

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 679 526**

51 Int. Cl.:

**H02P 7/298** (2006.01)

**F03D 7/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.03.2015** E 15157743 (4)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.06.2018** EP 2919379

54 Título: **Sistema y procedimiento para mejorar el control de la velocidad de un sistema de accionamiento del paso de pala de una turbina eólica**

30 Prioridad:

**11.03.2014 US 201414203751**

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

**28.08.2018**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**MELIUS, JEFFREY ALAN;  
CARDINAL, MARK EDWARD y  
CHACON, JOSEPH LAWRENCE**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 679 526 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 mejorar el control de la velocidad de un sistema de accionamiento del paso de pala de una turbina eólica

5 La presente invención se refiere en general a turbinas eólicas, y más particularmente, a sistemas y procedimientos para mejorar el control de la velocidad de un sistema de accionamiento del paso de pala de una turbina eólica.

10 La energía eólica se considera una de las fuentes de energía más limpias y respetuosas con el medio ambiente disponibles en la actualidad y las turbinas eólicas han ganado una mayor atención en este sentido. Una turbina eólica moderna generalmente incluye una torre, un generador, una caja multiplicadora, una góndola y una o más palas de rotor. Las palas del rotor capturan la energía cinética del viento utilizando los principios conocidos de la superficie aerodinámica. Por ejemplo, la turbina eólica puede incluir uno o más sistemas de accionamiento del paso de pala configurados para modificar la posición de las palas del rotor frente al viento. Como tales, las palas del rotor transmiten la energía cinética en forma de energía de rotación para girar un eje que acopla las palas del rotor a una caja multiplicadora, o si no se usa una caja multiplicadora, directamente al generador. La caja multiplicadora aumenta la velocidad de rotación inherentemente baja del rotor para que el generador convierta de forma eficiente la energía mecánica rotatoria en energía eléctrica, que alimenta a una red pública a través de al menos una conexión eléctrica. Normalmente se usa un convertidor de potencia para convertir una frecuencia de una potencia eléctrica generada en una frecuencia sustancialmente similar a la frecuencia de una red eléctrica. Las turbinas eólicas convencionales también incluyen típicamente un controlador principal para controlar diversos modos operativos de la turbina eólica.

20 El sistema de accionamiento del paso de pala típicamente incluye un motor que hace girar las palas a un ángulo de paso deseado para ajustar una cantidad de energía eólica capturada por las palas. Los sistemas de accionamiento del paso de pala conocidos utilizan un motor de corriente continua (CC) que tiene una de las siguientes conexiones eléctricas posibles entre un estator y un rotor del motor de CC: serie, paralelo o compuesto. Un motor en serie de CC incluye arrollamientos de campo y de armadura conectados en serie con una fuente de alimentación de CC común. Además, los motores de corriente continua en serie se caracterizan por tener un par de arranque muy alto, pero en general una regulación de velocidad deficiente. Por el contrario, un motor de CC en paralelo incluye arrollamientos de campo y de armadura conectados en paralelo con una fuente de alimentación de CC común. Como tales, los motores de corriente continua en paralelo se caracterizan generalmente por tener una regulación de la velocidad muy buena, pero no tienen el par de arranque de los motores de corriente continua enrollados en serie. El motor de corriente continua compuesto incluye arrollamientos de campo y de armadura que tienen tanto características de arrollamiento en paralelo como de arrollamiento en serie, teniendo así los beneficios tanto de un motor de CC en paralelo como en serie. Los motores de CC compuestos, sin embargo, son típicamente más complejos y caros que los motores de CC en serie o en paralelo. Véase, por ejemplo, el documento US 2009/0121485.

35 De acuerdo con ello, un sistema de accionamiento del paso de pala que tenga un motor de CC que aborde los problemas anteriormente mencionados sería bienvenido en la tecnología. Por ejemplo, sería ventajoso un motor de corriente continua en serie que incorpore un dispositivo de control de corriente entre un conjunto de batería y un arrollamiento de campo en serie.

40 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 pueden aprenderse a través de la práctica de la invención.

La presente invención se define en las reivindicaciones adjuntas.

45 Varias características, aspectos y ventajas de la presente invención se entenderán mejor con referencia a la siguiente descripción y reivindicaciones adjuntas. Las figuras adjuntas, que se incorporan y constituyen una parte de esta memoria, ilustran las realizaciones de la invención y, junto con la descripción, sirven para explicar los principios de la invención. En los dibujos:

La figura 1 ilustra una vista en perspectiva de una realización de una turbina eólica de acuerdo con la presente divulgación;

la figura 2 ilustra un diagrama de bloques de una realización de un sistema de control de turbina eólica que puede usarse con la turbina eólica mostrada en la figura 1;

50 La figura 3 ilustra un diagrama esquemático de una realización de un sistema de accionamiento del paso de pala de acuerdo con la presente divulgación;

La figura 4 ilustra un diagrama esquemático de otra realización de un sistema de accionamiento del paso de pala de acuerdo con la presente divulgación;

55 La figura 5 ilustra un diagrama esquemático de aún otra realización de un sistema de accionamiento del paso de pala de acuerdo con la presente divulgación;

la figura 6 ilustra un gráfico del par (eje x) frente a la velocidad (eje y) para diversas realizaciones de la presente descripción; y

la figura 7 ilustra procedimiento para mejorar el control de la velocidad de un sistema de accionamiento del paso de pala de acuerdo con la presente divulgación.

- 5 A continuación se hará referencia con detalle a realizaciones de la invención, uno o más ejemplos de las cuales se ilustran en las figuras. Cada ejemplo se proporciona a modo de explicación de la invención, no de limitación de la invención. De hecho, será obvio para los expertos en la técnica que se pueden realizar varias modificaciones y variaciones en la presente invención sin desviarse del alcance de la invención. Por ejemplo, las características ilustradas o descritas como parte de una realización se pueden usar con otra realización para dar lugar a otra realización más. Por tanto, se pretende que la presente invención cubra dichas modificaciones y variaciones como están dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas y sus equivalentes.

