

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 909 373**

51 Int. Cl.:

F03D 7/02

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.10.2018** **E 18198193 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.01.2022** **EP 3470670**

54 Título: **Sistema y método para operar turbinas eólicas para evitar la entrada en pérdida mientras opera con reducción de potencia**

30 Prioridad:

10.10.2017 US 201715728534

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

06.05.2022

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**MARWAHA, MONIKA;
SCHUELL, NADINE;
SONI, PRANAV y
TORBOHM, GERT**

74 Agente/Representante:

FORTEA LAGUNA, Juan José

ES 2 909 373 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 método para operar turbinas eólicas para evitar la entrada en pérdida mientras opera con reducción de potencia

[0001] La presente invención se refiere, en general, a las turbinas eólicas y, más concretamente, a los sistemas y métodos para operar turbinas eólicas para evitar la entrada en pérdida ("stall") mientras opera con reducción de potencia ("derating").

[0002] La potencia eólica está considerada como una de las fuentes de energía más limpias y respetuosas con el medio ambiente que existen en la actualidad, y las turbinas eólicas han ganado cada vez más atención en este sentido. Una turbina eólica moderna suele incluir una torre, un generador, una multiplicadora, una góndola y un rotor. El rotor suele incluir un buje giratorio con una o más palas unidas a él. Un rodamiento de pitch está típicamente configurado de forma operativa entre el buje y la pala del rotor para permitir la rotación alrededor de un eje de pitch. Las palas del rotor capturan la energía cinética del viento utilizando los principios conocidos de los perfiles alar. Las palas del rotor transmiten la energía cinética en forma de energía rotativa para hacer girar un eje que acopla las palas del rotor a una multiplicadora o, si no se utiliza una multiplicadora, directamente al generador. El generador convierte entonces la energía mecánica en energía eléctrica que puede ser enviada a una red de suministro.

[0003] La potencia de salida del generador aumenta con la velocidad del viento hasta que ésta alcanza la velocidad nominal de la turbina. A partir de la velocidad nominal del viento, el generador opera a una potencia nominal. La potencia nominal es una potencia de salida a la que el generador puede operar con un nivel de fatiga o carga extrema para los componentes de la turbina que está predeterminado como aceptable. A velocidades del viento superiores a una determinada velocidad, típicamente denominada "límite de desconexión" ("trip limit") o "límite de consigna de monitorización" ("monitor set point limit"), la turbina eólica puede implementar una acción de control, como la desconexión o la operación con reducción de potencia de la turbina eólica con el fin de proteger los componentes de la turbina eólica de daños. El documento US 2013/010 8443 A1 se refiere a métodos para operar una turbina eólica. El documento US 2015/015 9625 A1 se refiere a un método para controlar un sistema de turbina eólica. Ameet Deshpande et al., 2012 IEEE Power and Energy Society General Meeting, se refiere a las consideraciones de diseño del controlador de la turbina eólica para mejorar el seguimiento de la reducción del nivel del parque eólico.

[0004] También pueden existir casos adicionales en los que una turbina eólica deba ser operada con reducción de potencia.

[0005] Esta operación con reducción de potencia se consigue normalmente reduciendo las consignas de par o de velocidad de la turbina eólica. Por ejemplo, si un sistema de control de la carga de la turbina no funciona (por ejemplo, debido a la instalación, el mantenimiento, la reparación y/o la sustitución), se debe operar la turbina eólica con reducción de potencia para mitigar las cargas. Aunque la reducción de la velocidad puede mitigar las cargas, dicha reducción también puede provocar la entrada en pérdida, especialmente en condiciones de baja densidad de aire. Por consiguiente, en la materia se desearía disponer de sistemas y métodos para operar turbinas eólicas con el fin de evitar entrar en pérdida durante la reducción de velocidad.

[0006] Diversos aspectos y ventajas de la invención se expondrán en parte en la siguiente descripción, o pueden desprenderse de ella.

[0007] En un aspecto, la presente divulgación se dirige a un método para operar una turbina eólica para evitar la entrada en pérdida mientras la misma es operada con reducción de potencia según la reivindicación del método independiente. El método incluye proporcionar un ajuste de pitch inicial para una o más palas del rotor de la turbina eólica. Además, el método incluye operar la turbina eólica basándose en una curva de potencia nominal con la una o más palas del rotor fijadas en el ajuste de pitch inicial. Además, el método incluye la identificación de al menos una condición de la turbina eólica que es indicativa de la entrada en pérdida, en la que la al menos una condición comprende al menos una condición ambiental, la al menos una condición ambiental comprendiendo la densidad del aire. El método también incluye operar la turbina eólica con reducción de potencia, que comprende la reducción de una consigna de velocidad de la turbina eólica. Además, el método incluye modificar el ajuste de pitch inicial a un ajuste de pitch actualizado cuando se identifica la al menos una condición.

[0008] En una realización, la(s) condición(es) de la turbina eólica puede incluir además una condición de funcionamiento de la misma. En otras realizaciones, la(s) condición(es) de la turbina eólica puede(n) ser supervisada(s) a través de uno o más sensores. Más concretamente, en una realización, la(s) condición(es) ambiental(es) puede(n) incluir además el vapor en aire, la humedad, la presión o la temperatura. En tales realizaciones, el método puede incluir la modificación del ajuste de pitch inicial al ajuste de pitch actualizado cuando la densidad del aire está por debajo de un umbral predeterminado.

[0009] En otras realizaciones, las condiciones operación de la turbina eólica pueden incluir una condición del

sistema de sensores. En tales realizaciones, el método puede incluir además la modificación del ajuste de pitch inicial al ajuste de pitch actualizado cuando la condición del sistema de sensores de la turbina eólica indica un fallo.

