor 206 está acoplado eléctricamente a un disyuntor de transformador principal 214 por medio de un bus de sistema 216. En un modo de realización, se usan uno o más fusibles (no mostrados) en lugar del disyuntor de transformador principal 214. En otro modo de realización, no se usan fusibles ni el disyuntor del transformador principal 214.

[0024] El conjunto de conversión de potencia 210 puede incluir un filtro de rotor 218 que está acoplado eléctricamente al rotor 122 de generador por medio del bus de rotor 212. Un bus de filtro de rotor 219 puede acoplar eléctricamente el filtro de rotor 218 a un convertidor de potencia 220 en el lado del rotor, y el convertidor de potencia 220 en el lado del rotor puede estar acoplado eléctricamente a un convertidor de potencia 222 en el lado de la línea. El convertidor de potencia 220 en el lado del rotor y el convertidor de potencia 222 en el lado de la línea son puentes de convertidor de potencia que incluyen semiconductores de potencia. En un modo de realización, el convertidor de potencia 220 en el lado del rotor y el convertidor de potencia 222 en el lado de la línea pueden configurarse en una configuración trifásica de modulación de ancho de pulso (PWM) que incluye dispositivos de conmutación de transistor bipolar de puerta aislada (IGBT). En un modo de realización, el convertidor de potencia 220 en el lado del rotor y el convertidor de potencia 222 en el lado de la línea pueden tener cualquier configuración usando cualquier dispositivo de conmutación que facilite la operación del sistema eléctrico y de control 200 como se describe en el presente documento. El conjunto de conversión de potencia 210 se puede acoplar en comunicación electrónica de datos con el controlador 202 de turbina para controlar la operación del convertidor de potencia 220 en el lado del rotor y del convertidor de potencia 222 en el lado de la línea.

[0025] En un modo de realización, un bus de convertidor de potencia 223 en el lado de la línea puede acoplar eléctricamente un convertidor de potencia 222 en el lado de la línea a un filtro de línea 224. Un bus de línea 225 puede acoplar eléctricamente el filtro de línea 224 a un contactor de línea 226. Además, el contactor de línea 226 puede estar acoplado eléctricamente a un disyuntor de conversión 228 por medio de un bus de disyuntor de conversión 230. Además, el disyuntor de conversión 228 puede estar acoplado eléctricamente al disyuntor de transformador principal 214 por medio del bus de sistema 216 y un bus de conexión 232. En un modo de realización, el filtro de línea 224 puede acoplarse eléctricamente al bus de sistema 216 directamente a través del bus de conexión 232 y puede incluir cualquier esquema de protección adecuado configurado para tener en cuenta la eliminación del contactor de línea 226 y el disyuntor de conversión 228 del sistema eléctrico y de control 200. El disyuntor de transformador principal 214 puede estar acoplado eléctricamente a un transformador principal de potencia eléctrica 234 a través de un bus 236 en el lado del generador. El transformador principal 234 está acoplado eléctricamente a un disyuntor de red 238 por medio de un bus 240 en el lado de disyuntor. El disyuntor de red 238 puede estar conectado a la red de transmisión y distribución de potencia eléctrica por medio de un bus de red 242. En un modo de realización, el transformador principal 234 puede estar acoplado eléctricamente a uno o más fusibles, en lugar de al disyuntor de red 238, por medio del bus 240 en el lado de disyuntor. En un modo de realización, no se utilizan ni fusibles ni el disyuntor de red 238, sino que el transformador principal 234 está acoplado a la red de transmisión y distribución de potencia eléctrica por medio del bus 240 en el lado de disyuntor y del bus de red 242.

[0026] En un modo de realización, el convertidor de potencia 220 en el lado del rotor puede estar acoplado en comunicación eléctrica con el convertidor de potencia 222 en el lado de la línea por medio de un único enlace de corriente continua (CC) 244. En un modo de realización, el convertidor de potencia 220 en el lado del rotor y el convertidor de potencia 222 en el lado de la línea pueden acoplarse eléctricamente mediante enlaces de CC individuales y separados. El enlace de CC 244 puede incluir 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. En un modo de realización, el condensador 250 puede incluir uno o más condensadores configurados en serie y/o en paralelo entre el carril positivo 246 y el carril negativo 248.

[0027] El controlador 202 de turbina puede estar configurado para recibir una pluralidad de señales de medición de tensión y de corriente eléctrica desde un primer conjunto de sensores de tensión y de corriente eléctrica 252. Además, el controlador 202 de turbina puede estar configurado para supervisar y controlar al menos algunas de las variables operativas asociadas a la turbina eólica 100. En un modo de realización, cada uno de los tres sensores de tensión y de corriente eléctrica 252 está acoplado eléctricamente a cada una de las tres fases del bus de red 242. De forma alternativa, los sensores de tensión y de corriente eléctrica 252 están acoplados eléctricamente al bus de sistema 216. En un modo de realización, los sensores de tensión y de corriente eléctrica 252 pueden estar acoplados eléctricamente a cualquier parte del sistema eléctrico y de control 200 que facilite la operación del sistema eléctrico y de control 200 como se describe en el presente documento. En un modo de realización, el

controlador 202 de turbina puede estar configurado para recibir cualquier número de señales de medición de tensión y corriente eléctrica desde cualquier número de sensores de tensión y de corriente eléctrica 252, incluyendo, pero sin limitarse a, una señal de medición de tensión y de corriente eléctrica de un transductor.

5 **[0028]** En un modo de realización, el sistema eléctrico y de control 200 también puede incluir un controlador 262 del convertidor que está configurado para recibir una pluralidad de señales de medición de tensión y de corriente eléctrica. Por ejemplo, en un modo de realización, el controlador 262 del convertidor puede recibir señales de medición de tensión y de corriente eléctrica de un segundo conjunto de sensores de tensión y de corriente eléctrica 254 acoplados en comunicación electrónica de datos con el bus del estátor 208. El controlador 262 del convertidor
10 puede recibir un tercer conjunto de señales de medición de tensión y de corriente eléctrica de un tercer conjunto de sensores de tensión y de corriente eléctrica 256 acoplados en comunicación electrónica de datos con el bus de rotor 212. El controlador 262 del convertidor también puede recibir un cuarto conjunto de señales de medición de tensión y de corriente eléctrica de un cuarto conjunto de sensores de tensión y de corriente eléctrica 264 acoplados en comunicación electrónica de datos con el bus de disyuntor de conversión 230. El segundo conjunto de sensores de tensión y de corriente eléctrica 254 puede ser sustancialmente similar al primer conjunto de sensores de tensión y de corriente eléctrica 252, y el cuarto conjunto de sensores de tensión y de corriente eléctrica 264 puede ser sustancialmente similar al tercer conjunto de sensores de tensión y de corriente eléctrica 256. El controlador 262 del convertidor puede ser sustancialmente similar al controlador 202 de turbina y puede estar acoplado en comunicación electrónica de datos al controlador 202 de turbina. Además, en un modo de realización, el controlador 262 del convertidor puede integrarse físicamente dentro del conjunto de conversión de potencia 210. En un modo de realización, el controlador 262 del convertidor puede tener cualquier configuración que facilite la operación del sistema eléctrico y de control 200 como se describe en el presente documento.