10 Generalmente, la presente materia se refiere un sistema y a un procedimiento para mejorar la regulación de la velocidad de un sistema de accionamiento del paso de pala de una turbina eólica. En una realización, por ejemplo, el sistema de accionamiento del paso de pala incluye un motor de corriente continua (CC) que tiene un arrollamiento de campo y de armadura en serie, un conjunto de batería que tiene un terminal positivo y negativo y un dispositivo de control de la corriente configurado en serie entre el terminal positivo del conjunto de batería y el arrollamiento de campo en serie. En una realización, el dispositivo de control de la corriente puede incluir una resistencia. En una realización alternativa, el dispositivo de control de corriente puede incluir una pluralidad de diodos configurados en serie. En realizaciones adicionales, el sistema puede incluir un diodo adicional configurado entre el terminal positivo del conjunto de batería y el dispositivo de control de la corriente. Como tal, el (los) diodo (s) adicional (es) está (n) configurado (s) para evitar que la regeneración de energía regrese al conjunto de la batería. En otra realización, el conjunto de batería está configurado para suministrar potencia al sistema de accionamiento de paso de pala. Además, el dispositivo de control de la corriente está configurado para suministrar corriente al arrollamiento de campo en serie para asegurar que el flujo de campo o el flujo del arrollamiento en serie no llegue a cero, mejorando así el control de la velocidad del sistema de accionamiento del paso de pala. Por ejemplo, la presente divulgación como se describe en el presente documento está configurada para limitar la velocidad máxima y aplanar la curva de velocidad frente al par del motor de CC. Además, el motor de CC de campo en serie como se describe en el presente documento está configurado para generar potencia y entregarla al dispositivo de control de la corriente, así como también al conjunto de batería. La presente divulgación también puede suministrar suficiente flujo de campo para iniciar la regeneración.

15 La presente divulgación tiene numerosas ventajas que no están presentes en la técnica anterior. Por ejemplo, los motores CC de campo en serie típicos tienen una regulación de velocidad muy deficiente para ciertos niveles de par, por ejemplo a niveles de par positivo y negativo bajos, y puede alcanzar altas velocidades de autodestrucción. En respuesta, las cargas de la torre de la turbina eólica pueden aumentar a un nivel inaceptable. El sistema de accionamiento del paso de pala e la presente descripción, sin embargo, proporciona una regulación de la velocidad mejorada, evitando que el flujo de campo del arrollamiento de campo en serie llegue a cero. Además, la presente materia objeto ofrece una alternativa simple y económica a los motores de corriente continua compuestos.

20 Con referencia ahora a los dibujos, la figura 1 ilustra una realización de una turbina eólica de ejemplo 10. En la realización ilustrada, la turbina eólica 10 incluye una torre 12, una góndola 14 que está acoplada a la torre 12, un buje 16 que está acoplado a la góndola 14, y una o más palas 18 del rotor acopladas al buje 16. La torre 12 proporciona soporte para la góndola 14, el buje 16 y la pala o palas 18. La góndola 14 está acoplada a la torre 12 y aloja componentes (no mostrados) para su uso en transformación de la energía rotacional de la pala 18 en electricidad, un generador. El buje 16 está acoplado a la góndola 14 y proporciona una carcasa giratoria para al menos una pala 18. La una o más palas 18 del rotor están acopladas al buje 16. Por ejemplo, como se muestra en la realización ilustrada, tres palas 18 del rotor están acopladas al buje 16 y pueden girar alrededor de un eje de rotación 22 cuando el viento golpea las palas 18. Además, cada pala 18 del rotor gira sustancialmente a través del mismo plano de rotación y sustancialmente paralela a un eje de la línea central 20 de la torre 12.

25 Haciendo referencia ahora a la figura 2, se ilustra un diagrama de bloques de una realización de un sistema de control 30 de turbina eólica que puede usarse con la turbina eólica 10 mostrada en la figura 1. Por ejemplo, el sistema de control 30 se puede acoplar a cualquiera de los componentes dentro del buje 16, las palas 18 del rotor, la góndola 14 y la torre 12. Además, en una realización adicional, un controlador 40 del paso de pala, al menos un accionamiento 42 del paso de pala, una fuente de alimentación 44 de reserva del buje y un sensor 48 del buje pueden colocarse sobre o dentro del buje 16 para controlar el paso de pala de la una o más palas 18 del rotor. Como se muestra, el controlador 40 del paso de pala puede estar ubicado dentro del buje 16 y acoplado a las palas 18 del rotor a través de los accionadores 42 del paso de pala. Además, el controlador 40 del paso de pala puede configurarse para controlar, por ejemplo, un ángulo de paso de pala y/o una posición relativa de las palas 18 del rotor. Además, el controlador 40 del paso de pala puede utilizar una red de comunicación 50 para comunicarse con un controlador 60 de de turbina eólica.

30 En una realización, el controlador 40 del paso de pala puede incluir un controlador lógico programable (PLC). En una realización alternativa, el controlador 40 del paso de pala puede incluir un microprocesador, un microcontrolador, un

conjunto de puertas programables en el campo (FPGA) o cualquier otro circuito programable que permita que el controlador 40 del paso de pala funcione como se describe en el presente documento. Como se usa en el presente documento, el término "control" incluye, pero no se limita incluir lo mismo, emitir órdenes que se implementarán ejerciendo vigilancia y supervisión de, y/o dirigiendo la operación de, uno o más componentes sujeto de la turbina eólica 10. Además, el término "control" también puede incluir un tipo de regulación de control, por ejemplo, una regulación de retroalimentación.