[0010] En otra realización, la etapa de reducir la potencia de la turbina eólica puede incluir la reducción de una consigna de par de la turbina eólica. En varias realizaciones, la etapa de modificar el ajuste de pitch inicial al ajuste de pitch actualizado puede incluir el pitch de una o más palas del rotor a bandera.

[0011] En otras realizaciones, el método puede incluir la determinación del ajuste de pitch actualizado basándose en al menos una de potencia o empuje de la turbina eólica. En otras realizaciones, el método puede incluir también la modificación del ajuste de pitch inicial al ajuste de pitch actualizado mediante al menos una de una tabla o una función.

[0012] La presente invención está dirigida a un método para operar una turbina eólica con el fin de evitar la entrada en pérdida mientras la misma es operada con reducción de potencia.

[0013] La presente invención se dirige también a un sistema para operar una turbina eólica para evitar la entrada en pérdida mientras la misma es operada con reducción de potencia según la reivindicación del sistema independiente.

[0014] Varias características, aspectos y ventajas de la presente invención se entenderán mejor con referencia a la siguiente descripción y a las reivindicaciones adjuntas. Los dibujos adjuntos, que se incorporan a esta especificación y forman parte de ella, ilustran las realizaciones de la invención y, junto con la descripción, sirven para explicar los principios de la misma.

[0015] En los dibujos:

La FIG. 1 ilustra una vista en perspectiva de una turbina eólica según la presente divulgación;

La FIG. 2 ilustra una vista interior simplificada de una góndola de una turbina eólica;

La FIG. 3 ilustra un diagrama esquemático de una realización de un controlador según la presente divulgación;

La FIG. 4 ilustra un diagrama de flujo de una realización de un método de operación de una turbina eólica para evitar la entrada en pérdida mientras la misma es operada con reducción de potencia según la presente divulgación; y

La FIG. 5 ilustra un diagrama de flujo de otra realización de un método de operación de una turbina eólica para evitarla entrada en pérdida mientras la misma es operada con reducción de potencia según la presente divulgación.

[0016] A continuación, se hará referencia en detalle a las realizaciones de la invención, uno o más ejemplos de las cuales se ilustran en los dibujos. Cada ejemplo se proporciona a modo de explicación de la invención, no de limitación de la misma. De hecho, será evidente para los expertos en la materia que pueden realizarse diversas modificaciones y variaciones sin apartarse del alcance de la invención. Por lo tanto, se pretende que la presente invención abarque las modificaciones y variaciones que entren en el ámbito de las reivindicaciones adjuntas

[0017] Refiriéndonos ahora a los dibujos, la FIG. 1 ilustra una vista en perspectiva de una realización de una turbina eólica 10 según la presente divulgación. Como se muestra, la turbina eólica 10 incluye generalmente una torre 12 que se extiende desde una superficie de apoyo 14, una góndola 16 montada en la torre 12, y un rotor 18 acoplado a la góndola 16. El rotor 18 incluye un buje giratorio 20 y al menos una pala del rotor 22 acoplada y que se extiende hacia el exterior desde el buje 20. Por ejemplo, en la realización ilustrada, el rotor 18 incluye tres palas 22. Sin embargo, en una realización alternativa, el rotor 18 puede incluir más o menos de tres palas 22. Cada pala 22 del rotor puede estar espaciada alrededor del buje 20 para facilitar la rotación del rotor 18 y permitir que la energía cinética se transfiera del viento a energía mecánica utilizable y, posteriormente, a energía eléctrica. Por ejemplo, el buje 20 puede estar acoplado de forma rotativa a un generador eléctrico 24 (FIG. 2) colocado dentro de la góndola 16 para permitir la producción de energía eléctrica.

[0018] La turbina eólica 10 también puede incluir un controlador de turbina eólica 26 centralizado dentro de la góndola 16. Por ejemplo, como se muestra, el controlador de la turbina 26 está situado en el armario superior 48. Sin embargo, en otras realizaciones, el controlador 26 puede estar situado dentro de cualquier otro componente de la turbina eólica 10 o en un lugar externo a la turbina eólica 10. Además, el controlador 26 puede estar acoplado comunicativamente a cualquier número de componentes de la turbina eólica 10 para controlar la operación de dichos componentes y/o implementar una acción de corrección. Como tal, el controlador 26 puede incluir un ordenador u otra unidad de procesamiento adecuada. Así, en varias realizaciones, el controlador 26 puede incluir instrucciones adecuadas legibles por ordenador que, cuando se implementan, configuran el controlador 26 para realizar varias funciones diferentes, como recibir, transmitir y/o ejecutar señales de control de la turbina eólica. En consecuencia, el controlador 26 puede estar configurado generalmente para controlar los distintos modos de funcionamiento (por ejemplo, las secuencias de arranque o de parada), la reducción o el aumento de la velocidad de la turbina eólica, y/o los componentes individuales de la turbina eólica 10.

[0019] Refiriéndonos ahora a la FIG. 2, se ilustra una vista interna simplificada de una de las formas de realización de la góndola 16 de la turbina eólica 10 mostrada en la FIG. 1. Como se muestra, un generador 24 puede estar dispuesto dentro de la góndola 16. En general, el generador 24 puede estar acoplado al rotor 18 para producir potencia eléctrica a partir de la energía de rotación generada por el rotor 18. Por ejemplo, como se muestra en la realización ilustrada, el rotor 18 puede incluir un eje rotor 34 acoplado al buje 20 para su rotación. El eje del rotor 34 puede, a su vez, estar acoplado de forma giratoria a un eje del generador 36 del generador 24 a través de una multiplicadora 38. Como se entiende generalmente, el eje del rotor 34 puede proporcionar una entrada de baja velocidad y alto par a la multiplicadora 38 en respuesta a la rotación de las palas del rotor 22 y el buje 20. La multiplicadora 38 puede entonces estar configurada para convertir la entrada de baja velocidad y alto par en una salida de alta velocidad y bajo par para accionar el eje del generador 36 y, por tanto, el generador 24.

