

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 556 432**

51 Int. Cl.:

F03D 7/02 (2006.01)

F03D 11/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.05.2012 E 12166371 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.10.2015 EP 2520793**

54 Título: **Procedimientos y aparato para controlar el empuje de una turbina eólica**

30 Prioridad:

04.05.2011 US 201113100466

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

15.01.2016

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**HOFFMANN, TILL y
SCHOLTE-WASSINK, HARTMUT ANDREAS**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 556 432 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

Procedimientos y aparato para controlar el empuje de una turbina eólica

La presente divulgación se refiere en general a una turbina eólica y, más particularmente, a procedimientos y a un aparato para controlar el empuje sobre la turbina eólica.

5 La energía eólica es considerada una de las fuentes de energía más respetuosas con el medio ambiente más limpias disponibles en la actualidad, y las turbinas eólicas han ganado una mayor atención a este respecto. Una turbina eólica moderna típicamente incluye una torre de palas, un generador, una caja de engranajes, una góndola, y uno o más rotores. Las palas del rotor capturan la energía cinética del viento utilizando principios aerodinámicos conocidos. Las palas del rotor transmiten la energía cinética en forma de energía de rotación para hacer girar un eje de acoplamiento de las palas del rotor a una caja de engranajes, o si no se utiliza una caja de engranajes, directamente al generador. El generador convierte la energía mecánica en energía eléctrica, que puede proporcionarse a una red de suministro eléctrico.

10 Durante la operación de una turbina eólica, la turbina eólica está sometida a empuje debido a la interacción del viento con las palas del rotor de la turbina eólica. Un empuje excesivo puede causar daños a la turbina eólica. Por ejemplo, el empuje puede hacer que la torre de la turbina eólica se doble, causando carga de fatiga en la estructura. Un empuje excesivo puede hacer que la torre se doble más allá de un punto límite, causando el fallo de la torre y de la turbina eólica en general.

15 Los procedimientos conocidos para el control del empuje para evitar daños o fallos implican estimar el empuje mediante la medición de la potencia real producida por la turbina eólica. Esta estimación del empuje puede monitorizarse, y si el empuje estimado alcanza un valor máximo predeterminado, el paso de las palas del rotor se puede ajustar para reducir el empuje estimado. Sin embargo, esta estimación del empuje puede estar influenciada por diversos factores externos, tales como las variaciones en la geometría de la pala, hielo, suciedad y/o errores de paso, y puede, por lo tanto, generalmente no ser una medida exacta del empuje.

20 Por ejemplo, varias técnicas conocidas se describen en los documentos EP 2 063 110, US 2010/0133827, EP 2 133 563 y JP 2004 219079.

25 En consecuencia, sería deseable en la técnica un procedimiento y un aparato mejorados para el control del empuje de una turbina eólica. Por ejemplo, sería ventajoso un procedimiento y un aparato para controlar con mayor precisión el empuje de una turbina eólica.

30 Varios aspectos y ventajas de la invención se expondrán en parte en la siguiente descripción, o pueden quedar claras a partir de la descripción, o pueden aprenderse mediante la práctica de la invención.

En particular, la presente invención se define mediante las reivindicaciones adjuntas.

35 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 y constituyen una parte de esta memoria, ilustran realizaciones de la invención y, junto con la descripción, sirven para explicar los principios de la invención. En los dibujos:

La figura 1 es una vista en perspectiva de una turbina eólica según una realización de la presente divulgación;

La figura 2 es una vista en perspectiva de una turbina eólica que incluye un dispositivo de medición y un sistema de control y en una posición descargada de acuerdo con una realización de la presente divulgación;

40 La figura 3 es una vista en perspectiva de una turbina eólica que incluye un dispositivo de medición y un sistema de control y en una posición cargada de acuerdo con una realización de la presente divulgación;

La figura 4 es una vista en perspectiva de una turbina eólica que incluye un dispositivo de medición y un sistema de control y en una posición descargada de acuerdo con otra realización de la presente divulgación; y

La figura 5 es una vista en perspectiva de una turbina eólica que incluye un de dispositivo de medición y un sistema de control y en una posición cargada de acuerdo con otra realización de la presente divulgación.

45 Se hará ahora referencia en detalle a 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 como limitación de la invención. De hecho, será evidente para los expertos en la técnica que diversas modificaciones y variaciones se pueden hacer en la presente invención sin apartarse del alcance o del espíritu de la invención. Por ejemplo, las características ilustradas o descritas como parte de una realización se pueden utilizar con otra realización para producir una realización adicional. Por lo tanto, se pretende que la presente invención cubra tales modificaciones y variaciones que entran dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas y sus equivalentes.

Se hará ahora referencia en detalle a 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 como limitación de la invención. De hecho, será evidente para los expertos en la técnica que diversas modificaciones y variaciones se pueden hacer en la presente invención sin apartarse del alcance o del espíritu de la invención. Por ejemplo, las características 5 ilustradas o descritas como parte de una realización se pueden utilizar con otra realización para producir una realización adicional. Por lo tanto, se pretende que la presente invención cubra tales modificaciones y variaciones que entran dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas y sus equivalentes.