25 **[0029]** Durante la operación de modos de realización de ejemplo, el viento incide en las palas 108 y las palas 108 transforman la energía eólica en un par de rotación mecánico que acciona de manera 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 giro del eje lento 112 para accionar el eje rápido 116 con una mayor velocidad de giro. El eje rápido 116 acciona rotativamente el rotor 122 del generador. El rotor 122 del generador induce un campo magnético giratorio y se induce una tensión dentro del estátor 120 del generador que está acoplado magnéticamente al rotor 122 del generador. El generador 118 convierte la energía mecánica rotativa en una señal de energía eléctrica de corriente alterna (CA) trifásica sinusoidal en el estátor 120 del generador. La potencia eléctrica asociada se transmite al transformador principal 234 por medio del bus del estátor 208, el conmutador de sincronización del estátor 206, el bus de sistema 216, el disyuntor de transformador principal 214 y el bus 236 en el lado de generador. El transformador principal 234 aumenta la amplitud de la tensión de la potencia eléctrica y la potencia eléctrica transformada se transmite además a la red por medio del bus 240 en el lado de disyuntor, el disyuntor de red 238 y el bus de red 242.

35 **[0030]** En un modo de realización, se proporciona una segunda ruta de transmisión de potencia eléctrica. La potencia de CA eléctrica, trifásica, sinusoidal se genera dentro del rotor 122 del generador y se transmite al conjunto de conversión de potencia 210 a través del bus de rotor 212. Dentro del conjunto de conversión de potencia 210, la potencia eléctrica se transmite al filtro de rotor 218 y la potencia eléctrica se modifica para la velocidad de cambio de las señales PWM asociadas con el convertidor de potencia 220 en el lado del rotor. El convertidor de potencia 220 en el lado del rotor actúa como un rectificador y rectifica la potencia de CA trifásica sinusoidal en 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 tensión del enlace de CC 244 al facilitar la mitigación de una ondulación de CC asociada a la rectificación de CA.

40 **[0031]** La potencia de CC se transmite posteriormente desde el enlace de CC 244 al convertidor de potencia 222 en el lado de la línea, y el convertidor de potencia 222 en el lado de la línea actúa como un inversor configurado para convertir la potencia eléctrica de CC del enlace de CC 244 en potencia eléctrica de CA trifásica sinusoidal con tensiones, corrientes y frecuencias predeterminadas. Esta conversión se supervisa y controla por medio del controlador 262 del convertidor. La potencia de CA convertida se transmite desde el convertidor de potencia 222 en el lado de la línea al bus de sistema 216 por medio del bus de convertidor de potencia 223 en el lado de la línea y el bus de línea 225, el contactor de línea 226, el bus de disyuntor de conversión 230, el disyuntor 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 222 en el lado de la línea. El conmutador de sincronización de estátor 206 se puede configurar para que se cierre para facilitar la conexión de la potencia trifásica del estátor 120 del generador con la potencia trifásica del conjunto de conversión de potencia 210.

50 **[0032]** El disyuntor de conversión 228, el disyuntor de transformador principal 214 y el disyuntor de red 238 pueden estar configurados para desconectar buses correspondientes, por ejemplo, cuando el flujo de corriente es excesivo y puede dañar los componentes del sistema eléctrico y de control 200. También se proporcionan componentes de protección adicionales, incluido el contactor de línea 226, que pueden controlarse para formar una desconexión abriendo un conmutador correspondiente a cada una de las líneas del bus de línea 225.

60 **[0033]** El conjunto de conversión de potencia 210 puede compensar o ajustar la frecuencia de la potencia trifásica

del rotor 122 del generador para cambios, por ejemplo, en la velocidad del viento en el buje 110 y las palas 108. Por lo tanto, de esta manera, la frecuencia mecánica y la frecuencia eléctrica del rotor se desacoplan de la frecuencia del estátor.

5 **[0034]** En algunas condiciones, las características bidireccionales del conjunto de conversión de potencia 210, y específicamente, las características bidireccionales del convertidor de potencia 220 en el lado del rotor y del convertidor de potencia 222 en el lado de la línea, pueden facilitar la realimentación de al menos parte de la potencia eléctrica generada en rotor 122 de generador. Más específicamente, la potencia eléctrica puede transmitirse desde el bus de sistema 216 al bus de conexión 232 y, posteriormente, a través del disyuntor de conversión 228 y el bus de disyuntor de conversión 230 al conjunto de conversión de potencia 210. En el conjunto de conversión de potencia 210, la potencia eléctrica se transmite a través del contactor de línea 226, el bus de línea 225 y el bus de convertidor de potencia 223 en el lado de la línea al convertidor de potencia 222 en el lado de la línea. El convertidor de potencia 222 en el lado de la línea actúa como un rectificador y rectifica la potencia de CA trifásica sinusoidal en 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 tensión del enlace de CC 244 al facilitar la mitigación de una ondulación de CC asociada, en ocasiones, a la rectificación de CA trifásica.

20 **[0035]** La potencia de CC se transmite posteriormente desde el enlace de CC 244 al convertidor de potencia 220 en el lado del rotor, y el convertidor de potencia 220 en el lado del rotor actúa como un inversor configurado para convertir la potencia eléctrica de CC transmitida desde el enlace de CC 244 en potencia eléctrica de CA trifásica sinusoidal con tensiones, corrientes y frecuencias predeterminadas. Esta conversión puede ser supervisada y controlada por medio del controlador 262 del convertidor. La potencia de CA convertida se transmite desde el convertidor de potencia 220 en el lado del rotor al filtro del rotor 218 a través del bus del filtro del rotor 219 y posteriormente se transmite al rotor 122 del generador a través del bus de rotor 212, facilitando así la operación subsincrónica.

30 **[0036]** El conjunto de conversión de potencia 210 puede estar configurado para recibir señales de control desde el controlador 202 de turbina. Las señales de control se basan en condiciones detectadas o características operativas de la turbina eólica 100 y el sistema eléctrico y de control 200. Las señales de control pueden ser recibidas por el controlador 202 de turbina y pueden usarse para controlar la operación del conjunto de conversión de potencia 210. La realimentación de uno o más de los sensores puede ser utilizada por el sistema eléctrico y de control 200 para controlar el conjunto de conversión de potencia 210 por medio del controlador 262 del convertidor, incluyendo, por ejemplo, realimentaciones de tensiones o de corriente del bus de disyuntor de conversión 230, el bus del estátor y el bus del rotor por medio del segundo conjunto de sensores de tensión y de corriente eléctrica 254, el tercer conjunto de sensores de tensión y de corriente eléctrica 256 y el cuarto conjunto de sensores de tensión y de corriente eléctrica 264. Usando esta información de realimentación y, por ejemplo, señales de control de conmutación, pueden generarse de cualquier manera conocida señales de control del conmutador de sincronización de estátor y señales de control (disparo) del disyuntor de sistema.