Todavía haciendo referencia a la figura 2, los accionadores 42 del paso de pala pueden recibir una o más órdenes de paso de pala desde el controlador 40 del paso de pala y, en respuesta, girar las palas 18 del rotor a una posición deseada y/o ángulo de paso de pala identificado por las órdenes del paso de pala. Además, los accionadores 42 del paso de pala pueden girar las palas 18 del rotor utilizando, por ejemplo, medios accionados hidráulicamente, eléctricos y/o con engranajes. En una realización, el sensor 48 del buje puede determinar una velocidad de rotación y/o una carga inducida al buje 16. La fuente de alimentación 44 de reserva del buje puede incluir, por ejemplo, una batería, un dispositivo de almacenamiento de energía magnética, y/o uno o más condensadores. Como tal, la fuente de alimentación 44 de reserva del buje puede proporcionar potencia eléctrica a los componentes dentro del buje 16, por ejemplo el controlador 40 del paso de pala, los accionadores 42 del paso de pala y el sensor 48 del buje.

Además, se puede acoplar un sensor 46 de pala a cada pala 18 del rotor, como se muestra en la figura 2. El (los) sensor(es) 46 de pala también pueden acoplarse al controlador 40 del paso de pala. Además, los sensores 46 de pala están configurados para determinar una pluralidad de condiciones de la pala, incluyendo, aunque sin limitación, una velocidad de rotación de cada pala 18 del rotor y/o una carga que actúa sobre las palas 18 del rotor y/o un ángulo del paso de pala de una o más de las palas 18 del rotor.

En una realización adicional, la góndola 14 también puede incluir una caja multiplicadora 52, un freno 54, un generador 56, una batería 58 y un controlador 62 de la góndola. La caja multiplicadora 52 está configurada para aumentar la rotación de un eje de rotor principal (no mostrado) accionado por la rotación de las palas 18 del rotor, induciendo así una mayor cantidad de energía rotacional generador 56. En una realización alternativa, la góndola 14 puede no incluir una caja multiplicadora 52. El freno 54 puede proporcionar potencia de parada de emergencia al generador 56 y/o al funcionamiento de la turbina eólica en caso de fallo u otra condición de error. El generador 56 está configurado para transformar la energía rotacional del eje del rotor principal en energía eléctrica. Además, el generador 56 puede ser de cualquier tipo adecuado que permita que la turbina eólica 10 funcione como se describe en el presente documento. Por ejemplo, y sin limitación, en una realización, el generador 56 es un generador de inducción de rotor arrollamiento, tal como un generador de inducción doblemente alimentado. Además, la batería 58 está configurada para proporcionar energía eléctrica de reserva a los componentes dentro de la góndola 14 y/o la torre 12.

El controlador 62 de la góndola controla el funcionamiento de los componentes dentro de la góndola 14, tal como la caja multiplicadora 52, el freno 54, el generador 56 y/o la batería 58. En una realización adicional, el controlador 62 de la góndola está acoplado al controlador 40 del paso de pala y al controlador 60 de turbina eólica a través de la red de comunicación 50. Más específicamente, en una realización, el controlador 62 de la góndola está acoplado al controlador 40 del paso de pala a través de una red de góndola-buje 66 y al controlador 60 de turbina eólica a través de una red de góndola-torre 68.

El controlador 60 de turbina eólica también puede estar ubicado dentro de la torre 12. En una realización alternativa, el controlador 60 de turbina eólica puede estar ubicado dentro de la góndola 14. En aún otras realizaciones, el controlador 60 de turbina eólica puede funcionar como un controlador maestro de la turbina eólica 10 y/o el sistema de control 30, y puede incluir una computadora u otro procesador que esté programado para ejecutar algoritmos de control. Como se usa en el presente documento, el término "procesador" incluye, sin limitación, cualquier sistema programable que incluya sistemas y microcontroladores, circuitos de configuración de instrucciones reducidos (RISC), circuitos integrados específicos de aplicación (ASIC), circuitos lógicos programables (PLC) y cualquier otro circuito capaz de ejecutar las funciones descritas en el presente documento. Además, el controlador 60 de turbina eólica puede controlar otros controladores de la turbina eólica 10, por ejemplo, el controlador 40 del paso de pala, comunicarse con otras turbinas eólicas (no mostrado) y/o un sistema de gestión de parques eólicos (no mostrado) y/o realizar la gestión de errores y la optimización operativa. Además, en una realización, el controlador 60 de turbina eólica también puede ejecutar un programa SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de Datos).

El buje 16 puede estar acoplado en comunicación a la góndola 14 y a la torre 12 a través de la red de comunicación 50. La red de comunicación 50 puede incluir la red de góndola-buje 66 y la red de góndola-torre 68. Más específicamente, en una realización, el buje 16 puede acoplarse a la góndola 14 a través de la red de góndola-buje 66 y la góndola 14 puede acoplarse a la torre 12 a través de la red de góndola-torre 68. Además, el controlador 40 del paso de pala puede acoplarse al controlador 60 de turbina eólica a través de la red de góndola-buje 66 y a través de la red de góndola-torre 68. En una realización adicional, la red de góndola-buje 66 puede utilizar una conexión de anillo deslizante para transmitir señales a través de un protocolo de comunicación en serie u otro protocolo de comunicación adecuado, tal como un protocolo de banda ancha sobre línea de potencia (BPL). En una realización alternativa, la red de góndola-buje 66 puede incluir cualquier otra conexión que permita que la red 66 funcione como se describe en el presente documento. En otra realización, la red de góndola-torre 68 puede incluir una o más de tales conexiones, como la red de área local (LAN) Ethernet, LAN inalámbrica, un bus de red de área de controlador

(CAN), conexión de fibra óptica o cualquier otra conexión de comunicación que permita que la red de góndola-torre 68 funcione como se describe en el presente documento.