La figura 1 es una vista en perspectiva de una turbina eólica 10 de ejemplo. En la realización ejemplar, la turbina eólica 10 es una turbina eólica de eje horizontal. Alternativamente, la turbina eólica 10 puede ser una turbina eólica de eje vertical. En la realización ejemplar, 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 que está acoplado a la góndola 16. El rotor 18 incluye un buje giratorio 20 y al menos una pala 22 de rotor acoplada a y que se extiende hacia fuera desde el buje 20. En la realización ejemplar, el rotor 18 tiene tres palas 22 de rotor. En una realización alternativa, el rotor 18 incluye más o menos de tres palas 22 de rotor. En la realización ejemplar, la torre 12 se fabrica a partir de acero tubular para definir una cavidad (no mostrada en la figura 1) entre la superficie de soporte 14 y la góndola 16. En una realización alternativa, la torre 12 es cualquier tipo adecuado de torre que tiene cualquier altura adecuada.

Las palas 22 del rotor están separadas alrededor del buje 20 para facilitar la rotación del rotor 18 para permitir que la energía cinética sea transferida desde el viento en energía mecánica útil, y posteriormente, en energía eléctrica. Las palas 22 del rotor están acopladas al buje 20 mediante el acoplamiento de una porción 24 de raíz de la pala al buje 20 en una pluralidad de regiones 26 de transferencia de carga. Las regiones 26 de transferencia de carga tienen una región de transferencia de carga del buje y una región de transferencia de carga de la pala (ambas no mostradas en la figura 1). Las cargas inducidas a las palas 22 del rotor se transfieren al buje 20 a través de las regiones 26 de transferencia de carga. En una realización, las palas 22 del rotor tienen una longitud que varía desde aproximadamente 15 metros (m) a aproximadamente 91 m. Alternativamente, las palas 22 del rotor pueden tener cualquier longitud adecuada que permita a la turbina eólica 10 funcionar como se describe en este documento. Por ejemplo, otros ejemplos no limitativos de longitudes de pala incluyen 10 m o menos, 20 m, 37 m, o una longitud que es mayor que 91 m. Cuando el viento golpea las palas 22 del rotor desde una dirección 28, el rotor 18 se hace girar alrededor de un eje de rotación 30. Cuando las palas 22 del rotor giran y se someten a fuerzas centrífugas, las palas 22 del rotor también se someten a diversas fuerzas y momentos. Como tales, las palas 22 del rotor pueden desviar y/o girar desde una posición neutra, o no desviada, a una posición desviada. Por otra parte, un ángulo de paso o paso de pala de las palas 22 del rotor, es decir, un ángulo que determina una perspectiva de las palas 22 del rotor con respecto a la dirección 28 del viento, puede cambiarse mediante un sistema 32 de ajuste del paso para controlar la carga y la potencia generada por la turbina eólica 10 mediante el ajuste de una posición angular de al menos una pala 22 del rotor en relación con vectores del viento. Se muestran los ejes 34 de paso para las palas 22 del rotor. Durante la operación de la turbina eólica 10, el sistema 32 de ajuste del paso puede cambiar un paso de pala de las palas 22 del rotor, de tal manera que las palas 22 del rotor se mueven a una posición en bandera, de tal manera que la perspectiva de al menos una pala 22 del rotor en relación con vectores del viento proporciona un área mínima de superficie de la pala 22 del rotor que se orienta hacia los vectores del viento, lo que facilita la reducción de una velocidad de rotación del rotor 18 y/o facilita una parada del rotor 18.

En la realización ejemplar, un paso de pala de cada pala 22 del rotor se controla individualmente mediante un sistema 36 de control, que puede incluir un sistema 32 de ajuste del paso. Alternativamente, el paso de las palas para todas las palas 22 del rotor puede controlarse simultáneamente mediante el sistema 36 de control. Además, en el ejemplo de realización, como la dirección 28 cambia, una dirección de guiñada de la góndola 16 se puede controlar sobre un eje 38 de guiñada para colocar las palas 22 del rotor con respecto a la dirección 28.

En esta realización ejemplar, el sistema 36 de control se muestra como que está centralizado dentro de la góndola 16, sin embargo, el sistema 36 de control puede ser un sistema distribuido a lo largo de la turbina eólica 10, en la superficie 14 de soporte, dentro de un parque eólico, y/o en un centro de control remoto. El sistema 36 de control incluye un procesador 40 configurado para realizar los procedimientos y/o las etapas que se describen en este documento. Además, muchos de los otros componentes descritos en el presente documento incluyen un procesador. Tal como se utiliza aquí, el término "procesador" no se limita a circuitos integrados a los que se hace referencia en la técnica como un ordenador, sino que, en términos generales, se refiere a un controlador, un microcontrolador, un microprocesador, un controlador lógico programable (PLC), un circuito integrado de aplicación específica, y otros circuitos programables, y estos términos se utilizan indistintamente en este documento. Se debe entender que un procesador y/o un sistema de control pueden incluir también la memoria, los canales de entrada, y/o los canales de salida.