40 **[0037]** De acuerdo con aspectos de ejemplo de la presente divulgación, el controlador 202 de turbina puede controlar una condición operativa de la turbina eólica 100 en base a los límites operativos determinados para varios componentes eléctricos y/o mecánicos (por ejemplo, cables, transformadores, conmutadores, disyuntores, buses, conectores, etc.) del aerogenerador 100. Por ejemplo, uno o más del controlador 262 del convertidor y el controlador 202 de turbina pueden determinar un límite operativo para la turbina eólica 100 basándose en los límites operativos determinados para cada uno de uno o más componentes de la turbina eólica. En un modo de realización, el controlador 262 del convertidor puede determinar el límite operativo para la turbina eólica 100 y comunicar el límite operativo al controlador 202 de turbina. El controlador 202 de turbina puede ajustar una condición operativa de la turbina eólica para permanecer dentro del límite operativo de la turbina eólica. Por ejemplo, el controlador 202 de turbina se puede configurar para realizar uno o más de ajustar una salida de potencia del generador 118 de la turbina eólica 100, ajustar un par del generador 118 de la turbina eólica 100 o ajustar la velocidad de giro del rotor 106 de la turbina eólica 100 para permanecer dentro del límite operativo (por ejemplo, un límite de velocidad o límite de potencia) para la turbina eólica 100.

55 **[0038]** La FIG. 3 representa un esquema de control de limitación de potencia 300 de ejemplo que puede ser implementado por uno o más dispositivos de control (por ejemplo, uno o más del controlador 202 de turbina, controlador 262 del convertidor, etc.) de acuerdo con modos de realización de ejemplo de la presente divulgación. El esquema de control 300 puede calcular límites operativos para una turbina eólica (por ejemplo, un límite de potencia o un límite de velocidad de giro) basándose en límites operativos para uno o más componentes de la turbina eólica identificados usando un esquema de reducción de capacidad. El esquema de control 300 puede implementarse mediante uno o más dispositivos de control, tales como el controlador 202 de turbina de la FIG. 2 u otro dispositivo o dispositivos de control adecuados.

65 **[0039]** El esquema de control 300 puede incluir un módulo de reducción de capacidad 400 y un módulo de límite de potencia 320. El módulo de reducción de capacidad 400 puede configurarse para determinar un límite operativo para uno o más componentes de la turbina eólica basándose al menos en parte en datos indicativos de una o más condiciones ambientales (por ejemplo, una condición ambiental medida) o condiciones operativas. El módulo de

límite de potencia 320 se puede configurar para controlar la operación de la turbina eólica basándose, al menos en parte, en el límite operativo determinado para el al menos un componente de la turbina eólica. Por ejemplo, el módulo de límite de potencia 320 puede configurarse para ajustar una condición operativa de la turbina eólica determinada basándose al menos en parte usando el módulo de reducción de capacidad 400.

[0040] Como se muestra en la FIG. 3, el módulo de reducción de capacidad 400 puede recibir datos indicativos de una o más condiciones ambientales o condiciones operativas 304. Los datos indicativos de las condiciones ambientales o condiciones operativas 304 pueden ser datos indicativos de una o más de una temperatura medida, una altitud medida, una densidad del aire medida, una velocidad del viento medida, la velocidad del generador y/o cualquier condición adecuada en o cerca de la turbina eólica. El módulo de reducción de capacidad 400 usa los datos indicativos de una o más condiciones ambientales 304 para determinar los límites operativos para uno o más componentes de la turbina eólica.

[0041] La FIG. 4 representa detalles de un módulo de reducción de capacidad 400 de ejemplo de acuerdo con modos de realización de ejemplo de la presente divulgación. En modos de realización de ejemplo, el módulo de reducción de capacidad 400 puede implementar un esquema de reducción de capacidad para uno o más componentes de la turbina eólica. En el ejemplo de la FIG. 4, el módulo de reducción de capacidad 400 implementa un esquema de reducción de capacidad para tres componentes de una turbina eólica, como un cable de estátor, un cable de rotor y un cable de línea para la turbina eólica. Los expertos en la técnica, usando las divulgaciones proporcionadas en el presente documento, comprenderán que el módulo de reducción de capacidad 400 puede implementar un esquema de reducción de capacidad para más o menos componentes de la turbina eólica sin desviarse del alcance de la presente divulgación.

[0042] El módulo de reducción de capacidad 400 incluye las curvas de reducción de capacidad 410, 420 y 430, una para cada componente con reducción de capacidad por el módulo de reducción de capacidad. Cada curva de reducción de capacidad 410, 420 y 430 se puede configurar para calcular un límite operativo para su componente asociado basándose al menos en parte en los datos indicativos de una o más condiciones ambientales 304. Por ejemplo, la curva de reducción de capacidad 410 puede calcular un límite operativo 412 (por ejemplo, una corriente eléctrica máxima) de un cable de rotor en función de uno o más de altitud y temperatura. La curva de reducción de capacidad 420 puede calcular un límite operativo 422 (por ejemplo, una corriente eléctrica máxima) de un rotor en función de una o más de altitud y temperatura. La curva de reducción de capacidad 430 puede calcular un límite operativo 434 (por ejemplo, una corriente eléctrica máxima) de un convertidor en función de una o más de altitud y temperatura. En un modo de realización, cada curva de reducción de capacidad 410, 420 o 430 puede corresponder a una tabla de consulta, ecuación predefinida u otro procedimiento adecuado para calcular un límite operativo en función de los datos indicativos de una o más condiciones ambientales y/o condiciones operativas 304.

[0043] La FIG. 5 representa una curva de reducción de capacidad 500 de ejemplo que puede usarse para calcular un límite operativo en función de una o más condiciones ambientales. La curva de reducción de capacidad 500 puede basarse en datos proporcionados, por ejemplo, por el fabricante, especificando uno o más límites operativos conocidos en función de las condiciones ambientales conocidas. Por ejemplo, la curva de reducción de capacidad 500 puede incluir el punto de datos 502 que especifica un límite operativo de I_1 en función de una temperatura y/o altitud T_1 conocidas. La curva de reducción de capacidad 500 puede incluir, además, el punto de datos 504 que especifica un límite operativo de I_2 en función de la temperatura y/o altitud T_2 conocidas.

