

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 870 152**

51 Int. Cl.:

F03D 13/10 (2006.01)

F03D 80/50 (2006.01)

F03D 1/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.04.2018 PCT/CN2018/082154**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.07.2019 WO19127970**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.04.2018 E 18884852 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.02.2021 EP 3540215**

54 Título: **Sistema de control de rotación de rotor y método de control para una turbina eólica**

30 Prioridad:

28.12.2017 CN 201711457856

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

26.10.2021

73 Titular/es:

**JIANGSU GOLDWIND SCIENCE & TECHNOLOGY
CO., LTD. (100.0%)**

**No. 99 Jinhai Road Economic & Technological
Development Zone Dafeng District
Yancheng, Jiangsu 224100, CN**

72 Inventor/es:

**LI, HONGFENG;
YANG, YONG;
FANG, JING;
ZHAI, ENDI;
ZHANG, XINGANG y
LI, YE**

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 870 152 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 de control de rotación de rotor y método de control para una turbina eólica

Campo

5 La presente divulgación se refiere al campo técnico de generación de potencia eólica, y en particular a un sistema de control de rotación de rotor para una turbina eólica y a un método de control de la misma.

Antecedentes

10 Una turbina eólica es un dispositivo eléctrico que convierte la energía eólica en energía mecánica y luego convierte la energía mecánica en energía eléctrica. La turbina eólica incluye partes principales tales como una sala de máquinas, un generador y palas. El generador incluye un rotor y un estator, se proporciona un buje de rueda en un árbol principal del rotor y se instala al menos una pala en el buje de rueda del rotor. Cuando la turbina eólica está en funcionamiento, la pala puede accionar el buje de rueda para que rote bajo la acción del viento, y accionar adicionalmente el rotor del generador para que rote, generando energía eléctrica a medida que los devanados de rotor del generador cortan líneas de inducción magnética. La publicación de patente estadounidense n.º 15 2014/0110949 A1 proporciona una instalación de potencia eólica que comprende un rotor en el que pueden montarse palas de rotor, un generador eléctrico que tiene un estator de generador y un rotor de generador, y una pluralidad de unidades de desplazamiento. El primer extremo de la unidad de desplazamiento está sujeto al estator de generador y el segundo extremo de la unidad de desplazamiento está sujeto de manera liberable al rotor de generador. Las unidades de desplazamiento tienen cada una un cilindro hidráulico respectivo, cuya desviación puede controlarse de modo que mediante el accionamiento de la unidad de desplazamiento el rotor de generador se 20 desplaza en relación con el estator de generador.

25 Con el desarrollo de una turbina eólica grande, la instalación de palas de la turbina eólica pasa a ser cada vez más difícil, ya que, habitualmente, es necesario instalar las palas por separado. El número de palas de una turbina eólica es generalmente de más de una, preferiblemente tres en general. En el procedimiento de instalación de múltiples palas por separado, es necesario ajustar la posición del buje de rueda de la turbina eólica para cumplir los requisitos de instalación de diferentes palas. Por ejemplo, después de que se instale una pala, es necesario hacer rotar el buje de rueda según un ángulo desde la posición actual hasta otra posición para instalar otra pala. Además, cuando se está realizando el mantenimiento de la pala, también es necesario hacer rotar el buje de rueda según un ángulo apropiado para ajustar la pala a una posición apropiada para un mantenimiento fácil. En la actualidad, el ajuste de la posición de pala se implementa principalmente con un dispositivo de rotación de rotor en la turbina eólica. El 30 dispositivo de rotación de rotor puede accionar el rotor para que rote en relación con el estator, y de ese modo accionar el buje de rueda conectado con el rotor para que rote, para realizar el ajuste de posición de pala.

35 En el procedimiento de instalación de múltiples palas, es necesario hacer rotar las palas hasta diferentes posiciones. Durante el procedimiento de rotación, la gravedad de la propia pala puede conducir a un cambio brusco de la dirección de la carga de momento de flexión, lo que provoca una vibración fuerte en la turbina eólica. Por tanto, se necesitan con urgencia un sistema de control de rotación de rotor y un método de control de la misma, para hacer que la transición de la carga de momento de flexión de las palas sea suave durante el procedimiento de instalación o ajuste de palas, sin provocar ninguna vibración fuerte en la turbina eólica.

Sumario

40 El problema técnico que va a resolver la invención es superar la desventaja de la tecnología convencional al proporcionar un sistema de control de rotación de rotor para una turbina eólica y un método de control de la misma que pueda evitar con eficacia la vibración en el procedimiento de instalación y mantenimiento de componentes de la turbina eólica.

45 Según la presente divulgación, se proporciona un sistema de control de rotación de rotor para una turbina eólica. El sistema de control de rotación de rotor incluye una unidad de rotación configurada para accionar un rotor de la turbina eólica para que rote en relación con una base de motor de la turbina eólica, una unidad de accionamiento configurada para accionar la unidad de rotación, y un procesador configurado para determinar una posición de conmutación de carga de momento de flexión en un árbol rotatorio del rotor, y emitir una instrucción de ajuste a la unidad de accionamiento basándose en la posición de conmutación de carga de momento de flexión. La unidad de accionamiento recibe la instrucción de ajuste desde el procesador y ajusta un estado de funcionamiento de la unidad 50 de rotación en respuesta a la instrucción de ajuste, para equilibrar un cambio de la carga de momento de flexión en la posición de conmutación de carga de momento de flexión.

55 Según la presente divulgación, se proporciona además un método de control de rotación de rotor para una turbina eólica. El método de control de rotación de rotor incluye: una etapa de accionamiento para accionar una unidad de rotación para que accione un rotor conectado con la unidad de rotación para que rote en relación con una base de motor de la turbina eólica; y una etapa de ajuste para determinar una posición de conmutación de carga de momento de flexión en un árbol rotatorio del rotor, y ajustar un estado de funcionamiento de la unidad de rotación basándose en la posición de conmutación de carga de momento de flexión para equilibrar un cambio de carga de momento de

flexión en la posición de conmutación de carga de momento de flexión.

Según otro aspecto de la presente divulgación, se proporciona un medio de almacenamiento legible por ordenador que está configurado para almacenar un programa informático. Cuando se ejecuta por un procesador, el programa informático realiza el método de control de rotación de rotor descrito anteriormente para una turbina eólica.

- 5 Según otro aspecto de la presente divulgación, se proporciona además un ordenador que incluye una memoria, configurada para almacenar instrucciones, y un procesador, configurado para ejecutar las instrucciones almacenadas en la memoria para realizar el método de control de rotación de rotor descrito anteriormente para una turbina eólica.

- 10 El sistema de control de rotación de rotor para una turbina eólica y el método de control de la misma según la presente divulgación pueden no sólo controlar la rotación de rotor de la turbina eólica, sino también equilibrar el cambio de carga durante el procedimiento de rotación, y pueden suavizar la transición de la carga provocada por la pala u otros componentes a la turbina eólica, evitando con eficacia la vibración fuerte de la turbina eólica y reduciendo de ese modo los daños a los componentes de la turbina eólica.

Breve descripción de los dibujos

- 15 La figura 1 es un diagrama estructural esquemático parcial de un sistema de control de rotación de rotor aplicado a una turbina eólica según una realización de la presente divulgación.

La figura 2 es otro diagrama estructural esquemático parcial del sistema de control de rotación de rotor aplicado a una turbina eólica según una realización de la presente divulgación.

- 20 La figura 3 es un diagrama esquemático de una posición angular de una pala según una realización de la presente divulgación.

La figura 4 es un diagrama de estado esquemático de una instalación secuencial de una primera pala, una segunda pala y una tercera pala según una realización de la presente divulgación.

La figura 5 es un diagrama topológico de un sistema de control de rotación de rotor para una turbina eólica según una realización de la presente divulgación.

- 25 La figura 6 es un diagrama de bloques estructural de un sistema de control de rotación de rotor según una realización de la presente divulgación.

La figura 7 es un diagrama de bloques estructural de un sistema de control de rotación de rotor según una realización de la presente divulgación.

- 30 La figura 8 es un diagrama de bloques estructural parcial de un sistema de control de rotación de rotor según una realización de la presente divulgación.

La figura 9 es un diagrama de bloques estructural de un sistema de control de rotación de rotor según una realización de la presente divulgación.

La figura 10 es un diagrama de bloques estructural de un sistema de control de rotación de rotor según una realización de la presente divulgación.

- 35 La figura 11 es un diagrama esquemático de una aplicación de un módulo de control direccional según una realización de la presente divulgación.

La figura 12 es un diagrama de flujo de funcionamiento de la instalación secuencial de tres palas según una realización de la presente divulgación.

- 40 La figura 13 es un diagrama de flujo de funcionamiento del equilibrado del cambio de carga en el procedimiento de instalación de una pala según una realización de la presente divulgación.

Descripción detallada de realizaciones

Para que puedan entenderse claramente los fines, características y ventajas anteriores de la presente divulgación, la invención se describe a continuación con detalle con referencia a los dibujos adjuntos y realizaciones específicas.

- 45 Una turbina eólica es un dispositivo de potencia usado ampliamente en el campo de generación de potencia eólica. La turbina eólica incluye partes tales como una sala de máquinas, un generador y una pala. El generador incluye un rotor y un estator, se conecta un árbol rotatorio del rotor con un buje de rueda y se instala al menos una pala en el buje de rueda, por ejemplo, pero sin limitarse a ello, se instalan tres palas a lo largo de una dirección circunferencial del buje de rueda. Dependiendo de la disposición del rotor y el estator, la turbina eólica incluye generalmente dos tipos, turbina eólica con el rotor dentro del estator y turbina eólica con el estator dentro del rotor. La invención se describe tomando una turbina eólica con el estator dentro del rotor por ejemplo en la presente divulgación. De
- 50

hecho, la presente divulgación no se limita sólo a turbinas eólicas con el estator dentro del rotor, sino que también se aplica a otros tipos de turbina eólica u otros dispositivos mecánicos similares.

Según una realización de la presente divulgación, en una turbina eólica con el estator dentro del rotor, se disponen imanes permanentes a lo largo de una dirección circunferencial en una pared interior del rotor, se disponen devanados en una pared exterior del estator, y el estator se instala completamente dentro del rotor. El estator se conecta de manera fija al extremo superior de una torre de la turbina eólica a través de un soporte de estator. Se instala una sala de máquinas en el extremo superior de la torre, y se conecta, de manera que puede rotar a lo largo de una dirección circunferencial, a la torre. Por ejemplo, la sala de máquinas y la torre pueden conectarse de manera rotatoria mediante cojinetes. Parte del extremo superior de la torre se extiende hasta el interior de la sala de máquinas.

Según la presente divulgación, se proporciona un sistema de control de rotación de rotor para una turbina eólica que puede controlar la rotación de un rotor basándose en un cambio de carga asociado con el rotor. Por ejemplo, el sistema de control de rotación de rotor está configurado para controlar el rotor en rotación y suavizar la transición de la carga cuando están instalándose, retirándose o recibiendo mantenimiento múltiples palas de la turbina eólica. La invención se describe tomando la instalación de tres palas en un buje de rueda de una turbina eólica por ejemplo, y en la práctica, las soluciones técnicas según la presente divulgación también se aplican a otras implementaciones de control de la rotación de rotor.

La figura 1 y la figura 2 muestran diagramas estructurales esquemáticos parciales de un sistema de control de rotación de rotor 1 aplicado a una turbina eólica según una realización de la presente divulgación. Por motivos de simplicidad, en el presente documento sólo se muestran algunos componentes conectados con el sistema de control de rotor.

Tal como se muestra en la figura 1 y la figura 2, el sistema de control de rotación de rotor 1 está instalado de manera fija sobre una base de motor 2 de la turbina eólica. Una cubierta de extremo de generador 3 de la turbina eólica está conectada de manera fija a un rotor (no mostrado) del generador. Se proporcionan múltiples orificios de espiga 31 en una pared lateral de la cubierta de extremo de generador 3 orientada hacia la base de motor 2, y la separación entre orificios de espiga 31 adyacentes puede establecerse de manera apropiada dependiendo de los entornos de aplicación práctica.