Como se muestra en las figuras 2 a 5, un ángulo 42 de inclinación, además, se puede definir para la turbina eólica 10. El ángulo 42 de inclinación puede ser generalmente el ángulo entre la dirección 28 del viento (que se supone para los fines de definición del ángulo 42 de inclinación que es aproximadamente horizontal) y el eje 30 del rotor 18. El ángulo 42 de inclinación para una turbina eólica 10 puede incluir dos o más componentes en un ángulo de inclinación. Por ejemplo, un primer ángulo 44 puede definirse para la turbina eólica 10. Este primer ángulo 44 puede definirse para la turbina eólica 10 en una posición descargada, como se muestra en las figuras 2 y 4, y/o en una posición cargada, como se muestra en las figuras 3 y 5. Este primer ángulo 44 es el ángulo de inclinación estándar o

característico del rotor 18 o de la cabeza de la máquina, y puede controlarse mediante el sistema 36 de control. Por lo tanto, antes, durante, o después de la operación de la turbina eólica 10, pueden realizarse ajustes del primer ángulo 44 mediante el sistema 36 de control según se desee o se requiera. Típicamente, el primer ángulo 44 es de aproximadamente 4°, o en el intervalo entre 0° y aproximadamente 4°. Sin embargo, debe entenderse que la presente divulgación no se limita a los primeros ángulos 44 divulgados anteriormente, y más bien que cualquier primer ángulo 44 adecuado o intervalo de primeros ángulos 44 está dentro del alcance y del espíritu de la presente divulgación.

Además, un segundo ángulo 46 puede definirse para la turbina eólica 10. Este segundo ángulo 46 puede definirse para la turbina eólica 10 en la posición cargada, como se muestra en las figuras 3 y 5. El segundo ángulo 46 es el ángulo de inclinación del rotor 18 debido al empuje sobre la turbina eólica 10 durante la operación de la turbina eólica 10. Por ejemplo, durante la operación, la interacción del viento con las palas 22 del rotor puede generar empuje. Diversos componentes de la turbina eólica 10, como la torre 12, pueden doblarse en respuesta a este empuje en una posición cargada, como se muestra en las figuras 3 y 5. Esta posición cargada puede variar constantemente durante la operación de la turbina eólica 10 debido a variaciones en la cantidad de empuje generado, que a su vez puede variar debido a las variaciones en la velocidad del viento, el paso de las palas 22 del rotor, y otros diversos factores. El ángulo 46 puede así definirse entre la posición del rotor 18 en la posición descargada y la posición del rotor 18 en una posición cargada.

Durante la operación de la turbina eólica 10, puede ser deseable controlar con precisión la cantidad de empuje de la turbina eólica 10. Un control preciso del empuje puede permitir que la turbina eólica 10 tenga la producción de potencia máxima, al tiempo que garantiza que el ángulo 42 de inclinación de la turbina eólica 10 no excede de un ángulo de inclinación predeterminado para la turbina eólica 10.

Como se mencionó, el ángulo 42 de inclinación puede definirse en una realización ejemplar como la suma del primer ángulo 44 y el segundo ángulo 46. El ángulo de inclinación predeterminado, en realizaciones a modo de ejemplo, puede ser un ángulo de inclinación máximo. Por lo tanto, en estas realizaciones, el ángulo de inclinación predeterminado puede ser la suma del primer ángulo 44 y del segundo ángulo 46 máximo que la turbina eólica 10 puede soportar en una posición cargada. Este segundo ángulo 46 máximo se puede determinar como un ángulo máximo antes del daño o fallo de, por ejemplo, la torre 12 u otro componente de la turbina eólica 10, y/o puede incluir un factor de seguridad. Por ejemplo, el segundo ángulo 46 máximo puede ser, en algunas realizaciones, de aproximadamente 5°, o en el intervalo entre 0° y aproximadamente 5°. Sin embargo, debe entenderse que la presente divulgación no se limita a los segundos ángulos 46 máximos descritos anteriormente, y más bien que cualquier segundo ángulo 46 máximo adecuado o intervalo de segundos ángulos 46 está dentro del alcance y del espíritu de la presente divulgación. Además, en realizaciones alternativas, el ángulo de inclinación predeterminado puede ser la suma del primer ángulo 44 y cualquier segundo ángulo 46 adecuado, según se desee o se requiera.

Por lo tanto, la presente divulgación está dirigida a un procedimiento para controlar el empuje de una turbina eólica 10. En algunos ejemplos de realización, por ejemplo, el presente procedimiento puede incluir la etapa de medir el ángulo 42 de inclinación de la turbina eólica 10 en una posición cargada mediante un dispositivo 100 de medición. La medición del ángulo 42 de inclinación en una posición cargada puede incluir medir la suma del primer ángulo 44 y el segundo ángulo 46, medir el primer ángulo 44 y el segundo ángulo 46 y después añadirlos juntos, o simplemente medir el segundo ángulo 46.

En algunas realizaciones, el procedimiento puede comprender además la etapa de medir el ángulo 42 de inclinación de la turbina eólica 10 en una posición de referencia y calibrar el dispositivo 100 de medición. La posición de referencia puede ser la posición descargada o cualquier otra posición de calibración adecuada para la turbina eólica 10. La medición del ángulo 42 de inclinación en una posición descargada puede incluir, por ejemplo, medir el primer ángulo 44. La calibración del aparato 100 de medición puede incluir, por ejemplo, calibrar el dispositivo de medición en base al primer ángulo 44, de tal manera que el primer ángulo 44 se tiene en cuenta al medir el ángulo 42 de inclinación de la turbina eólica 10 en una posición cargada.