[0044] La curva de reducción de capacidad 500 se puede usar para calcular un límite operativo de corriente I_C basándose en datos indicativos de las condiciones ambientales actuales T_C interpolando los puntos de datos 502 y 504 (por ejemplo, usando interpolación lineal) a lo largo de la línea de interpolación 510 para identificar el punto de datos 520 correspondiente a las condiciones ambientales actuales T_C . Pueden usarse otros procedimientos de interpolación sin desviarse del alcance de la presente divulgación.

[0045] Como se demuestra en la FIG. 5, en algunos casos, la curva de reducción de capacidad 500 puede proporcionar un límite operativo I_C que es mayor que un límite operativo máximo I_R para el componente como se especifica, por ejemplo, en los datos proporcionados por el fabricante del componente. Para abordar este problema, los modos de realización de ejemplo de la presente divulgación pueden configurarse para fijar los límites operativos calculados por el módulo de reducción de capacidad 400 basándose, al menos en parte, en los límites operativos máximos especificados para los diversos componentes.

[0046] Por ejemplo, la FIG. 4 ilustra los fijadores de nivel 416, 426 y 436 usados junto con las curvas de reducción de capacidad 410, 420 y 430, respectivamente. El fijador de nivel 416 puede limitar el límite operativo inicial 412 calculado usando la curva de reducción de capacidad 410 basada en una señal 414 indicativa de un límite operativo máximo para el componente asociado con la curva de reducción de capacidad 410. Por ejemplo, el fijador de nivel 416 puede limitar el límite operativo inicial 412 para proporcionar un límite operativo ajustado 418 que no sea mayor que el límite operativo máximo 414. De forma similar, el fijador de nivel 426 puede limitar el límite operativo inicial 422 calculado usando la curva de reducción de capacidad 420 en base a una señal 424 indicativa de un límite operativo máximo para el componente asociado con la curva de reducción de capacidad 420. Por ejemplo, el fijador

de nivel 426 puede limitar el límite operativo inicial 422 para proporcionar un límite operativo ajustado 428 que no sea mayor que el límite operativo máximo 424. De manera similar, el fijador de nivel 436 puede limitar el límite operativo inicial 432 calculado usando la curva de reducción de capacidad 430 basándose en la señal 434 indicativa de un límite operativo máximo para el componente asociado con la curva de reducción de capacidad 430. Por ejemplo, el fijador de nivel 436 puede limitar el límite operativo inicial 432 para proporcionar un límite operativo ajustado 438 que no sea mayor que el límite operativo máximo 434.

[0047] Los límites operativos ajustados 418, 428 y 438 se pueden proporcionar al módulo limitador 440. El módulo limitador 440 se puede configurar para comparar los límites operativos ajustados 418, 428 y 438 y puede determinar un límite operativo 306 para la turbina eólica. El límite operativo 306 se puede determinar basándose, al menos en parte, en la condición más limitada de los límites operativos ajustados 418, 428 y 438. Por ejemplo, el límite operativo 306 se puede determinar de modo que la operación de la turbina eólica no exceda el límite operativo de ninguno de los componentes de la turbina eólica para las condiciones ambientales actuales.

[0048] Volviendo a la FIG. 3, el límite operativo 306 se puede proporcionar a un selector de límite 308. El selector de límite 308 puede recibir una señal de habilitación 310. La señal de habilitación 310 puede indicar si la turbina eólica está configurada para cambiar dinámicamente el límite operativo. Por ejemplo, cuando la señal de habilitación 310 es verdadera, el selector de límite 308 puede proporcionar el límite operativo 306 como el límite operativo de potencia 314. Cuando la señal de habilitación 310 es falsa, el selector de límite 306 puede proporcionar un límite operativo predeterminado, tal como un límite operativo nominal para la turbina eólica, como el límite operativo 314.

[0049] El límite operativo 314 se puede proporcionar a un filtro 312, tal como un filtro de paso bajo. El filtro 312 puede facilitar la determinación de un límite operativo de potencia 316 en estado estable para la turbina eólica. Por ejemplo, el filtro 312 puede ser un filtro de paso bajo con una constante de tiempo de aproximadamente 20 segundos. Pueden usarse otros filtros sin desviarse del alcance de la presente divulgación. El filtro 312 puede usarse para filtrar fluctuaciones rápidas en el límite operativo de potencia 314 para reducir el efecto de condiciones transitorias.

[0050] Una condición operativa de la turbina eólica se puede controlar basándose al menos en parte en el límite operativo 316. Por ejemplo, en un modo de realización, el filtro 312 puede proporcionar el límite operativo 316 a uno o más del multiplicador 335 y el multiplicador 340. El multiplicador 335 puede multiplicar el límite operativo 316 por un valor de referencia de velocidad 342 para obtener un límite de velocidad de la turbina 344. El multiplicador 340 puede multiplicar el límite operativo 316 por un valor de referencia de potencia para obtener un límite de potencia de la turbina 348. En modos de realización de ejemplo, una o más condiciones operativas de la turbina eólica se pueden ajustar en base al límite de velocidad de la turbina 344 y/o el límite de potencia de la turbina 348. Por ejemplo, uno o más de una salida de potencia del generador, el par del generador y/o la velocidad de giro del rotor se pueden ajustar basándose al menos en parte en el límite de velocidad de la turbina 344 y/o el límite de potencia de la turbina 348.

[0051] La FIG. 6 representa un diagrama de flujo de un procedimiento de control (600) de ejemplo de acuerdo con modos de realización de ejemplo de la presente divulgación. El procedimiento (600) puede implementarse mediante uno o más dispositivos de control, tales como el controlador 262 del convertidor, el controlador 202 de turbina u otro controlador o controladores adecuados (por ejemplo, controlador de parque, etc.). Además, la FIG. 6 representa los pasos realizados en un orden particular con fines de ilustración y análisis, los expertos en la técnica, usando las divulgaciones proporcionadas en el presente documento, entenderán que varios pasos de cualquiera de los procedimientos analizados en el presente documento se pueden adaptar, modificar, reorganizar, omitir, o expandir de varias formas sin desviarse del alcance de la presente divulgación.

[0052] En (602), el procedimiento puede incluir recibir datos indicativos de una o más condiciones ambientales y/o condiciones operativas. En un modo de realización, los datos pueden ser indicativos de una o más de temperatura, altitud, densidad del aire, velocidad del viento u otra condición ambiental adecuada. Las condiciones operativas pueden incluir datos indicativos de la operación de la turbina, como la velocidad de la turbina.

[0053] En (604), se puede determinar un límite operativo inicial para al menos un componente usando un esquema de reducción de capacidad. El componente puede ser cualquier componente adecuado de la turbina eólica, como un cable, transformador, interruptor de límite, bus, conector, etc. El límite operativo inicial puede ser un límite operativo eléctrico o mecánico. Por ejemplo, el límite operativo puede ser un límite de corriente eléctrica para el componente.

