

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 990 170**

51 Int. Cl.:

F03D 17/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.03.2019 E 19163737 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.06.2024 EP 3543523**

54 Título: **Sistema y procedimiento para someter a prueba un dispositivo de almacenamiento de energía de un sistema de pitch de turbina eólica**

30 Prioridad:

19.03.2018 US 201815924529

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

29.11.2024

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**HOFFMANN, TILL;
GONZALES CASTRO, JORGE y
MELIUS, JEFFREY ALAN**

74 Agente/Representante:

DE ROOIJ, Mathieu Julien

ES 2 990 170 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 someter a prueba un dispositivo de almacenamiento de energía de un sistema de *pitch* de turbina eólica

5

Campo

[0001] La presente divulgación se refiere, en general, a turbinas eólicas y, más en particular, a sistemas y procedimientos para someter a prueba un dispositivo de almacenamiento de energía, tal como una batería, de un sistema de *pitch* de una turbina eólica.

10

Antecedentes

[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, un generador, una caja de engranajes, una góndola y un rotor que incluye una o más palas de rotor. Las palas de rotor capturan energía cinética del viento usando principios de lámina conocidos y transmiten la energía cinética a través de energía rotativa para hacer girar un eje que acopla las palas de rotor a una caja de engranajes, o si no se usa una caja de engranajes, directamente al generador. A continuación, el generador convierte la energía mecánica en energía eléctrica que se puede distribuir en una red de suministro.

15

20

[0003] Durante la operación, la dirección del viento que propulsa la turbina eólica puede cambiar. La turbina eólica puede ajustar por tanto la góndola a través de, por ejemplo, un ajuste de orientación ("yaw adjustment") alrededor de un eje longitudinal de la torre para mantener la alineación con la dirección del viento. Además, la turbina eólica puede ajustar un ángulo de *pitch* de una o más de las palas de rotor por medio de un mecanismo de accionamiento de *pitch* ("pitch drive mechanism") que acciona un rodamiento de *pitch* ("pitch bearing") para cambiar el ángulo de las palas con respecto al viento.

25

[0004] Los mecanismos de accionamiento de *pitch* típicos incluyen un motor de accionamiento de *pitch*, una caja de engranajes de accionamiento de *pitch* y un piñón de accionamiento de *pitch* ("pitch drive pinion"). En dichas configuraciones, el motor de accionamiento de *pitch* está acoplado a la caja de engranajes de accionamiento de *pitch* de modo que el motor de accionamiento de *pitch* imparte fuerza mecánica a la caja de engranajes de accionamiento de *pitch*. De forma similar, la caja de engranajes de accionamiento de *pitch* puede estar acoplada al piñón de accionamiento de *pitch* para su rotación con el mismo. El piñón de accionamiento de *pitch* puede, a su vez, estar en acoplamiento rotativo con el rodamiento de *pitch* acoplado entre el buje y una pala de rotor correspondiente de modo que la rotación del piñón de accionamiento de *pitch* causa la rotación del rodamiento de *pitch*. Por tanto, en dichos modos de realización, la rotación del motor de accionamiento de *pitch* acciona la caja de engranajes de accionamiento de *pitch* y el piñón de accionamiento de *pitch*, haciendo rotar de este modo el rodamiento de *pitch* y la pala de rotor alrededor del eje de *pitch*. El documento EP 2 317 129 A2 se refiere a procedimientos para someter a prueba un sistema de control de *pitch* de turbina eólica. Una sola pala puede pasar a la posición de máxima potencia ("full power position"), de prácticamente cero grados de ángulo de *pitch*. El sistema de emergencia se puede activar para devolver la pala a aproximadamente 90 grados. La velocidad de *pitch* se puede medir en diversos puntos a medida que la pala se desplaza aproximadamente hasta los 90 grados. Las velocidades de *pitch* se pueden comparar con los límites.

30

35

40

45

[0005] Durante la operación normal, los motores de accionamiento de *pitch* se accionan mediante la potencia suministrada por la red. Sin embargo, en algunos casos, tal como durante un acontecimiento de red adverso, los motores de accionamiento de *pitch* se pueden accionar mediante una o más baterías de reserva. Si el *pitch* de las palas se basa en dichas baterías (es decir, debido a una pérdida en la red), es importante garantizar que las baterías sean capaces de operar cuando sea necesario. Sin embargo, con el tiempo, las baterías de motor de los mecanismos de accionamiento de *pitch* pierden su carga y, finalmente, se agotan. Por tanto, si dichas baterías se agotan sin previo aviso, la pala de rotor asociada a las baterías no operativas puede quedar atascada ya que no hay potencia disponible para realizar el *pitch* de la pala. En dichos casos, las cargas pueden incrementar en la pala de rotor atascada, causando de este modo daños a la misma.

50

55

[0006] Por tanto, las baterías se deben someter a prueba periódicamente para someter a prueba su capacidad y/o habilidad para hacer que las palas de rotor vuelvan a su posición de bandera ("feathered position") en caso de pérdida en la red u otras perturbaciones. Una manera habitual de realizar dichas pruebas es accionar las palas de rotor hasta un ángulo de pala de 0° mediante potencia de la red y, después, usar la potencia de las baterías (o condensadores o resortes) para los accionamientos. Por tanto, las palas de rotor vuelven a la posición de bandera extrayendo energía de las baterías. Durante este movimiento accionado por las baterías se miden el voltaje de las baterías/condensadores, así como la velocidad de *pitch*, y se usan como medida del estado de las baterías.

60

[0007] Sin embargo, en las palas de rotor modernas que tienen una gran precurvatura ("pre-bend") o curva, el centro de gravedad de la pala no está en el centro de rotación de la pala. Por lo tanto, las palas de rotor curvas se

65

pueden accionar únicamente por gravedad en determinadas posiciones de rotor sin que se requiera energía de las baterías para alcanzar la posición de bandera. En dichos casos, se puede considerar que la prueba ha tenido éxito incluso si la batería está totalmente inoperativa.

5 **[0008]** Por tanto, sería deseable un sistema y procedimiento que aborden las cuestiones mencionadas anteriormente. Más específicamente, con el cambio ("shift") del centro de gravedad, se introduce una fuerte dependencia entre la posición de pala real y el par de torsión de motor necesario para hacer que las palas vuelvan a su posición de bandera. Por consiguiente, la presente divulgación se refiere a sistemas y procedimientos para someter a prueba baterías de sistemas de *pitch* que tienen en cuenta la posición de rotor.

10

Breve descripción

15 **[0009]** Los aspectos y ventajas de la invención se expondrán, en parte, en la siguiente descripción, o pueden resultar evidentes a partir de la descripción, o se pueden aprender a través de la práctica de la invención. Los problemas del estado de la técnica se resuelven con procedimientos de acuerdo con las reivindicaciones de procedimiento independientes y un dispositivo de acuerdo con la reivindicación de sistema independiente.

20 **[0010]** En un aspecto, la presente divulgación se refiere a un procedimiento para someter a prueba la capacidad de al menos un dispositivo de almacenamiento de energía de un mecanismo de accionamiento de *pitch* para accionar una primera pala de rotor de una turbina eólica conectada a una red eléctrica de acuerdo con la reivindicación independiente 1. Un procedimiento incluye definir un intervalo de posiciones de rotor para implementar un primer procedimiento de prueba para el/los dispositivo(s) de almacenamiento de energía. Además, el procedimiento incluye monitorizar una posición de rotor de la primera pala de rotor. Cuando la posición de rotor de la primera pala de rotor entra en el intervalo de posiciones de rotor, el procedimiento incluye iniciar el primer procedimiento de prueba. El primer procedimiento de prueba incluye *pitchear* la primera pala de rotor por medio del/de los dispositivo(s) de almacenamiento de energía, medir al menos una condición operativa del/de los dispositivo(s) de almacenamiento de energía durante el *pitcheo* y determinar la capacidad del/de los dispositivo(s) de almacenamiento de energía para accionar la primera pala de rotor en base a la(s) condición(es) operativa(s) de la misma.

30

[0011] En un modo de realización, el procedimiento también incluye *pitchear* la primera pala de rotor hasta un primer ángulo de *pitch* por medio de la red eléctrica antes de *pitchear* la primera pala de rotor por medio del/de los dispositivo(s) de almacenamiento de energía. Por tanto, en otro modo de realización, la etapa de *pitchear* la primera pala de rotor por medio del/de los dispositivo(s) de almacenamiento de energía puede incluir *pitchear* la primera pala de rotor hacia un segundo ángulo de *pitch* diferente por medio del/de los dispositivo(s) de almacenamiento de energía.

