

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 970 879**

51 Int. Cl.:

H02P 9/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.12.2018** **E 18213580 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.11.2023** **EP 3506489**

54 Título: **Sistema y procedimiento para controlar la temperatura de un dispositivo de conmutación de sistemas de potencia eléctrica**

30 Prioridad:

29.12.2017 US 201715857881

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

31.05.2024

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**HOLLIDAY, CORNELIUS EDWARD;
WAGONER, ROBERT GREGORY y
SMITH, DAVID**

74 Agente/Representante:

DE ROOIJ, Mathieu Julien

ES 2 970 879 T3

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

DESCRIPCIÓN

Sistema y procedimiento para controlar la temperatura de un dispositivo de conmutación de sistemas de potencia eléctrica

5 [0001] La presente divulgación se refiere en general a sistemas de potencia eléctrica, y más particular a un sistema y procedimiento para limitar la temperatura de dispositivos de conmutación de sistemas de potencia eléctrica que usan control de par de torsión ("torque").

10 [0002] La energía eólica se considera una de las fuentes de energía más limpias y más respetuosas con el medioambiente disponibles actualmente, y las turbinas eólicas han obtenido una creciente atención a este respecto. Una turbina eólica moderna incluye típicamente una torre, generador, multiplicadora, góndola y una o más palas de rotor. Las palas de rotor capturan energía cinética del viento usando principios de perfil alar conocidos. Por ejemplo, las palas de rotor típicamente tienen el perfil de sección transversal de un perfil alar de modo que, durante la operación, el aire fluye sobre la pala produciendo una diferencia de presión entre los lados. En consecuencia, una fuerza de elevación, que se dirige desde un lado de presión hacia un lado de succión, actúa sobre la pala. La fuerza de elevación genera un par de torsión en el eje de rotor principal, que se engrana a un generador para producir electricidad.

15 [0003] Durante la operación, el viento impacta en las palas de rotor de la turbina eólica y las palas transforman la energía del viento en un par de torsión rotacional mecánico que acciona de forma rotatoria un eje lento. El eje lento se configura para accionar la multiplicadora que posteriormente aumenta la baja velocidad rotacional del eje lento para accionar un eje rápido a una velocidad rotacional incrementada. El eje rápido en general se acopla de forma rotatoria a un generador para accionar de forma rotatoria un rotor de generador. Como tal, se puede inducir un campo magnético rotatorio por el rotor de generador y se puede inducir un voltaje dentro de un estátor de generador que se acopla magnéticamente al rotor de generador. En determinadas configuraciones, la potencia eléctrica asociada se puede transmitir a un transformador de turbina que se conecta típicamente a una red eléctrica por medio de un interruptor de red. Por tanto, el transformador de turbina aumenta la amplitud de voltaje de la potencia eléctrica de modo que la potencia eléctrica transformada se puede transmitir además a la red eléctrica.

20 [0004] En muchas turbinas eólicas, el rotor de generador se puede acoplar eléctricamente a un convertidor de potencia bidireccional que incluye un convertidor de lado de rotor unido a un convertidor de lado de línea por medio de un enlace de CC regulado. Más específicamente, algunas turbinas eólicas, tales como sistemas de generadores de inducción de doble alimentación (DFIG) accionados por viento o sistemas de conversión de potencia total, pueden incluir un convertidor de potencia con una topología CA-CC-CA. En dicho sistema, el estátor de generador se conecta por separado a la red eléctrica por medio de un transformador principal. El convertidor de potencia normalmente incluye varios dispositivos de conmutación tales como transistores bipolares de puerta aislada (IGBT), tiristores conmutados de puerta integrada (IGCT o GCT), diodos o transistores de efecto de campo metal-óxido semiconductor (MOSFET) que se conmutan a determinadas frecuencias para generar la frecuencia y voltaje de salida de convertidor deseados. A continuación, el voltaje de salida de convertidor se proporciona a diversas cargas tales como motores, redes de potencia, cargas resistivas, etc.

25 [0005] Algunas condiciones de red y/o viento, cuando se combinan con temperaturas ambiente altas, pueden provocar que las temperaturas del punto de unión de dispositivos de conmutación alcancen su límite de diseño, lo que fuerza que se produzca una desconexión en el control de convertidor para proteger los dispositivos de conmutación. Sin embargo, dicha desconexión puede provocar un descenso repentino en el par de torsión aplicado por medio del generador al eje principal de la turbina eólica, dando lugar de este modo a una condición de exceso de velocidad si no se aplican estrategias de *pitch* y frenado. Esto a su vez fuerza a los mecanismos de *pitch* y frenado a actuar para evitar la condición de exceso de velocidad. Cada aplicación de los mecanismos de frenado se debe tener en cuenta en la robustez del diseño o bien en la frecuencia de las inspecciones de mantenimiento y reemplazos.

30 [0006] El documento EP 2 398 134 describe un procedimiento de mejora de vida útil de convertidor para un generador de inducción doblemente alimentado. El documento US 2013/0241463 describe un generador doblemente alimentado y una máquina eléctrica doblemente alimentada.

35 [0007] Por tanto, la presente divulgación se refiere a sistemas y procedimientos para limitar la temperatura de los dispositivos de conmutación usando control de par de torsión que aborda los problemas mencionados anteriormente. Diversos aspectos y ventajas de la invención se expondrán en parte en la siguiente descripción, o pueden quedar claros a partir de la descripción, o se pueden aprender a través de la práctica de la invención. La invención se define en el procedimiento de la reivindicación 1 y en el dispositivo de la reivindicación 4. Los modos de realización preferentes se divulgan en las reivindicaciones 2, 3, 5 y 6.

40 [0008] En los dibujos:

45 la FIG. 1 ilustra un modo de realización de un sistema de potencia de energía renovable de ejemplo de acuerdo con la presente divulgación;

la FIG. 2 ilustra un diagrama de bloques de un modo de realización de un sistema de control adecuado para su uso con el sistema de potencia de energía renovable mostrado en la FIG. 1;

5 la FIG. 3 ilustra un diagrama esquemático de un modo de realización de los diversos componentes de un convertidor de lado de rotor de acuerdo con la presente divulgación, que ilustra en particular una de las tres fases;

la FIG. 4 ilustra un diagrama de flujo de un modo de realización de un procedimiento para controlar la temperatura de un dispositivo de conmutación de un sistema de potencia eléctrica de acuerdo con la presente divulgación; y

10 la FIG. 5 ilustra un diagrama de flujo de otro modo de realización de un procedimiento para controlar la temperatura de un dispositivo de conmutación de un sistema de potencia eléctrica de acuerdo con la presente divulgación.