[0054] En un modo de realización, el límite operativo inicial se puede determinar accediendo a una curva de reducción de capacidad para el componente. La curva de reducción de capacidad puede especificar una pluralidad de límites operativos en función de una pluralidad de condiciones ambientales conocidas. La condición operativa inicial se puede determinar interpolando la curva de reducción de capacidad usando, por ejemplo, interpolación lineal, basada al menos en parte en los datos indicativos de una o más condiciones ambientales. En algunos casos, el límite operativo inicial puede ser mayor que un límite operativo nominal, como un valor nominal máximo de un

parámetro operativo para el componente de la turbina eólica.

5 [0055] En (606), el procedimiento puede incluir limitar el límite operativo inicial a un límite operativo ajustado basado al menos en parte en el límite operativo nominal para el al menos un componente. Por ejemplo, durante la implementación del esquema de reducción de capacidad, el límite operativo inicial puede limitarse al límite operativo ajustado. En un modo de realización, el límite operativo ajustado no es mayor que el límite operativo nominal para el al menos un componente. En otro ejemplo, se puede proporcionar un margen para que el límite operativo ajustado no sea mayor que el 80 % del límite operativo nominal, tal como que no sea mayor que el 90 % del límite operativo nominal, tal como que no sea mayor que el 95 % del límite operativo nominal, tal como que no sea mayor que el 98 % del límite operativo nominal, u otro porcentaje del límite operativo nominal.

10 [0056] En (608), el procedimiento puede incluir filtrar el límite operativo ajustado usando, por ejemplo, un filtro de paso bajo. En un modo de realización, el filtrado del límite operativo ajustado se produce después de limitar el límite operativo inicial al límite operativo ajustado. El filtrado del límite operativo ajustado se puede usar para filtrar fluctuaciones rápidas en el límite operativo ajustado.

15 [0057] El procedimiento puede incluir controlar la operación de la turbina eólica basándose, al menos en parte, en el límite operativo ajustado. Por ejemplo, en un modo de realización, el procedimiento puede incluir la determinación de un límite operativo para la turbina eólica basándose, al menos en parte, en el límite operativo ajustado para el componente (610). El procedimiento puede incluir, además, ajustar una condición operativa de la turbina eólica basándose, al menos en parte, en el límite operativo de la turbina eólica. Por ejemplo, en un modo de realización, ajustar el límite operativo puede incluir uno o más de ajustar una salida de potencia de un generador de la turbina eólica, ajustar un par de un generador de la turbina eólica o ajustar una velocidad de giro de un rotor de la turbina eólica.

20 [0058] Aunque características específicas de diversos modos de realización se pueden mostrar en algunos dibujos y no en otros, esto es solo por comodidad. De acuerdo con los principios de la divulgación, cualquier característica de un dibujo se puede referir y/o reivindicar en combinación con cualquier característica de cualquier otro dibujo.

25 [0059] Esta descripción escrita usa ejemplos para divulgar la invención, incluido el modo preferente, y también para permitir que cualquier experto en la técnica ponga en práctica la invención, incluidos la fabricación y el uso de cualquier dispositivo o sistema y el modo de realización de cualquier procedimiento incorporado. El alcance patentable de la invención está definido por las reivindicaciones adjuntas.

30
35

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento (600) para controlar una turbina eólica (100), comprendiendo el procedimiento:
 - 5 recibir (602), mediante uno o más dispositivos de control (320), datos indicativos de una o más condiciones ambientales o condiciones operativas;
 - 10 determinar (604), mediante el uno o más dispositivos de control (320), un límite operativo inicial (412) para al menos un componente de la turbina eólica (100) basándose al menos en parte en la una o más condiciones ambientales o condiciones operativas usando una curva de reducción de capacidad (410) para el al menos un componente, siendo el límite operativo inicial (412) mayor que un límite operativo nominal (424) para el al menos un componente;
 - 15 durante la implementación de un esquema de control (300), usar un fijador de nivel (416) para limitar (606) el límite operativo inicial (412) a un límite operativo ajustado (428) basándose al menos en parte en el límite operativo nominal (424); y
 - 20 controlar (612), mediante el uno o más dispositivos de control (320), la operación de la turbina eólica (100) basándose, al menos en parte, en el límite operativo ajustado (428);
 - 25 y **caracterizado por que** la determinación (604) del límite operativo inicial (412) comprende:
 - acceder, mediante el uno o más dispositivos de control (320), a la curva de reducción de capacidad (410) del componente, especificando la curva de reducción de capacidad (410) una pluralidad de límites operativos en función de una pluralidad de condiciones ambientales conocidas; y
 - interpolan, mediante el uno o más dispositivos de control (320), la curva de reducción de capacidad (410) para determinar la condición operativa inicial basándose al menos en parte en los datos indicativos de una o más condiciones ambientales.
 2. El procedimiento (600) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el límite operativo nominal (424) del componente es un valor nominal máximo de un parámetro operativo para el componente de la turbina eólica (100).
 3. El procedimiento (600) de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que el límite operativo ajustado (428) no es mayor que el límite operativo nominal (424).
 4. El procedimiento (600) de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, en el que después de limitar el límite operativo inicial a un límite operativo ajustado (428), el procedimiento (600) comprende filtrar el límite operativo ajustado (428) usando un filtro de paso bajo.
 5. El procedimiento (600) de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, en el que controlar, mediante el uno o más dispositivos de control (320), la operación de la turbina eólica (100) basándose al menos en parte en el límite operativo ajustado comprende:
 - 45 determinar, mediante el uno o más dispositivos de control (320), un límite operativo para la turbina eólica (100) basándose al menos en parte en el límite operativo ajustado (428) para el componente; y
 - 50 ajustar, mediante el uno o más dispositivos de control (320), una condición operativa de la turbina eólica (100) basándose al menos en parte en el límite operativo (424) para la turbina eólica (100).
 6. El procedimiento (600) de acuerdo con la reivindicación 5, en el que ajustar una condición operativa de la turbina eólica (100) basándose al menos en parte en el límite operativo (424) para la turbina eólica (100) comprende uno o más de ajustar una salida de potencia de un generador (118) de la turbina eólica (100), ajustar un par del generador (118) de la turbina eólica (100), o ajustar una velocidad de giro de un rotor (106) de la turbina eólica (100).
 7. El procedimiento (600) de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que la una o más condiciones ambientales o condiciones operativas comprenden una o más de temperatura, altitud, densidad del aire, velocidad del viento o velocidad del generador (118).
 8. El procedimiento (600) de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que el límite operativo inicial (412) y el límite operativo ajustado (428) son un límite de corriente eléctrica para el componente.
 9. Un sistema de control (400) para una turbina eólica (100), comprendiendo el sistema de control:

un módulo de reducción de capacidad (410) implementado por uno o más dispositivos de control (320), el módulo de reducción de capacidad configurado para determinar un límite operativo inicial (412) para al menos un componente de la turbina eólica (100) basándose al menos en parte en datos indicativos de una o más condiciones ambientales;