El sistema de control de rotación de rotor 1 mostrado en el presente documento incluye cinco unidades de rotación, concretamente, una primera unidad de rotación 104a, una segunda unidad de rotación 104b, una tercera unidad de rotación 104c, una cuarta unidad de rotación 104d y una quinta unidad de rotación 104e. La unidad de rotación está configurada para accionar el rotor para que rote en relación con la base de motor 2. Las cinco unidades de rotación se disponen de manera uniforme sobre la base de motor 2 a lo largo de una dirección circunferencial de la base de motor 2. Puede seleccionarse y disponerse de manera apropiada otro número de unidades de rotación, dependiendo de los requisitos prácticos de la fuerza de accionamiento y las limitaciones de espacio de instalación.

Cada unidad de rotación mostrada en el presente documento puede incluir un cilindro telescópico, una base de instalación y una espiga. El cilindro telescópico puede ser un cilindro hidráulico, un cilindro neumático y una combinación de un cilindro hidráulico y un cilindro neumático, u otros tipos de cilindro telescópico. En la realización ilustrada, el cilindro telescópico es preferiblemente un cilindro hidráulico. La base de instalación está conectada de manera desprendible con la base de motor 2, y un extremo fijo del cilindro telescópico está conectado con la base de motor 2 a través de la base de instalación. La espiga está dispuesta en un extremo móvil del cilindro telescópico. Tomando la tercera unidad de rotación 104c en la figura 2 por ejemplo, el lado izquierdo de la tercera unidad de rotación 104c es el extremo fijo y el lado derecho es el extremo móvil. La estructura de otras unidades de rotación es similar a la de la tercera unidad de rotación 104c.

La espiga está fijada de manera floja a la cubierta de extremo de generador 3. La espiga puede alargarse o acortarse cuando se acciona mediante una presión hidráulica o neumática. La espiga puede insertarse en el orificio de espiga 31 para bloquear la espiga en el momento del alargamiento, y retirarse del orificio de espiga 31 en el momento del acortamiento para desbloquear la espiga.

Tal como se muestra en la figura 2, según la orientación (en sentido horario y en sentido antihorario) del cilindro telescópico de cada unidad de rotación a lo largo de la dirección circunferencial de la base de motor 2, las orientaciones de la primera unidad de rotación 104a, la tercera unidad de rotación 104c y la cuarta unidad de rotación 104d están en un sentido, y las orientaciones de la segunda unidad de rotación 104b y la quinta unidad de rotación 104e están en otro sentido. Específicamente, la primera unidad de rotación 104a, la tercera unidad de rotación 104c y la cuarta unidad de rotación 104d pueden alargarse en sentido horario o contraerse en sentido antihorario, y la segunda unidad de rotación 104b y la quinta unidad de rotación 104e pueden contraerse en sentido horario o alargarse en sentido antihorario. Debe observarse que el alargamiento y la contracción de la unidad de rotación descritos en la solicitud representan respectivamente el alargamiento y la contracción del cilindro telescópico de la unidad de rotación.

La primera unidad de rotación 104a, la segunda unidad de rotación 104b, la tercera unidad de rotación 104c, la

cuarta unidad de rotación 104d y la quinta unidad de rotación 104e accionan conjuntamente el rotor para que rote en relación con la base de motor 2 a través del movimiento de carrera de sus cilindros telescópicos respectivos. En la realización mostrada, cada unidad de rotación realiza el accionamiento con un cilindro telescópico. En la práctica, la presente divulgación no se limita a esto, y en realidad la unidad de rotación también puede implementarse con la combinación de engranaje, cremallera, piñón y cadena para accionar el rotor para que rote en relación con la base de motor 2.

La presente divulgación se describe tomando el accionamiento del rotor para que rote en sentido horario en relación con la base de motor 2 por ejemplo. Sin ninguna fuerza externa que accione el rotor para que rote, cuando el sistema de control de rotación de rotor 1 acciona el rotor para que rote en sentido horario, todas las espigas de las cinco unidades de rotación se bloquean en los orificios de espiga correspondientes, la primera unidad de rotación 104a, la tercera unidad de rotación 104c y la cuarta unidad de rotación 104d se alargan gradualmente, es decir, pasando de un estado de contracción a un estado de alargamiento para aplicar empuje en sentido horario sobre el rotor, y la segunda unidad de rotación 104b y la quinta unidad de rotación 104e se contraen gradualmente, es decir, pasando de un estado de alargamiento a un estado de contracción para aplicar tracción en sentido horario sobre el rotor. Por tanto, las cinco unidades de rotación accionan conjuntamente el rotor para que rote en sentido horario. En la presente divulgación, se define una carrera como un movimiento de alargamiento o un movimiento de contracción completado por un cilindro telescópico de una unidad de rotación. En la realización ilustrada, las cinco unidades de rotación accionan el rotor para que rote aproximadamente 7,5 grados por cada carrera.

Cuando el sistema de control de rotación de rotor 1 se aplica a la instalación o al mantenimiento de palas, el rotor se acciona para que rote en relación con la base de motor 2 mediante la primera unidad de rotación 104a, la segunda unidad de rotación 104b, la tercera unidad de rotación 104c, la cuarta unidad de rotación 104d y la quinta unidad de rotación 104e juntas, entonces el rotor puede accionar el buje de rueda fijado al árbol rotatorio del rotor para que rote, y finalmente el buje de rueda rota hasta una posición adecuada para la instalación y el mantenimiento de palas.

Tal como se muestra en la figura 2, la base de motor 2 está fijada en una posición horizontal. En la realización de la presente divulgación, tres palas de especificaciones idénticas pueden instalarse en horizontal en secuencia en el buje de rueda de la turbina eólica usando el sistema de control de rotación de rotor 1.

El procedimiento de instalación de la primera pala 5, la segunda pala 6 y la tercera pala 7 en el buje de rueda en secuencia se describe con referencia a la figura 3 y la figura 4. La figura 3 es un diagrama esquemático de una posición angular de una pala según una realización de la presente divulgación. La figura 4 es un diagrama esquemático de un estado de la instalación secuencial de la primera pala 5, la segunda pala 6 y la tercera pala 7 según una realización de la presente divulgación.

Para facilidad de ilustración, un ángulo de desviación entre la primera pala 5 y una posición horizontal de instalación se indica como α , tal como se muestra en la figura 3.

Tal como se muestra en la figura 4, una superficie de contacto para instalar la primera pala 5 se hace rotar hasta la posición horizontal mediante el sistema de control de rotación de rotor de la presente divulgación, es decir, hasta el estado A ($\alpha = 0$ grados), y en este punto el buje de rueda 4 se bloquea para instalar la primera pala 5 en el buje de rueda 4.

Con el fin de hacer rotar una superficie de contacto para instalar la segunda pala 6 hasta la posición horizontal, es necesario que el sistema de control de rotación de rotor accione el buje de rueda 4 para que rote en sentido horario 120 grados, para alcanzar el estado C. Durante la transición desde el estado A hasta el estado C, el estado B en el que la primera pala 5 rota en sentido horario hasta una posición de $\alpha = 90$ grados es ineludible. Después de eso, el sentido de una carga de momento de flexión que la gravedad de la primera pala 5 ejerce sobre el buje de rueda 4 cambia bruscamente de izquierda a derecha. En este punto, puede producirse fácilmente una vibración fuerte, provocando daños a los componentes de la turbina eólica. Por ejemplo, puesto que hay un hueco entre la espiga de la unidad de rotación y el orificio de espiga en la cubierta de extremo de generador, es posible que la espiga rebote en el orificio de espiga cuando la carga cambia bruscamente.

Cuando la primera pala 5 rota en sentido horario hasta una posición de $\alpha = 120$ grados hasta el estado C, la superficie de contacto para instalar la segunda pala 6 está justo en la posición horizontal, y el buje de rueda 4 se bloquea para instalar la segunda pala 6 en el buje de rueda 4. Después de eso, puesto que la gravedad de la segunda pala 6 también provoca una determinada carga de momento de flexión sobre el buje de rueda 4, el sentido de la carga de momento de flexión total generada por la primera pala 5 y la segunda pala 6 sobre el buje de rueda 4 cambiará bruscamente de nuevo de derecha a izquierda. En este punto, puede producirse fácilmente una vibración fuerte, provocando de ese modo daños a los componentes de la turbina eólica.

Con el fin de hacer rotar una superficie de contacto para instalar la tercera pala 7 hasta la posición horizontal, es necesario que el sistema de control de rotación de rotor accione el buje de rueda 4 para que rote adicionalmente en sentido horario 120 grados para alcanzar el estado E ($\alpha = 240$ grados). Durante la transición desde el estado C hasta el estado E, el estado D en el que la primera pala 5 rota en sentido horario hasta una posición de $\alpha = 150$ grados es ineludible. En el estado D, la primera pala 5 y la segunda pala 6 son simétricas entre sí con respecto

al eje vertical del buje de rueda. Después de eso, el sentido de la carga de momento de flexión total generada por la primera pala 5 y la segunda pala 6 sobre el buje de rueda 4 cambiará bruscamente de nuevo de derecha a izquierda. En este punto, puede producirse fácilmente una vibración fuerte, provocando de ese modo daños a los componentes de la turbina eólica.

5 Cuando el buje de rueda 4 rota en sentido horario, accionado por el sistema de control de rotación de rotor, hasta el estado E ($\alpha = 240$ grados), la superficie de contacto para instalar la tercera pala 7 está justo en la posición horizontal, y en este punto, el buje de rueda 4 se bloquea para instalar la tercera pala 7 en el buje de rueda 4. De esta manera, las tres palas se instalan en el buje de rueda 4 a lo largo de la dirección circunferencial del buje de rueda.

10 Basándose en el análisis anterior, con el fin de evitar el efecto adverso del cambio brusco de carga sobre la turbina eólica, es necesario que las cargas de momento de flexión generadas por las palas en diferentes estados se tengan en cuenta en el funcionamiento del sistema de control de rotación de rotor, para equilibrar o resistir el cambio brusco de la carga de pala.

15 La figura 5 muestra un diagrama topológico de un sistema de control de rotación de rotor 11 para una turbina eólica según una realización de la presente divulgación. La colaboración entre el sistema de control de rotación de rotor 11 y otros sistemas de funcionamiento durante la instalación de palas se describe a continuación con referencia a la figura 5. El sistema de control de rotación de rotor 11 se conecta eléctricamente a un sistema de guiñada 12, un sistema de frenado de rotor 13 y un sistema de bloqueo de pala 14 para la comunicación.

20 Pueden realizarse múltiples operaciones de guiñada mediante el sistema de guiñada 12. En el sistema de guiñada 12 se proporciona un dispositivo de control de guiñada, y en el dispositivo de control de guiñada se proporcionan múltiples componentes de control tales como un interruptor de habilitación de guiñada, un interruptor de presión residual de guiñada, un interruptor de parada de guiñada, un interruptor de guiñada a la izquierda y un interruptor de guiñada a la derecha. El interruptor de habilitación de guiñada está configurado para activar una señal de habilitación de guiñada, el interruptor de presión residual de guiñada está configurado para activar una señal de presión residual de guiñada, el interruptor de parada de guiñada está configurado para activar una señal de parada de guiñada, el interruptor de guiñada a la izquierda está configurado para activar una señal de guiñada a la izquierda, y el interruptor de guiñada a la derecha está configurado para activar una señal de guiñada a la derecha. En respuesta a la activación de la señal de habilitación de guiñada, el dispositivo de control de guiñada inicia la función de guiñada. Al mismo tiempo, se acciona un motor de guiñada para que trabaje en respuesta a la señal de guiñada a la izquierda o la señal de guiñada a la derecha activada por el interruptor de guiñada a la izquierda o el interruptor de guiñada a la derecha, para producir el movimiento de guiñada de la sala de máquinas de la turbina eólica hasta una posición predeterminada. Luego, la señal de parada de guiñada se activa para parar el motor de guiñada, parando de ese modo la guiñada.