35

[0012] En otros modos de realización, el procedimiento puede incluir determinar la velocidad de *pitch* de la primera pala de rotor durante el *pitcheo* de la primera pala de rotor hacia el segundo ángulo de *pitch* diferente por medio del/de los dispositivo(s) de almacenamiento de energía y determinar la capacidad del/de los dispositivo(s) de almacenamiento de energía para accionar la primera pala de rotor en base a la(s) condición(es) operativa(s) del/de los dispositivo(s) de almacenamiento de energía y la velocidad de *pitch*.

40

[0013] En varios modos de realización, el primer ángulo de *pitch* puede incluir un ángulo de *pitch* de potencia, mientras que el segundo ángulo de *pitch* puede incluir un ángulo de *pitch* de bandera. El intervalo de posiciones de rotor incluye posiciones de rotor en las que un par de torsión de motor de un motor de accionamiento de *pitch* del mecanismo de accionamiento de *pitch* actúa en contra de ("against") un umbral de gravedad predeterminado durante el *pitcheo* de la primera pala de rotor hacia el ángulo de *pitch* de bandera.

45

[0014] La etapa de definir el intervalo de posiciones de rotor incluye seleccionar posiciones de rotor que requieren una cantidad de energía igual o superior al umbral de gravedad predeterminado para *pitchear* la primera pala de rotor hacia el ángulo de *pitch* de bandera y excluir posiciones de rotor que requieren una cantidad de energía por debajo del umbral de gravedad predeterminado para *pitchear* la primera pala de rotor hacia el ángulo de *pitch* de bandera.

50

[0015] En modos de realización adicionales, la(s) condición(es) operativa(s) del/de los dispositivo(s) de almacenamiento de energía puede(n) incluir condiciones eléctricas, tales como voltaje de la batería, voltaje del condensador o similares, así como otras condiciones relacionadas con diversos sistemas de respaldo de energía, tales como resortes y/o o almacenamientos hidráulicos.

55

[0016] En varios modos de realización, después de iniciar el primer procedimiento de prueba, el procedimiento puede incluir cambiar el intervalo de posiciones de rotor en 120 grados para una segunda pala de rotor e iniciar un segundo procedimiento de prueba para la segunda pala de rotor. Además, después de iniciar el segundo procedimiento de prueba, el procedimiento puede incluir cambiar el intervalo de posiciones de rotor otros 120 grados para una tercera pala de rotor e iniciar un tercer procedimiento de prueba para la tercera pala de rotor.

60

65

[0017] Aún en otro modo de realización, el procedimiento puede incluir generar una señal de alarma si la capacidad del/de los dispositivo(s) de almacenamiento de energía para accionar la primera pala de rotor está por debajo de un determinado umbral.

5 [0018] En otro aspecto, la presente divulgación se refiere a un sistema para someter a prueba la capacidad de al menos un dispositivo de almacenamiento de energía de un mecanismo de accionamiento de *pitch* para accionar una primera pala de rotor de una turbina eólica conectada a una red eléctrica de acuerdo con la reivindicación independiente 10. Un sistema incluye al menos un sensor configurado para monitorizar una posición de rotor de la primera pala de rotor y un controlador acoplado de forma comunicativa al/a los sensor(es). El controlador incluye al menos un procesador configurado para realizar una o más operaciones, que incluyen, pero sin limitarse a, definir un intervalo de posiciones de rotor para implementar un primer procedimiento de prueba para el/los dispositivo(s) de almacenamiento de energía y, cuando la posición de rotor de la primera pala de rotor entra en el intervalo de posiciones de rotor, iniciar el primer procedimiento de prueba. El primer procedimiento de prueba incluye *pitchear* la primera pala de rotor hasta un primer ángulo de *pitch* por medio de la red eléctrica, *pitchear* la primera pala de rotor hacia un segundo ángulo de *pitch* diferente por medio del/de los dispositivo(s) de almacenamiento de energía, medir al menos una condición operativa del/de los dispositivo(s) de almacenamiento durante el *pitcheo* de la primera pala de rotor hacia el segundo ángulo de *pitch* diferente por medio del/de los dispositivo(s) de almacenamiento de energía, y determinar la capacidad del/de los dispositivo(s) de almacenamiento de energía para accionar la primera pala de rotor en base a la(s) condición(es) operativa(s) del/de los dispositivo(s) de almacenamiento de energía. También se debe entender que el sistema puede incluir además cualquiera de los rasgos característicos adicionales como se describe en el presente documento.

25 [0019] Aún en otro aspecto, la presente divulgación se refiere a un procedimiento para someter a prueba la capacidad de al menos un dispositivo de almacenamiento de energía de un mecanismo de accionamiento de *pitch* para accionar una pala de rotor de una turbina eólica conectada a una red eléctrica de acuerdo con la reivindicación independiente 13. El procedimiento incluye determinar una posición de rotor de la pala de rotor. El procedimiento también incluye *pitchear* la pala de rotor hacia una posición de potencia por medio de la red eléctrica. A continuación, el procedimiento incluye *pitchear* la pala de rotor hacia una posición de bandera por medio del/de los dispositivo(s) de almacenamiento de energía. Además, el procedimiento incluye medir al menos una condición operativa del/de los dispositivo(s) de almacenamiento de energía y la velocidad de *pitch* de la pala de rotor durante el *pitcheo*. Además, el procedimiento incluye determinar la capacidad del/de los dispositivo(s) de almacenamiento de energía para accionar la pala de rotor en base a la posición de rotor y las condición(es) operativa(s) del/de los dispositivo(s) de almacenamiento de energía y/o la velocidad de *pitch*. También se debe entender que el procedimiento puede incluir además cualquiera de los rasgos característicos y/o etapas adicionales como se describe en el presente documento.

40 [0020] Estos y otros rasgos característicos, aspectos y ventajas de la presente invención se entenderán mejor con referencia a la siguiente descripción y reivindicaciones adjuntas. Los dibujos adjuntos, que se incorporan en y constituyen una parte de esta memoria descriptiva, ilustran modos de realización de la invención y, conjuntamente con la descripción, sirven para explicar los principios de la invención. Los procedimientos y sistemas de acuerdo con la invención permiten someter a prueba baterías de manera fiable incluso en turbinas eólicas modernas. Tener en cuenta la posición de rotor y las fuerzas de gravedad que actúan sobre las palas de rotor, como se hace en los modos de realización de acuerdo con la invención, puede ayudar a mejorar la fiabilidad de la prueba.

45 **Breve descripción de los dibujos**

[0021] En la memoria descriptiva se expone una divulgación completa y suficiente de la presente invención, incluyendo el mejor modo de la misma, dirigida a un experto en la técnica, que hace referencia a las figuras adjuntas, en las que:

50 la FIG. 1 ilustra una vista en perspectiva de un modo de realización de una turbina eólica de acuerdo con la presente divulgación;

55 la FIG. 2 ilustra una vista interna en perspectiva de un modo de realización de una góndola de una turbina eólica de acuerdo con la presente divulgación;

la FIG. 3 ilustra un diagrama esquemático de un modo de realización de componentes adecuados que se pueden incluir en un controlador de turbina eólica de acuerdo con la presente divulgación;

60 la FIG. 4 ilustra un diagrama esquemático de un modo de realización de un sistema de *pitch* de una turbina eólica de acuerdo con la presente divulgación;

65 la FIG. 5 ilustra un diagrama de flujo de un modo de realización de un procedimiento para someter a prueba la capacidad de una batería de un mecanismo de accionamiento de *pitch* para accionar una pala de rotor de una turbina eólica conectada a una red eléctrica de acuerdo con la presente divulgación; y

la FIG. 6 ilustra un diagrama de flujo de otro modo de realización de un procedimiento para someter a prueba la capacidad de una batería de un mecanismo de accionamiento de *pitch* para accionar una pala de rotor de una turbina eólica conectada a una red eléctrica de acuerdo con la presente divulgación.

5 Descripción detallada

10 [0022] 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, para los expertos en la técnica resultará evidente que se pueden realizar diversas modificaciones y variaciones en la presente invención sin apartarse del alcance o espíritu de la invención. Por ejemplo, los rasgos característicos ilustrados o descritos como parte de un modo de realización se pueden usar 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 como dentro del alcance de las reivindicaciones equivalentes adjuntas.