[0009] Ahora se hará referencia en detalle a modos de realización de la invención, de los que uno o más ejemplos se ilustran en los dibujos. Cada ejemplo se proporciona a modo de explicación de la invención, no de limitación de la invención. De hecho, será evidente para los expertos en la técnica que se pueden realizar diversas modificaciones y variaciones en la presente invención sin apartarse del alcance o espíritu de la invención. Por ejemplo, se pueden usar las características ilustradas o descritas como parte de un modo de realización con otro modo de realización para proporcionar todavía otro modo de realización. Por tanto, se pretende que la presente invención cubra dichas modificaciones y variaciones que entran dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas y sus equivalentes.

[0010] En general, la presente divulgación se refiere a sistemas y procedimientos para limitar la temperatura de los dispositivos de conmutación de sistemas de potencia eléctrica, tales como sistemas de potencia DFIG, usando control de par de torsión. Más específicamente, la presente divulgación proporciona un sistema para controlar el par de torsión en respuesta a diversas condiciones en operación, tales como temperaturas del refrigerante, temperaturas de la placa base, temperaturas del dispositivo de conmutación, voltaje de enlace de CC, corriente del enlace de CC, corrientes de puente, realimentaciones de corriente de sistema, realimentaciones de voltaje de sistema, velocidad de generador, velocidad del viento, turbulencia de viento y/o frecuencia de red con el propósito de reducir las temperaturas del dispositivo de conmutación máximas y mantenidas para evitar una desconexión, daño del dispositivo o para mejorar la vida útil. Por ejemplo, el par de torsión se incrementa en determinadas condiciones para evitar que un incremento inminente en la velocidad provoque temperaturas del dispositivo de conmutación elevadas. En otros casos, el par de torsión disminuye para reducir las corrientes en el puente con el propósito de reducir las temperaturas del dispositivo de conmutación.

[0011] En modos de realización particulares, el procedimiento puede incluir reducir el par de torsión en respuesta directa a la combinación de temperatura del refrigerante, temperatura de la placa base y temperaturas del chip del dispositivo de conmutación modeladas para evitar temperaturas del chip adversamente altas que desencadenarían desconexiones del sistema y limitarían las vidas útiles del dispositivo. Además, el sistema y procedimiento se pueden aplicar a cualquier sistema de potencia eléctrica, incluyendo pero sin limitarse a sistemas de conversión eólica, sistemas de conversión solar, sistemas de almacenamiento de energía y combinaciones de los mismos. En sistemas de conversión solar, se puede controlar la corriente de puente en lugar del par de torsión ya que no existe un componente de máquina rotatorio del sistema. En consecuencia, la presente divulgación tiene muchas ventajas no presentes en la técnica anterior. Por ejemplo, el sistema y procedimiento de la presente divulgación proporciona una fiabilidad de sistema mayor (por ejemplo, menos desconexiones, menos daños de dispositivo, etc.) así como coste de sistema menor (por ejemplo, margen de diseño menor en los dispositivos de conmutación, margen de diseño menor en los sistemas de frenado y/o costes de mantenimiento menores).

[0012] En referencia ahora a los dibujos, la FIG. 1 ilustra un sistema de generador de inducción doblemente alimentado (DFIG) accionado por viento de ejemplo 100 de acuerdo con un modo de realización de la presente divulgación. Los aspectos de ejemplo de la presente divulgación se analizan con referencia a la turbina eólica DFIG 10 de la FIG. 1 para propósitos de ilustración y análisis. Los expertos en la técnica, usando las divulgaciones proporcionadas en el presente documento, deben entender que los aspectos de ejemplo de la presente divulgación también son aplicables en otros sistemas de potencia, tales como una turbina eólica, solar, de gas u otro sistema de generación de potencia adecuado.

[0013] En el sistema de ejemplo 100, un rotor 106 incluye una pluralidad de palas de rotor 108 acopladas a un buje rotatorio 110, y conjuntamente definen una hélice. La hélice se acopla a una multiplicadora opcional 118 que, a su vez, se acopla a un generador 120 que tiene un rotor 122 y un estátor 124. De acuerdo con aspectos de la presente divulgación, el generador 120 puede ser cualquier generador adecuado, incluyendo, por ejemplo, un generador de inducción doblemente alimentado (DFIG). El generador 120 típicamente se acopla a un bus de estátor 154 y un convertidor de potencia 162 por medio de un bus de rotor 156. El bus de estátor 154 proporciona una potencia multifásica de salida (por ejemplo, potencia trifásica) desde un estátor del generador 120 y el bus de rotor 156 proporciona una potencia multifásica de salida (por ejemplo, potencia trifásica) de un rotor del generador 120.

[0014] El convertidor de potencia 162 incluye un convertidor de lado de rotor 166 acoplado a un convertidor de lado de línea 168. El DFIG 120 se acopla al convertidor de lado de rotor 166 por medio del bus de rotor 156. El convertidor de lado de línea 168 se acopla a un bus de lado de línea 188. Además, como se muestra, el bus de estátor 154 se

puede conectar directamente al bus de lado de línea 188. En configuraciones de ejemplo, el convertidor de lado de rotor 166 y el convertidor de lado de línea 168 se configuran para el modo de operación normal en una disposición PWM trifásica usando dispositivos de conmutación de transistor bipolar de puerta aislada (IGBT), que se analizan con más detalle en el presente documento. El convertidor de lado de rotor 166 y el convertidor de lado de línea 168 se pueden acoplar por medio de un enlace de CC 136 por medio del que está un condensador de enlace de CC 138. En modos de realización alternativos, el bus de estátor 154 y el convertidor de potencia 162 se pueden conectar a devanados aislados separados de un transformador (no mostrado), es decir, en el punto de unión del disyuntor de generador 158 y el disyuntor de convertidor 186.