35 El sistema de guiñada 12 incluye además un dispositivo de frenado de guiñada para el frenado de emergencia. El dispositivo de frenado de guiñada puede comunicarse con el dispositivo de control de guiñada. Puede llevarse a cabo una operación de frenado de guiñada mediante el dispositivo de frenado de guiñada. En respuesta a la activación de la señal de presión residual de guiñada, el dispositivo de frenado de guiñada habilita un freno para lograr el frenado de guiñada. El funcionamiento del sistema de guiñada 12 puede transmitirse de vuelta al sistema de control de rotación de rotor 11. Por ejemplo, una señal de presión, una señal de nivel de aceite hidráulico y una señal de grupo de válvulas hidráulicas generadas por una estación hidráulica de guiñada en el sistema de guiñada 12 pueden transmitirse de vuelta al sistema de control de rotación de rotor 11. El sistema de control de rotación de rotor 11 puede visualizar los correspondientes parámetros de presión, parámetros de nivel de aceite hidráulico y si la acción de un grupo de válvulas hidráulicas es correcta en una unidad de visualización. Además, el sistema de control de rotación de rotor 11 puede determinar si se produce una condición anómala. Por ejemplo, si el nivel de aceite está por debajo de un valor establecido, el sistema de control de rotación de rotor 11 puede emitir una alarma usando la unidad de visualización o un dispositivo sonoro.

50 El sistema de frenado de rotor 13 puede realizar una operación de frenado de rotor y parar una operación de frenado de rotor. Antes de empezar a accionar el rotor de la turbina eólica para que rote, el sistema de control de rotación de rotor 11 puede emitir una señal de habilitación de frenado y una señal de deshabilitación de frenado al sistema de frenado de rotor 13. El sistema de frenado de rotor 13 puede habilitar un freno conectado a la cubierta de extremo de generador o al rotor tras recibir la señal de habilitación de frenado para frenar el rotor, haciendo de ese modo que deje de rotar el buje de rueda conectado al rotor. El sistema de frenado de rotor 13 puede deshabilitar el freno conectado a la cubierta de extremo de generador o al rotor tras recibir la señal de deshabilitación de frenado para parar el frenado de rotor, permitiendo de ese modo que rote el buje de rueda fijado al árbol rotatorio del rotor. El funcionamiento del sistema de frenado de rotor 13 puede transmitirse de vuelta al sistema de control de rotación de rotor 11. Por ejemplo, una señal de presión, una señal de nivel de aceite y una señal de acción del grupo de válvulas hidráulicas en un circuito de frenado de rotor hidráulico del sistema de freno de rotor 13 pueden transmitirse de vuelta al sistema de control de rotación de rotor 11. El sistema de control de rotación de rotor 11 puede visualizar los correspondientes parámetros de presión, parámetros de nivel de aceite hidráulico y si la acción del grupo de válvulas hidráulicas es correcta en una unidad de visualización. Además, el sistema de control de rotación de rotor 11 puede determinar si se produce una condición anómala. Por ejemplo, si el nivel de aceite está por debajo de un valor

establecido, el sistema de control de rotación de rotor 11 puede emitir una alarma usando la unidad de visualización o un dispositivo sonoro.

El sistema de control de rotación de rotor 11 puede controlar el sistema de bloqueo de pala 14 para realizar una operación de bloqueo de pala y una operación de desbloqueo de pala. Por ejemplo, después de instalarse una pala, el sistema de control de rotación de rotor 11 puede controlar una estación hidráulica para espiga de bloqueo de pala en el sistema de bloqueo de pala 14 para extender un árbol de espiga de bloqueo de pala para realizar la operación de bloqueo de pala. Antes de instalar o retirar una pala, el sistema de control de rotación de rotor 11 puede controlar la estación hidráulica para espiga de bloqueo de pala en el sistema de bloqueo de pala 14 para retraer el árbol de espiga de bloqueo de pala para una operación de instalación de pala o de desbloqueo de pala. Un sensor de espiga de bloqueo de pala puede detectar si un árbol de espiga de pala alcanza una posición predeterminada, y transmitir de vuelta una señal de detección al sistema de control de rotación de rotor 11, y el sistema de control de rotación de rotor 11 puede visualizar un estado de extensión y un estado de retracción del árbol de espiga de pala.

Además, se proporciona una espiga de bloqueo en un árbol de estator del generador, y se proporciona un orificio de bloqueo correspondiente en el rotor del generador, es decir, la espiga de bloqueo está fija y el orificio de bloqueo puede rotar. El sistema de control de rotación de rotor 11 también puede usar un sensor fotoeléctrico para detectar una posición de alineación del orificio de bloqueo y la espiga de bloqueo. Cuando se determina, usando el sensor fotoeléctrico, que el orificio de bloqueo y la espiga de bloqueo están alineados entre sí, el sistema de control de rotación de rotor 11 controla la espiga de bloqueo para que se alargue al interior del orificio de bloqueo para mantener el buje de rueda bloqueado, donde la resistencia de la espiga de bloqueo soporta la instalación sucesiva de tres palas en el buje de rueda.

La figura 6 muestra un diagrama de bloques estructural del sistema de control de rotación de rotor 11 según una realización de la presente divulgación. El sistema de control de rotación de rotor 11 incluye una unidad de visualización 101 y un procesador 102 que están interconectados, y el procesador 102 puede comunicarse con la unidad de visualización 101. El sistema de control de rotación de rotor 11 incluye además cinco unidades de accionamiento y cinco unidades de rotación, en el que una primera unidad de accionamiento 103a está conectada con una primera unidad de rotación 104a para accionar la primera unidad de rotación 104a, una segunda unidad de accionamiento 103b está conectada con una segunda unidad de rotación 104b para accionar la segunda unidad de rotación 104b, una tercera unidad de accionamiento 103c está conectada con una tercera unidad de rotación 104c para accionar la tercera unidad de rotación 104c, una cuarta unidad de accionamiento 103d está conectada con una cuarta unidad de rotación 104d para accionar la cuarta unidad de rotación 104d, y una quinta unidad de accionamiento 103e está conectada con una quinta unidad de rotación 104e para accionar la quinta unidad de rotación 104e. En esta realización, cada una de las cinco unidades de rotación incluye un cilindro hidráulico y, por consiguiente, las cinco unidades de accionamiento son unidades de accionamiento hidráulicas. El procesador 102 está conectado con la primera unidad de accionamiento 103a, la segunda unidad de accionamiento 103b, la tercera unidad de accionamiento 103c, la cuarta unidad de accionamiento 103d y la quinta unidad de accionamiento 103e, y controla el funcionamiento de cada unidad de accionamiento para controlar el estado de funcionamiento de la misma.

El funcionamiento del sistema de control de rotación de rotor 11 se describe tomando la instalación de tres palas por ejemplo. En primer lugar, antes de empezar la instalación de palas, el sistema de guiñada 12 se controla para provocar el movimiento de guiñada de la sala de máquinas de la turbina eólica hasta una posición predeterminada conveniente para la instalación de palas, y luego se para la guiñada. La operación de guiñada ya no es necesaria durante la instalación de palas. Luego, el sistema de control de rotación de rotor 11 emite una señal de deshabilitación de frenado al sistema de frenado de rotor 13 para parar el frenado de rotor, de modo que puede rotar el buje de rueda conectado de manera fija con el árbol rotatorio del rotor. Además, el sistema de control de rotación de rotor 11 puede controlar adicionalmente el sistema de bloqueo de pala 14 para retraer el árbol de espiga de bloqueo de pala para una instalación fácil de la pala. De esta manera, el sistema de control de rotación de rotor 11 está listo para la operación de instalación de palas.

Durante todo el procedimiento de funcionamiento, el procesador 102 puede recopilar parámetros de funcionamiento del sistema de guiñada 12, el sistema de frenado de rotor 13 y el sistema de bloqueo de pala 14, determinar si se produce una condición anómala basándose en los parámetros de funcionamiento, y enviar información relevante a la unidad de visualización 101, para usar la unidad de visualización 101 para visualizar estados de funcionamiento del sistema de guiñada 12, el sistema de frenado de rotor 13 y el sistema de bloqueo de pala 14 o emitir una alarma basándose en una condición anómala.

Haciendo referencia de nuevo a la figura 4, los estados B, C y D son estados críticos en los que la carga de momento de flexión que las palas ejercen sobre el buje de rueda 4 cambia bruscamente. El sistema de control de rotación de rotor según la presente divulgación puede cambiar los estados de funcionamiento de las unidades de rotación dependiendo de la posición de rotación de las palas para equilibrar o resistir el cambio de la carga del momento de flexión de las palas. Específicamente, el cambio de la carga de momento de flexión de pala puede equilibrarse previamente cambiando los estados de funcionamiento de las unidades de rotación de antemano, para realizar la transición suave de la carga global.

En el presente caso la descripción se realiza con el estado A definido como estado inicial. La primera pala 5 rota en sentido horario accionada por el sistema de control de rotación de rotor después de instalarse. En una realización de la presente divulgación, las cinco unidades de rotación pueden accionar la primera pala 5 para que rote en sentido horario aproximadamente 7,5 grados por cada carrera en sentido horario. Con el estado A como el punto de partida (0 carreras), son necesarias 12 carreras para alcanzar el estado B, 16 carreras para alcanzar el estado C, 20 carreras para alcanzar el estado D y 32 carreras para alcanzar el estado E.

Por motivos de brevedad, la figura 7 a la figura 10 muestran sólo una unidad de accionamiento y una unidad de rotación, y el funcionamiento de múltiples unidades de accionamiento y múltiples unidades de rotación se describe en el presente caso tomando una unidad de accionamiento y una unidad de rotación 104 correspondiente por ejemplo. En el presente caso, la unidad de rotación 104 representa la primera unidad de rotación 104a, la segunda unidad de rotación 104b, la tercera unidad de rotación 104c, la cuarta unidad de rotación 104d y la quinta unidad de rotación 104e.

La figura 7 y la figura 8 son diagramas de bloques estructurales de un sistema de control de rotación de rotor 11A según una realización de la presente divulgación. El sistema de control de rotación de rotor 11A incluye un módulo de medición de ángulo 21, un procesador 22, una unidad de accionamiento 23 y la unidad de rotación 104. El procesador 22 está conectado entre el módulo de medición de ángulo 21 y la unidad de accionamiento 23, y la unidad de accionamiento 23 también está conectada a la unidad de rotación 104. El módulo de medición de ángulo 21 está configurado para medir un ángulo de rotación del rotor y enviar el ángulo de rotación según se mide al procesador 22 para su procesamiento. El procesador 22 determina un ángulo de rotación del buje de rueda conectado al árbol rotatorio del rotor basándose en el ángulo de rotación del rotor, y determina adicionalmente un ángulo de rotación de la primera pala 5 instalada en el buje de rueda.

La unidad de accionamiento 23 incluye un módulo de potencia 231, un módulo de procesamiento de presión 232, y un módulo de procesamiento de longitud de movimiento 233, todos los cuales están conectados al procesador 22 y a la unidad de rotación 104. El módulo de potencia 231 está configurado para proporcionar potencia a la unidad de rotación 104. En esta realización, el módulo de potencia 231 puede ser un módulo de potencia hidráulica para proporcionar potencia hidráulica al cilindro hidráulico en la unidad de rotación 104.

Tal como se muestra en la figura 8, el módulo de procesamiento de presión 232 incluye un controlador de presión 2321 y un sensor de presión 2322 que están interconectados. El controlador de presión 2321 y el sensor de presión 2322 están conectados a la unidad de rotación 104. El sensor de presión 2322 está configurado para medir una presión del cilindro hidráulico en la unidad de rotación 104 y enviar un valor de presión medida al controlador de presión 2321. El controlador de presión 2321 controla la presión del cilindro hidráulico en la unidad de rotación 104 basándose en el valor de presión recibido.