5

un módulo de límite de potencia (420) implementado por el uno o más dispositivos de control (320), el módulo de control de límite de potencia (420) configurado para controlar la operación de la turbina eólica (100) basándose al menos en parte en un límite operativo ajustado (428) para el al menos un componente de la turbina eólica (100);

10

en el que el módulo de reducción de capacidad (410) comprende un fijador de nivel (416) implementado por el uno o más dispositivos de control (320), el fijador de nivel (416) configurado para ajustar el límite operativo desde el límite operativo inicial (412) hasta el límite operativo ajustado (428) basándose al menos en parte en una curva de reducción de capacidad (410) para el al menos un componente cuando el límite operativo inicial (412) es mayor que un límite operativo nominal (424) para el al menos un componente;

15

y **caracterizado por que** el módulo de reducción de capacidad (410) está configurado para determinar el límite operativo inicial (412) interpolando la curva de reducción de capacidad (410) especificando límites operativos en función de una pluralidad de condiciones ambientales conocidas.

20

10. El sistema de control (400) de acuerdo con la reivindicación 9, en el que el límite operativo nominal (424) del componente es un valor nominal más alto de un parámetro operativo para el componente de la turbina eólica (100).

25

11. El sistema de control (400) de acuerdo con la reivindicación 9 o la reivindicación 10, en el que el límite operativo ajustado (428) no es mayor que el límite operativo nominal.

30

12. El sistema de control (400) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, en el que el módulo de límite de potencia (420) está configurado para controlar la operación de la turbina eólica (100) determinando un límite operativo (428) para la turbina eólica basándose al menos en parte en el límite operativo ajustado para el componente y ajustar una condición operativa de la turbina eólica (100) basándose al menos en parte en el límite operativo para la turbina eólica (100).

35

13. El sistema de control (400) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12, que comprende, además, un filtro (312) implementado por el uno o más dispositivos de control (320), el filtro (312) configurado para reducir una fluctuación del límite operativo.