[0015] El convertidor de potencia 162 se puede acoplar a un sistema de control 174 para controlar la operación del convertidor de lado de rotor 166 y el convertidor de lado de línea 168 y otros aspectos del sistema de potencia 100. Por ejemplo, como se muestra en particular en la FIG. 2, el sistema de control 174 puede incluir cualquier número de dispositivos de control. En una implementación, por ejemplo, el sistema de control 174 puede incluir uno o más procesadores 176 y dispositivos de memoria asociados 178 configurados para realizar una variedad de funciones y/o instrucciones implementadas por ordenador (por ejemplo, realizar los procedimientos, etapas, cálculos y similares y almacenar datos pertinentes como se divulga en el presente documento). Las instrucciones cuando se ejecutan por el procesador 176, pueden provocar que el procesador 176 realice operaciones, incluyendo proporcionar consignas de control (por ejemplo, consignas de modulación por ancho de pulso) a los dispositivos de conmutación del convertidor de potencia 162 y otros aspectos del sistema de potencia 100. Adicionalmente, el sistema de control 174 también puede incluir un módulo de comunicaciones 180 para facilitar las comunicaciones entre el sistema de control 174 y los diversos componentes del sistema de potencia 100, por ejemplo cualquiera de los componentes de la FIG. 1. Además, el módulo de comunicaciones 180 puede incluir una interfaz de sensor 182 (por ejemplo, uno o más convertidores de analógico a digital) para permitir que las señales transmitidas desde uno o más sensores se conviertan en señales que se pueden entender y procesar por los procesadores 176. Se debe apreciar que los sensores (por ejemplo, los sensores 181, 183, 185) se pueden acoplar comunicativamente al módulo de comunicaciones 180 usando cualquier medio adecuado. Por ejemplo, como se muestra en la FIG. 2, los sensores 181, 183, 185 se acoplan a la interfaz de sensor 182 por medio de una conexión por cable. Sin embargo, en otros modos de realización, los sensores 181, 183, 185 se pueden acoplar a la interfaz de sensor 182 por medio de una conexión inalámbrica, tal como usando cualquier protocolo de comunicaciones inalámbricas adecuado conocido en la técnica. Como tal, el procesador 176 se puede configurar para recibir una o más señales de los sensores.

[0016] Como se usa en el presente documento, el término "procesador" no solo se refiere a circuitos integrados a los que se hace referencia en la técnica como incluidos en un ordenador, sino que también se refiere a un controlador, un microcontrolador, un microordenador, un controlador de lógica programable (PLC), un circuito integrado específico de aplicación y otros circuitos programables. El procesador 176 también se configura para computar algoritmos de control avanzados y comunicarse con una variedad de protocolos basados en Ethernet o en serie (Modbus, OPC, CAN, etc.). Adicionalmente, el/los dispositivo(s) de memoria 178 puede(n) comprender en general elemento(s) de memoria incluyendo, pero sin limitarse a, medio legible por ordenador (por ejemplo, una memoria de acceso aleatorio (RAM)), medio no volátil legible por ordenador (por ejemplo, una memoria *flash*), un disquete, una memoria de solo lectura en disco compacto (CD-ROM), un disco magnetoóptico (MOD), un disco versátil digital (DVD) y/u otros elementos de memoria adecuados. Dicho(s) dispositivo(s) de memoria 178 se puede(n) configurar en general para almacenar instrucciones legibles por ordenador adecuadas que, cuando se implementan por el/los procesador(es) 176, configuran el sistema de control 174 para realizar las diversas funciones como se describe en el presente documento.

[0017] En operación, se proporciona potencia de corriente alterna generada en el DFIG 120 por rotación del rotor 106 por medio de una ruta doble a una red eléctrica 160. Las rutas dobles se definen por una ruta de potencia de generador 130 y una ruta de potencia de convertidor 132. En la ruta de potencia de convertidor 132, se proporciona potencia de corriente alterna (CA) multifásica (por ejemplo, trifásica) sinusoidal al convertidor de potencia 162 por medio del bus de rotor 156.

[0018] El convertidor de potencia de lado de rotor 166 convierte la potencia de CA proporcionada desde el bus de rotor 156 en potencia de corriente continua (CC) y proporciona la potencia de CC al enlace de CC 136. Los dispositivos de conmutación (por ejemplo, IGBT) usados en circuitos puente del convertidor de potencia de lado de rotor 166 se pueden modular para convertir la potencia de CA proporcionada desde el bus de rotor 156 en potencia de CC adecuada para el enlace de CC 136.

[0019] El convertidor de lado de línea 168 convierte la potencia de CC en el enlace de CC 136 en potencia de salida de CA adecuada para la red eléctrica 160. En particular, los dispositivos de conmutación (por ejemplo, IGBT) usados en circuitos puente del convertidor de potencia de lado de línea 168 se pueden modular para convertir la potencia de CC en el enlace de CC 136 en potencia de CA en el bus de lado de línea 188. La potencia de CA del convertidor de potencia 162 se puede combinar con la potencia del estátor del DFIG 120 para proporcionar potencia multifásica (por ejemplo, potencia trifásica) que tiene una frecuencia mantenida sustancialmente a la frecuencia de la red eléctrica 160 (por ejemplo, 50 Hz/60 Hz).

[0020] Se pueden incluir en el sistema 100 diversos interruptores y disyuntores de circuito, tales como un disyuntor de generador 158 y disyuntor de convertidor 186, para conectar o desconectar los correspondientes buses, por ejemplo, cuando el flujo de corriente es excesivo y puede dañar los componentes del sistema de turbina eólica 100 o para otras consideraciones operativas. También se pueden incluir componentes de protección adicionales en el sistema de turbina eólica 100.