15 [0023] En referencia ahora a los dibujos, la FIG. 1 ilustra una vista en perspectiva de un modo de realización de una turbina eólica 10 de acuerdo con la presente divulgación. Como se muestra, la turbina eólica 10 incluye una torre 12 que se extiende desde una superficie de soporte 14, una góndola 16 montada en la torre 12 y un rotor 18 acoplado a la góndola 16. El rotor 18 incluye un buje rotatorio 20 y al menos una pala de rotor 22 acoplada al buje 20 y que se extiende hacia afuera desde el mismo. Por ejemplo, en el modo de realización ilustrado, el rotor 18 incluye tres palas de rotor 22. Sin embargo, en un modo de realización alternativo, el rotor 18 puede incluir un número mayor o menor que tres palas de rotor 22. Cada pala de rotor 22 puede estar espaciada alrededor del buje 20 para facilitar la rotación del rotor 18 para permitir que la energía cinética del viento se convierta en energía mecánica utilizable y, posteriormente, en energía eléctrica. Por ejemplo, el buje 20 se puede acoplar de forma rotativa a un generador eléctrico 24 (FIG. 2) situado dentro de la góndola 16 para permitir que se produzca energía eléctrica.

20 [0024] En referencia ahora a la FIG. 2, se ilustra una vista interna simplificada de un modo de realización de la góndola 16 de la turbina eólica 10. Como se muestra, un generador 24 se puede disponer dentro de la góndola 16. En general, el generador 24 se puede acoplar al rotor 18 de la turbina eólica 10 para generar potencia eléctrica a partir de la energía de rotación generada por el rotor 18. Por ejemplo, el rotor 18 puede incluir un eje principal 40 acoplado al buje 20 para su rotación con el mismo. A continuación, el generador 24 se puede acoplar al eje principal 40 de modo que la rotación del eje principal 40 accione el generador 24. Por ejemplo, en el modo de realización ilustrado, el generador 24 incluye un eje de generador 42 acoplado de forma rotatoria al eje principal 40 a través de una caja de engranajes 44. Sin embargo, en otros modos de realización, se debe apreciar que el eje de generador 42 se puede acoplar de forma rotatoria directamente al eje principal 40. De forma alternativa, el generador 24 se puede acoplar de forma rotatoria directamente al eje principal 40.

25 [0025] Se debe apreciar que el eje principal 40 se puede sostener, en general, dentro de la góndola 16 mediante una trama de soporte o bancada 46 situada encima de la torre de turbina eólica 12. Por ejemplo, el eje principal 40 se puede sostener mediante la bancada 46 por medio de un par de bloques de almohada ("pillow blocks") 48, 50 montados en la bancada 46.

30 [0026] Como se muestra en la FIGS. 1 y 2, la turbina eólica 10 también puede incluir un sistema de control de turbina o un controlador de turbina 26 dentro de la góndola 16. Por ejemplo, como se muestra en la FIG. 2, el controlador de turbina 26 está dispuesto dentro de un armario de control 52 montado en una porción de la góndola 16. Sin embargo, se debe apreciar que el controlador de turbina 26 se puede disponer en cualquier localización sobre o en la turbina eólica 10, en cualquier localización en la superficie de soporte 14 o, en general, en cualquier otra localización. El controlador de turbina 26 se puede configurar, en general, para controlar los diversos modos operativos (por ejemplo, secuencias de arranque o de parada) y/o componentes de la turbina eólica 10.

35 [0027] Cada pala de rotor 22 también puede incluir un mecanismo de ajuste de *pitch* 32 configurado para hacer rotar cada pala de rotor 22 alrededor de su eje de *pitch* 34. Además, cada mecanismo de ajuste de *pitch* 32 puede incluir un controlador de *pitch* 30 (FIGS. 3 y 4), un motor de accionamiento de *pitch* 33 (por ejemplo, cualquier motor eléctrico, hidráulico o neumático adecuado), una caja de engranajes de accionamiento de *pitch* 35 y un piñón de accionamiento de *pitch* 37. En dichos modos de realización, el motor de accionamiento de *pitch* 33 se puede acoplar a la caja de engranajes de accionamiento de *pitch* 35 de modo que el motor de accionamiento de *pitch* 33 imparta fuerza mecánica a la caja de engranajes de accionamiento de *pitch* 35. De forma similar, la caja de engranajes de accionamiento de *pitch* 35 se puede acoplar al piñón de accionamiento de *pitch* 37 para su rotación con el mismo. El piñón de accionamiento de *pitch* 37 puede estar, a su vez, en acoplamiento rotatorio con un rodamiento de *pitch* 54 acoplado entre el buje 20 y una correspondiente pala de rotor 22 de modo que la rotación del piñón de accionamiento de *pitch* 37 provoca la rotación del rodamiento de *pitch* 54. Por tanto, en dichos modos de realización, la rotación del motor de accionamiento de *pitch* 33 acciona la caja de engranajes de accionamiento de *pitch* 35 y el piñón de accionamiento de *pitch* 37, rotando de este modo el rodamiento de *pitch* 54 y la pala de rotor 22 alrededor del eje de *pitch* 34. De forma similar, la turbina eólica 10 puede incluir uno o más mecanismos de accionamiento de orientación ("yaw drive mechanisms") 38 acoplados de forma comunicativa al controlador 26,

estando configurado cada mecanismo de accionamiento de orientación 38 para cambiar el ángulo de la góndola 16 con respecto al viento (por ejemplo, mediante el acoplamiento a un rodamiento de orientación ("yaw bearing") 56 de la turbina eólica 10).

5 **[0028]** Además, el controlador de turbina 26 también se puede acoplar de forma comunicativa a cada mecanismo de ajuste de *pitch* 32 de la turbina eólica 10 (uno de los cuales se muestra) a través de un controlador de *pitch* 30 separado o integrado (FIG. 1) para controlar y/o alterar el ángulo de *pitch* de las palas de rotor 22 (es decir, un ángulo que determine una perspectiva de las palas de rotor 22 con respecto a la dirección 28 del viento).

10 **[0029]** Además, como se muestra en la FIG. 2, uno o más sensores 57, 58, 59 se pueden proporcionar en la turbina eólica 10. Más específicamente, como se muestra, un sensor de pala 57 se puede configurar con una o más de las palas de rotor 22 para monitorizar las palas de rotor 22. Además, como se muestra, se puede proporcionar un sensor de viento 58 en la turbina eólica 10. Por ejemplo, el sensor de viento 58 puede ser una veleta, un anemómetro, un sensor LIDAR u otro sensor adecuado que mida la velocidad y/o la dirección del viento.
15 Además, un sensor de *pitch* 59 se puede configurar con cada mecanismo de accionamiento de *pitch* 32, por ejemplo con una o más baterías de los motores de accionamiento de *pitch* 33 de los mismos, lo que se analizará con más detalle a continuación. Como tales, los sensores 57, 58, 59 pueden estar, además, en comunicación con el controlador 26 y pueden proporcionar información relacionada al controlador 26. Por ejemplo, el/los sensor(es) de *pitch* 59 puede(n) corresponder a sensores de temperatura que envían señales de temperatura a los controladores 26, 30 para indicar una temperatura real de las baterías de *pitch*, lo que se describe con más detalle en el presente documento.

25 **[0030]** También se debe apreciar que, como se usa en el presente documento, el término "monitorizar" y las variaciones del mismo indican que los diversos sensores de la turbina eólica 10 se pueden configurar para proporcionar una medición directa de los parámetros que se monitorizan y/o una medición indirecta de dichos parámetros. Por tanto, se pueden usar los sensores descritos en el presente documento, por ejemplo, para generar señales relacionadas con el parámetro que se está monitorizando que, a continuación, se puede utilizar por el controlador 26 para determinar la condición.