Haciendo referencia a continuación a las figuras 3–5, se ilustran varias realizaciones de un sistema de accionamiento 100 del paso de pala que puede usarse con, o en lugar del, accionamiento 42 del paso de pala (mostrado en la figura 2) para modificar la posición de la pala de la una o más palas 18 del rotor de la turbina eólica 10 (ambos mostrados en la figura 1). Como se muestra, el sistema de accionamiento 100 del paso de pala puede incluir un motor de corriente continua (CC) 102 que incluye una armadura 104 y un arrollamiento 106. Además, el sistema de accionamiento 100 del paso de pala puede incluir un conjunto de batería 108 que está configurado para proporcionar potencia al motor de CC. Como se muestra, el arrollamiento 106 incluye un arrollamiento de campo en serie debido a que la armadura 104 y los arrollamientos de campo 106 están conectados en serie y tienen una fuente de alimentación de CC común, por ejemplo, el conjunto de batería 108. Además, el conjunto de batería 108 incluye típicamente un terminal positivo 109 y un terminal negativo 111. Además, en diversas realizaciones, el conjunto de batería 108 puede incluir una o más baterías, condensadores y/o cualquier dispositivo de almacenamiento de energía adecuado que permita que el sistema de accionamiento 100 del paso de pala funcione como se describe en el presente documento.

Haciendo referencia en particular a la figura 3, el sistema de accionamiento 100 del paso de pala también puede incluir al menos un dispositivo de control de la corriente, es decir, una resistencia 112, configurado en serie entre el terminal positivo 109 del conjunto de batería 108 y el arrollamiento de campo en serie 106. En diversas realizaciones, la resistencia 112 está configurada para suministrar corriente al arrollamiento de campo serie 106 para asegurar que un flujo de campo del arrollamiento de campo en serie 106 no llegue a cero, mejorando así el control de la velocidad del sistema de accionamiento 100 del paso de pala. Además, como se muestra en la realización ilustrada, la resistencia 112 está configurada de manera tal que una trayectoria de la corriente evita la armadura 104. Las ventajas proporcionadas por la adición de al menos una resistencia 112 al sistema de accionamiento 100 del paso de pala 100 como se describe en el presente documento pueden entenderse mejor con referencia a la figura 6. Como se muestra, la línea 202 representa sistemas convencionales (sin resistencia o diodo), mientras que las líneas 204 y 206 representan las realizaciones de las figuras 4 y 3, respectivamente. Más específicamente, la FIG. 6 ilustra un gráfico del par (eje x) frente a la velocidad (eje y) del motor de CC. Como se muestra, para los sistemas convencionales (línea 202), la velocidad del motor de CC a un par bajo aumenta de manera exponencial, alcanzando potencialmente valores autodestructivos. Por el contrario, como se muestra, la adición de al menos una resistencia 112 (figura 3) limita la velocidad del sistema como se representa mediante la línea 206. De manera similar, la adición de la combinación de al menos una resistencia 112 y al menos un diodo también proporciona una regulación de la velocidad mejorada del motor de CC.

Por tanto, varias realizaciones de la presente divulgación como se describe en el presente documento, están configuradas para limitar la velocidad máxima y, por tanto, aplanar la curva de velocidad frente al par del motor de CC. Además, la(s) resistencia(s) 112 suministran suficiente flujo de campo al motor 102 para iniciar la regeneración. Como tal, el motor de CC 102 de campo en serie como se describe en el presente documento puede generar energía y entregarla a la(s) resistencia(s) añadidas, así como también al conjunto de batería 108. En una realización, cuando el motor 102 comienza a suministrar energía de nuevo al conjunto de batería 108, puede producirse un efecto de retroalimentación positiva, ya que al añadir más corriente al campo aumenta la tensión de la armadura, lo que aumenta la corriente de la armadura y la corriente de campo. Tal retroalimentación positiva tiende a hacer que el motor 102 oscile entre motor y generación, como se muestra mediante la línea 206 de la figura 6. Por lo tanto, la realización ilustrada de la figura 4 representa el sistema de accionamiento 100 del paso de pala de la figura 3 con la adición de al menos un diodo 114 configurado entre el terminal positivo 109 del conjunto de batería 108 y la resistencia 112. El diodo 114 tiene el efecto de impedir la regeneración de potencia en el conjunto de batería 108. Además, el(los) diodo(s) 114 actúan forzando una corriente de campo adicional a través de los arrollamientos de campo 106, aumentando así el par debido a un aumento en la velocidad del generador.

Como se ha mencionado, las posibles ventajas de la adición de la(s) resistencia(s) 112 en combinación con el(los) diodo(s) 114 al sistema 100 de accionamiento del paso de pala también se ilustran en la figura 6. Por ejemplo, como se muestra, la línea 204 ilustra el par frente a la velocidad de la realización de la figura 4, que, similar a la línea 206, limita la velocidad del sistema como se representa mediante la línea 204. En contraste con la línea 206, sin embargo, el efecto de añadir el o los diodos 114 reduce la oscilación del motor 102 entre el motor y la generación, reduciendo efectivamente el efecto de retroalimentación positiva.

Haciendo referencia en particular a la figura 5, se ilustra otra realización del sistema de accionamiento 100 del paso de pala de la presente divulgación. Como se muestra, el sistema de accionamiento 100 del paso de pala incluye un dispositivo de control de la corriente, es decir, una pluralidad de diodos 124, conectados en serie y configurados entre el terminal positivo 109 de una de las baterías del conjunto de batería 108 y el arrollamiento de campo en serie 106 (similar a la(s) resistencia(s) 112 de la figura 3). Por ejemplo, la realización ilustrada incluye seis diodos conectados en serie. En realizaciones adicionales, el sistema de accionamiento 100 del paso de pala puede incluir más o menos de seis diodos 124 conectados en serie. Similar a la(s) resistencia(s) 112 de las figuras 3 y 4, la pluralidad de diodos 124 están configurados para suministrar corriente al arrollamiento de campo en serie 106 para asegurar que el flujo de campo del arrollamiento 106 no llegue a cero. Además, como se muestra, los diodos 124 están configurados de manera que la trayectoria de la corriente desde el conjunto de batería 108 evite la armadura

104. La realización de la figura 5 también incluye al menos un diodo 114 configurado entre el terminal positivo 109 de una de las baterías del conjunto de batería 108 y la armadura 104.