[0021] El convertidor de potencia 162 puede recibir señales de control de, por ejemplo, el sistema de control 174. Las señales de control se pueden basar, entre otras cosas, en características en operación o condiciones detectadas del sistema de turbina eólica 100. Típicamente, las señales de control proporcionan el control de la operación del convertidor de potencia 162. Por ejemplo, la realimentación en forma de velocidad detectada del DFIG 120 se puede usar para controlar la conversión de la potencia de salida del bus de rotor 156 para mantener una fuente de alimentación multifásica (por ejemplo, trifásica) equilibrada y apropiada. También se puede usar otra realimentación de otros sensores por el sistema de control 174 para controlar el convertidor de potencia 162, incluyendo, por ejemplo, realimentaciones de corriente y voltajes de bus de rotor y estátor. Usando las diversas formas de información de realimentación, se pueden generar señales de control de conmutación (por ejemplo, consignas de temporización de puerta para IGBT), señales de control de sincronización de estátor y señales de disyuntor de circuito.

[0022] En referencia ahora a la FIG. 3, se ilustra un diagrama esquemático parcial del convertidor de potencia de lado de rotor 166. Más específicamente, como se muestra, el convertidor de lado de rotor 166 puede incluir dos circuitos puente de potencia 144, 145 conectados en paralelo. Aunque se debe entender que el convertidor de lado de rotor 166 puede incluir cualquier número de circuitos puente de potencia conectados en paralelo, incluyendo más de dos. Además, como se muestra, cada uno de los circuitos puente de potencia 144, 145 puede incluir uno o más dispositivos de conmutación (es decir, 190, 192 y 191, 193, respectivamente) acoplados en serie entre sí. Se debe entender por los expertos en la técnica que los dispositivos de conmutación 190, 191, 192, 193 pueden ser cualquier dispositivo de conmutación adecuado, tal como un IGBT (es decir, un transistor bipolar de puerta aislada), MOSFET de potencia (es decir, un transistor de efecto de campo metal-óxido semiconductor) u otro dispositivo de conmutación adecuado. Por ejemplo, como se muestra, los dispositivos de conmutación 190, 191, 192, 193 pueden corresponder a IGBT que tienen una puerta, un colector y un emisor. Además, como se muestra, los IGBT ilustrados 190, 191, 192, 193 se pueden acoplar a un diodo antiparalelo. Además, como se muestra, el convertidor de potencia 162 puede incluir un accionamiento de puerta IGBT 194, 196 para cada uno de los circuitos puente de potencia 144, 145.

[0023] Los dispositivos de conmutación 190, 191, 192, 193 se pueden controlar, por ejemplo, por el sistema de control 174 (FIGS. 1 y 2). Por tanto, se pueden proporcionar consignas de modulación de frecuencia de pulso (por ejemplo, consignas de accionamiento de puerta) a uno o más de los dispositivos de conmutación 190, 191, 192, 193 por medio de los accionamientos de puerta IGBT 194, 196. Cada uno de los circuitos puente de potencia 144, 145 también se puede acoplar a una derivación de rotor 195, 197 que se acopla a un respectivo reactor de rotor 198, 199.

[0024] Algunas condiciones de red y/o viento, cuando se combinan con temperaturas ambiente altas, pueden provocar que las temperaturas del punto de unión de dispositivos de conmutación de puente (por ejemplo, IGBT 190, 191, 192, 193) alcancen un límite dispuesto en el dispositivo. Esto forzará que se produzca una desconexión en el control de convertidor para proteger los dispositivos de conmutación 190, 191, 192, 193. Una desconexión del convertidor de potencia 162 provoca un descenso repentino en el par de torsión aplicado por medio del generador 120 al eje principal del sistema de potencia de turbina eólica 100. Esto dará lugar a una condición de exceso de velocidad si no se aplican estrategias de *pitch* y frenado; por lo tanto, esto a su vez fuerza a los mecanismos de *pitch* y frenado a actuar para evitar la condición de exceso de velocidad. Cada aplicación de los mecanismos de frenado se debe tener en cuenta en la robustez del diseño o bien en la frecuencia de las inspecciones de mantenimiento y reemplazos. Como tal, la presente divulgación se refiere a un sistema y procedimiento para controlar la temperatura de los dispositivos de conmutación 190, 191, 192, 193 del sistema de potencia eléctrica 100 para evitar dichas desconexiones.

[0025] En referencia, en particular, a la FIG. 4, se ilustra un diagrama de flujo de un modo de realización de un procedimiento 200 para controlar la temperatura de los dispositivos de conmutación 190, 191, 192, 193 del sistema de potencia eléctrica 100 de acuerdo con la presente divulgación. Además, la FIG. 4 representa las etapas realizadas en un orden particular para propósitos de ilustración y análisis. Los expertos en la técnica, usando las divulgaciones proporcionadas en el presente documento, entenderán que diversas etapas de cualquiera de los procedimientos divulgados en el presente documento se pueden adaptar, omitir, reordenar o expandir de diversas formas sin desviarse del alcance de la presente divulgación.

[0026] Como se muestra en 202, el procedimiento 200 incluye monitorizar, por medio de uno o más sensores 181, 183, 185, al menos una condición en operación del sistema de potencia eléctrica 100. Por ejemplo, en un modo de realización, la(s) condición/condiciones en operación del sistema de potencia eléctrica 100 puede(n) incluir una cualquiera de o combinación de las siguientes: temperatura del refrigerante, temperatura de la placa base, temperatura del dispositivo de conmutación modelado, voltaje de enlace de CC, corriente de enlace de CC, corrientes de puente de los circuitos puente de potencia 144, 145, realimentaciones de corriente de sistema, realimentaciones de voltaje de sistema, velocidad de generador 120, velocidad del viento, turbulencia de viento o frecuencia de red. Como se muestra

en 204, el procedimiento 200 también puede incluir monitorizar la temperatura de los dispositivos de conmutación 190, 191, 192, 193.