30 **[0031]** En referencia ahora a la FIG. 3, se ilustra un diagrama de bloques de un modo de realización de componentes adecuados que se pueden incluir dentro de los controladores 26, 30 de acuerdo con la presente divulgación. Como se muestra, los controladores 26, 30 de la presente divulgación pueden incluir uno o más procesadores 60 y dispositivos de memoria asociados 62 configurados para realizar una variedad de funciones implementadas por ordenador (por ejemplo, realizar los procedimientos, etapas, cálculos y similares, y almacenar datos pertinentes como se divulga en el presente documento). Adicionalmente, los controladores 26, 30 también pueden incluir un módulo de comunicaciones 64 para facilitar las comunicaciones entre los controladores 26, 30 y los diversos componentes de la turbina eólica 10. Además, el módulo de comunicaciones 64 puede incluir una interfaz de sensor 66 (por ejemplo, uno o más convertidores de analógico a digital) para permitir que las señales transmitidas desde uno o más sensores 57, 58, 59 se conviertan en señales que los procesadores 60 puedan entender y procesar. Se debe apreciar que los sensores 57, 58, 59 pueden estar acoplados de forma comunicativa al módulo de comunicaciones 64 usando cualquier medio adecuado. Por ejemplo, como se muestra en la FIG. 3, los sensores 57, 58, 59 están acoplados a la interfaz de sensor 66 por medio de una conexión por cable. Sin embargo, en otros modos de realización, los sensores 57, 58, 59 se pueden acoplar a la interfaz de sensor 66 por medio de una conexión inalámbrica, tal como usando cualquier protocolo de comunicaciones inalámbricas adecuado conocido en la técnica.
45

[0032] 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 ("programmable logic controller" o PLC), un circuito integrado específico de la aplicación y otros circuitos programables. Adicionalmente, el/los dispositivo(s) de memoria 62 puede(n) comprender, en general, uno o más elementos de memoria, incluyendo, pero sin limitarse a, un medio legible por ordenador (por ejemplo, memoria de acceso aleatorio (RAM)), un medio no volátil legible por ordenador (por ejemplo, una memoria *flash*), un disquete, una memoria de solo lectura en disco compacto ("compact disc-read only memory" o CD-ROM), un disco magnetoóptico ("magneto-optical disk" o MOD), un disco versátil digital ("digital versatile disc" o DVD) y/u otros elementos de memoria adecuados. Dicho(s) dispositivo(s) de memoria 62 se puede(n) configurar, en general, para almacenar instrucciones legibles por ordenador adecuadas que, cuando se implementan por el/los procesador(es) 60, configuran el controlador 26 para que realice diversas funciones incluyendo, pero sin limitarse a, transmitir señales de control adecuadas para implementar una o más acciones correctivas en respuesta a una señal de distancia que excede un umbral predeterminado como se describe en el presente documento, así como otras diversas funciones adecuadas implementadas por ordenador.
50
55
60

[0033] En referencia ahora a la FIG. 4, se ilustra un diagrama esquemático de un modo de realización de un sistema de *pitch* general 70 para la turbina eólica 10. Más específicamente, como se muestra, el sistema de *pitch* 70 puede incluir una pluralidad de mecanismos de accionamiento de *pitch* 32, es decir, uno para cada eje de *pitch* 34, que se controlan por medio de uno o más controladores de *pitch* 30. Además, como se muestra, cada uno de
65

los controladores de *pitch* 30 se puede acoplar de forma comunicativa a la red eléctrica 45, así como a una o más baterías o dispositivos de almacenamiento de energía de reserva 72. Más específicamente, como se muestra, cada mecanismo de accionamiento de *pitch* 32 puede estar asociado a una pluralidad de baterías de reserva 72 que estén almacenadas en un armario para baterías 74.

[0034] Durante la operación normal de la turbina eólica 10, los motores de accionamiento de *pitch* 33 se accionan mediante la red eléctrica 45. Sin embargo, en algunos casos, tal como durante un acontecimiento de red adverso o pérdida en la red, los motores de accionamiento de *pitch* 33 se pueden accionar mediante una o más baterías de reserva 72. Si el *pitcheo* de las palas de rotor 22 se basa en dichas baterías 72 (es decir, debido a una pérdida en la red), es importante garantizar que las baterías 72 sean capaces de operar cuando sea necesario. Por tanto, el controlador de turbina 26 (o controlador de *pitch* 30) está configurado para realizar un procedimiento de prueba para someter a prueba una o más de las baterías 72 periódicamente para garantizar que las baterías 72 estén operando correctamente.

[0035] Más específicamente, como se muestra en la FIG. 5, se ilustra un diagrama de flujo de un modo de realización de un procedimiento 100 para someter a prueba la capacidad de al menos un dispositivo de almacenamiento de energía 72 de uno o más de los mecanismos de accionamiento de *pitch* 32 para accionar una de las palas de rotor 16. Como se muestra en 102, el procedimiento 100 incluye definir un intervalo de posiciones de rotor para implementar un primer procedimiento de prueba para el dispositivo de almacenamiento de energía 72. Como se muestra en 104, el procedimiento 100 incluye monitorizar una posición de rotor de la pala de rotor 16. Cuando la posición de rotor de la pala de rotor entra en el intervalo de posiciones de rotor, como se muestra en 106, el procedimiento 100 incluye iniciar un primer procedimiento de prueba 108. Por ejemplo, como se muestra en 110, el primer procedimiento de prueba incluye *pitchear* la pala de rotor 16 hasta un primer ángulo de *pitch* por medio de la red eléctrica 45. Como se muestra en 112, el procedimiento de prueba 108 también incluye *pitchear* la pala de rotor 16 hacia un segundo ángulo de *pitch* diferente por medio del dispositivo de almacenamiento de energía 72. En un modo de realización, el primer ángulo de *pitch* puede incluir un ángulo de *pitch* de potencia (es decir, más cercano a 0 grados), mientras que el segundo ángulo de *pitch* puede incluir un ángulo de *pitch* de bandera (es decir, más cercano a 90 grados). Como se muestra en 114, el procedimiento de prueba 108 incluye además medir al menos una condición operativa del dispositivo de almacenamiento de energía 72 durante el *pitcheo* de la pala de rotor 16 por medio del dispositivo de almacenamiento de energía 72. Por ejemplo, como se muestra en 116, la(s) condición(es) operativa(s) del/de los dispositivo(s) de almacenamiento de energía 72 puede(n) incluir condiciones eléctricas, tales como voltaje de la batería, voltaje del condensador o similares, así como otras condiciones relacionadas con diversos sistemas de respaldo de energía, tales como resortes y/o o almacenamientos hidráulicos. Como se muestra en 118, el procedimiento de prueba 108 incluye determinar la capacidad del dispositivo de almacenamiento de energía 72 para accionar la pala de rotor 16 en base a la(s) condición(es) operativa(s) de la misma.

[0036] En otros modos de realización, el procedimiento 100 también puede incluir determinar una velocidad de *pitch* de la pala de rotor 16 durante el *pitcheo* de la pala de rotor 16 hacia el ángulo de *pitch* de bandera por medio del dispositivo de almacenamiento de energía 72 y determinar la capacidad del dispositivo de almacenamiento de energía 72 para accionar la pala de rotor 16 en base a la(s) condición(es) operativa(s) del dispositivo de almacenamiento de energía 72 y la velocidad de *pitch*.

[0037] El intervalo de posiciones de rotor puede incluir, en general, posiciones de rotor en las que un par de torsión de motor del motor de accionamiento de *pitch* 33 actúa en contra de un umbral de gravedad predeterminado durante el *pitcheo* de la pala de rotor 16 hacia el ángulo de *pitch* de bandera. De este modo, el intervalo de posiciones de rotor se puede definir seleccionando posiciones de rotor que requieren una cantidad de energía igual o superior al umbral de gravedad predeterminado para *pitchear* la pala de rotor 16 hacia el ángulo de *pitch* de bandera y excluyendo las posiciones de rotor que requieren una cantidad de energía por debajo del umbral de gravedad predeterminado para *pitchear* la pala de rotor 16 hacia el ángulo de *pitch* de bandera.

[0038] En varios modos de realización, después de iniciar/realizar el primer procedimiento de prueba 108, el procedimiento 100 puede incluir cambiar el intervalo de posiciones de rotor en 120 grados para una segunda pala de rotor e iniciar un segundo procedimiento de prueba para la segunda pala de rotor. Además, después de iniciar/realizar el segundo procedimiento de prueba, el procedimiento 100 puede incluir cambiar el intervalo de posiciones de rotor otros 120 grados para una tercera pala de rotor e iniciar un tercer procedimiento de prueba para la tercera pala de rotor. Por tanto, cada prueba se implementa para una sola pala a la vez y se puede implementar cualquier número adecuado de veces para someter a prueba cualquier número de palas de rotor, lo que incluye un número mayor o menor que tres. Las palas que no se están sometiendo a prueba se pueden usar para controlar el rotor 18 a una velocidad de rotación dada (es decir, lenta).