El dispositivo 100 de medición puede ser cualquier dispositivo adecuado para medir los diversos ángulos de la turbina eólica 10 en posiciones cargada y descargada. Por ejemplo, en una realización, como se muestra en las figuras 2 y 3, el dispositivo 100 de medición puede incluir un péndulo 110. Como se muestra en las figuras 2 y 3, el péndulo 110 cuelga en general verticalmente si la turbina eólica 10 está en una posición descargada o en una posición cargada. Así, cuando la turbina eólica 10 se mueve entre una posición descargada y una posición cargada, el rotor 18 y la góndola 16 pueden pivotar o doblarse, y el péndulo puede oscilar según sea necesario para permanecer en una posición generalmente vertical. El segundo ángulo 46 puede así medirse entre la posición del péndulo 110 y el rotor 18 o la góndola 16 entre sí en la posición descargada (figura 2) y la posición del péndulo 110 y el rotor 18 o la góndola 16 entre sí en la posición cargada (figura 3), o se puede medir en base al movimiento del péndulo para permanecer en una posición generalmente vertical cuando la turbina eólica 10 se mueve entre una posición descargada y una posición cargada.

En algunos ejemplos de realización, el dispositivo 100 de medición puede comprender además un sensor 112 electrónico acoplado al péndulo 110. El sensor 112 electrónico puede medir electrónicamente el movimiento y/o el posicionamiento del péndulo 110 para medir el segundo ángulo 46, como se describió anteriormente, y puede

informar también electrónicamente esta información a través de una señal al sistema 36 de control, como se describe a continuación. Debe entenderse que el sensor 112 puede ser un componente del péndulo 110 o puede estar incluido además del péndulo 110.

5 Adicional o alternativamente, el dispositivo 100 de medición puede incluir un acelerómetro 120. Como se muestra en las figuras 4 y 5, el acelerómetro 120 puede medir en general la aceleración a lo largo de, por ejemplo, un eje X y un eje Y. Así, cuando la turbina eólica 10 se mueve entre una posición descargada y una posición cargada, el rotor 18 y la góndola 16 pueden pivotar o curvarse, y el acelerómetro puede registrar un cambio en la aceleración a lo largo del eje X y/o del eje Y. El segundo ángulo 46 puede calcularse a partir de este cambio en la aceleración, utilizando principios dinámicos conocidos.

10 En algunos ejemplos de realización, el dispositivo 100 de medición puede comprender además un sensor 112 electrónico acoplado al acelerómetro 120. El sensor 112 electrónico puede medir electrónicamente los cambios en la aceleración registrados por el acelerómetro 120 para medir el segundo ángulo 46, como se describió anteriormente y, además, puede informar electrónicamente de esta información a través de una señal al sistema 36 de control, como se describe a continuación. Debe entenderse que el sensor 112 puede ser un componente del acelerómetro 120 o puede estar incluido además del acelerómetro 120.

15 Como se mencionó anteriormente, en realizaciones a modo de ejemplo, el dispositivo 100 de medición puede estar unido a la góndola 16 o al rotor 18. Por lo tanto, el ángulo 42 de inclinación se puede medir en estas realizaciones en la góndola 16 o el rotor 18. Debe entenderse, sin embargo, que la presente descripción no se limita a la colocación anterior del dispositivo 100 de medición, y cualquier posicionamiento adecuado del dispositivo de medición en la turbina eólica 10 o separado de la turbina eólica 10 está dentro del alcance y el espíritu de la presente descripción.

20 En algunas realizaciones, el presente procedimiento puede incluir la recepción de una señal en el sistema 36 de control. La señal puede corresponder al ángulo 42 de inclinación de la turbina eólica 10 en la posición cargada. La señal puede, en realizaciones a modo de ejemplo, ser recibida desde un dispositivo 100 de medición, como se describió anteriormente. Por lo tanto, el dispositivo 100 de medición en estas realizaciones puede medir el ángulo 42 de inclinación y transmitir electrónicamente el ángulo 42 de inclinación al sistema 36 de control. Alternativamente, cualquier dispositivo o aparato adecuado se puede utilizar para transmitir una señal correspondiente al ángulo 42 de inclinación al sistema 36 de control.

25 El presente procedimiento puede incluir además la etapa de comparar el ángulo 42 de inclinación medido en la posición de carga con un ángulo de inclinación predeterminado para la turbina eólica 10. Como se describió anteriormente, el ángulo 42 de inclinación y ángulo de inclinación predeterminado pueden incluir cada uno la suma del primer ángulo 42 y el segundo ángulo 46, o pueden calibrarse o determinarse para incluir sólo el segundo ángulo 46. En realizaciones ejemplares, el ángulo 42 de inclinación puede compararse electrónicamente con el ángulo de inclinación predeterminado, tal como en el sistema 36 de control.