[0020] Siguiendo con la FIG. 2, cada pala del rotor 22 puede incluir también un mecanismo de ajuste del pitch 32 configurado para girar cada pala del rotor 22 alrededor de su eje de pitch 28. Además, cada mecanismo de ajuste del pitch 32 puede incluir un motor de accionamiento del pitch 40 (por ejemplo, cualquier motor eléctrico, hidráulico o neumático adecuado), una multiplicadora de accionamiento de pitch 42 y un piñón de accionamiento del pitch 44. En tales realizaciones, el motor de accionamiento de pitch 40 puede estar acoplado a la multiplicadora de accionamiento de pitch 42, de modo que el motor de accionamiento de pitch 40 imparte fuerza mecánica a la multiplicadora de accionamiento de pitch 42. Del mismo modo, la multiplicadora de accionamiento de pitch 42 puede estar acoplada al piñón de accionamiento de pitch 44 para su rotación. El piñón de accionamiento de pitch 44 puede, a su vez, estar en contacto con un rodamiento de pitch 46 acoplado entre el buje 20 y una pala del rotor 22 correspondiente, de modo que la rotación del piñón de accionamiento de pitch 44 provoca la rotación del rodamiento de pitch 46. Así, en tales realizaciones, la rotación del motor de accionamiento de pitch 40 acciona la multiplicadora de accionamiento de pitch 42 y el piñón de accionamiento de pitch 44, girando así el rodamiento de pitch 46 y la pala del rotor 22 alrededor del eje de pitch 28. Del mismo modo, la turbina eólica 10 puede incluir uno o más mecanismos de accionamiento de orientación 66 acoplados de forma comunicativa al controlador 26, estando cada uno de los mecanismos de accionamiento de orientación 66 configurado para cambiar el ángulo de la góndola 16 con respecto a la dirección del viento 30 (por ejemplo, mediante el acoplamiento de un rodamiento de orientación 68 de la turbina eólica 10 para hacer girar la góndola alrededor de un eje de orientación 67 (FIG. 1)).

[0021] La turbina eólica 10 también puede incluir un sistema de sensores 64 que tenga uno o más sensores 48, 50, 52, 54 para medir diversos parámetros de funcionamiento, de viento y/o ambientales de la turbina eólica 10. Por ejemplo, como se muestra en la FIG. 2, un(os) sensor(es) 48 puede(n) estar situado(s) en el buje 20 para medir las cargas del buje de la turbina eólica 10. Además, puede haber uno o varios sensores 50 en una o varias palas del rotor 22 para medir las cargas de las mismas. Además, puede haber uno o varios sensores 54 en la torre 12 de la turbina eólica 10 para medir las cargas de la misma. Además, la turbina eólica 10 puede incluir uno o más sensores de viento o ambientales 52 para medir diversos parámetros de viento y/o ambientales de la turbina eólica 10. Por ejemplo, dicho(s) parámetro(s) puede(n) incluir las ráfagas de viento, la velocidad del viento, la dirección del viento, la aceleración del viento, la turbulencia del viento, la variación de la velocidad del viento con la altura ("wind shear"), la variación de la dirección del viento con la altura ("wind veer"), la estela o similares, así como la densidad del aire, el vapor en aire, la humedad, la presión, la temperatura o cualquier otra condición ambiental.

[0022] En realizaciones alternativas, los sensores 48, 50, 52, 54 pueden ser cualquier otro sensor adecuado capaz de medir los parámetros de funcionamiento y/o de viento de la turbina eólica 10. Por ejemplo, los sensores pueden ser acelerómetros, sensores de presión, sensores de ángulo de ataque, sensores de vibración, sensores MIMU, sistemas de cámaras, sistemas de fibra óptica, anemómetros, paletas de viento, sensores de detección sónica y alcance (SODAR), láseres de infrarrojos, radiómetros, tubos pitot, radiosondas, otros sensores ópticos y/o cualquier otro sensor adecuado. Debe apreciarse que, tal como se utiliza aquí, el término "monitorizar" y sus variaciones indican que los diversos sensores de la turbina eólica pueden estar configurados para proporcionar una medición directa de los parámetros que se están monitorizando o una medición indirecta de dichos parámetros. Así, los sensores 48, 50, 52, 54 pueden, por ejemplo, utilizarse para generar señales relacionadas con el parámetro que se está supervisando, que luego pueden ser utilizadas por el controlador 26 para determinar la condición real.

[0023] Refiriéndose específicamente a la FIG. 3, se ilustra un diagrama de bloques de una realización del controlador 26 según la presente divulgación. Como se muestra, el controlador 26 puede incluir uno o más procesadores 56 y dispositivos de memoria asociados 58 configurados para realizar una variedad de funciones implementadas por ordenador (por ejemplo, realizar los métodos, etapas, cálculos y similares y almacenar los datos pertinentes según la presente divulgación). Además, el controlador 26 puede incluir también un módulo de comunicaciones 60 para facilitar las comunicaciones entre el controlador 26 y los diversos componentes de la turbina eólica 10. Además, el módulo de comunicaciones 60 puede incluir una interfaz de sensor 62 (por ejemplo, uno o más convertidores analógico-digitales) para permitir que las señales transmitidas desde los sensores 48, 50, 52, 54 se conviertan en señales que puedan ser entendidas y procesadas por los procesadores 56. Debe apreciarse que los sensores 48, 50, 52, 54 pueden estar acoplados comunicativamente al módulo de comunicaciones 60 utilizando cualquier medio adecuado. Por ejemplo, como se muestra en la FIG. 3, los sensores 48, 50, 52, 54 están acoplados a la interfaz de sensores 62 mediante una conexión por cable. Sin embargo, en

otras realizaciones, los sensores 48, 50, 52, 54 pueden acoplarse a la interfaz de sensores 62 a través de una conexión inalámbrica, como por ejemplo utilizando cualquier protocolo de comunicación inalámbrica adecuado conocido en la materia. Como tal, el procesador 56 puede estar configurado para recibir una o más señales de los sensores 48, 50, 52, 54.