En referencia en general a las figuras 3–5, el sistema de accionamiento 100 del paso de pala también puede incluir uno o más contactores 116 de funcionamiento de batería 116 que están configurados para abrirse o cerrarse a fin de desacoplar o acoplar eléctricamente, respectivamente, el conjunto de batería 108 y el motor de CC 102. Además, el sistema de accionamiento 100 del paso de pala también puede incluir uno o más contactores de funcionamiento del convertidor 118 que están configurados para abrirse o cerrarse a fin de desacoplar o acoplar eléctricamente, respectivamente, el convertidor de paso 120 y el motor de CC 102 según se desee. En una realización adicional, los contactores 116 de funcionamiento de la batería y/o los contactores 118 de funcionamiento del convertidor pueden incluir uno o más contactores, relés u otros componentes adecuados que permitan que el sistema de accionamiento 100 del paso de pala funcione como se describe en el presente documento. Como tal, en una realización, el controlador 40 del paso de pala (mostrado en la figura 2) puede estar operativamente acoplado al sistema de accionamiento 100 del paso de pala y puede controlar los contactores 118 de funcionamiento del convertidor y los contactores 116 de funcionamiento de la batería. Por ejemplo, en una realización, el controlador 40 del paso de pala puede cerrar los contactores 118 de funcionamiento del convertidor y abrir los contactores 116 de funcionamiento de la batería de manera que el conjunto de batería 108 suministre potencia al sistema de accionamiento 100 del paso de pala. Además, el controlador 40 del paso de pala también puede configurarse para controlar una corriente a través del arrollamiento de campo en serie 106. Además, como se ha mencionado el motor de corriente continua 102 puede generar energía en exceso, o regenerativa, dentro del sistema de accionamiento 100 del paso de pala, tal como durante una operación de frenado del motor. Si hay un exceso de energía en el sistema de accionamiento 100 del paso de pala, el controlador 40 del paso de pala puede dirigir el exceso de energía al arrollamiento de campo en serie 106, de manera que el arrollamiento 106 absorba al menos una parte del exceso de energía.

Haciendo referencia ahora a la figura 7, se ilustra un procedimiento 700 para mejorar el control de la velocidad de un sistema de accionamiento del paso de pala de una turbina eólica. En una realización, el procedimiento 700 incluye una etapa 702 de acoplamiento de un conjunto de batería que tiene un terminal positivo y un terminal negativo al sistema de accionamiento de paso de pala. Además, el sistema de accionamiento del paso de pala típicamente tiene un motor de CC que incluye una armadura y un arrollamiento de campo en serie. El procedimiento 700 también puede incluir una etapa opcional 704 de acoplamiento del motor de CC a un convertidor de paso de pala de la turbina eólica. Una etapa 706 siguiente puede incluir controlar una corriente al arrollamiento de campo en serie para asegurar que el flujo de campo del arrollamiento de campo en serie no sea igual a cero, mejorando de este modo el control de la velocidad del sistema de accionamiento de paso de pala. En diversas realizaciones, la etapa 706 de control de la corriente al arrollamiento de campo en serie puede incluir, además, una etapa 708 de acoplamiento de al menos una resistencia entre el terminal positivo del conjunto de batería y el arrollamiento de campo en serie de modo que la resistencia esté configurada para reducir una velocidad máxima del motor de CC. Tal etapa 708 del procedimiento también puede incluir una etapa adicional 712 de acoplamiento de un diodo entre el terminal positivo del conjunto de batería y la resistencia. En una realización alternativa, la etapa 706 de control de la corriente al arrollamiento de campo en serie puede incluir acoplar una pluralidad de diodos en serie entre el terminal positivo del conjunto de batería y el arrollamiento de campo en serie (etapa 710). Por lo tanto, la pluralidad de diodos se puede configurar para reducir una velocidad máxima del motor de CC.