El módulo de procesamiento de longitud de movimiento 233 incluye un controlador de longitud de movimiento 2331 y un sensor de longitud de movimiento 2332 que están interconectados. El controlador de longitud de movimiento 2331 y el sensor de longitud de movimiento 2332 están conectados a la unidad de rotación 104. El sensor de longitud de movimiento 2332 está configurado para medir una longitud de movimiento del cilindro hidráulico en la unidad de rotación 104 y enviar un valor de longitud de movimiento medida al controlador de longitud de movimiento 2331. El controlador de longitud de movimiento 2331 controla la longitud de movimiento del cilindro hidráulico en la unidad de rotación 104 basándose en el valor de longitud de movimiento recibido para controlar el ángulo de rotación del rotor o las palas.

En una realización de la presente divulgación, el procesador 22 puede determinar una posición de conmutación de carga de momento de flexión de una pala basándose en el ángulo de rotación del rotor, y ajustar, usando el controlador de presión 2321 y el sensor de presión 2322, una presión de la unidad de rotación, es decir, la presión del cilindro hidráulico en la unidad de rotación.

Después de instalar la primera pala 5, tras determinar que la primera pala 5 rota en sentido horario 82,5 grados basándose en el ángulo de rotación obtenido a partir del módulo de medición de ángulo 21 ($\alpha = 82,5$ grados, después de 11 carreras), el procesador 22 envía una primera instrucción de ajuste al controlador de presión 2321, de tal manera que durante la 12ª carrera, el controlador de presión 2321 aumenta la presión en la unidad de rotación 104 en un 5%. Por tanto, cuando se rota hasta la posición de $\alpha = 82,5$ grados, todavía hay suficiente presión redundante en cada unidad de rotación 104 para resistir el cambio de carga aunque cambie bruscamente la carga de momento de flexión de la pala. Debe entenderse que el coeficiente de ajuste de presión de + 5% sólo es ilustrativo, y pueden establecerse otros coeficientes de ajuste de presión según sea necesario en una aplicación práctica. Después de que la primera pala 5 rote hasta una posición de $\alpha = 90$ grados, el procesador 22 envía una segunda instrucción de ajuste al controlador de presión 2321 para restablecer el coeficiente de presión en la unidad de rotación 104 a 1 (es decir, al valor original). Por analogía, el procesador 22 ajusta la presión de la unidad de rotación basándose en el ángulo de rotación del rotor.

La tabla 1 a continuación muestra los valores de presión de la primera unidad de rotación 104a, la segunda unidad de rotación 104b, la tercera unidad de rotación 104c, la cuarta unidad de rotación 104d y la quinta unidad de rotación 104e ajustados por el procesador 22 dependiendo de diferentes intervalos de α . F representa los valores de presión

de las unidades de rotación que cambian con α , y está asociado con una carga de momento de flexión sobre una pala instalada en el buje de rueda. Por ejemplo, en el procedimiento de rotación desde el estado A hasta el estado B, $FL = W \cdot \cos \alpha$, donde L representa un brazo de momento de una unidad de rotación en relación con el centro de buje de rueda y W representa una carga de momento de flexión de la primera pala 5.

Tabla 1

α	104a	104b	104c	104d	104e
$0^\circ \leq \alpha \leq 82,5^\circ$	F	F	F	F	F
$82,5^\circ < \alpha \leq 90^\circ$	F (1+0,05)	F (1+0,05)	F (1+0,05)	F (1+0,05)	F (1+0,05)
$90^\circ < \alpha \leq 112,5^\circ$	F	F	F	F	F
$112,5^\circ < \alpha \leq 120^\circ$	F (1+0,05)	F (1+0,05)	F (1+0,05)	F (1+0,05)	F (1+0,05)
$120^\circ < \alpha \leq 142,5^\circ$	F	F	F	F	F
$142,5^\circ < \alpha \leq 150^\circ$	F (1+0,05)	F (1+0,05)	F (1+0,05)	F (1+0,05)	F (1+0,05)
$150^\circ \leq \alpha \leq 240^\circ$	F	F	F	F	F

5 La figura 9 es un diagrama de bloques estructural de un sistema de control de rotación de rotor 11B según otra realización de la presente divulgación. El sistema de control de rotación de rotor 11B incluye un procesador 31, una unidad de accionamiento 32 y una unidad de rotación 104. La unidad de accionamiento 32 incluye un módulo de potencia 321, un módulo de procesamiento de presión 322 y un módulo de procesamiento de longitud de movimiento 323. El módulo de potencia 321, el módulo de procesamiento de presión 322 y el módulo de procesamiento de longitud de movimiento 323 están conectados al procesador 31 y a la unidad de rotación 104. El módulo de potencia 321 es similar al módulo de potencia 231 en estructura y función. El módulo de procesamiento de presión 322 es similar al módulo de procesamiento de presión 232 en estructura y función. El módulo de procesamiento de longitud de movimiento 323 es similar al módulo de procesamiento de longitud de movimiento 233 en estructura y función.

10 En la realización ilustrada en la figura 9, el procesador 31 puede determinar una posición de conmutación de carga de momento de flexión de una pala basándose en un valor de presión obtenido a partir del módulo de procesamiento de presión 322, y enviar una instrucción de ajuste al módulo de procesamiento de presión 322 para ajustar una presión de una unidad de rotación. El procesador 31 almacena de antemano un umbral de presión de cada unidad de rotación correspondiente a un valor de α . Por ejemplo, el procesador 31 almacena de antemano múltiples umbrales de presión de cada unidad de rotación correspondientes a $\alpha = 0$ grados, $\alpha = 82,5$ grados, $\alpha = 90$ grados, $\alpha = 112,5$ grados, $\alpha = 120$ grados, $\alpha = 142,5$ grados y $\alpha = 150$ grados. Opcionalmente, los umbrales de presión son umbrales de las sumas o los promedios de valores de presión de todas las unidades de rotación correspondientes a $\alpha = 0$ grados, $\alpha = 82,5$ grados, $\alpha = 90$ grados, $\alpha = 112,5$ grados, $\alpha = 120$ grados, $\alpha = 142,5$ grados y $\alpha = 150$ grados. $\alpha = 82,5$ grados y $\alpha = 90$ grados están asociados con la posición de conmutación de carga de momento de flexión de $\alpha = 90$ grados, $\alpha = 112,5$ grados y $\alpha = 120$ grados están asociados con la posición de conmutación de carga de momento de flexión de $\alpha = 120$ grados, y $\alpha = 142,5$ grados y $\alpha = 150$ grados están asociados con la posición de conmutación de carga de momento de flexión de $\alpha = 150$ grados. Cuando se determina que el valor de presión obtenido a partir del módulo de procesamiento de presión 322 coincide con un umbral de presión almacenado de antemano, el procesador 31 determina un valor actual de α basándose en el umbral de presión, y luego ajusta el valor de presión de cada unidad de rotación según la tabla 1.

20 Opcionalmente, el procesador 31 también puede determinar la posición de conmutación de carga de momento de flexión de la pala basándose en un valor de longitud de movimiento obtenido a partir del módulo de procesamiento de longitud de movimiento 323, y enviar una instrucción de ajuste al módulo de procesamiento de longitud de movimiento 323 para ajustar la presión de la unidad de rotación. En esta realización, el procesador 31 almacena de antemano un umbral de longitud de movimiento de cada unidad de rotación correspondiente a un valor de α . Por ejemplo, el procesador 31 almacena de antemano múltiples umbrales de longitud de movimiento de cada unidad de rotación correspondientes a $\alpha = 0$ grados, $\alpha = 82,5$ grados, $\alpha = 90$ grados, $\alpha = 112,5$ grados, $\alpha = 120$ grados, $\alpha = 142,5$ grados y $\alpha = 150$ grados. $\alpha = 82,5$ grados y $\alpha = 90$ grados están asociados con la posición de conmutación de carga de momento de flexión de $\alpha = 90$ grados, $\alpha = 112,5$ grados y $\alpha = 120$ grados están asociados con la posición de conmutación de carga de momento de flexión de $\alpha = 120$ grados, y $\alpha = 142,5$ grados y $\alpha = 150$ grados están asociados con la posición de conmutación de carga de momento de flexión de $\alpha = 150$ grados. Cuando se determina que el valor de longitud de movimiento obtenido a partir del módulo de procesamiento de longitud de movimiento 322 coincide con un umbral de longitud de movimiento almacenado de antemano, el procesador 31 determina un valor actual de α basándose en el umbral de longitud de movimiento, y luego ajusta el valor de presión de cada unidad de rotación según la tabla 1.

La figura 10 es un diagrama de bloques estructural de un sistema de control de rotación de rotor 11C según otra realización de la presente divulgación. El sistema de control de rotación de rotor 11C incluye un procesador 41, una unidad de accionamiento 42 y una unidad de rotación 104. El sistema de control de rotación de rotor 11C puede ajustar el estado de funcionamiento de cada carrera de un cilindro telescópico en una unidad de rotación basándose en una posición de conmutación de carga de momento de flexión de una pala, por ejemplo, cambiando el estado del cilindro telescópico en la unidad de rotación 104 de un estado de empuje a un estado de tracción o de un estado de tracción a un estado de empuje.

En una realización según la presente divulgación, la unidad de rotación 140 incluye un cilindro telescópico, preferiblemente un cilindro hidráulico. Para un cilindro telescópico, el estado de empuje representa que el cilindro hidráulico genera un empuje cuando la presión de la cavidad sin barra es mayor que la de la cavidad con barra, y el estado de tracción representa que el cilindro hidráulico genera una tracción cuando la presión de la cavidad sin barra es menor que la de la cavidad con barra.

La conmutación entre el estado de empuje y el estado de tracción puede realizarse mediante un módulo de control direccional 424. Tal como se muestra en la figura 10, el módulo de control direccional 424 está dispuesto en la unidad de accionamiento 42 y conectado al procesador 41 y la unidad de rotación 104. La unidad de accionamiento 42 incluye además un módulo de potencia 421, un módulo de procesamiento de presión 422 y un módulo de procesamiento de longitud de movimiento 423. Los módulos en la unidad de accionamiento 42 están conectados con el procesador 41 y la unidad de rotación 104. Los componentes en la figura 10 excepto el módulo de control direccional 424 son similares a los de las realizaciones en las figuras 7 a 9 en estructura y función.

La figura 11 muestra un diagrama esquemático de una aplicación del módulo de control direccional 424 según una realización de la presente divulgación. El cilindro telescópico 1041 de la unidad de rotación 104 puede ser un cilindro hidráulico o un cilindro neumático. El módulo de control direccional 424 puede ser una válvula de control direccional de tres posiciones y cuatro vías, y el módulo de potencia 421 puede ser una bomba hidráulica o una bomba neumática. El estado de funcionamiento del cilindro telescópico 1041 puede ajustarse ajustando una posición de válvula del módulo de control direccional 424, por ejemplo, una conmutación entre el estado de empuje y el estado de tracción.

En una realización en la que se proporciona el módulo de control direccional, el procesador del sistema de control de rotación de rotor puede conmutar los estados de funcionamiento de cada unidad de rotación usando módulos de control direccional conectados respectivamente con la primera unidad de rotación 104a, la segunda unidad de rotación 104b, la tercera unidad de rotación 104c, la cuarta unidad de rotación 104d, y la quinta unidad de rotación 104e. Se realiza una descripción con referencia a la tabla 2 a continuación por ejemplo, pero la presente divulgación no se limita a la misma.

Tabla 2

α	104a	104b	104c	104d	104e
$0^\circ \leq \alpha \leq 82,5^\circ$	Empuje	Tracción	Empuje	Empuje	Tracción
$82,5^\circ < \alpha \leq 90^\circ$	Empuje	Tracción	Tracción	Empuje	Tracción
$90^\circ < \alpha \leq 112,5^\circ$	Tracción	Empuje	Tracción	Tracción	Empuje
$112,5^\circ < \alpha \leq 120^\circ$	Tracción	Empuje	Tracción	Tracción	Empuje
$120^\circ < \alpha \leq 142,5^\circ$	Empuje	Tracción	Empuje	Empuje	Tracción
$142,5^\circ < \alpha \leq 150^\circ$	Empuje	Tracción	Tracción	Empuje	Tracción
$150^\circ \leq \alpha \leq 240^\circ$	Tracción	Empuje	Tracción	Tracción	Empuje

Por ejemplo, pero sin limitarse a ello, en el estado inicial A, el procesador del sistema de control de rotación de rotor establece la primera unidad de rotación 104a, la tercera unidad de rotación 104c y la cuarta unidad de rotación 104d en el estado de empuje, y la segunda unidad de rotación 104b y la quinta unidad de rotación 104e en el estado de tracción.