[0024] Tal y como se utiliza en este documento, el término "procesador" se refiere no sólo a los circuitos integrados mencionados en la materia como incluidos en un ordenador, sino también a un controlador, un microcontrolador, un microordenador, un controlador lógico programable (PLC), un circuito integrado de aplicación específica y otros circuitos programables. Además, el (los) dispositivo(s) de memoria 58 puede(n) comprender generalmente elementos de memoria que incluyan, entre otros, un medio legible por ordenador (por ejemplo, una memoria de acceso aleatorio (RAM)), un medio no volátil legible por ordenador (por ejemplo, una memoria flash), un disquete, una memoria de sólo lectura de disco compacto (CD-ROM), un disco magneto-óptico (MOD), un disco versátil digital (DVD) y/o otros elementos de memoria adecuados. Dicho(s) dispositivo(s) de memoria 58 puede(n) estar generalmente configurado(s) para almacenar instrucciones adecuadas legibles por ordenador que, cuando son implementadas por el(los) procesador(es) 58, configuran el controlador 26 para realizar diversas funciones que incluyen, pero no se limitan a, la estimación de uno o más parámetros de viento de la turbina eólica 10 en base a la pluralidad de datos de funcionamiento, la transmisión de señales de control adecuadas para implementar acciones de control en respuesta a la detección de condiciones de viento transitorias y varias otras funciones adecuadas implementadas por ordenador.

[0025] Refiriéndose ahora a las FIGS. 4-5, se ilustran varios diagramas de flujo de métodos para operar la turbina eólica 10 para evitar la entrada en pérdida durante la reducción de potencia de la misma. Más específicamente, como se muestra en la FIG. 4 en 102, el método 100 incluye proporcionar un ajuste de pitch inicial para una o más palas del rotor 22 de la turbina eólica 10. Por ejemplo, el ajuste de pitch inicial se establece generalmente más cerca de una posición de potencia (es decir, entre unos -10 grados y unos 0 grados). Como se muestra en 104, el método 100 incluye el funcionamiento de la turbina eólica 10 basándose en una curva de potencia nominal con la(s) pala(s) del rotor 22 fijada(s) en el ajuste de pitch inicial.

[0026] Como se muestra en el punto 106, el método 100 incluye la identificación de al menos una condición de la turbina eólica 10 que sea indicativa de la entrada pérdida. Según la invención, la al menos una condición comprende al menos una condición ambiental, la al menos una condición ambiental comprendiendo la densidad del aire.

[0027] Más concretamente, en una realización, las condiciones de la turbina eólica 10 pueden incluir las condiciones ambientales y de funcionamiento de la misma. Además, como se ha mencionado, dichas condiciones pueden controlarse mediante los sensores 48, 50, 52, 54. La(s) condición(es) ambiental(es) aquí descrita(s) incluye(n) la densidad del aire, y puede(n) incluir además el vapor en aire, la humedad, la presión, la temperatura o cualquier otra condición ambiental. Además, la(s) condición(es) de funcionamiento de la turbina eólica 10 puede incluir cualquier parámetro operativo adecuado de la misma. En una realización, por ejemplo, la condición de funcionamiento puede corresponder a una condición del sistema de sensores 64.

[0028] Refiriéndose aún a la FIG. 4, tal como se muestra en el punto 108, el método 100 también incluye la reducción de potencia de la turbina eólica 10 para permitir que las cargas que actúan sobre o más de los componentes de la turbina eólica se reduzcan o se controlen de otro modo. Según la invención, la reducción de potencia de la turbina eólica 10 comprende la reducción de una consigna de velocidad de la turbina eólica 10. La reducción de potencia puede incluir además una combinación de reducción de la velocidad y de par.

[0029] En otra realización, se puede operar la turbina eólica 10 con reducción de potencia temporalmente modificando la demanda de par en el generador 24. En general, la demanda de par puede modificarse utilizando cualquier método, proceso, estructura y/o medio adecuado conocido en la materia. Por ejemplo, en una realización, la demanda de par en el generador 24 puede controlarse utilizando el controlador 26 mediante la transmisión de una señal/comando de control adecuada al generador 24 con el fin de modular el flujo magnético producido dentro del generador 24.

[0030] También se puede operar la turbina eólica 10 con reducción de potencia temporalmente mediante la orientación de la góndola 16 para cambiar el ángulo de la góndola 16 con respecto a la dirección del viento 30. En otras realizaciones, el controlador 26 puede estar configurado para accionar uno o más frenos mecánicos o activar un elemento modificador del flujo de aire en una pala del rotor para reducir la velocidad de rotación y/o la carga de las palas del rotor 14, reduciendo así la carga de los componentes. En otras realizaciones, el controlador 26 puede estar configurado para realizar cualquier acción de control apropiada conocida en la materia. Además, el controlador 26 puede implementar una combinación de dos o más acciones de control.