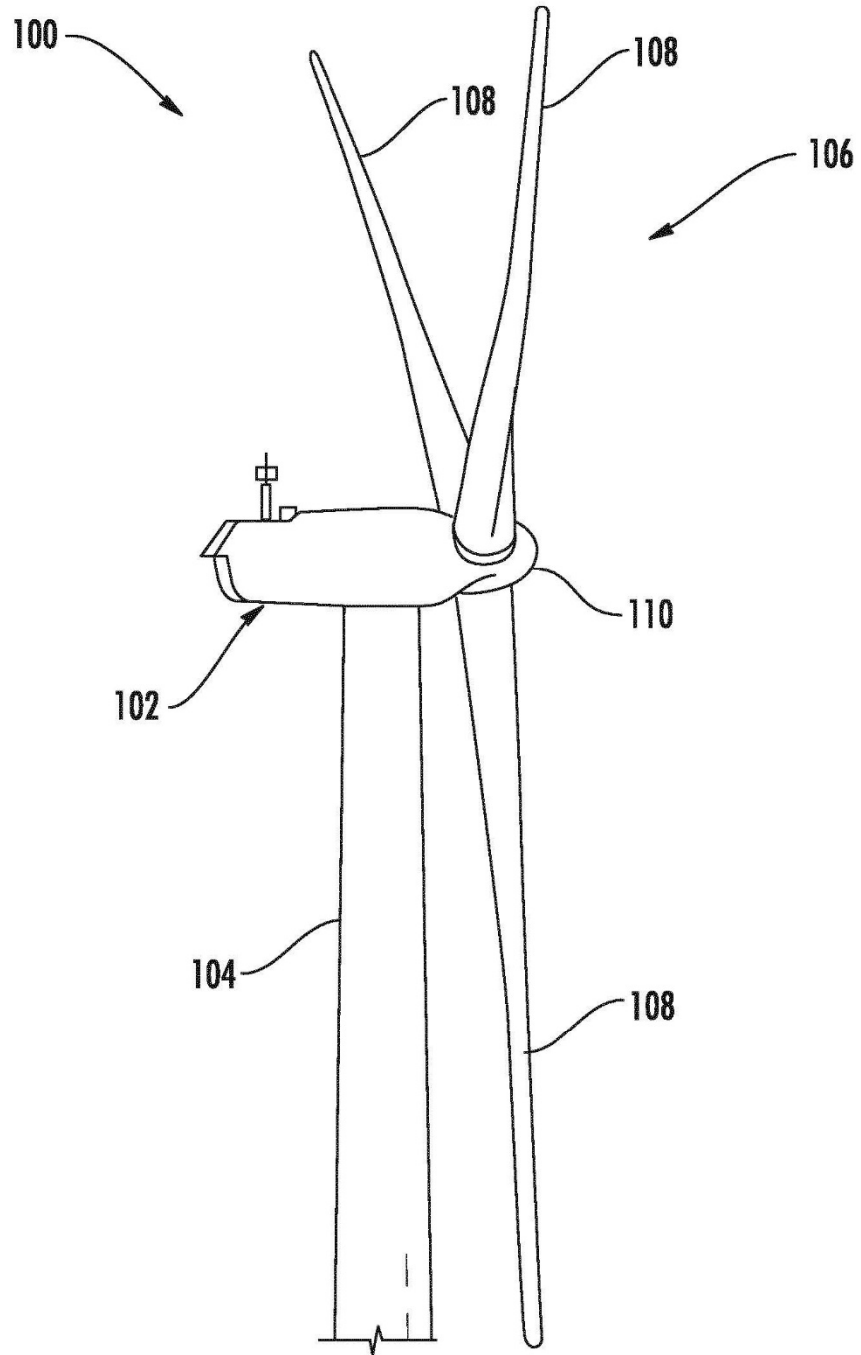


FIG. 1

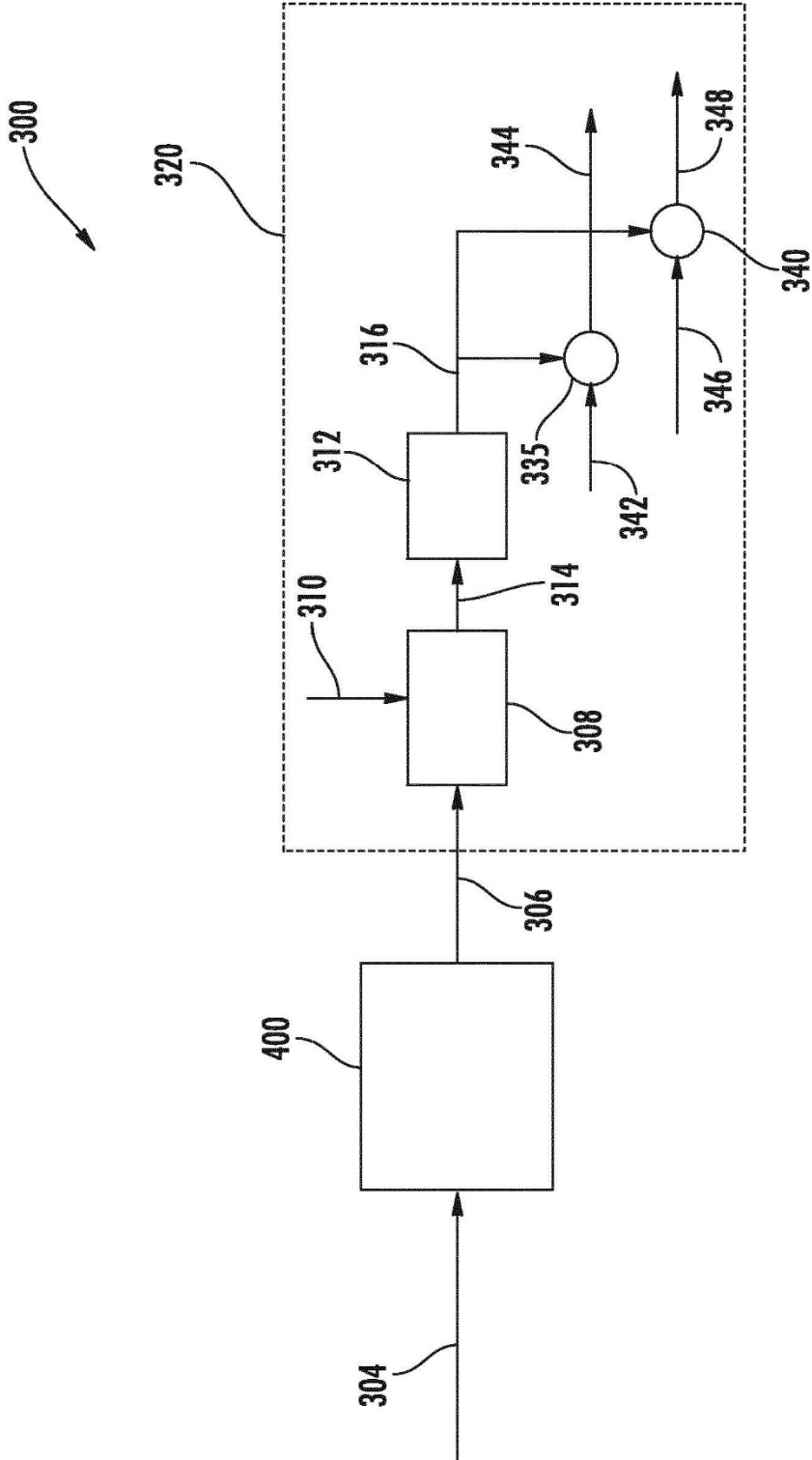


FIG. 3

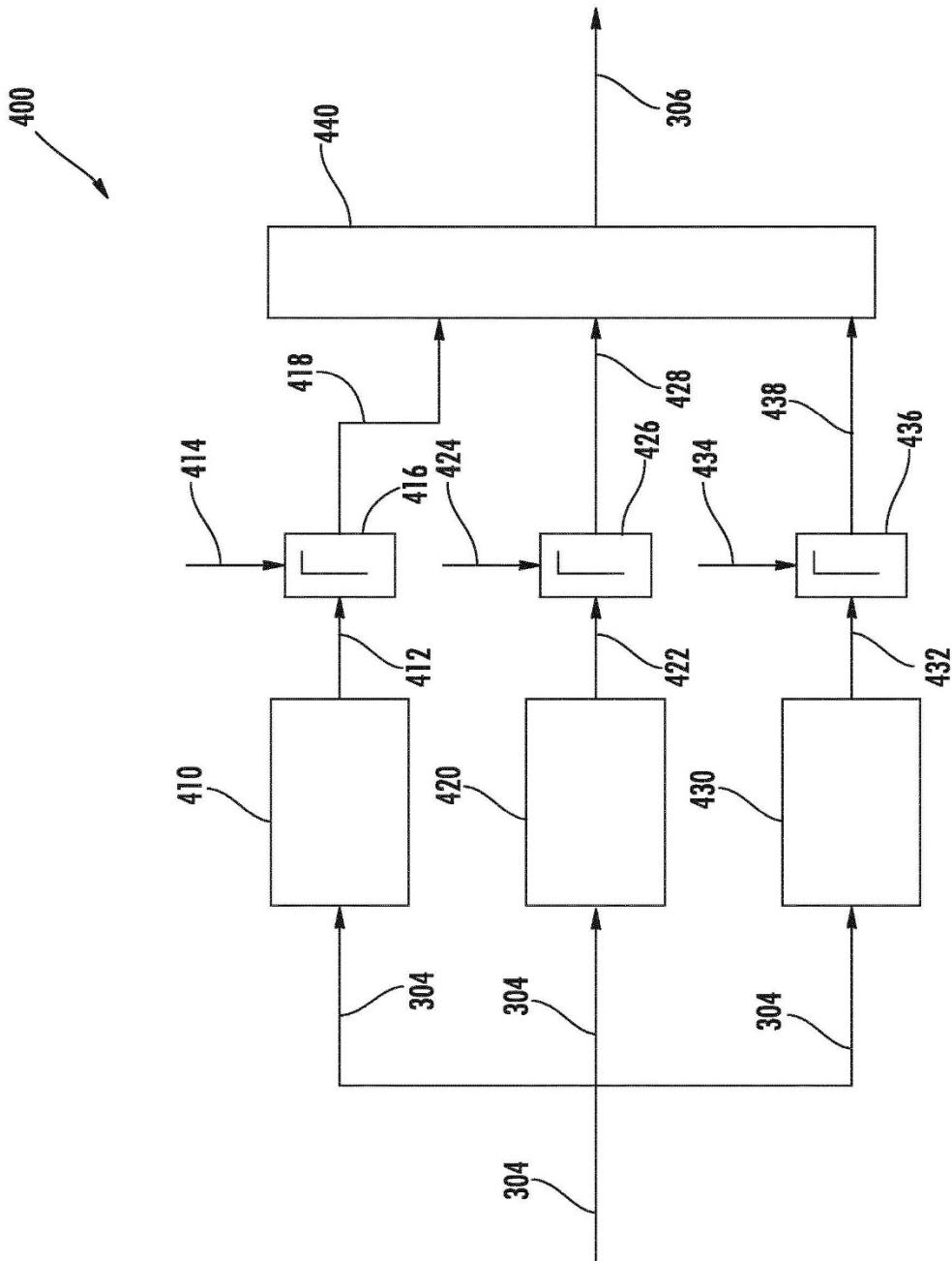