30 El presente procedimiento puede incluir, además, si el ángulo 42 de inclinación excede del ángulo de inclinación predeterminado, el ajuste de un paso de al menos una de la pluralidad de palas 22 del rotor. Además, el paso de más de uno de la pluralidad de palas 22 del rotor, tal como cada una de la pluralidad de palas 22 del rotor, se puede ajustar si se desea o si es necesario. El paso de la una o más palas 22 del rotor se puede ajustar de tal manera que el ángulo 42 de inclinación es inferior o igual al ángulo de inclinación predeterminado. Por ejemplo, el ajuste del paso puede reducir el empuje sobre la turbina eólica 10, reduciendo así el ángulo 42 de inclinación en la posición de carga. El paso puede, por lo tanto, ajustarse como se desee o se requiera, de tal manera que el ángulo 42 de inclinación es inferior o igual al ángulo de inclinación predeterminado. En realizaciones ejemplares, el paso se puede ajustar electrónicamente, tal como mediante el sistema 36 de control.

35 En realizaciones ejemplares, las diversas etapas del presente procedimiento pueden realizarse repetidamente en un sistema de bucle cerrado antes, durante y/o después de la operación de una turbina eólica 10. Por lo tanto, el presente procedimiento puede proporcionar una monitorización constante del ángulo 42 de inclinación, que puede así constantemente controlar la cantidad de empuje sobre la turbina eólica 10 y evitar daños a la misma. Alternativamente, las diversas etapas del presente procedimiento se pueden realizar para proporcionar, por ejemplo, la monitorización de una sola vez del ángulo 42 de inclinación para controlar la cantidad de empuje como, por ejemplo, una comprobación de seguridad para la turbina eólica 10. Además, debe entenderse que las diversas etapas del presente procedimiento se pueden realizar en cualquier forma adecuada según sea necesario o deseado para controlar el empuje de la turbina eólica.

40 La presente divulgación se refiere además a una turbina eólica 10. La turbina eólica 10 puede incluir componentes configurados para controlar el empuje. Por ejemplo, la turbina eólica 10 puede incluir una torre 10, una góndola 16, un rotor 18, y una pluralidad de palas 22 del rotor, como se describió anteriormente. Además, la turbina eólica 10 puede incluir un dispositivo 100 de medición. El dispositivo 100 de medición puede estar configurado para medir un ángulo 42 de inclinación de la turbina eólica 10 en una posición cargada y en una posición descargada, como se describió anteriormente. Además, la turbina eólica 10 puede incluir un sistema 36 de control. El sistema 36 de control puede estar en comunicación con el dispositivo 100 de medición. Además, el sistema 36 de control puede estar configurado para comparar el ángulo 42 de inclinación con un ángulo de inclinación predeterminado para la

turbina eólica 10. Además, si el ángulo 42 de inclinación excede del ángulo de inclinación predeterminado, el sistema 36 de control puede estar configurado para ajustar un paso de al menos una de una pluralidad de palas 22 del rotor, de tal manera que el ángulo 42 de inclinación es menor que o igual al ángulo de inclinación predeterminado, como se describió anteriormente.

- 5 En realizaciones de ejemplo, el dispositivo 100 de medición y el sistema 36 de control pueden operar como se ha descrito anteriormente en varias ocasiones en un sistema de bucle cerrado antes, durante y/o después de la operación de una turbina eólica 10. Así, la presente turbina eólica 10 puede proporcionar una monitorización constante del ángulo 42 de inclinación, que puede así controlar constantemente la cantidad de empuje sobre la turbina eólica 10 y evitar daños a la misma. Alternativamente, el dispositivo 100 de medición y el sistema 36 de control pueden operar como se ha descrito anteriormente para proporcionar, por ejemplo, la monitorización de una sola vez del ángulo 42 de inclinación para controlar la cantidad de empuje como, por ejemplo, una comprobación de seguridad para la turbina eólica 10. Además, debe entenderse que las diversas etapas del presente procedimiento se pueden realizar en cualquier forma adecuada según sea necesario o deseado para controlar el empuje de la turbina eólica.
- 10
- 15 Esta descripción escrita utiliza ejemplos para divulgar la invención, incluyendo el modo preferido, y también para permitir que cualquier persona experta en la técnica ponga en práctica la invención, incluyendo hacer y usar los dispositivos o sistemas y la realización de cualquiera de los procedimientos incorporados. El alcance patentable de la invención se define mediante las reivindicaciones, y puede incluir otros ejemplos que se les ocurran a los expertos en la técnica. Estos otros ejemplos se pretenden que estén dentro del alcance de las reivindicaciones si incluyen elementos estructurales que no difieren del lenguaje literal de las reivindicaciones, o si incluyen elementos estructurales equivalentes con diferencias no sustanciales del lenguaje literal de las reivindicaciones.
- 20