Tras determinar que $\alpha = 82,5$ grados, el procesador envía una instrucción de ajuste al módulo de control direccional de la tercera unidad de rotación 104c, para conmutar la tercera unidad de rotación 104c de un estado de empuje a un estado de tracción sin que cambien los estados de funcionamiento de las demás unidades de rotación. El procesador 41 también puede enviar instrucciones de ajuste a otras unidades de rotación para ajustar los estados de funcionamiento de otras unidades de rotación basándose en la posición de conmutación de carga de momento de flexión. La tabla 2 muestra el estado de funcionamiento de cada unidad de rotación correspondiente al valor de α .

Las tablas 1 y 2 descritas anteriormente pueden ser tablas de mapeo almacenadas en el procesador o la memoria

del sistema de control de rotación de rotor de antemano. Los estados de funcionamiento de cada unidad de rotación del procedimiento de funcionamiento anterior pueden visualizarse en una unidad de visualización conectada con el procesador.

5 La figura 12 muestra un diagrama de flujo de funcionamiento para instalar secuencialmente tres palas según una realización de la presente divulgación. Con referencia a la figura 12, en la etapa 801, la primera pala se instala en una posición de instalación inicial en la que $\alpha = 0$ grados (la superficie de contacto para instalar la primera pala está en la posición horizontal). En la etapa 802, el buje de rueda se acciona para que rote en sentido horario hasta una posición de $\alpha = 120$ grados de modo que la superficie de contacto para instalar la segunda pala está en la posición horizontal. En la etapa 803, se instala la segunda pala. En la etapa 804, el buje de rueda se acciona para que rote en sentido horario hasta una posición de $\alpha = 240$ grados de modo que la superficie de contacto para instalar la tercera pala está en la posición horizontal. En la etapa 805, se instala la tercera pala. Finalmente, todo el procedimiento de instalación se termina en la etapa 806.

15 La figura 13 muestra un diagrama de flujo de funcionamiento del equilibrado de cambios de carga durante la instalación de palas según una realización de la presente divulgación. Con referencia a la figura 13, en la etapa 901, se instala la primera pala. En la etapa 902, la unidad de rotación se acciona para que se mueva, para accionar el rotor para que rote en sentido horario. En la etapa 903, se mide un ángulo de rotación del rotor para determinar un ángulo de rotación del buje de rueda. En la etapa 904, se determina si el buje de rueda se hace rotar hasta una posición angular preestablecida, en la que la posición angular preestablecida se usa para ajustar el estado de funcionamiento de la unidad de rotación para equilibrar el cambio de carga de momento de flexión generado por la pala. En caso de que se determine que el buje de rueda rota hasta la posición angular preestablecida, se realiza la etapa 905 para ajustar el estado de funcionamiento de la unidad de rotación. En caso de que se determine que el buje de rueda no rota aún hasta la posición angular preestablecida, se repite la etapa 902.

25 En las realizaciones anteriores se describe la instalación de tres palas en sentido horario en secuencia, pero la presente divulgación no se limita a la misma. En el sistema de control de rotación de rotor y el método de control según la presente divulgación, pueden configurarse diferentes instrucciones de ajuste, dependiendo de los requisitos específicos de sentido de rotación de rotor, retirada de pala o mantenimiento de pala durante la instalación de palas, para que el procesador del sistema de control de rotación de rotor establezca diferentes etapas de ajuste para equilibrar el cambio de la carga de momento de flexión en la posición de conmutación de carga de momento de flexión. Por ejemplo, en una realización de una instalación de tres palas en sentido antihorario, el procedimiento de ajuste de las cinco unidades de rotación es exactamente el contrario al mostrado en la tabla 1.

35 Según la presente divulgación, el sistema de control de rotación de rotor para una turbina eólica y el método de control de la misma pueden no sólo controlar la rotación de rotor de la turbina eólica, sino también equilibrar los cambios de carga durante el procedimiento de rotación, de modo que la carga provocada por las palas u otros componentes a la turbina eólica puede realizar una transición suavemente, evitando con eficacia la vibración fuerte de la turbina eólica y reduciendo de ese modo los daños a los componentes de las turbinas eólicas. El sistema de control de rotación de rotor y el método de control no se limitan sólo a las turbinas eólicas, sino que también se aplican a otros equipos mecánicos que requieran equilibrar la conmutación de carga.

40 Según una realización de la presente divulgación, se proporciona un medio de almacenamiento legible por ordenador que incluye un programa informático, en el que el programa informático puede ejecutarse mediante un procesador para realizar el método de control de rotación de rotor descrito anteriormente para una turbina eólica.

Según una realización de la presente divulgación, se proporciona un ordenador que incluye una memoria configurada para almacenar instrucciones y un procesador configurado para ejecutar las instrucciones almacenadas en la memoria para realizar el método de control de rotación de rotor descrito anteriormente para una turbina eólica.

45 Finalmente, ha de observarse que un experto habitual en la técnica puede entender que la totalidad o parte del flujo de los métodos según las realizaciones descritas anteriormente puede realizarse mediante hardware según la instrucción de un programa informático. El programa informático puede almacenarse en un medio de almacenamiento legible por ordenador, y cubre los flujos de los métodos según las realizaciones cuando se está ejecutando. El medio de almacenamiento puede ser un disco magnético, un disco óptico, una memoria de almacenamiento de sólo lectura (ROM) o una memoria de almacenamiento aleatorio (RAM).

50 Las unidades funcionales en las realizaciones según la presente divulgación pueden integrarse en un módulo de procesamiento o funcionar como entidades físicas independientes, o dos o más de las unidades funcionales pueden integrarse en un módulo. Los módulos integrados pueden implementarse en forma de módulo funcional de hardware o software, y almacenarse en un medio de almacenamiento legible por ordenador en caso de que se implementen en forma de módulo funcional de software y se vendan o se usen como productos independientes. El medio de almacenamiento legible por ordenador puede ser una memoria de almacenamiento de sólo lectura, un disco magnético o un disco óptico.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de control de rotación de rotor (1, 11) para una turbina eólica, que comprende:
 - una unidad de rotación (104, 104a, 104b, 104c, 104d, 104e), configurada para accionar un rotor de la turbina eólica para que rote en relación con una base de motor (2) de la turbina eólica;
- 5 una unidad de accionamiento (23, 103a, 103b, 103c, 103d, 103e), configurada para accionar la unidad de rotación (104, 104a, 104b, 104c, 104d, 104e); caracterizado por
 - un procesador (102, 22, 41), configurado para determinar una posición de conmutación de carga de momento de flexión en un árbol rotatorio del rotor, y emitir una instrucción de ajuste a la unidad de accionamiento (23, 103a, 103b, 103c, 103d, 103e) basándose en la posición de conmutación de carga de momento de flexión,
 - 10 en el que la unidad de accionamiento (23, 103a, 103b, 103c, 103d, 103e) está configurada para recibir la instrucción de ajuste desde el procesador (102, 22, 41) y ajustar un estado de funcionamiento de la unidad de rotación (104, 104a, 104b, 104c, 104d, 104e) en respuesta a la instrucción de ajuste para equilibrar un cambio de carga de momento de flexión en la posición de conmutación de carga de momento de flexión.
- 15 2. Sistema de control de rotación de rotor (1, 11) según la reivindicación 1, en el que, en el caso de que se instale una pala (5, 6, 7) en un buje de rueda (4) conectado con el rotor, la posición de conmutación de carga de momento de flexión se asocia con una posición de instalación de la pala (5, 6, 7).
3. Sistema de control de rotación de rotor (1, 11) según la reivindicación 1, en el que el procesador (102, 22, 41) está configurado para determinar la posición de conmutación de carga de momento de flexión basándose en un ángulo de rotación del rotor.
- 20 4. Sistema de control de rotación de rotor (1, 11) según la reivindicación 3, que comprende además: un módulo de medición de ángulo (21) configurado para medir el ángulo de rotación del rotor.
5. Sistema de control de rotación de rotor (1, 11) según la reivindicación 1, en el que la unidad de rotación (104, 104a, 104b, 104c, 104d, 104e) comprende:
 - 25 un cilindro telescópico (1041);
 - una base de instalación, configurada para conectar un extremo fijo del cilindro telescópico (1041) con la base de motor (2), en el que la base de instalación está conectada de manera desprendible con la base de motor (2); y
 - 30 una espiga, dispuesta en un extremo móvil del cilindro telescópico (1041), en el que la espiga está fijada de manera floja al rotor y acciona el rotor para que rote en relación con la base de motor (2) a través de la carrera del cilindro telescópico (1041).
6. Sistema de control de rotación de rotor (1, 11) según la reivindicación 5, en el que la unidad de accionamiento (23, 103a, 103b, 103c, 103d, 103e) comprende además un módulo de procesamiento de presión (322), y el módulo de procesamiento de presión (322) comprende un sensor de presión (2322) y un controlador de presión (2321), en el que
 - 35 el sensor de presión (2322) está configurado para medir un valor de presión del cilindro telescópico (1041) y enviar el valor de presión al controlador de presión (2321), y
 - el controlador de presión (2321) está configurado para controlar una presión del cilindro telescópico (1041) basándose en el valor de presión obtenido a partir del sensor de presión (2322).
- 40 7. Sistema de control de rotación de rotor (1, 11) según la reivindicación 6, en el que el controlador de presión (2321) está configurado además para enviar el valor de presión al procesador (102, 22, 41), y el procesador (102, 22, 41) está configurado además para determinar la posición de conmutación de carga de momento de flexión basándose en el valor de presión tal como se recibió.
8. Sistema de control de rotación de rotor (1, 11) según la reivindicación 7, en el que el procesador (102, 22, 41) está configurado además para:
 - 45 almacenar de antemano un umbral de presión asociado con la posición de conmutación de carga de momento de flexión;
 - comparar el valor de presión tal como se recibió con el umbral de presión; y
 - emitir una instrucción de ajuste a la unidad de accionamiento (23, 103a, 103b, 103c, 103d, 103e) en caso de que el valor de presión coincida con el umbral de presión.
 - 50