5 **[0027]** Por tanto, como se muestra en 206, el procedimiento 200 también incluye controlar el par de torsión del sistema de potencia eléctrica 100 en base a la(s) condición/condiciones en operación del sistema de potencia eléctrica 100 para mantener la temperatura de los dispositivos de conmutación 190, 191, 192, 193 por debajo de un umbral predeterminado (es decir, para reducir una temperatura máxima o mantenida de los dispositivos de conmutación 190, 191, 192, 193). Por ejemplo, como se muestra en 208, el dispositivo de control 174 puede incrementar el par de torsión
10 par del sistema de potencia eléctrica 100 en respuesta a determinadas condiciones de red y viento para evitar que un incremento en la velocidad de generador provoque un incremento en la temperatura de uno o más de los dispositivos de conmutación 190, 191, 192, 193. Además, como se muestra en 210, el dispositivo de control 174 puede disminuir el par de torsión del sistema de potencia eléctrica 100 para reducir las corrientes en los circuitos puente de potencia 144, 145 para reducir la temperatura en uno o más de los dispositivos de conmutación 190, 191, 192, 193. Más específicamente, en un ejemplo, el dispositivo de control 174 puede reducir directamente el par de torsión en respuesta
15 a que la combinación de la temperatura del refrigerante, la temperatura de la placa base y la temperatura de conmutación modelada exceda un umbral de temperatura predeterminado.

20 **[0028]** En referencia ahora a la FIG. 5, se ilustra un diagrama de flujo de otro modo de realización de un procedimiento 300 para controlar la temperatura de uno o más dispositivos de conmutación de un sistema de potencia eléctrica de acuerdo con la presente divulgación. Por ejemplo, el procedimiento ilustrado 300 se puede aplicar a un sistema de conversión solar. Como se muestra en 302, el procedimiento 300 incluye monitorizar al menos una condición en operación del sistema de potencia eléctrica por medio de uno o más sensores. Por ejemplo, como se menciona, la(s) condición/condiciones puede(n) incluir una cualquiera de o combinación de las siguientes: temperatura del refrigerante, temperatura de la placa base, temperatura del dispositivo de conmutación modelado, voltaje de enlace de CC, corriente de enlace de CC, corrientes de puente de los circuitos puente de potencia 144, 145, realimentaciones de corriente de sistema, realimentaciones de voltaje de sistema, velocidad de generador 120, velocidad del viento, turbulencia de viento o frecuencia de red. Como se muestra en 304, el procedimiento 200 también puede incluir monitorizar la temperatura de los dispositivos de conmutación 190, 191, 192, 193. Además, como se muestra en 306, el procedimiento 300 incluye controlar la corriente de uno o más circuitos puente de potencia del sistema de potencia eléctrica en base a la(s) condición/condiciones en operación para mantener la temperatura de los dispositivos de conmutación por debajo de un umbral predeterminado, por ejemplo, reduciendo la temperatura de los dispositivos de conmutación.

35 **[0029]** Más específicamente, como se muestra en 308, la etapa de controlar la corriente de uno o más circuitos puente del sistema de potencia eléctrica en base a la(s) condición/condiciones en operación del sistema de potencia eléctrica puede incluir incrementar la corriente de uno o más circuitos puente en respuesta a determinadas condiciones de red y viento para evitar que un incremento en la velocidad de generador del sistema de potencia eléctrica provoque un incremento en la temperatura de los dispositivos de conmutación. Además, como se muestra en 310, la etapa de controlar la corriente de uno o más circuitos puente del sistema de potencia eléctrica en base a la(s) condición/condiciones en operación puede incluir disminuir la corriente de uno o más circuitos puente para reducir las corrientes en los circuitos puente del sistema de potencia eléctrica para reducir la temperatura de los dispositivos de conmutación.

45 **[0030]** Los modos de realización ejemplares de una turbina eólica, un sistema de control para una turbina eólica, y procedimientos de control de una turbina eólica se describen anteriormente en detalle. Los procedimientos, turbina eólica y sistema de control no se limitan a los modos de realización específicos descritos en el presente documento, sino que, en cambio, los componentes de la turbina eólica y/o el sistema de control y/o etapas de los procedimientos se pueden utilizar independientemente y por separado de otros componentes y/o etapas descritos en el presente documento. Por ejemplo, los procedimientos y el sistema de control también se pueden usar en combinación con otros procedimientos y sistemas de potencia de turbina eólica, y no se limitan a la práctica solo con el sistema de potencia como se describe en el presente documento. Más bien, el modo de realización ejemplar se puede implementar y utilizar en conexión con muchas otras aplicaciones de turbina eólica o sistema de potencia, tales como sistemas de potencia solar y sistemas de almacenamiento de energía.

55 **[0031]** Aunque las características específicas de diversos modos de realización de la invención se pueden mostrar en algunos dibujos y no en otros, esto solo es por conveniencia. De acuerdo con los principios de la invención, se puede hacer referencia a y/o reivindicar cualquier característica de un dibujo en combinación con cualquier característica de cualquier otro dibujo.