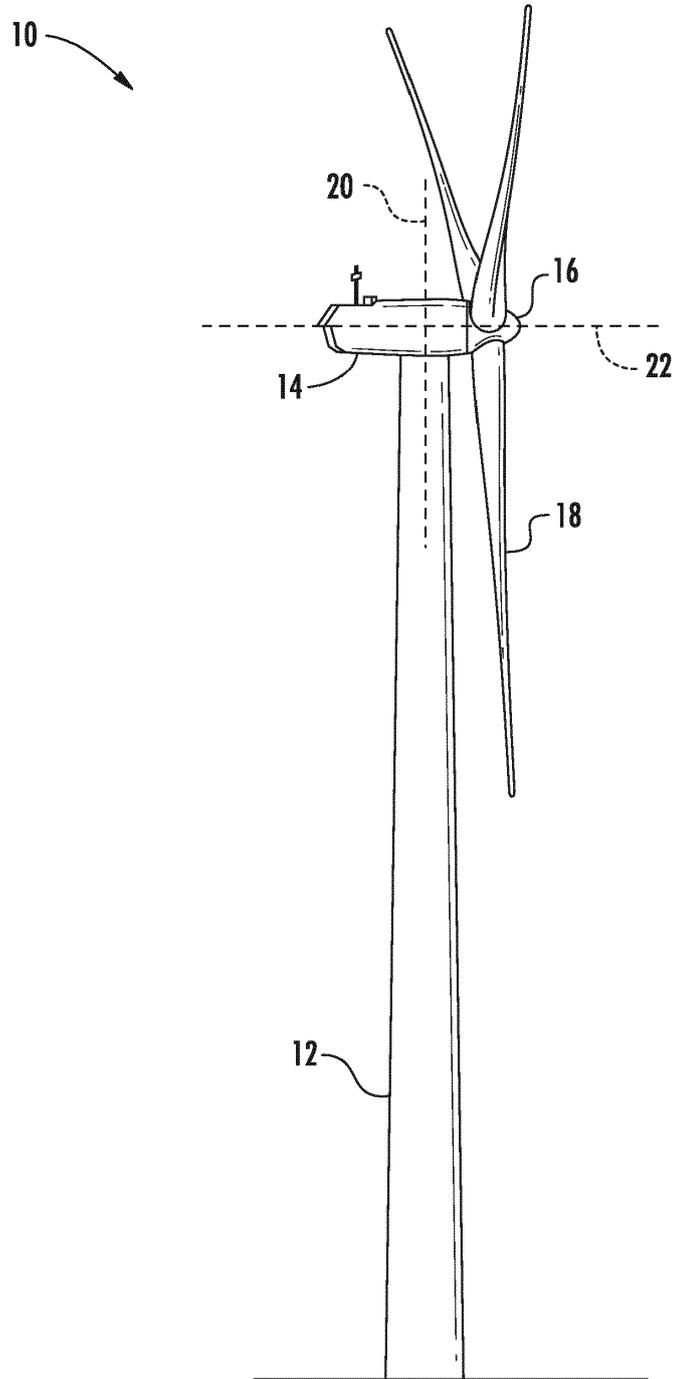
Las realizaciones a modo de ejemplo del sistema de accionamiento del paso de pala y un procedimiento y aparato para alimentar el sistema de accionamiento del paso de pala se han descrito anteriormente con detalle. El procedimiento, el aparato y el sistema no están limitados a las realizaciones específicas descritas en el presente documento, sino que los componentes del aparato y/o sistema y/o etapas del procedimiento se pueden utilizar independientemente y por separado de otros componentes y/o etapas descritos en el presente documento. Por ejemplo, las realizaciones también se pueden usar en combinación con otros sistemas y procedimientos, y no están limitadas a la práctica con solo el sistema de accionamiento del paso de pala como se describe en el presente documento. Por el contrario, la realización de ejemplo puede implementarse y utilizarse en relación con muchas otras aplicaciones del sistema de potencia.

Aunque pueden mostrarse características específicas de varias realizaciones de la invención en algunos dibujos y no en otros, esto es solo por conveniencia. De acuerdo con los principios de la invención, cualquier característica de un dibujo se puede referenciar y/o reivindicar en combinación con cualquier característica de cualquier otro dibujo.

Esta descripción escrita utiliza ejemplos para divulgar la invención, incluyendo el modo preferente, y también para permitir que cualquier persona experta en la técnica ponga en práctica 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 producen para los expertos en la técnica. Estos otros ejemplos están destinados a estar dentro del alcance de las reivindicaciones si tienen elementos estructurales que no difieren del lenguaje literal de las reivindicaciones, o si incluyen elementos estructurales equivalentes con diferencias insustanciales desde el lenguaje literal de las reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Un sistema de accionamiento (100) del paso de pala para una turbina eólica (10), comprendiendo el sistema de accionamiento (100) del paso de pala:
  - 5 un motor (102) de corriente continua (CC) que comprende una armadura (104) y un arrollamiento de campo en serie (106);
  - un conjunto de batería (108) que comprende un terminal positivo (109) y un terminal negativo (111), en el que el conjunto de batería (108) está configurado para suministrar potencia al sistema de accionamiento (100) del paso de pala; y **caracterizado por:**
  - 10 un dispositivo de control de corriente (112) configurado en serie entre el terminal positivo (109) del conjunto de batería (108) y el arrollamiento de campo en serie (106), en el que el dispositivo de control de corriente (112) controla la corriente suministrada al arrollamiento de campo en serie (106) para asegurar que un flujo de campo no sea igual a cero, mejorando de este modo el control de la velocidad del sistema de accionamiento (100) del paso de pala y proporciona una ruta de corriente que evita la armadura (104).
2. El sistema de accionamiento (100) del paso de pala de la reivindicación 1, en el que el dispositivo de control de corriente comprende una resistencia (112).
3. El sistema de accionamiento (100) del paso de pala de cualquier reivindicación precedente, en el que el dispositivo de control de corriente comprende una pluralidad de diodos (124) configurados en serie entre el terminal positivo (109) y el arrollamiento de campo en serie (106).
4. El sistema de accionamiento (100) del paso de pala de cualquier reivindicación precedente, que comprende además al menos un diodo adicional (114) configurado entre el terminal positivo (109) del conjunto de batería (108) y el dispositivo de control de corriente, en el que el diodo adicional (114) previene la regeneración de energía en el conjunto de la batería (108).
5. El sistema de accionamiento (100) del paso de pala de cualquier reivindicación precedente, que comprende además al menos un contactor (116) configurado entre el conjunto de batería (108) y la resistencia (112).
6. El sistema de accionamiento (100) del paso de pala de cualquier reivindicación precedente, en el que el sistema de accionamiento (100) del paso de pala está acoplado eléctricamente a un convertidor (120) del paso de pala de la turbina eólica (10).
7. El sistema de accionamiento (100) del paso de pala de cualquier reivindicación precedente, que comprende además al menos un contactor (118) configurado entre la resistencia (112) y el convertidor (120) del paso de pala.
8. El sistema de accionamiento (100) del paso de pala de cualquier reivindicación precedente, en el que el conjunto de batería (108) comprende una pluralidad de baterías, en el que el dispositivo de control de corriente está configurado entre las baterías.
9. Un procedimiento para mejorar el control de la velocidad de un sistema de accionamiento (100) del paso de pala de una turbina eólica (10), comprendiendo el procedimiento:
  - 35 acoplar un conjunto de batería (108) que tiene un terminal positivo (109) y un terminal negativo (111) al sistema de accionamiento (100) del paso de pala, teniendo el sistema de accionamiento (100) del paso de pala un motor (102) de corriente continua (CC), que incluye una armadura (104) y un arrollamiento de campo en serie (106); y **caracterizado por:**
  - 40 configurar un dispositivo de control de corriente (112) en serie entre el terminal positivo (109) del conjunto de batería (108) y el arrollamiento de campo en serie (106), en el que el dispositivo de control de corriente (112) controla una corriente en el arrollamiento de campo en serie (106) que evita la armadura (104), para asegurar que un flujo de campo del arrollamiento de campo en serie (106) no sea igual a cero, mejorando de este modo el control de la velocidad del sistema de accionamiento (100) del paso de pala.
10. El procedimiento de la reivindicación 9, en el que controlar la corriente en el arrollamiento de campo en serie (106) comprende además:
  - 45 acoplar al menos una resistencia (112) en serie entre el terminal positivo (109) del conjunto de batería (108) y el arrollamiento de campo en serie (106); y
  - acoplar un diodo (114) entre el terminal positivo (109) del conjunto de batería (108) y la resistencia (112).
11. El procedimiento de la reivindicación 9 o la reivindicación 10, en el que el control de la corriente en el arrollamiento de campo en serie (106) comprende además acoplar una pluralidad de diodos (124) en serie entre el terminal positivo (109) del conjunto de batería (108) y el arrollamiento de campo en serie (106).