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para controlar el empuje de una turbina eólica, comprendiendo el procedimiento:
5 medir un ángulo (42) de inclinación de una turbina eólica (10) en una posición cargada mediante un dispositivo (100) de medición, comprendiendo la turbina eólica (10) una torre (12), una góndola (16) montada en la torre, un rotor (20) acoplado a la góndola, y una pluralidad de palas (22) del rotor acopladas al rotor, mediante el cual el dispositivo (100) de medición comprende un acelerómetro (120); **caracterizado por**:
10 comparar el ángulo (42) de inclinación con un ángulo de inclinación predeterminado para la turbina eólica (10); y
si el ángulo (42) de inclinación excede del ángulo de inclinación predeterminado, ajustar un paso de al menos una de la pluralidad de palas (22) del rotor, de tal manera que el ángulo (42) de inclinación sea menor que, o igual a, el ángulo de inclinación predeterminado.
2. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende además medir el ángulo (42) de inclinación de la turbina eólica (10) en una posición de referencia y calibrar el dispositivo de medición.
3. El procedimiento de cualquier reivindicación anterior, que comprende además ajustar un paso de cada una de la pluralidad de palas (22) del rotor, de tal manera que el ángulo (42) de inclinación sea menor que, o igual a, el ángulo de inclinación predeterminado.
15
4. El procedimiento de cualquier reivindicación anterior, en el que el paso se ajusta electrónicamente.
5. El procedimiento de cualquier reivindicación anterior, que comprende además transmitir el ángulo (42) de inclinación a un sistema de control, y en el que el ángulo de inclinación se compara electrónicamente con el ángulo de inclinación predeterminado.
- 20 6. El procedimiento de cualquier reivindicación anterior, en el que el ángulo (42) de inclinación se mide en la góndola (16).
7. El procedimiento de cualquier reivindicación anterior, en el que el dispositivo (100) de medición comprende además un sensor (112) electrónico acoplado al acelerómetro (120).
8. Una turbina eólica (10), que comprende:
25 una torre (12);
una góndola (16) montada en la torre;
un rotor (20) acoplado a la góndola;
una pluralidad de palas (22) del rotor acopladas al rotor;
30 un dispositivo de medición (100) configurado para medir un ángulo de inclinación de la turbina eólica en una posición cargada, mediante el cual el dispositivo (100) de medición comprende un acelerómetro (120); y **caracterizado por**:
un sistema de control en comunicación con el dispositivo (100) de medición, estando el sistema de control configurado para comparar el ángulo de inclinación con un ángulo de inclinación predeterminado para la turbina eólica y, si el ángulo (42) de inclinación excede del ángulo de inclinación predeterminado, ajustar un paso de al menos una de la pluralidad de palas (22) del rotor, de tal manera que el ángulo de inclinación sea menor que, o igual a, el ángulo de inclinación predeterminado.
35