60 **[0032]** Esta descripción escrita usa ejemplos para divulgar la invención, incluyendo el modo preferente, y también para permitir que cualquier experto en la técnica practique la invención, incluyendo fabricar y usar cualquier dispositivo o sistema y realizar cualquier procedimiento incorporado. El alcance patentable de la invención se define por las reivindicaciones y puede incluir otros ejemplos que se les ocurran a los expertos en la técnica.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento (200) para controlar la temperatura de un dispositivo de conmutación de un sistema de potencia eléctrica, teniendo el sistema de potencia eléctrica un generador y un convertidor de potencia que contiene el dispositivo de conmutación, comprendiendo el procedimiento:
- monitorizar (202), por medio de uno o más sensores, al menos una condición en operación del sistema de potencia eléctrica, comprendiendo la al menos una condición en operación del sistema de potencia eléctrica al menos una de temperatura de refrigerante, temperatura de placa base, temperatura de dispositivo de conmutación modelado, voltaje de enlace de CC, corriente de enlace de CC, corrientes de puente, realimentaciones de corriente de sistema, realimentaciones de voltaje de sistema, velocidad de generador, velocidad del viento, turbulencia de viento y frecuencia de red;
- monitorizar (204) una temperatura del dispositivo de conmutación; y
- controlar (206), por medio de un sistema de control acoplado comunicativamente al uno o más sensores, el par de torsión del generador del sistema de potencia eléctrica en base a la al menos una condición en operación del sistema de potencia eléctrica,
- en el que el procedimiento (200) está **caracterizado por**
- que controlar (206) comprende: incrementar, en respuesta a determinadas condiciones de red y viento, el par de torsión para evitar que un incremento en la velocidad de generador del sistema de potencia eléctrica provoque un incremento en la temperatura del dispositivo de conmutación y, de otro modo, disminuir el par de torsión en respuesta a que la temperatura de refrigerante, la temperatura de placa base y la temperatura de conmutación modelada exceda un umbral de temperatura predeterminado.
2. El procedimiento (200) de la reivindicación 1, en el que el dispositivo de conmutación comprende al menos uno de un transistor bipolar de puerta aislada, un diodo o un transistor de efecto de campo metal-óxido semiconductor.
3. El procedimiento (200) de cualquier reivindicación precedente, en el que el sistema de potencia eléctrica comprende al menos uno de un sistema de potencia de turbina eólica o un sistema de almacenamiento de energía.
4. Un sistema de potencia de generador de inducción doblemente alimentado (DFIG) (100) conectado a una red eléctrica (160), comprendiendo el sistema de potencia DFIG:
- un DFIG (120) que comprende un rotor (122) y un estátor (124);
- un convertidor de potencia (162) que comprende un convertidor de lado de rotor (166) acoplado a un convertidor de lado de línea (168) por medio de un enlace de CC (136), comprendiendo el convertidor de potencia al menos un dispositivo de conmutación;
- uno o más sensores (181) para monitorizar al menos una condición en operación del sistema de potencia DFIG y una temperatura del al menos un dispositivo de conmutación, comprendiendo la al menos una condición en operación del sistema de potencia DFIG al menos una de temperatura de refrigerante, temperatura de placa base, temperatura de dispositivo de conmutación modelado, voltaje de enlace de CC, corriente de enlace de CC, corrientes de puente, realimentaciones de corriente de sistema, realimentaciones de voltaje de sistema, velocidad de generador, velocidad del viento, turbulencia de viento y frecuencia de red; y
- un sistema de control (174) acoplado comunicativamente al uno o más sensores, el sistema de control configurado para controlar el par de torsión del DFIG del sistema de potencia DFIG en base a la al menos una condición en operación del sistema de potencia DFIG, en el que
- el sistema de potencia de generador de inducción doblemente alimentado (DFIG) (100) está **caracterizado por que** controlar
- el par de torsión comprende incrementar, en respuesta a determinadas condiciones de red y viento, el par de torsión para evitar que un incremento en la velocidad de generador del sistema de potencia eléctrica provoque un incremento en la temperatura del dispositivo de conmutación y, de otro modo, disminuir el par de torsión en respuesta a que la temperatura de refrigerante, la temperatura de placa base y la temperatura de conmutación modelada exceda un umbral de temperatura predeterminado.

ES 2 970 879 T3

5. El sistema de potencia DFIG (100) de la reivindicación 4, en el que el al menos un dispositivo de conmutación comprende al menos uno de un transistor bipolar de puerta aislada, un diodo o un transistor de efecto de campo metal-óxido semiconductor.
- 5 6. El sistema de potencia DFIG (100) de la reivindicación 4 o 5, en el que el sistema de potencia DFIG comprende un sistema de potencia de turbina eólica.