FIG. 4

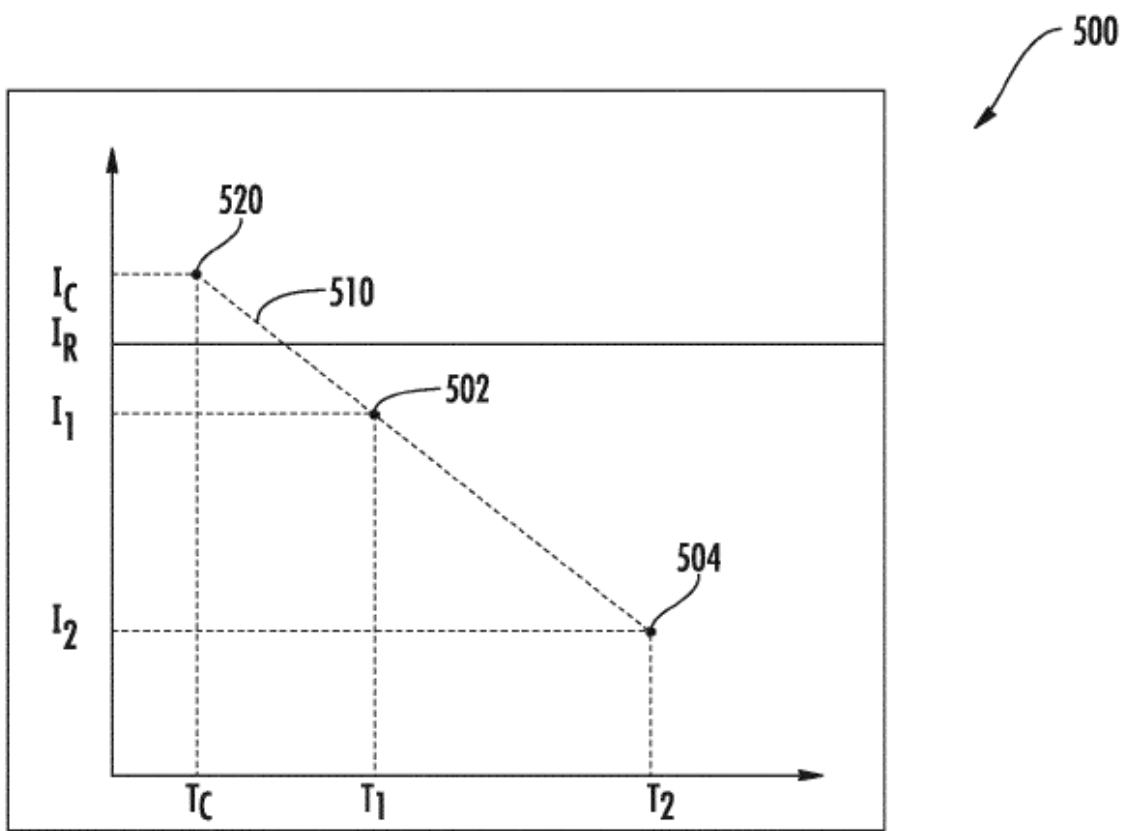


FIG. 5

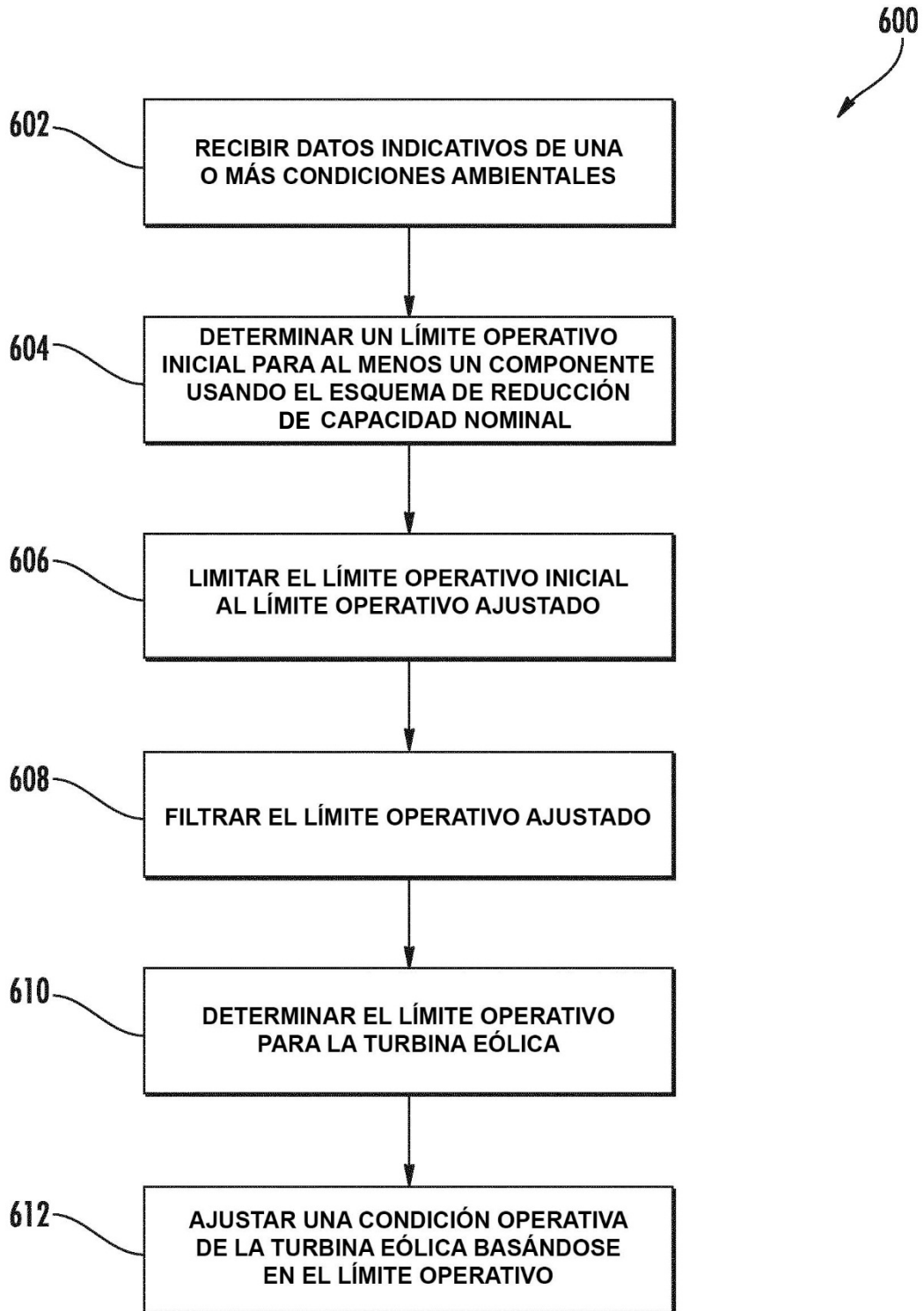


FIG. 6