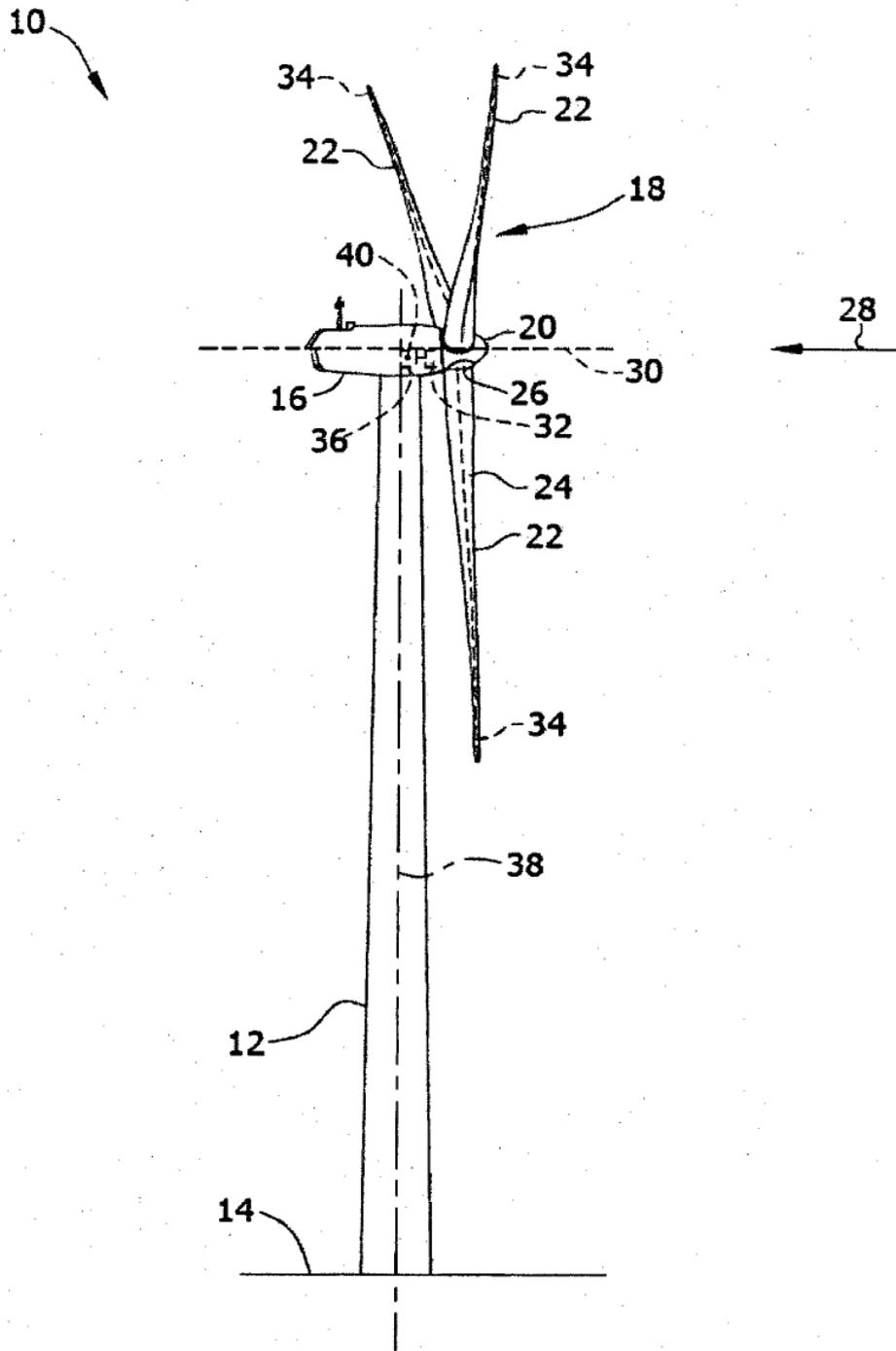


FIG. -1-

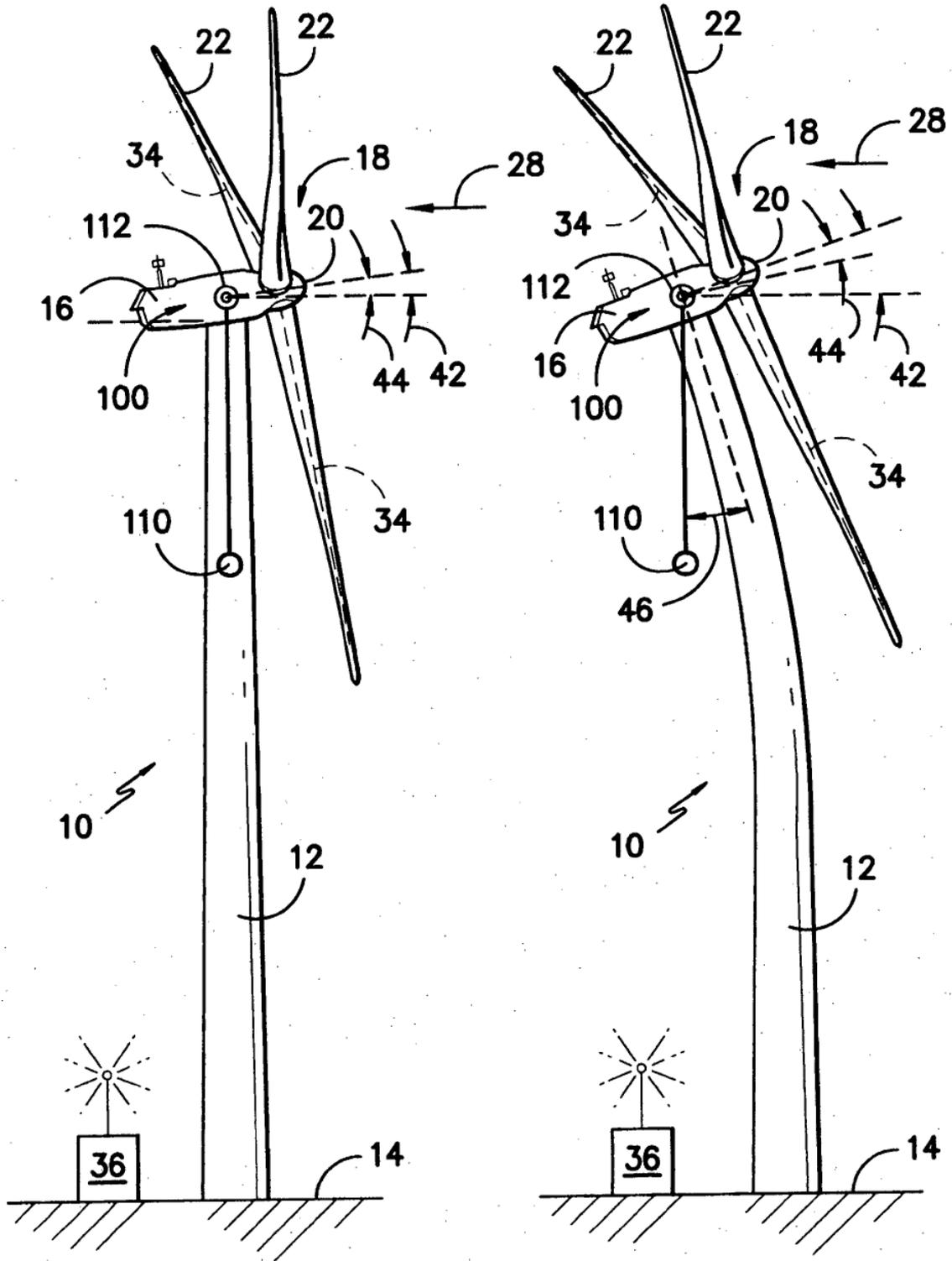


FIG. -2-