[0031] Refiriéndose aún a la FIG. 4, como se muestra en 110, el método 100 incluye la modificación del ajuste de pitch inicial a un ajuste de pitch actualizado cuando se identifican las condiciones monitorizadas. De este modo, la reducción de potencia de la turbina eólica 10 no provoca la entrada en pérdida como la que se observa en los sistemas de control de la técnica anterior debido a los ajustes de pitch actualizados. En una realización, los ajustes

de pitch actualizados pueden cambiar con la potencia, el empuje estimado y/o las cargas estimadas. Por ejemplo, en una realización, los sensores 48, 50, 52, 54 pueden determinar que existen ciertas condiciones meteorológicas frías o se puede recibir un mensaje de fallo del sistema de sensores 64, y ambos pueden presentar situaciones propensas a entrar en pérdida. Tal y como se utiliza en este documento, la "entrada en pérdida" de las palas de una turbina eólica se refiere generalmente al fenómeno que se produce cuando la capa límite se separa más cerca del borde de ataque de la pala del rotor (en lugar del borde de salida) provocando así una estela que fluye sobre la superficie superior del perfil alar que reduce la sustentación y aumenta el arrastre. De este modo, el uso de diferentes ajustes de pitch en zonas en las que la turbina eólica 10 es propensa a entrar en pérdida, mientras se reduce la potencia mediante la velocidad mantiene el ángulo de ataque menor que el ángulo de ataque de entrada en pérdida. En otras realizaciones, el método 100 puede incluir además la modificación del ajuste de pitch inicial al ajuste de pitch actualizado cuando el estado del sistema de sensores 64 de la turbina eólica 10 indica un fallo (es decir, el sistema de sensores 64 no está operativo y no se pueden detectar las cargas).

[0032] Más concretamente, en una realización, el método 100 puede incluir la modificación del ajuste de pitch inicial al ajuste de pitch actualizado cuando la densidad del aire está por debajo de un umbral predeterminado. En otras realizaciones, el método 100 puede incluir la modificación del ajuste de pitch inicial al ajuste de pitch actualizado cuando la temperatura ambiente es baja, por ejemplo, de unos -30°C a unos 15°C. En tales condiciones, el controlador 26 está configurado para modificar el ángulo de pitch de una o más de las palas del rotor 22 desde una posición de potencia hacia una posición bandera. Tal y como se utiliza en el presente documento, la posición de bandera de las palas del rotor 22 abarca generalmente el aumento de los ángulos de pitch de las mismas mediante la rotación de las palas 22 para que estén más cerca de ser paralelas al flujo de aire. Como tal, una pala del rotor totalmente en posición de bandera incluye ángulos de pitch cercanos a unos 90 grados con respecto al viento 30.

[0033] El controlador 26 puede estar configurado para modificar el ajuste de pitch inicial al ajuste de pitch actualizado de varias maneras. Por ejemplo, en una realización, el controlador 26 puede estar configurado para modificar el ajuste de pitch inicial al ajuste de pitch actualizado mediante una tabla o una función. En tales realizaciones, el pitch, en función de la potencia, el empuje o cualquier otro sensor estimado similar, puede introducirse en el controlador 26.

[0034] Refiriéndose ahora a la FIG. 5, se ilustra un diagrama de flujo de otra realización de un método 200 para el funcionamiento de la turbina eólica 10 con el fin de evitar la entrada en pérdida mientras se opera la misma con reducción de potencia. Como se muestra en 202, el método 200 incluye la supervisión de al menos una condición de la turbina eólica. Como se muestra en 204, el método 200 incluye la reducción de potencia de la turbina eólica 10, es decir, utilizando cualquiera de los métodos de reducción de potencia adecuados descritos en el presente documento. Como se muestra en 206, el método 200 también incluye la modificación de un ángulo de ataque de una o más de las palas del rotor 22 cuando la al menos una condición indica una probabilidad de entrar en pérdida. Por ejemplo, en una realización, el ángulo de ataque de las palas del rotor 22 puede modificarse mediante el pitch de las palas del rotor 22 hacia una posición de bandera durante el funcionamiento normal.

[0035] También debe apreciarse que una ventaja de la presente invención es que el sistema y el método pueden implementarse utilizando componentes existentes de la turbina eólica 10. De este modo, no es necesario que el usuario adquiera, instale y mantenga nuevos equipos. Además, el controlador 26 puede integrarse en un sistema de control más amplio, como, por ejemplo, pero sin limitarse a ello, un sistema de control de la turbina eólica, un sistema de control de la planta, un sistema de supervisión remota o combinaciones de los mismos.

[0036] Esta descripción escrita utiliza ejemplos para divulgar la invención, incluyendo el modo preferido, y también para permitir a cualquier persona experta en la materia practicar la invención, incluyendo la fabricación y el uso de cualquier dispositivo o sistema y la realización de cualquier método incorporado. El alcance patentable de la invención está definido por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un método (100) para operar una turbina eólica (10) con el fin de evitar una entrada en pérdida mientras la misma es operada con reducción de potencia, el método (100) comprende:

proporcionar (102) un ajuste inicial de pitch para una o más palas del rotor (22) de la turbina eólica (10); operar (104) la turbina eólica (10) basándose en una curva de potencia nominal con la una o más palas de rotor (22) fijadas en el ajuste de pitch inicial;

identificar (106) al menos una condición de la turbina eólica (10) que sea indicativa de la entrada en pérdida, en la que la al menos una condición comprende al menos una condición ambiental, comprendiendo la al menos una condición ambiental la densidad del aire;

operar (108) la turbina eólica (10) con reducción de potencia, comprendiendo una reducción de una consigna de velocidad de la turbina eólica (10); y