[0039] Aún en otro modo de realización, el procedimiento 100 puede incluir generar una señal de alarma si la capacidad del dispositivo de almacenamiento de energía 72 para accionar la pala de rotor 16 para cualquiera de los procedimientos de prueba está por debajo de un determinado umbral. De este modo, el personal puede planificar un mantenimiento preventivo para reemplazar el/los dispositivo(s) de almacenamiento de energía 72 defectuoso(s) antes de que se produzca un fallo.

[0040] En referencia ahora a la FIG. 6, se ilustra un diagrama de flujo de otro modo de realización de un procedimiento 200 para someter a prueba la capacidad de una o más de las baterías 72 de los mecanismos de accionamiento de *pitch* 32 para accionar una de las palas de rotor 16, por ejemplo en caso de un fallo en la red. Como se muestra en 202, el procedimiento 200 incluye determinar una posición de rotor de la pala de rotor 16. Como se muestra en 204, el procedimiento 200 incluye *pitch*ear la pala de rotor 16 hacia una posición de potencia por medio de la red eléctrica 45. Como se muestra en 206, el procedimiento 200 incluye *pitch*ear la pala de rotor 16 hacia una posición de bandera por medio del dispositivo de almacenamiento de energía 72. Durante el *pitcheo* de la pala de rotor 16 hacia una posición de bandera por medio del dispositivo de almacenamiento de energía 72, como se muestra en 208, el procedimiento 200 incluye medir al menos una condición operativa del dispositivo de almacenamiento de energía 72. Además, como se muestra en 212, el procedimiento 200 también puede incluir determinar una velocidad de *pitch* de la pala de rotor 16 durante el *pitcheo* de la pala de rotor 16 hacia una posición de bandera por medio del dispositivo de almacenamiento de energía 72. Como se muestra en 214, el procedimiento 200 incluye determinar la capacidad del dispositivo de almacenamiento de energía 72 para accionar la pala de rotor 16 en base a la posición de rotor y la(s) condición(es) operativa(s) del dispositivo de almacenamiento de energía 72 y/o la velocidad de *pitch*.

[0041] Esta descripción escrita usa ejemplos para divulgar la invención, incluyendo el mejor modo, y también para permitir que cualquier experto en la técnica ponga en práctica la invención, lo que incluye 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 concebidos por los expertos en la técnica. Se pretende que dichos otros ejemplos estén dentro del alcance de las reivindicaciones si incluyen elementos estructurales que no difieran del lenguaje literal de las reivindicaciones o si incluyen elementos estructurales equivalentes con diferencias insustanciales del lenguaje literal de las reivindicaciones.

[0042] Un procedimiento típico para someter a prueba la capacidad de al menos un dispositivo de almacenamiento de energía de un mecanismo de accionamiento de *pitch* para accionar una pala de rotor de una turbina eólica, la turbina eólica conectada a una red eléctrica, comprende: determinar una posición de rotor de la pala de rotor; *pitch*ear la pala de rotor hacia una posición de potencia por medio de la red eléctrica; *pitch*ear la pala de rotor hacia una posición de bandera por medio del al menos un dispositivo de almacenamiento de energía; medir al menos una condición operativa del al menos un dispositivo de almacenamiento de energía y una velocidad de *pitch* de la pala de rotor durante el *pitcheo*; y determinar la capacidad del al menos un dispositivo de almacenamiento de energía para accionar la pala de rotor en base a la posición de rotor y al menos una de la al menos una condición operativa del al menos un dispositivo de almacenamiento de energía o la velocidad de *pitch*.

[0043] Los procedimientos típicos comprenden definir un intervalo de posiciones de rotor para la pala de rotor, y cuando la posición de rotor de la pala de rotor entra en el intervalo de posiciones de rotor, iniciar el *pitcheo* de la pala de rotor hacia la posición de potencia por medio de la red eléctrica y el *pitcheo* de la pala de rotor hacia la posición de bandera por medio del al menos un dispositivo de almacenamiento de energía.

[0044] Típicamente, definir el intervalo de posiciones de rotor para la pala de rotor comprende además seleccionar posiciones de rotor que requieren una cantidad de energía igual o superior al umbral de gravedad predeterminado para *pitch*ear la pala de rotor hacia la posición de bandera y excluir posiciones de rotor que requieren una cantidad de energía por debajo del umbral de gravedad predeterminado para *pitch*ear la pala de rotor hacia la posición de bandera.

[0045] En sistemas típicos de la invención, la al menos una condición operativa del al menos un dispositivo de almacenamiento de energía comprende al menos uno de un voltaje de batería o un voltaje de condensador.

[0046] La invención también se refiere a un aparato que está configurado para llevar a cabo los procedimientos divulgados y a un aparato para llevar a cabo los procedimientos divulgados y que incluye partes de aparato para realizar cada etapa de procedimiento descrita. Estas etapas de procedimiento se pueden realizar mediante componentes de hardware, un ordenador programado mediante software apropiado, mediante cualquier combinación de ambas maneras o de cualquier otra manera. Además, la invención también se refiere a procedimientos mediante los cuales opera el aparato descrito. Incluye etapas de procedimiento para llevar a cabo cada función del aparato.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un procedimiento para someter a prueba la capacidad de al menos un dispositivo de almacenamiento de energía (72) de un mecanismo de accionamiento de *pitch* para accionar una primera pala de rotor (22) de una turbina eólica (10), conectada la turbina eólica (10) a una red eléctrica (45), comprendiendo el procedimiento:

10 definir un intervalo de posiciones de rotor para implementar un primer procedimiento de prueba para el al menos un dispositivo de almacenamiento de energía (72), en el que el intervalo de posiciones de rotor comprende posiciones de rotor en las que un par de torsión de motor de un motor de accionamiento de *pitch* (33) del mecanismo de accionamiento de *pitch* actúa en contra de un umbral de gravedad predeterminado durante el *pitcheo* de la primera pala de rotor (22) hacia un ángulo de *pitch* de bandera, y en el que definir el intervalo de posiciones de rotor comprende además seleccionar posiciones de rotor que requieren una cantidad de energía igual o superior al umbral de gravedad predeterminado para *pitchear* la primera pala de rotor (22) hacia el ángulo de *pitch* de bandera y excluir posiciones de rotor que requieren una cantidad de energía por debajo del umbral de gravedad predeterminado para *pitchear* la primera pala de rotor (22) hacia el ángulo de *pitch* de bandera;

15 monitorizar una posición de rotor de la primera pala de rotor (22);

20 cuando la posición de rotor de la primera pala de rotor (22) entra en el intervalo de posiciones de rotor, iniciar el primer procedimiento de prueba, comprendiendo el primer procedimiento de prueba:

25 *pitchear* la primera pala de rotor (22) hacia el ángulo de *pitch* de bandera por medio del al menos un dispositivo de almacenamiento de energía (72);

medir al menos una condición operativa del al menos un dispositivo de almacenamiento de energía (72) durante el *pitcheo*; y,

30 determinar una capacidad del al menos un dispositivo de almacenamiento de energía (72) para accionar la primera pala de rotor (22) en base a la al menos una condición operativa del al menos un dispositivo de almacenamiento de energía (72).
- 35 2. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende además *pitchear* la primera pala de rotor hasta un primer ángulo de *pitch* por medio de la red eléctrica antes de *pitchear* la primera pala de rotor por medio del al menos un dispositivo de almacenamiento de energía.
- 40 3. El procedimiento de la reivindicación 2, en el que *pitchear* la primera pala de rotor por medio del al menos un dispositivo de almacenamiento de energía comprende además *pitchear* la primera pala de rotor hacia un segundo ángulo de *pitch* diferente por medio del al menos un dispositivo de almacenamiento de energía.
- 45 4. El procedimiento de la reivindicación 3, que comprende además determinar una velocidad de *pitch* de la primera pala de rotor durante el *pitcheo* de la primera pala de rotor hacia el segundo ángulo de *pitch* diferente por medio del al menos un dispositivo de almacenamiento de energía y determinar la capacidad del al menos un dispositivo de almacenamiento de energía para accionar la primera pala de rotor en base a la al menos una condición operativa del al menos un dispositivo de almacenamiento de energía y la velocidad de *pitch*.
- 50 5. El procedimiento de la reivindicación 3 o 4, en el que el primer ángulo de *pitch* comprende un ángulo de *pitch* de potencia y el segundo ángulo de *pitch* comprende el ángulo de *pitch* de bandera.
6. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la al menos una condición operativa del al menos un dispositivo de almacenamiento de energía comprende al menos uno de un voltaje de batería o un voltaje de condensador.
- 55 7. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende además, después de iniciar el primer procedimiento de prueba, cambiar el intervalo de posiciones de rotor en 120 grados para una segunda pala de rotor e iniciar un segundo procedimiento de prueba para la segunda pala de rotor.
- 60 8. El procedimiento de la reivindicación 7, que comprende además, después de iniciar el segundo procedimiento de prueba, cambiar el intervalo de posiciones de rotor otros 120 grados para una tercera pala de rotor e iniciar un tercer procedimiento de prueba para la tercera pala de rotor.
- 65 9. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende además generar una señal de alarma si la capacidad del al menos un dispositivo de almacenamiento de energía para accionar la primera pala de rotor está por debajo de un determinado umbral.