9. Sistema de control de rotación de rotor (1, 11) según la reivindicación 5, en el que la unidad de accionamiento (23, 103a, 103b, 103c, 103d, 103e) comprende además un módulo de procesamiento de longitud de movimiento (323), y el módulo de procesamiento de longitud de movimiento (323) comprende un sensor de longitud de movimiento (2332) y un controlador de longitud de movimiento (2331), en el que
- 5 el sensor de longitud de movimiento (2332) está configurado para medir un valor de longitud de movimiento del cilindro telescópico (1041) y enviar el valor de longitud de movimiento al controlador de longitud de movimiento (2331), y
- 10 el controlador de longitud de movimiento (2331) está configurado para controlar una longitud de movimiento del cilindro telescópico (1041) basándose en el valor de longitud de movimiento obtenido a partir del sensor de longitud de movimiento (2332).
10. Sistema de control de rotación de rotor (1, 11) según la reivindicación 9, en el que el controlador de longitud está configurado además para enviar el valor de longitud de movimiento al procesador (102, 22, 41), y el procesador (102, 22, 41) está configurado además para determinar la posición de conmutación de carga de momento de flexión basándose en el valor de longitud de movimiento tal como se recibió.
- 15 11. Sistema de control de rotación de rotor (1, 11) según la reivindicación 10, en el que el procesador (102, 22, 41) está configurado además para:
- almacenar de antemano un umbral de longitud de movimiento asociado con la posición de conmutación de carga de momento de flexión;
- comparar el valor de longitud de movimiento tal como se recibió con el umbral de longitud de movimiento; y
- 20 emitir una instrucción de ajuste a la unidad de accionamiento (23, 103a, 103b, 103c, 103d, 103e) en caso de que el valor de longitud de movimiento coincida con el umbral de longitud de movimiento.
12. Método de control de rotación de rotor para una turbina eólica, que comprende:
- una etapa de accionamiento para accionar una unidad de rotación (104, 104a, 104b, 104c, 104d, 104e) para que accione un rotor conectado con la unidad de rotación para que rote en relación con una base de motor de la turbina eólica; caracterizado por
- 25 una etapa de ajuste para determinar una posición de conmutación de carga de momento de flexión en un árbol rotatorio del rotor, y ajustar un estado de funcionamiento de la unidad de rotación basándose en la posición de conmutación de carga de momento de flexión para equilibrar un cambio de carga de momento de flexión en la posición de conmutación de carga de momento de flexión.
- 30 13. Método de control de rotación de rotor según la reivindicación 12, en el que, en caso de instalarse una pluralidad de palas (5, 6, 7) en un buje de rueda (4) conectado con el rotor, la posición de conmutación de carga de momento de flexión se asocia con posiciones de instalación de la pluralidad de palas.
14. Método de control de rotación de rotor según la reivindicación 12, en el que el método de control de rotación de rotor comprende además: medir un ángulo de rotación del rotor, y
- 35 la etapa de ajuste comprende: determinar la posición de conmutación de carga de momento de flexión basándose en el ángulo de rotación del rotor.
15. Método de control de rotación de rotor según la reivindicación 12, que comprende además:
- medir un valor de presión de un cilindro telescópico (1041) de la unidad de rotación; y
- controlar una presión del cilindro telescópico basándose en el valor de presión.
- 40 16. Método de control de rotación de rotor según la reivindicación 15, en el que la etapa de ajuste comprende: determinar la posición de conmutación de carga de momento de flexión basándose en el valor de presión.
17. Método de control de rotación de rotor según la reivindicación 16, en el que el método de control de rotación de rotor comprende además: almacenar de antemano un umbral de presión asociado con la posición de conmutación de carga de momento de flexión, y
- 45 la etapa de ajuste comprende:
- comparar el valor de presión con el umbral de presión; y
- ajustar el estado de funcionamiento de la unidad de rotación en caso de que el valor de presión coincida con el umbral de presión.

18. Método de control de rotación de rotor según la reivindicación 12, que comprende además:
medir un valor de longitud de movimiento de un cilindro telescópico (1041) de la unidad de rotación; y
controlar una longitud de movimiento del cilindro telescópico basándose en el valor de longitud de movimiento.
- 5 19. Método de control de rotación de rotor según la reivindicación 18, en el que la etapa de ajuste comprende además: determinar la posición de conmutación de carga de momento de flexión basándose en el valor de longitud de movimiento.
- 10 20. Método de control de rotación de rotor según la reivindicación 19, en el que el método de control de rotación de rotor comprende además: almacenar de antemano un umbral de longitud de movimiento asociado con la posición de conmutación de carga de momento de flexión, y
la etapa de ajuste comprende:
comparar el valor de longitud de movimiento con el umbral de longitud de movimiento; y
ajustar el estado de funcionamiento de la unidad de rotación en caso de que el valor de longitud de movimiento coincida con el umbral de longitud de movimiento.