**FIG. 1**

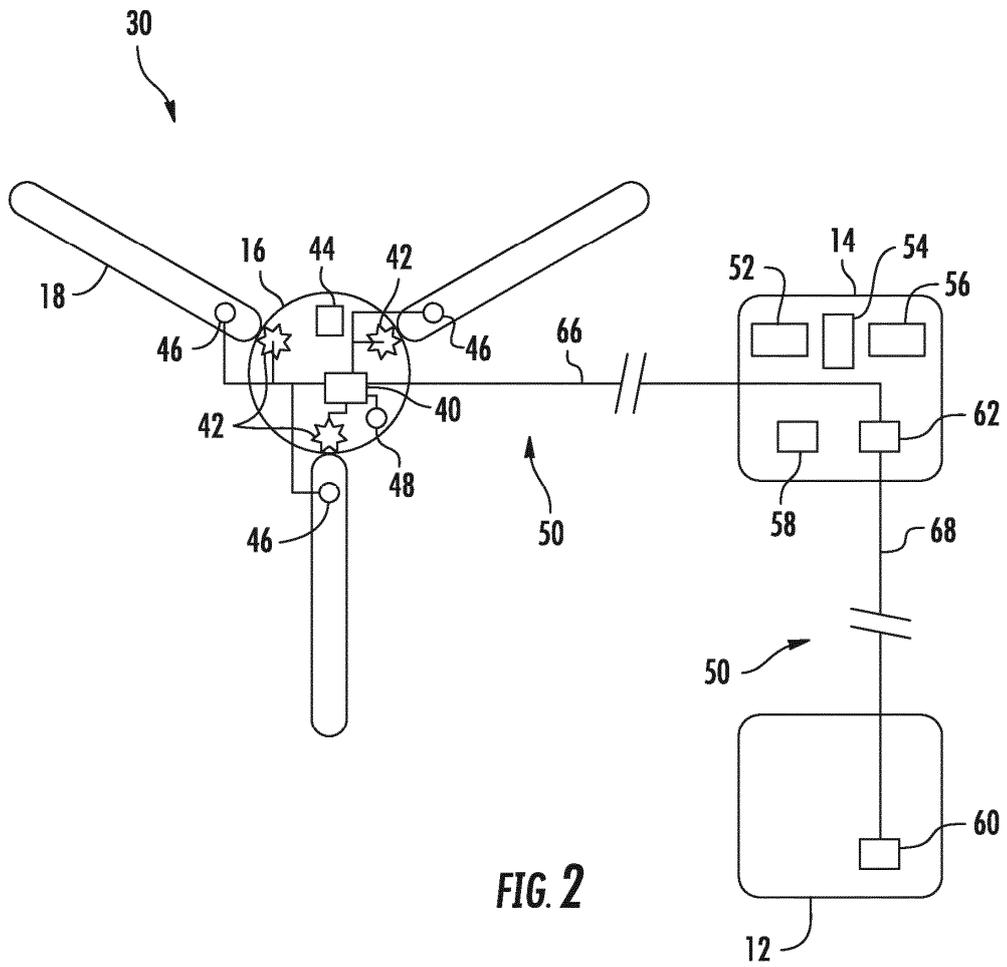


FIG. 2

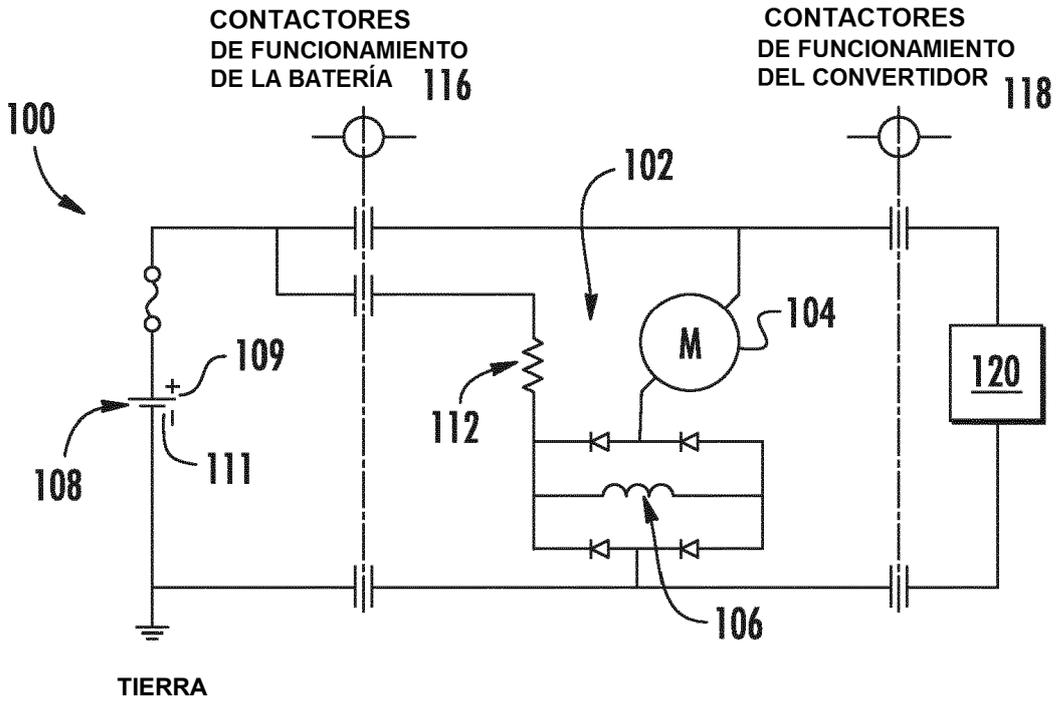


FIG. 3