FIG. -3-

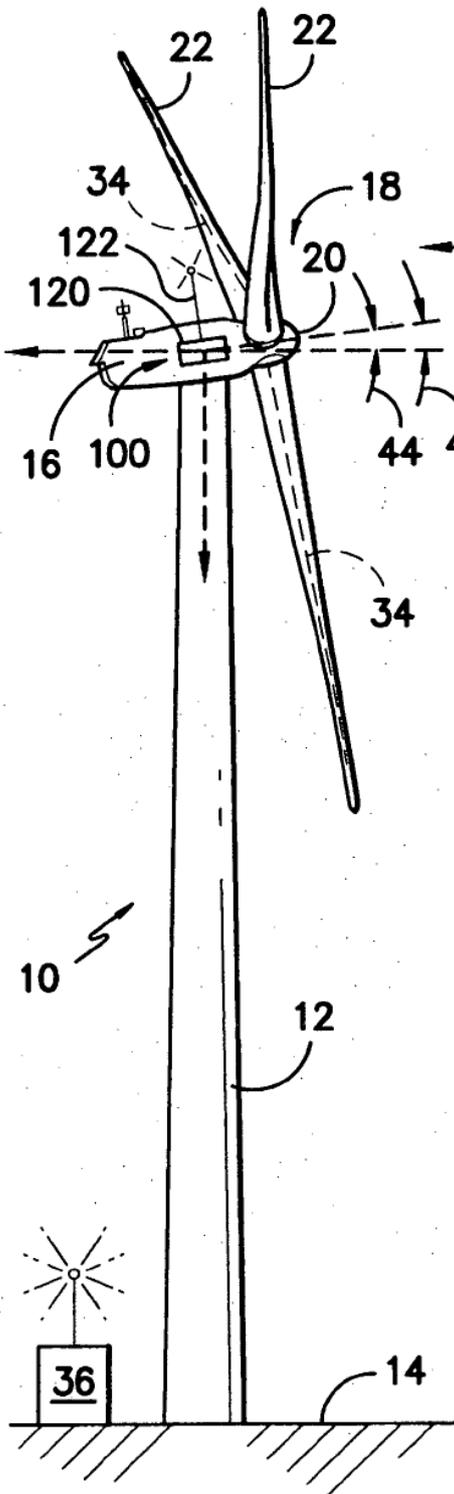


FIG. -4-

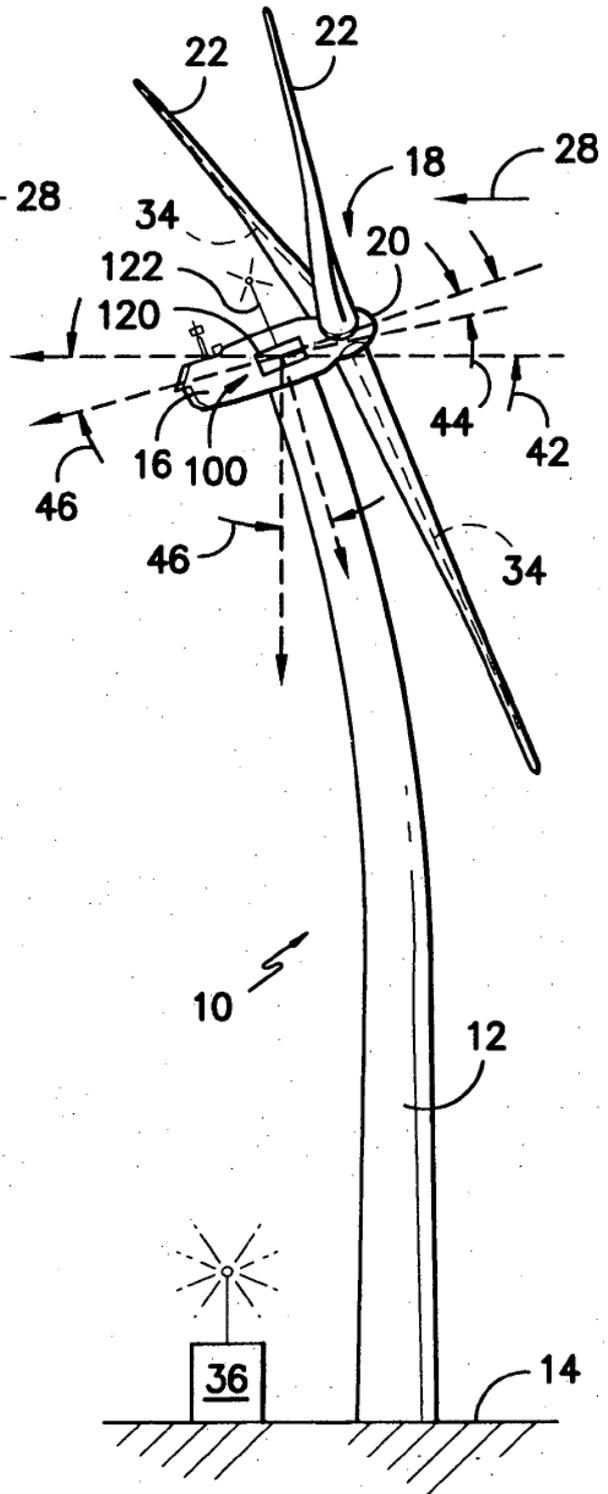


FIG. -5-