modificar (110) el ajuste de pitch inicial a un ajuste de pitch actualizado cuando se identifique la al menos una condición para que, mientras se opera con reducción de potencia, un ángulo de ataque de la una o más palas del rotor se mantenga menor que un ángulo de ataque de entrada en pérdida.
2. El método (100) de la reivindicación 1, en el que la al menos una condición comprende además una condición de operación de la turbina eólica (10).
3. El método (100) de cualquier reivindicación precedente, en el que la al menos una condición ambiental comprende además al menos una de las siguientes: vapor en aire, humedad, presión o temperatura.
4. El método (100) de cualquier reivindicación anterior, comprende además la modificación del ajuste de pitch inicial al ajuste de pitch actualizado cuando la densidad del aire está por debajo de un umbral predeterminado.
5. El método (100) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además la monitorización de al menos una condición de la turbina eólica (10) a través de uno o más sensores.
6. El método (100) de cualquiera de las reivindicaciones 3-5, cuando depende de la reivindicación 2, en el que la condición de funcionamiento de la turbina eólica (10) comprende una condición del sistema de sensores.
7. El método (100) de la reivindicación 6, que comprende además la modificación del ajuste de pitch inicial al ajuste de pitch actualizado cuando el estado del sistema de sensores de la turbina eólica (10) indica un fallo.
8. El método (100) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la modificación del ajuste de pitch inicial al ajuste de pitch actualizado comprende además el pitch de una o más palas del rotor (22) a bandera.
9. El método (100) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además la determinación del ajuste de pitch actualizado en función de al menos una de potencia o empuje de la turbina eólica (10).
10. El método (100) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además la modificación del ajuste de pitch inicial al ajuste de pitch actualizado a través de al menos una de una tabla o de una función.
11. Un sistema para operar una turbina eólica (10) con el fin de evitar una entrada en pérdida mientras la misma es operada con reducción de potencia, el sistema comprendiendo:

uno o más sensores configurados para identificar una condición de la turbina eólica (10) que sea indicativa de la entrada en pérdida, en la que la al menos una condición comprende al menos una condición ambiental, la al menos una condición ambiental comprendiendo la densidad del aire;

un procesador (56) acoplado comunicativamente a los uno o más sensores, el procesador (56) configurado para realizar operaciones, las operaciones comprendiendo:

proporcionar un ajuste inicial de pitch para una o más palas del rotor (22) de la turbina eólica (10); operar la turbina eólica (10) basándose en una curva de potencia nominal con la una o más palas del rotor (22) fijadas en el ajuste de pitch inicial;

operar la turbina eólica (10) con reducción de potencia, comprendiendo reducir una consigna de velocidad de la turbina eólica (10); y,

modificar el ajuste de pitch inicial a un ajuste de pitch actualizado cuando se identifique la al menos una condición para que, mientras se reduce la potencia, se mantenga un ángulo de ataque de la una o más palas de rotor menor que un ángulo de ataque de entrada en pérdida.

12. El sistema de la reivindicación 11, en el que la al menos una condición comprende además 2. una condición de funcionamiento de la turbina eólica (10).
13. El sistema de la reivindicación 11 o 12, en el que la al menos una condición ambiental comprende además al menos una de las siguientes: vapor en aire, humedad, presión o temperatura, y en el que la condición de operación de la turbina eólica (10) comprende una condición del sistema de sensores.
14. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 11 a 13, en el que las operaciones comprenden además la modificación del ajuste de pitch inicial al ajuste de pitch actualizado cuando la densidad del aire está por debajo de un umbral predeterminado y/o la modificación del ajuste de pitch inicial al ajuste de pitch actualizado cuando una condición del sistema de sensores de la turbina eólica (10) indica un fallo.