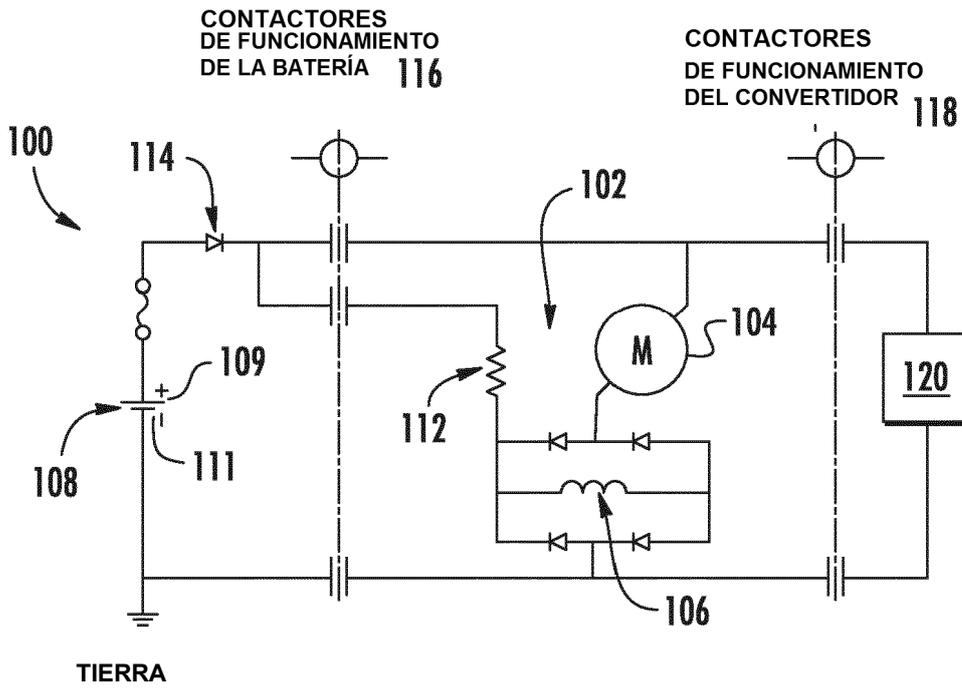


FIG. 4

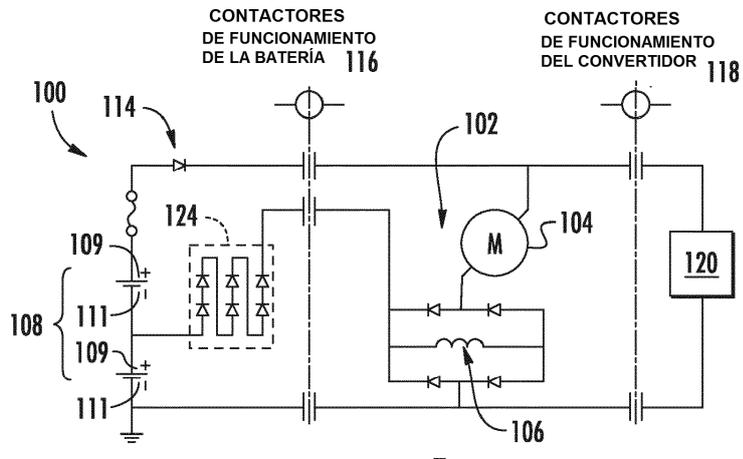


FIG. 5

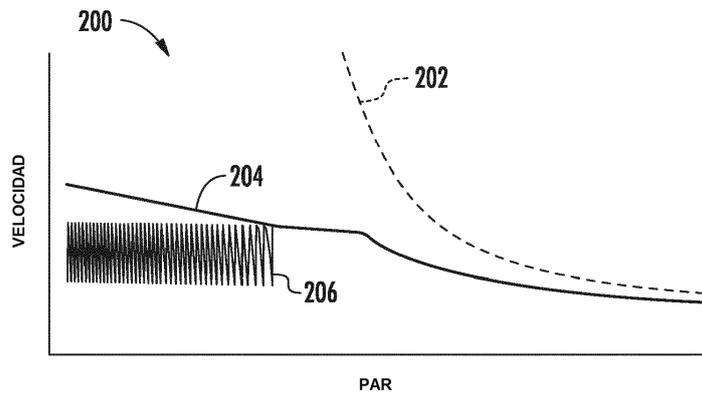


FIG. 6