10. Un sistema para someter a prueba la capacidad de al menos un dispositivo de almacenamiento de energía (72) de un mecanismo de accionamiento de *pitch* para accionar una primera pala de rotor (22) de una turbina eólica (10), conectada la turbina eólica (10) a una red eléctrica (45), comprendiendo el sistema:

5 al menos un sensor configurado para monitorizar una posición de rotor de la primera pala de rotor (22);
un controlador acoplado de forma comunicativa al al menos un sensor, comprendiendo el controlador al menos un procesador configurado para realizar una o más operaciones, comprendiendo las una o más operaciones:

10 definir un intervalo de posiciones de rotor para implementar un primer procedimiento de prueba para el al menos un dispositivo de almacenamiento de energía (72), en el que el intervalo de posiciones de rotor comprende posiciones de rotor en las que un par de torsión de motor de un motor de accionamiento de *pitch* (33) del mecanismo de accionamiento de *pitch* actúa en contra
15 de un umbral de gravedad predeterminado durante el *pitcheo* de la primera pala de rotor (22) hacia un ángulo de *pitch* de bandera, y en el que definir el intervalo de posiciones de rotor comprende además seleccionar posiciones de rotor que requieren una cantidad de energía igual o superior al umbral de gravedad predeterminado para *pitchear* la primera pala de rotor (22) hacia el ángulo de *pitch* de bandera y excluir posiciones de rotor que requieren una cantidad de energía por debajo
20 del umbral de gravedad predeterminado para *pitchear* la primera pala de rotor (22) hacia el ángulo de *pitch* de bandera;

cuando la posición de rotor de la primera pala de rotor (22) entra en el intervalo de posiciones de rotor, iniciar el primer procedimiento de prueba, comprendiendo el primer procedimiento de prueba:

25 *pitchear* la primera pala de rotor (22) hasta un primer ángulo de *pitch* por medio de la red eléctrica (45);

30 *pitchear* la primera pala de rotor (22) hacia un segundo ángulo de *pitch* diferente por medio del al menos un dispositivo de almacenamiento de energía (72), comprendiendo el segundo ángulo de *pitch* un ángulo de *pitch* de bandera;

35 medir al menos una condición operativa del al menos un dispositivo de almacenamiento de energía (72) durante el *pitcheo* de la primera pala de rotor (22) hacia el segundo ángulo de *pitch* diferente por medio del al menos un dispositivo de almacenamiento de energía (72); y,

determinar la capacidad del al menos un dispositivo de almacenamiento de energía (72) para accionar la primera pala de rotor (22) en base a la al menos una condición operativa del al menos un dispositivo de almacenamiento de energía (72).

- 40 11. El sistema de la reivindicación 10, en el que las una o más operaciones comprenden además determinar una velocidad de *pitch* de la primera pala de rotor durante el *pitcheo* de la primera pala de rotor hacia el segundo ángulo de *pitch* diferente por medio del al menos un dispositivo de almacenamiento de energía y determinar la capacidad del al menos un dispositivo de almacenamiento de energía para accionar la primera pala de rotor en base a la al menos una condición operativa del al menos un dispositivo de almacenamiento de energía y la velocidad de *pitch*.

- 45 12. El sistema de la reivindicación 10 u 11, en el que el primer ángulo de *pitch* comprende un ángulo de *pitch* de potencia y el segundo ángulo de *pitch* comprende un ángulo de *pitch* de bandera.

- 50 13. Un procedimiento para someter a prueba la capacidad de al menos un dispositivo de almacenamiento de energía de un mecanismo de accionamiento de *pitch* para accionar una pala de rotor de una turbina eólica, conectada la turbina eólica a una red eléctrica, comprendiendo el procedimiento:

55 determinar una posición de rotor de la pala de rotor;

pitchear la pala de rotor hacia una posición de potencia por medio de la red eléctrica;

60 *pitchear* la pala de rotor hacia una posición de bandera por medio del al menos un dispositivo de almacenamiento de energía;

medir al menos una condición operativa del al menos un dispositivo de almacenamiento de energía y una velocidad de *pitch* de la pala de rotor durante el *pitcheo*; y,

65 determinar la capacidad del al menos un dispositivo de almacenamiento de energía para accionar la pala de rotor en base a la posición de rotor y la velocidad de *pitch*;

en el que el procedimiento comprende además:

- 5 definir un intervalo de posiciones de rotor para la pala de rotor, y cuando la posición de rotor de la pala de rotor entra en el intervalo de posiciones de rotor, iniciar el *pitcheo* de la pala de rotor hacia la posición de potencia por medio de la red eléctrica y el *pitcheo* de la pala de rotor hacia la posición de bandera por medio del al menos un dispositivo de almacenamiento de energía;
- 10 en el que el intervalo de posiciones de rotor comprende posiciones de rotor en las que un par de torsión de motor de un motor de accionamiento de *pitch* (33) del mecanismo de accionamiento de *pitch* actúa en contra de un umbral de gravedad predeterminado durante el *pitcheo* de la primera pala de rotor (22) hacia un ángulo de *pitch* de bandera, y en el que definir el intervalo de posiciones de rotor comprende además seleccionar posiciones de rotor que requieren una cantidad de energía igual o superior al umbral de gravedad predeterminado para *pitchear* la primera pala de rotor (22)
- 15 hacia el ángulo de *pitch* de bandera y excluir posiciones de rotor que requieren una cantidad de energía por debajo del umbral de gravedad predeterminado para *pitchear* la primera pala de rotor (22) hacia el ángulo de *pitch* de bandera.