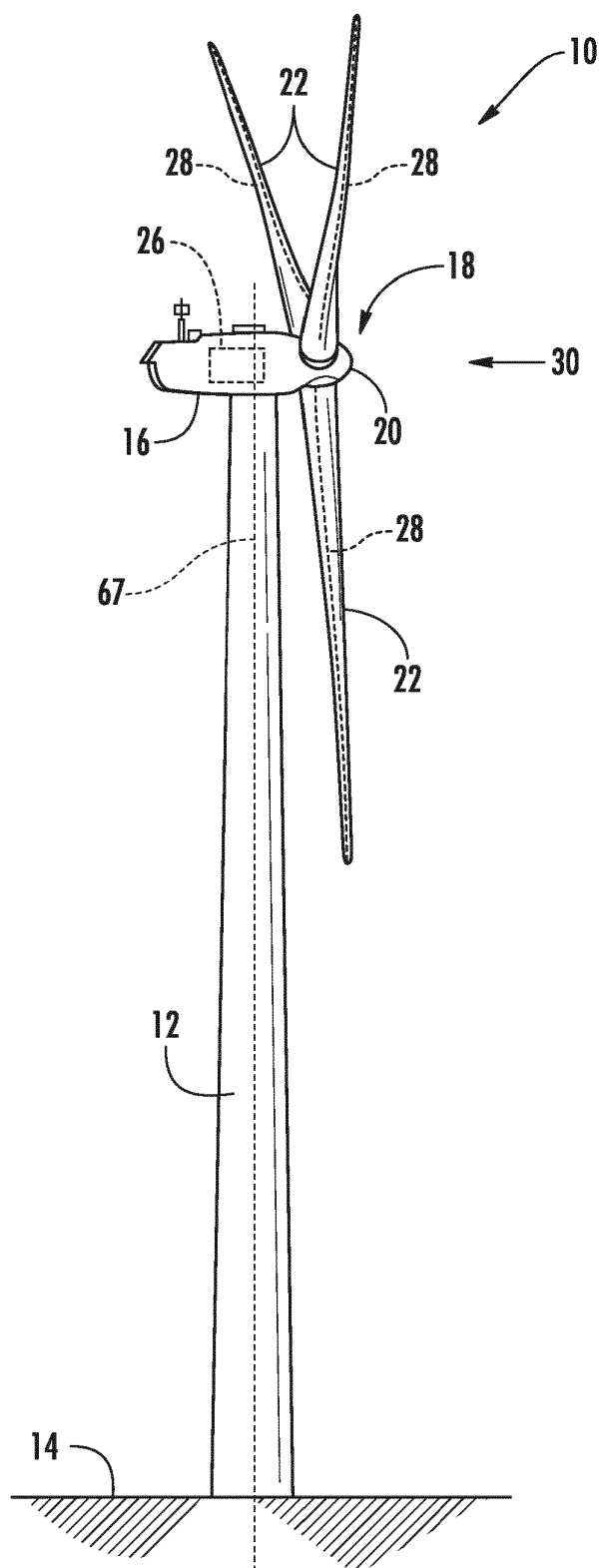
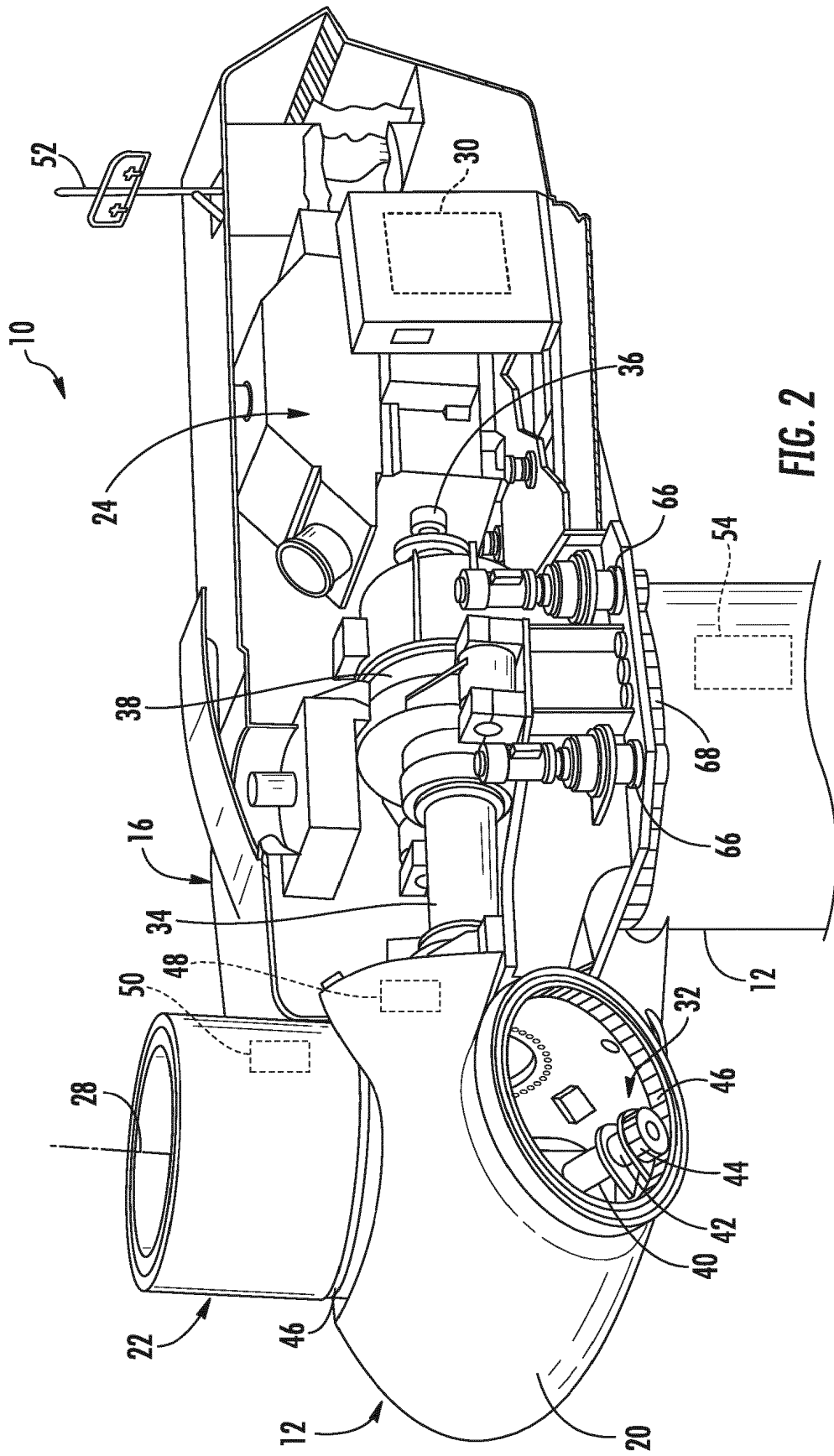