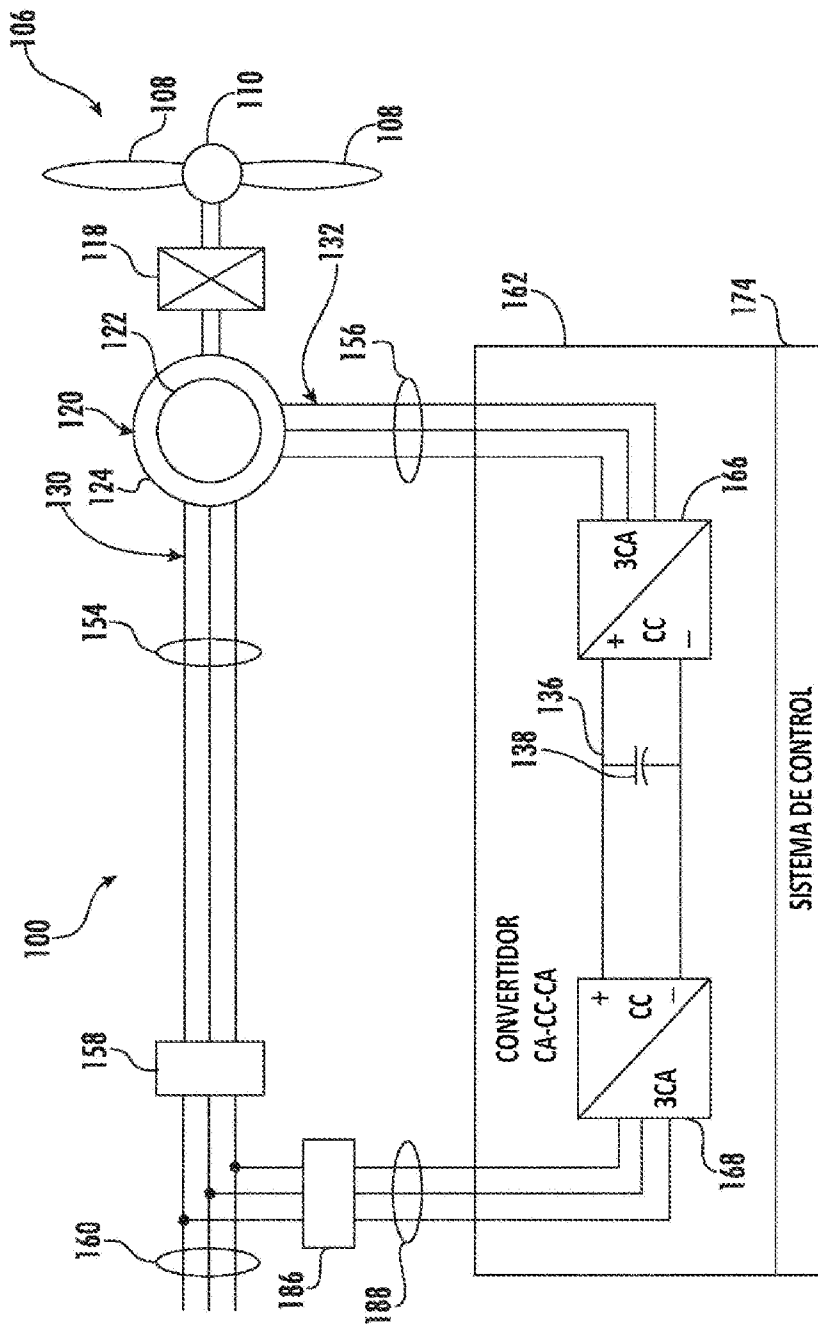


FIG. 1

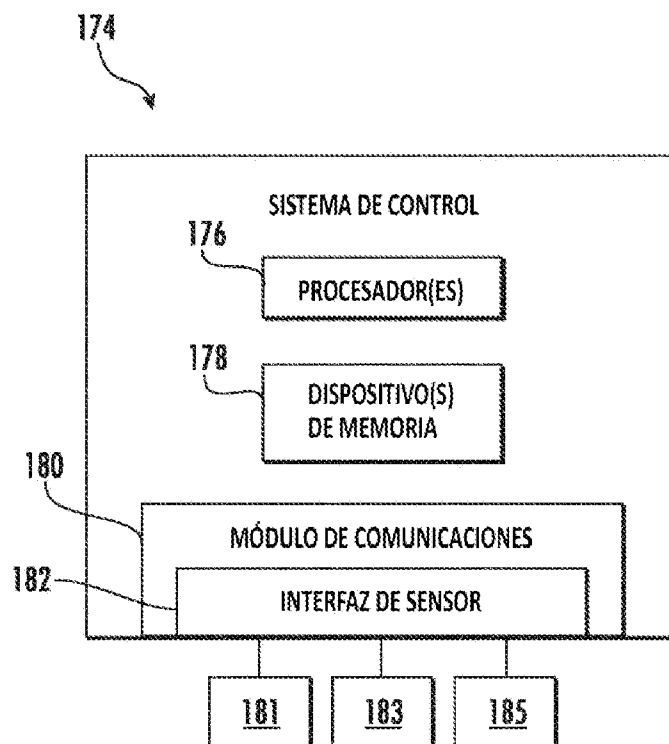


FIG. 2

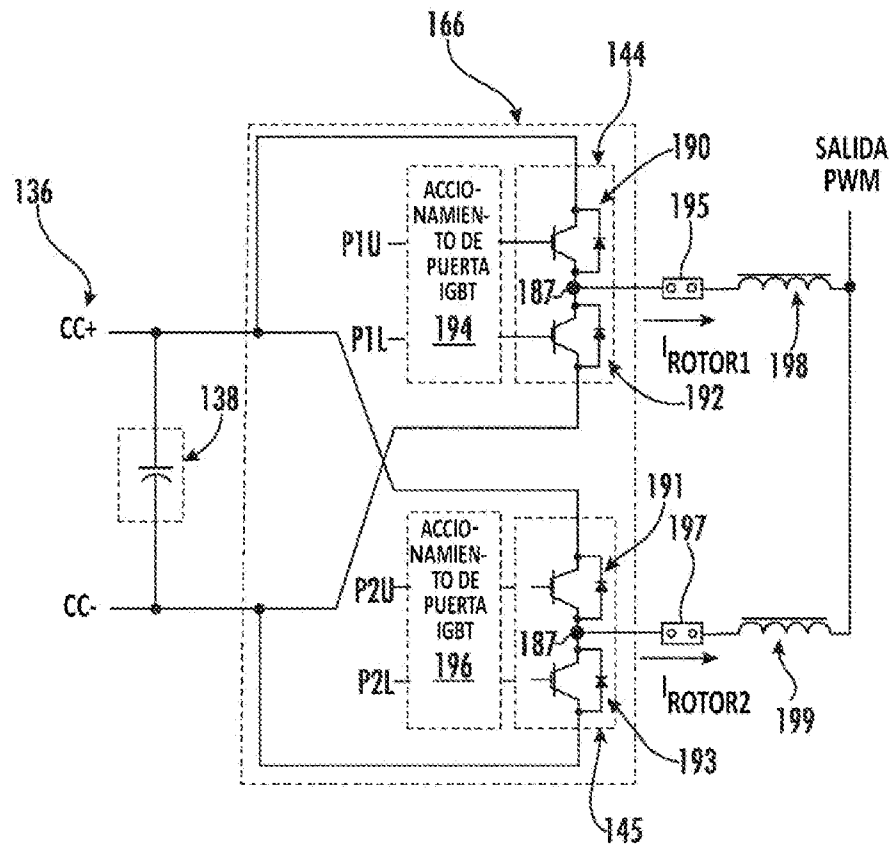