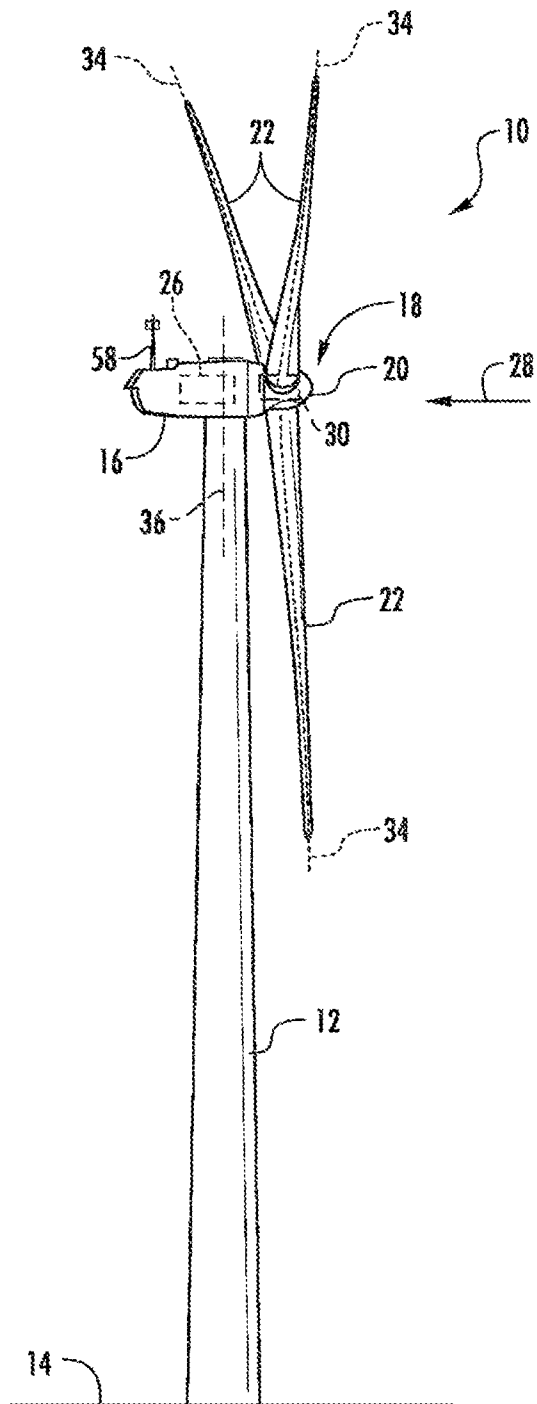


FIG. 1

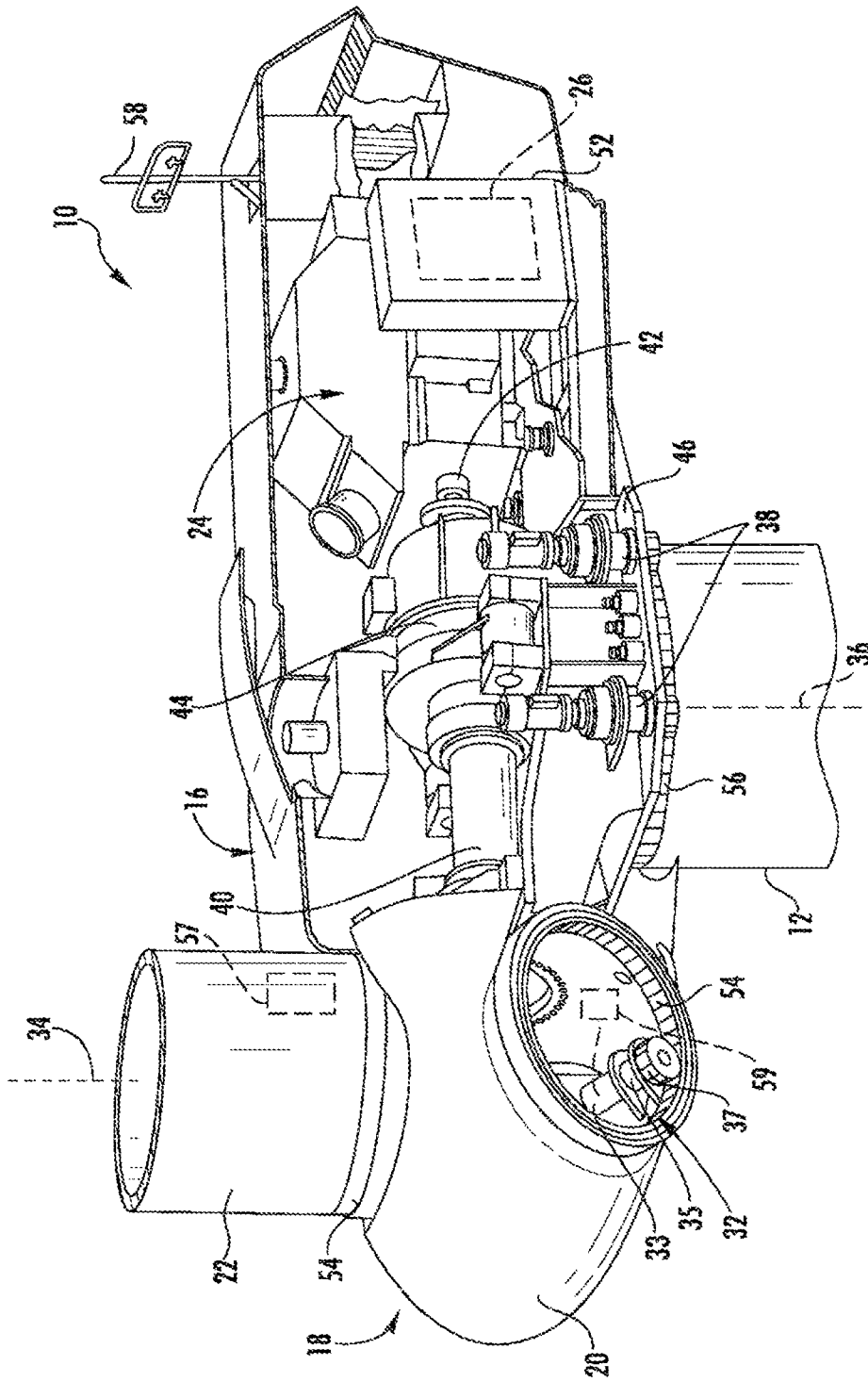


FIG. 2

26,30

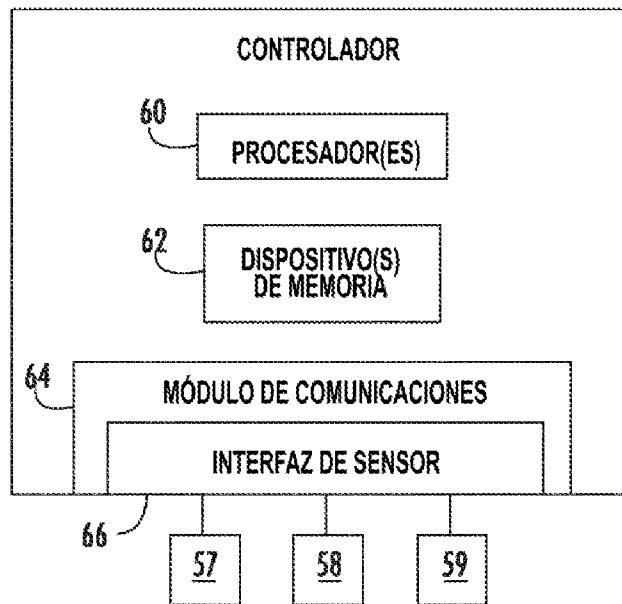