15

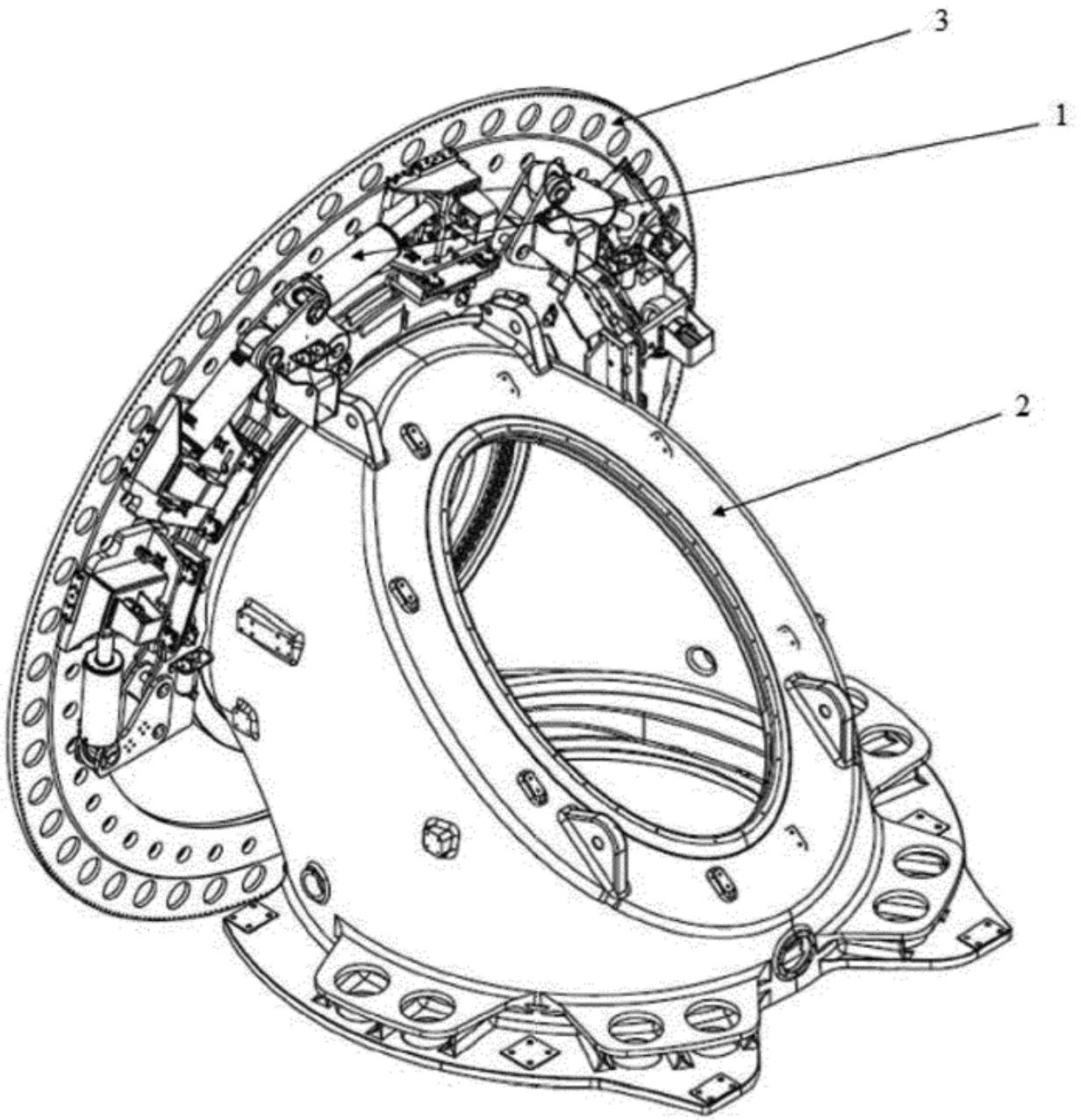


Figura 1

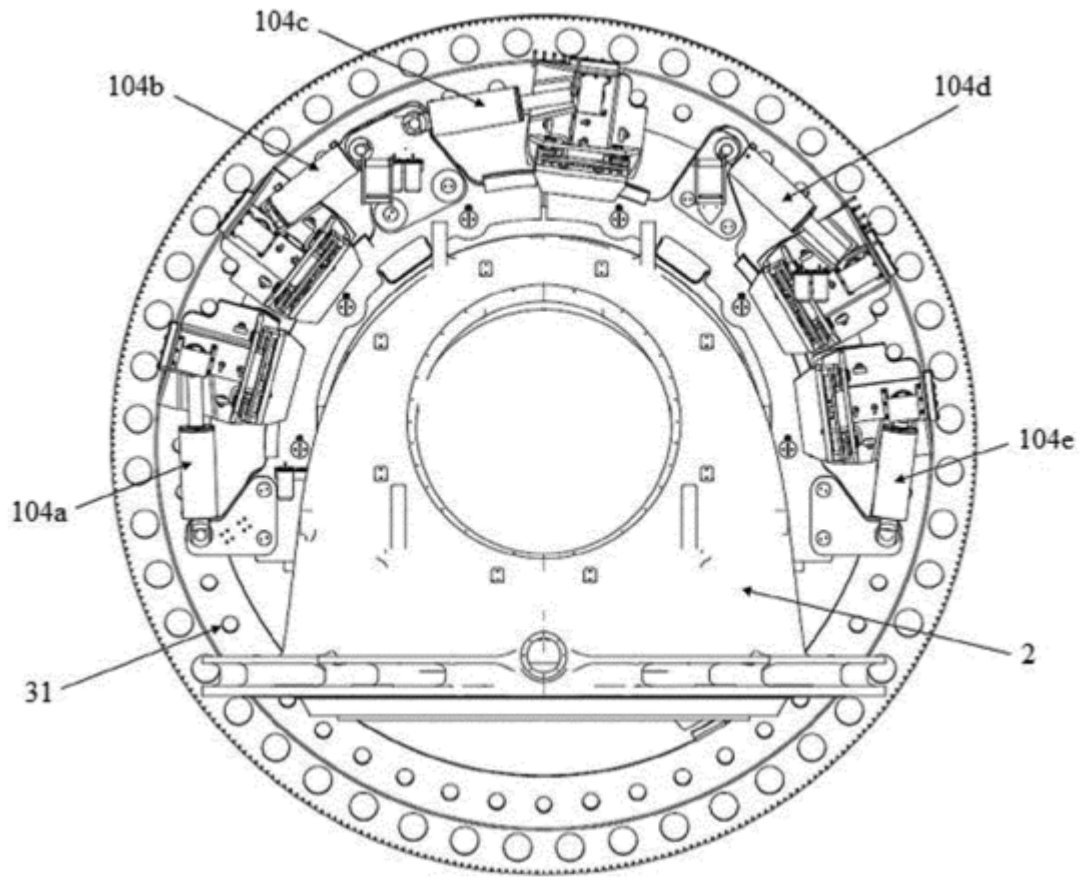


Figura 2

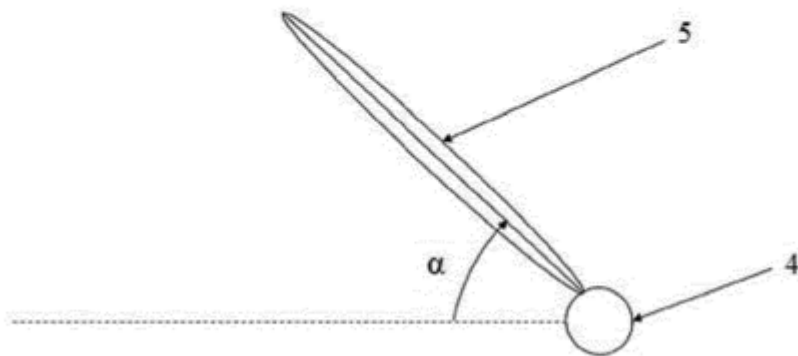


Figura 3

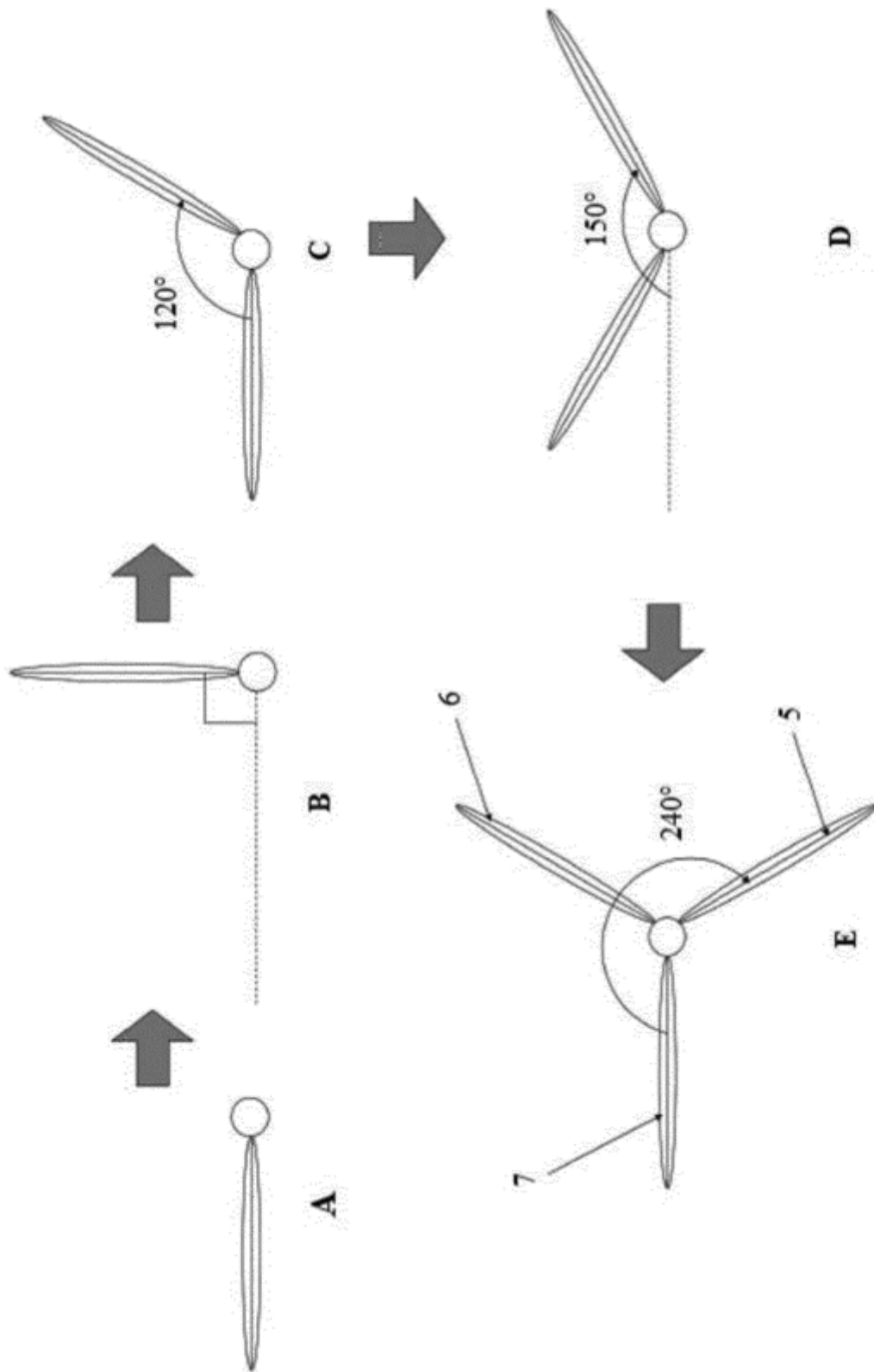


Figura 4

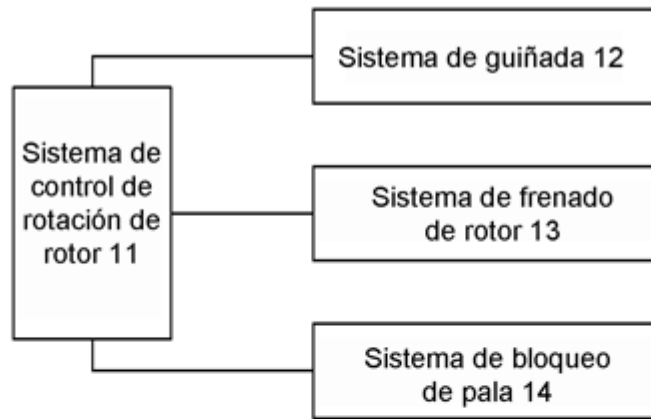


Figura 5

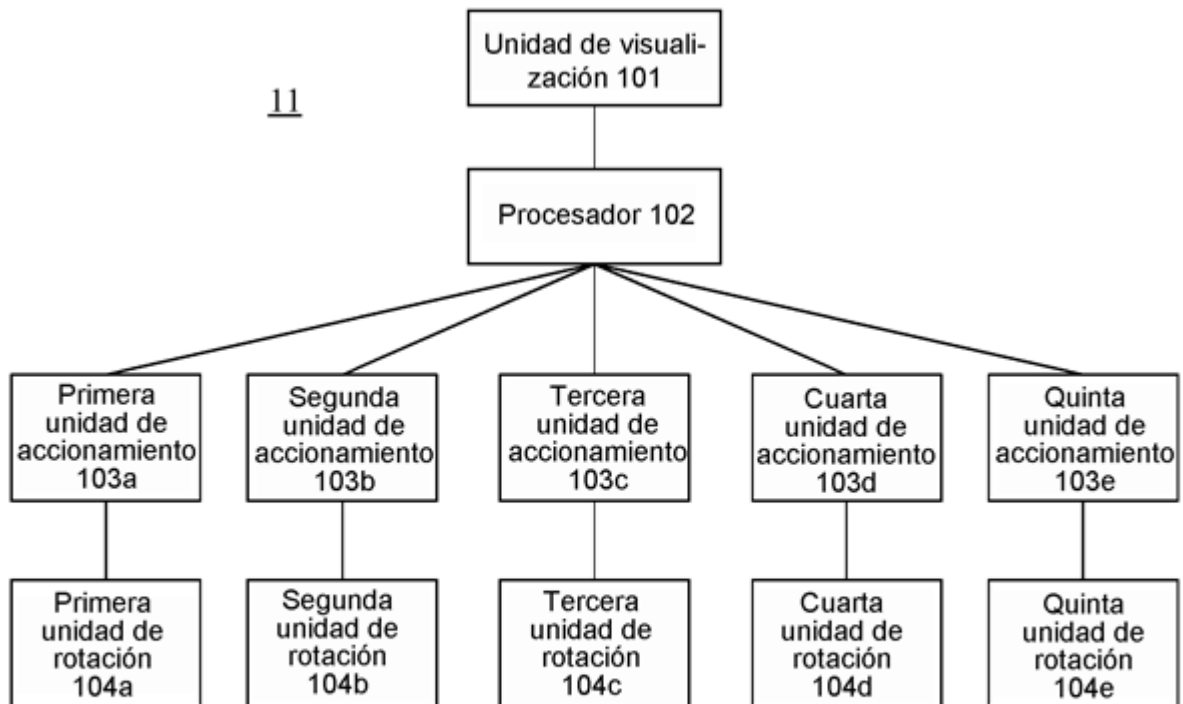


Figura 6

11A

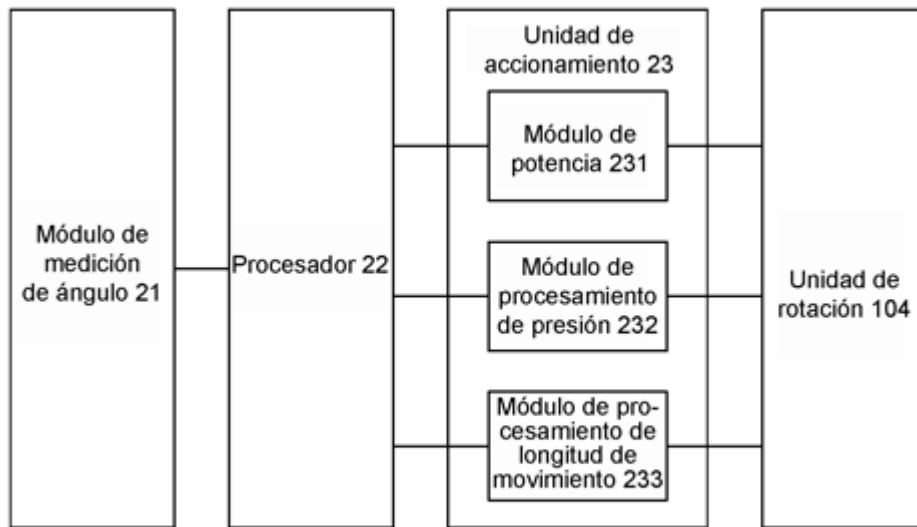