FIG. 1



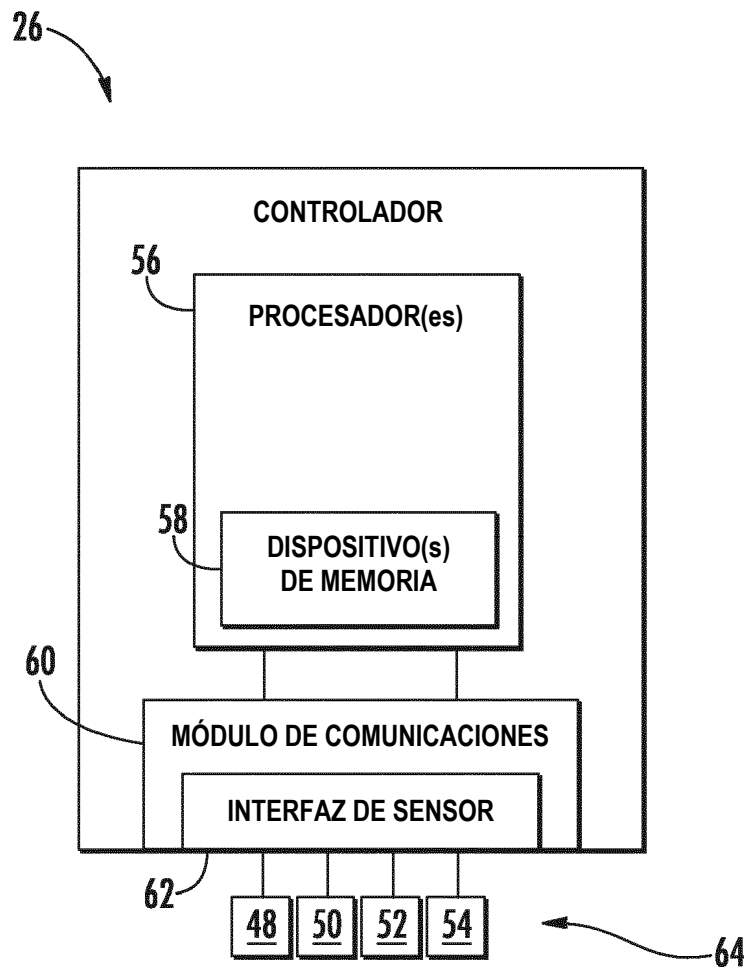


FIG. 3

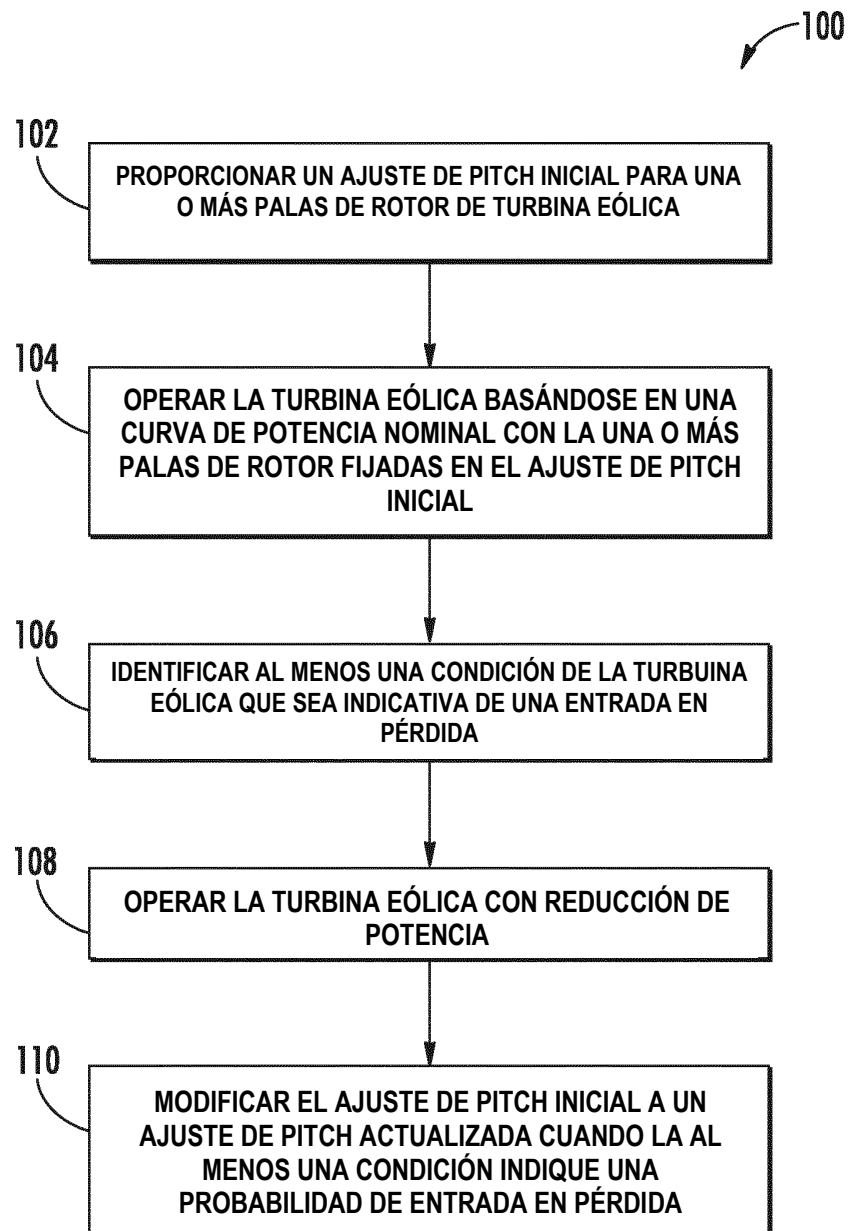


FIG. 4

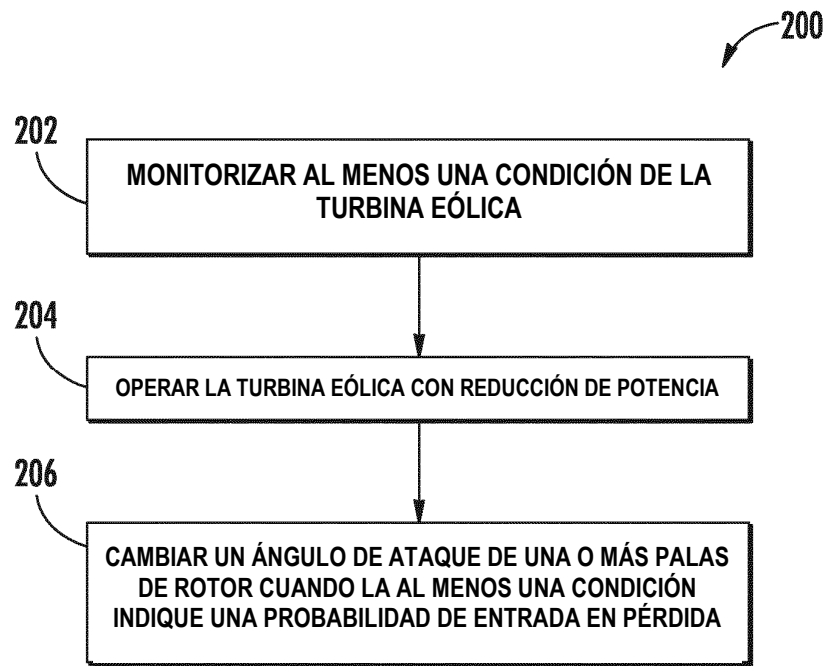


FIG. 5