FIG. 3

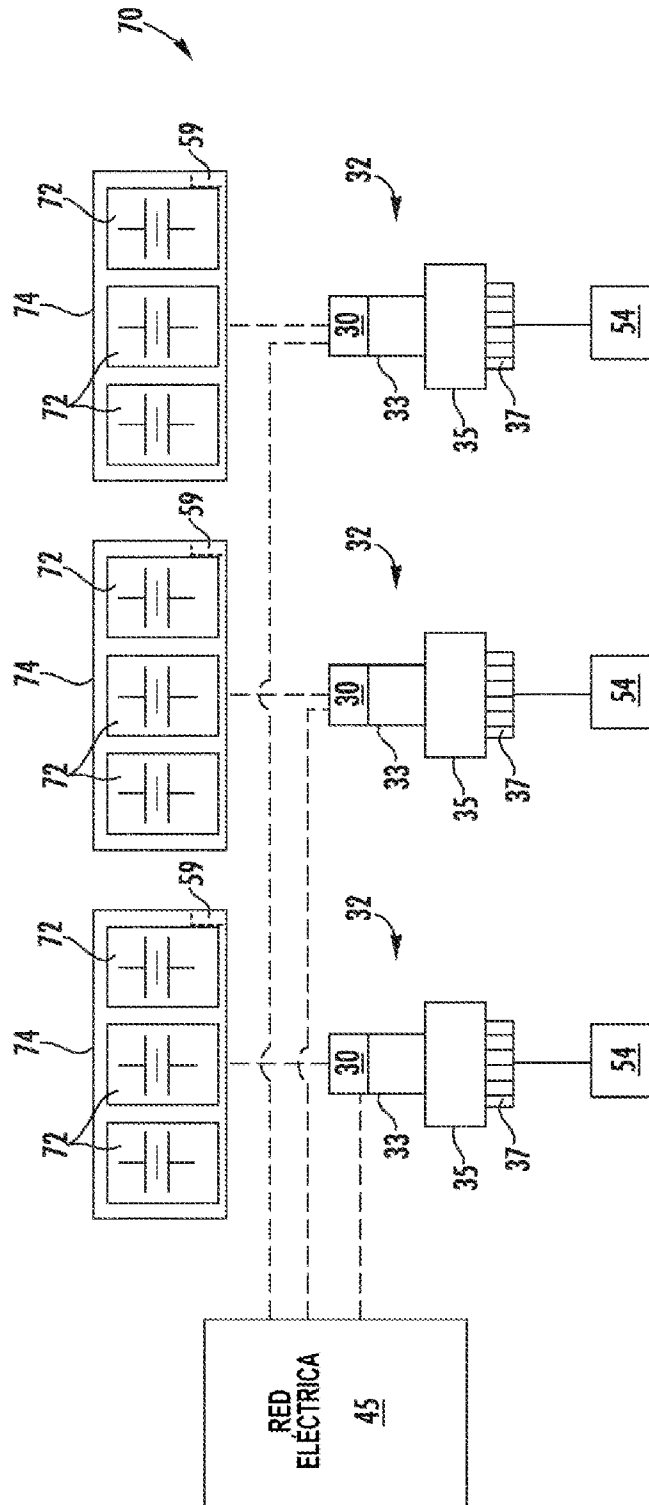


FIG. 4

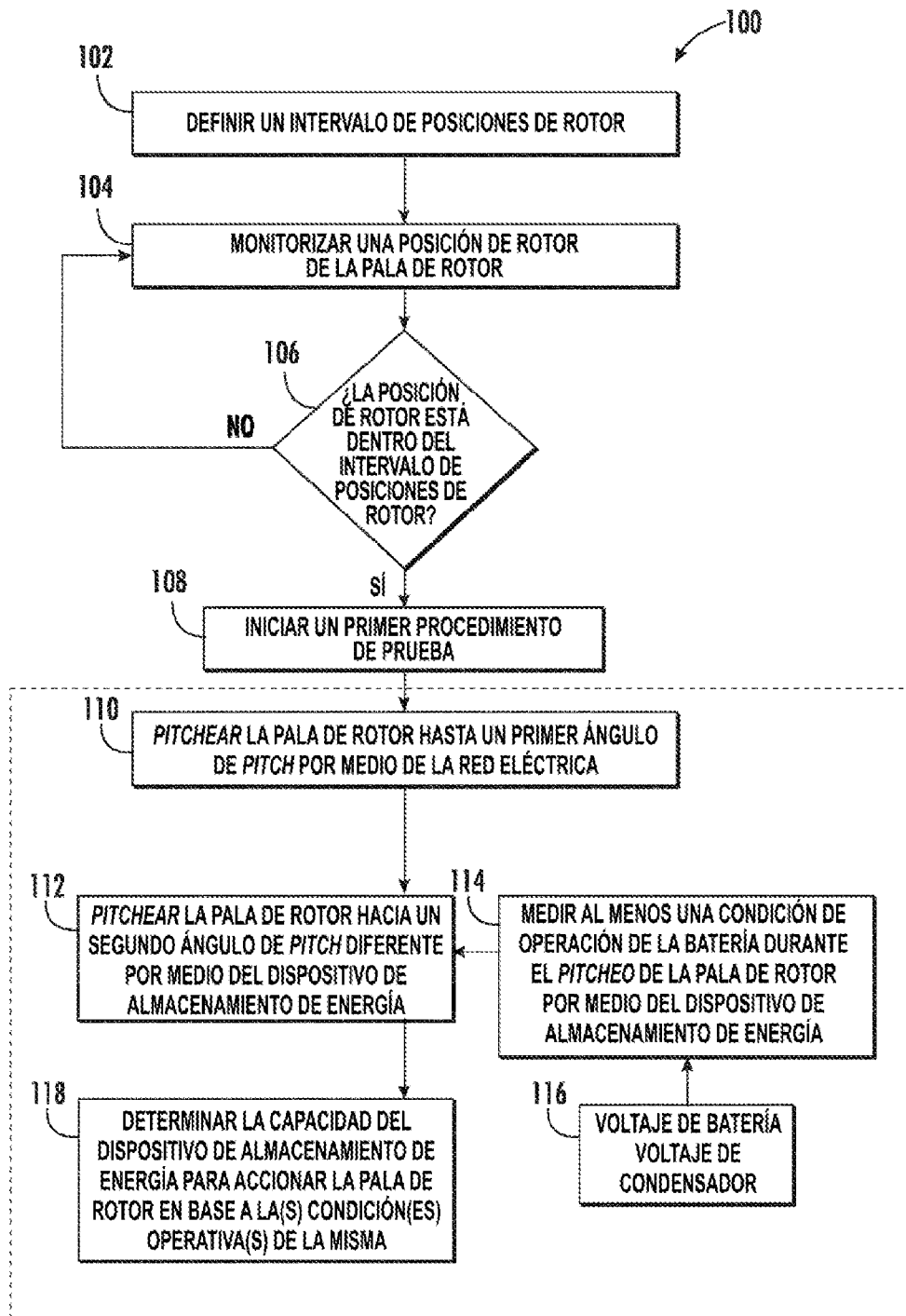


FIG. 5

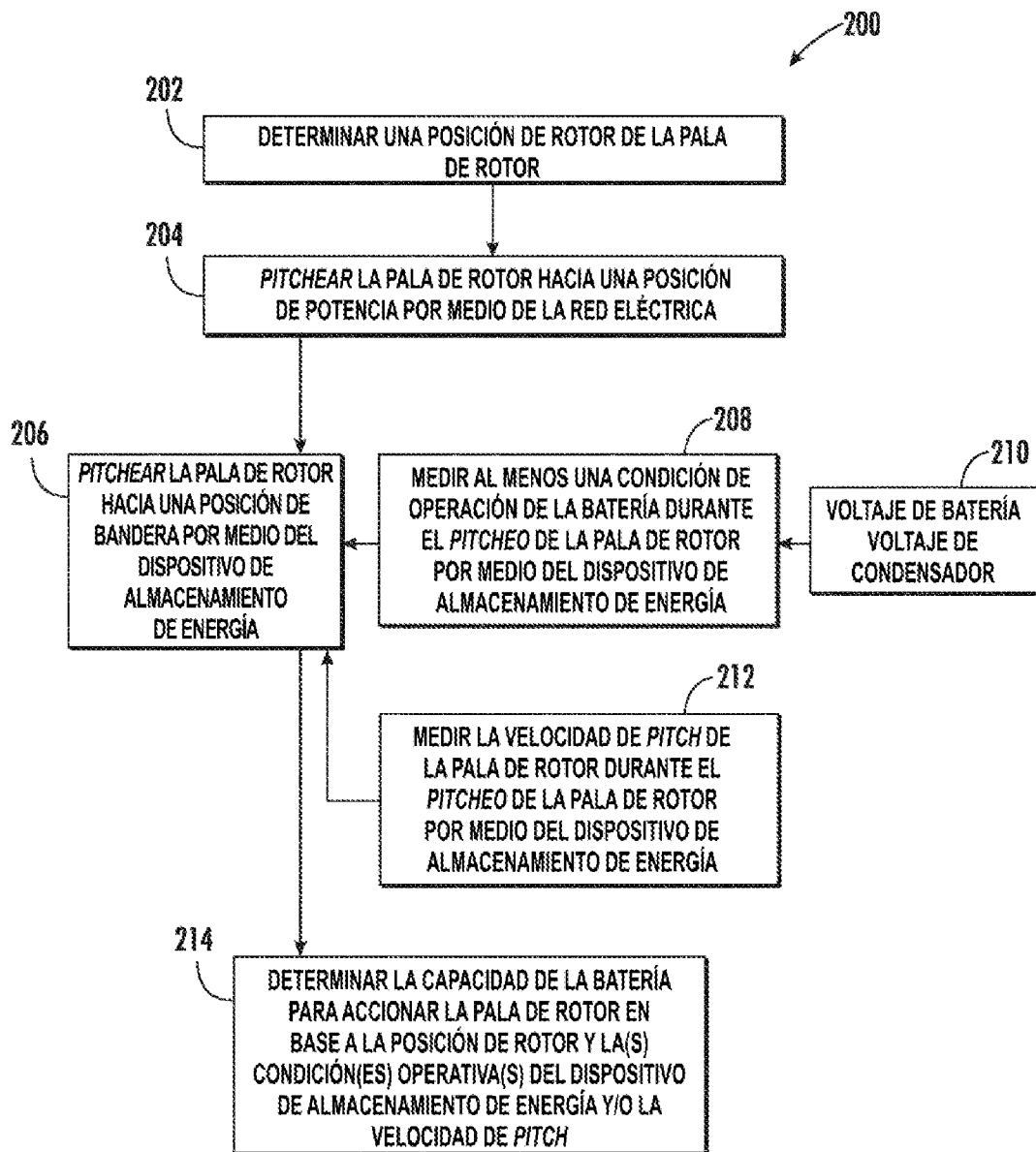


FIG. 6