Figura 7

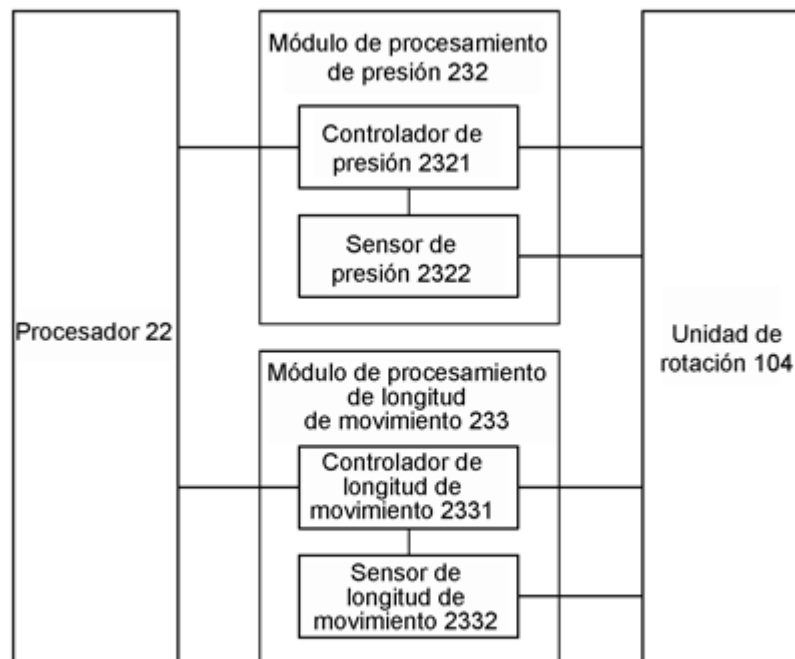


Figura 8

11B

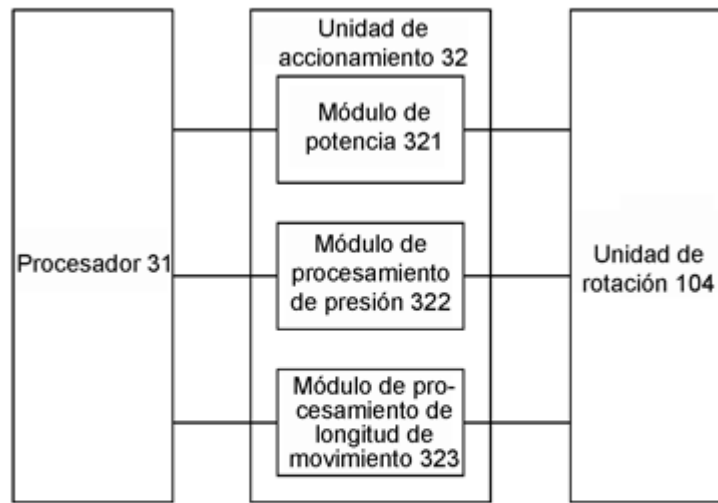


Figura 9

11C

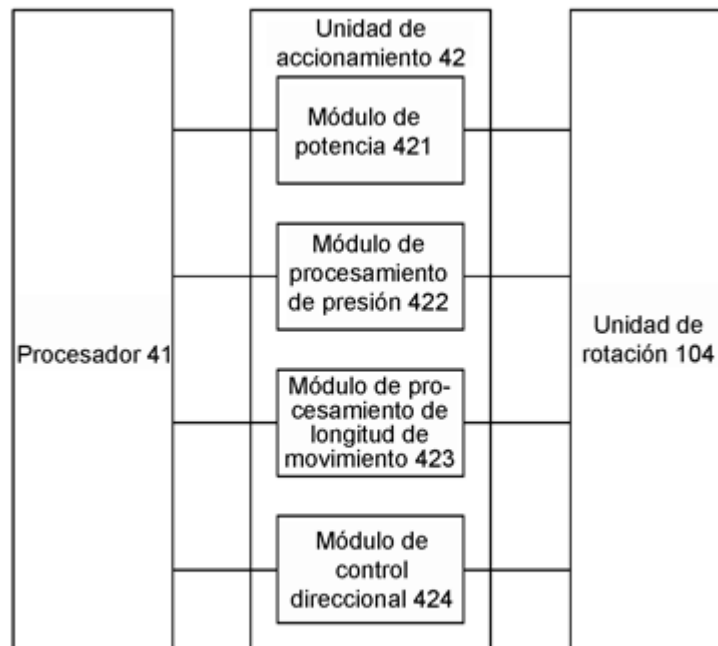


Figura 10

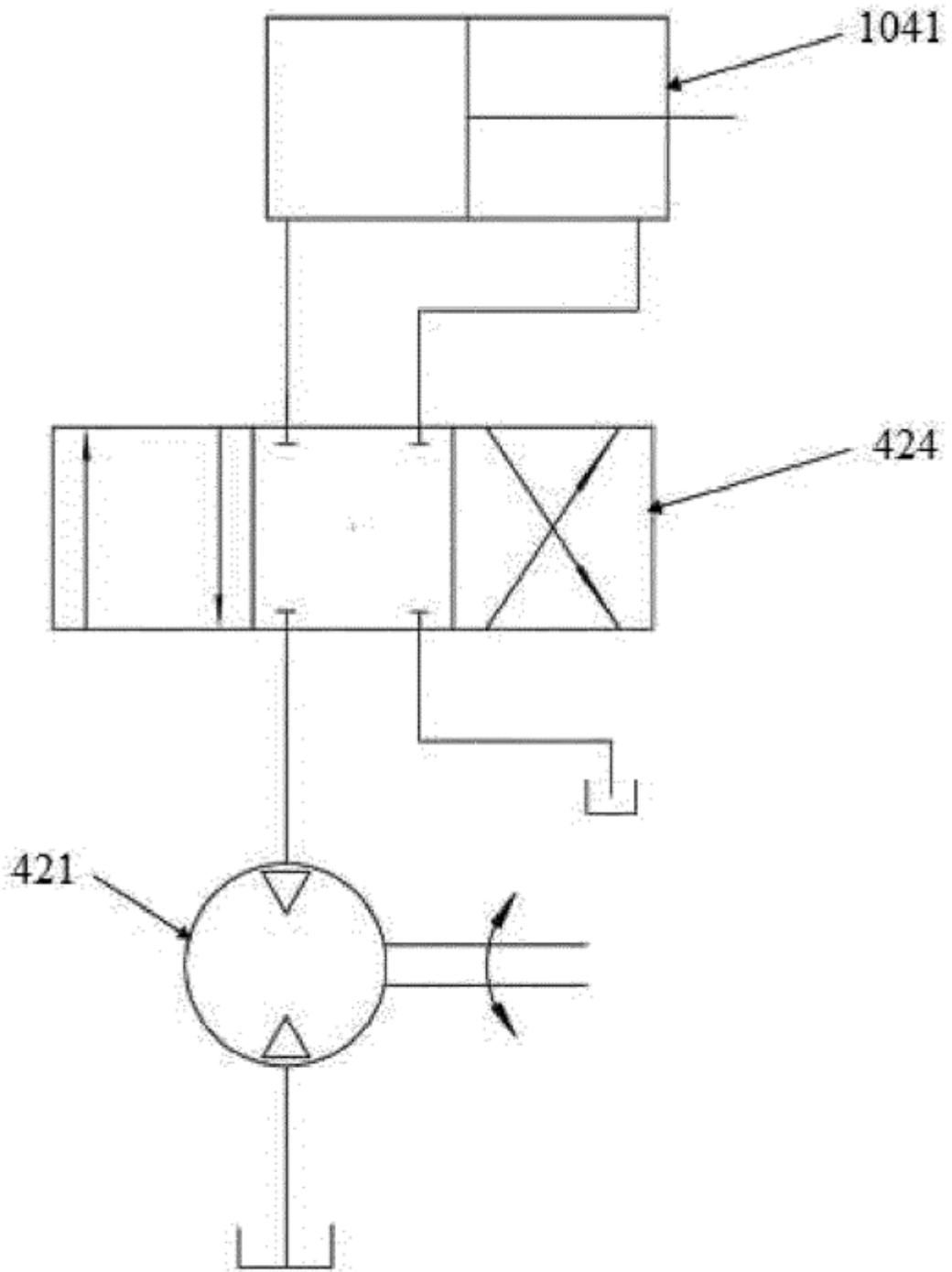


Figura 11

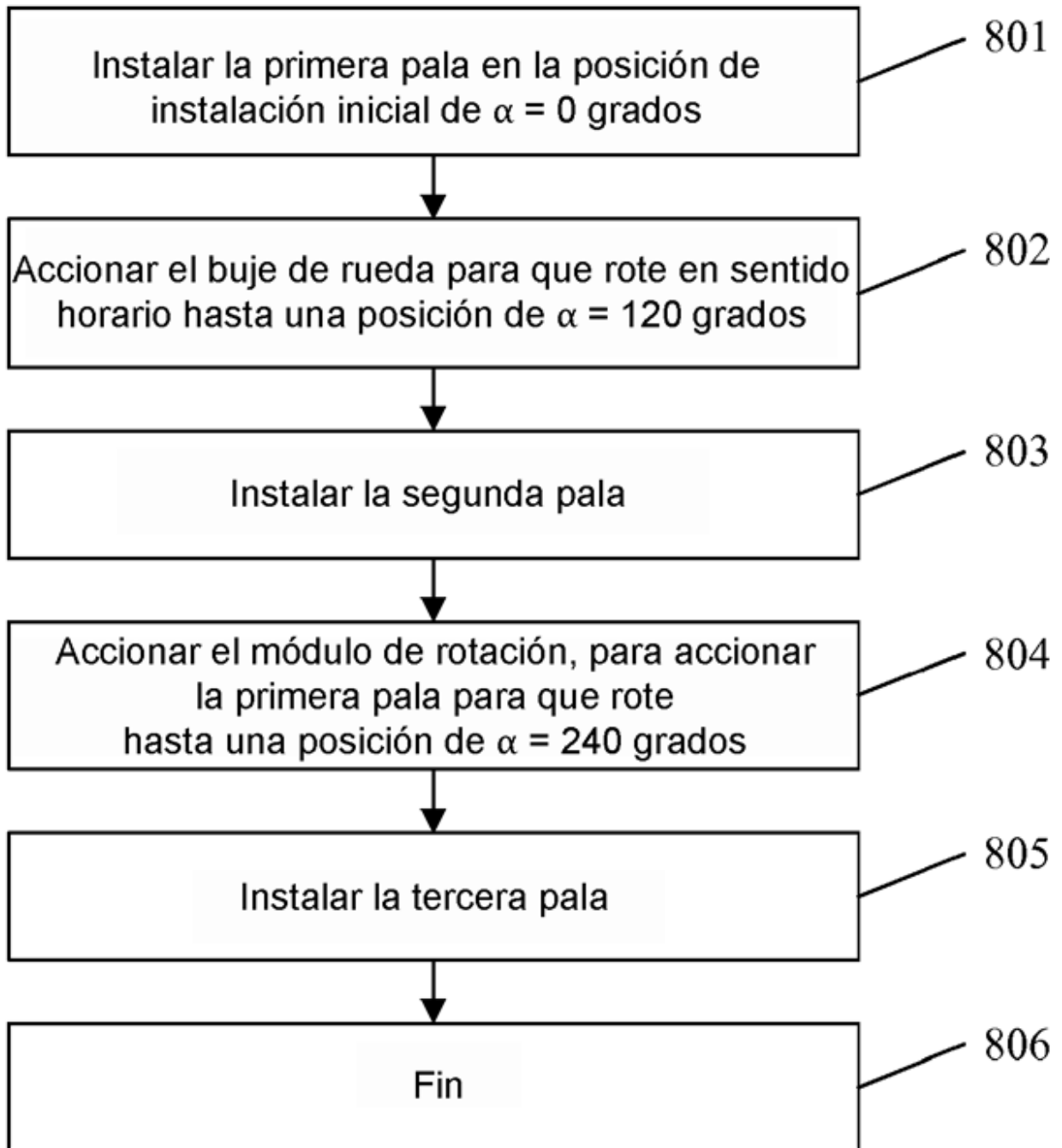


Figura 12

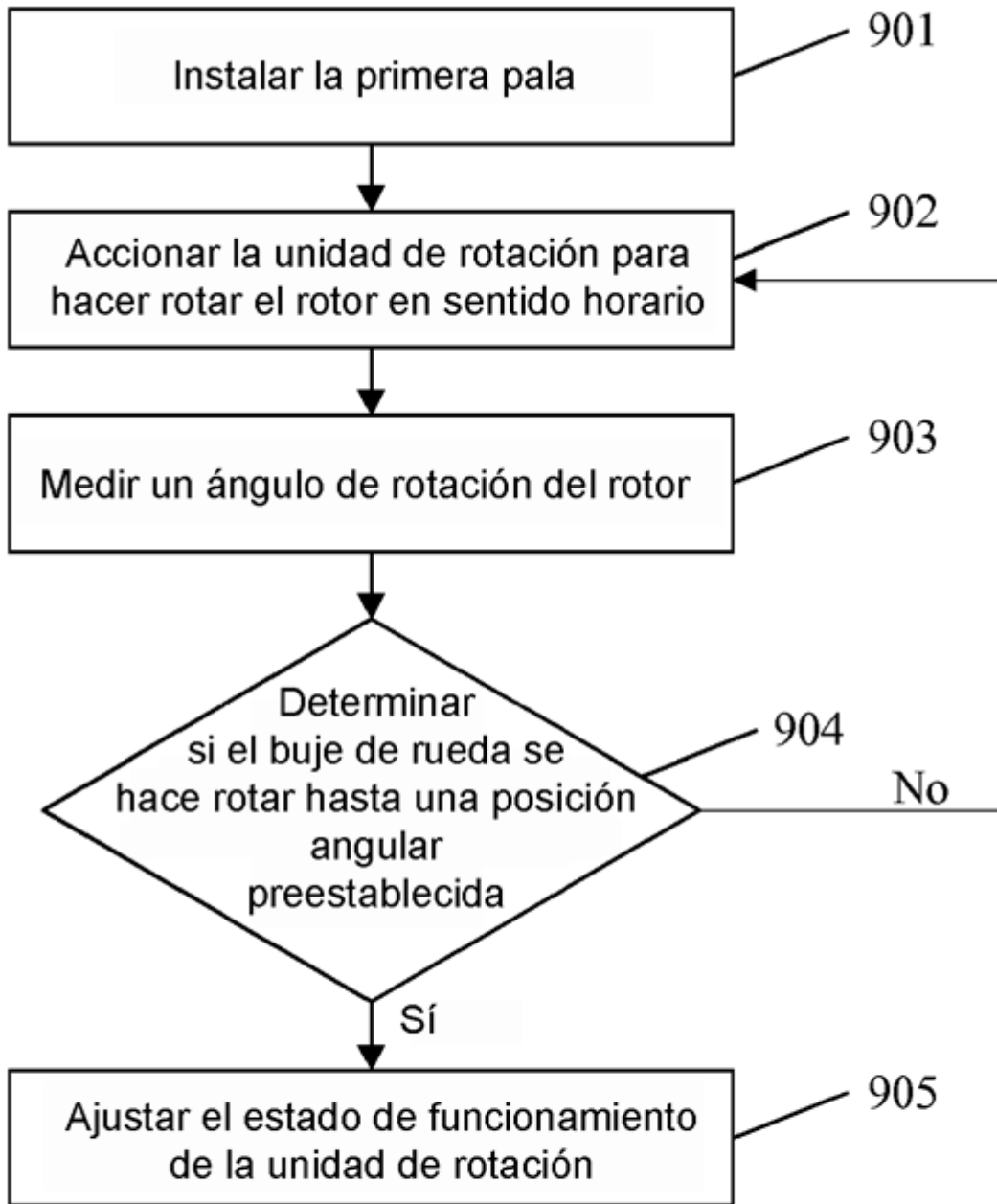


Figura 13