FIG. 3

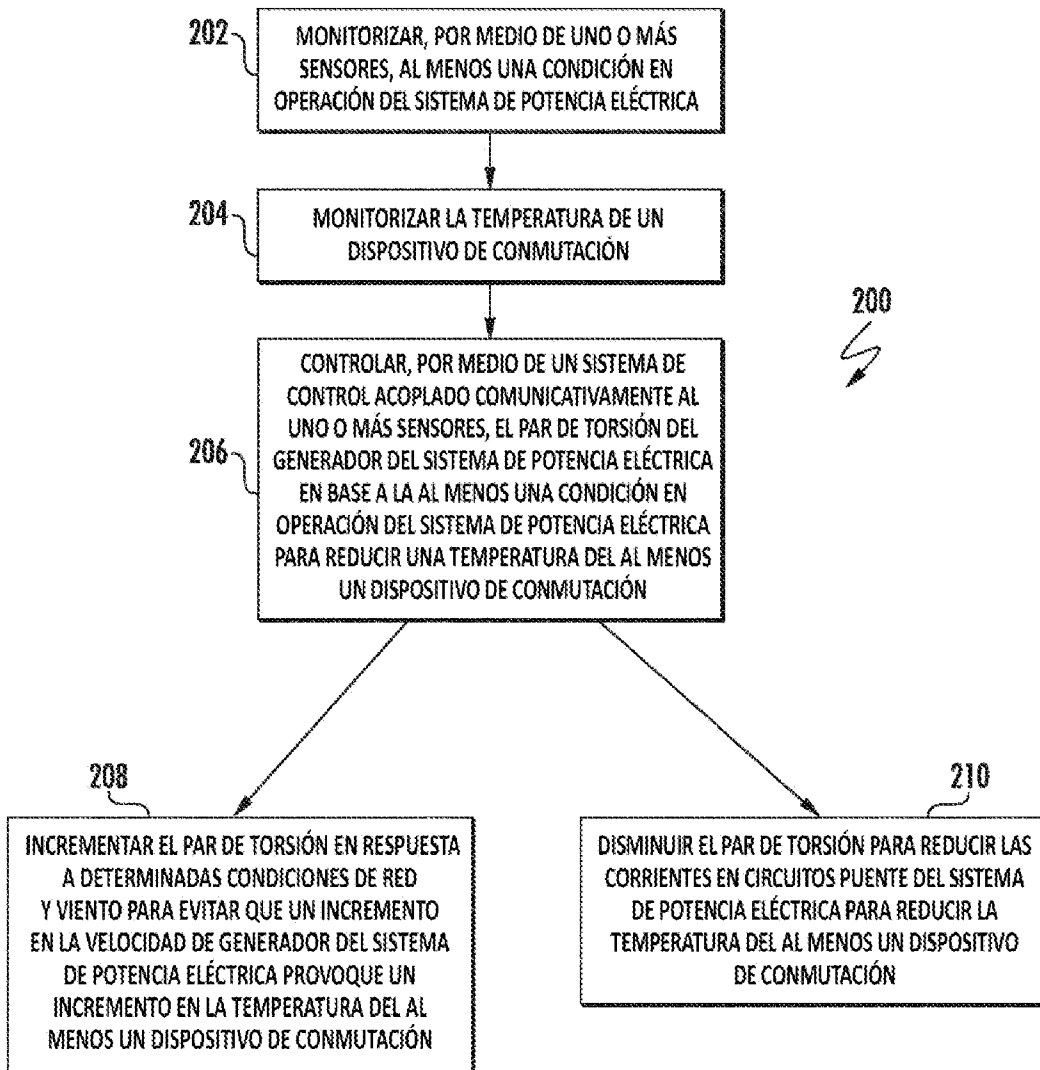


FIG. 4

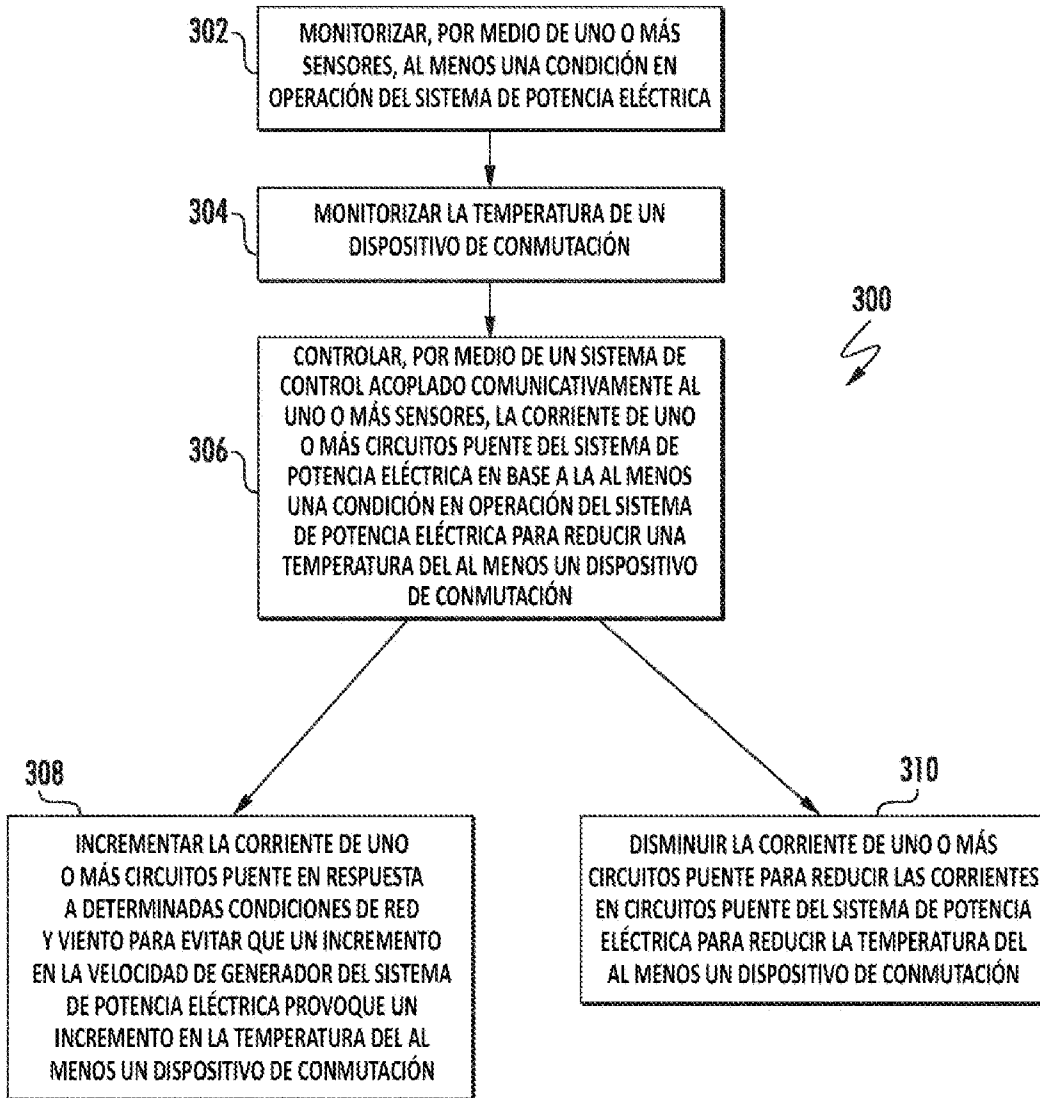


FIG. 5