

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 980 713**

51 Int. Cl.:

F03D 7/02 (2006.01)

F03D 17/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.06.2021** **PCT/EP2021/066790**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.01.2022** **WO22002659**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.06.2021** **E 21734330 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.03.2024** **EP 4146930**

54 Título: **Detector de límite de rotación**

30 Prioridad:

30.06.2020 EP 20183112

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

02.10.2024

73 Titular/es:

SIEMENS GAMESA RENEWABLE ENERGY A/S
(100.0%)

Borupvej 16
7330 Brande, DK

72 Inventor/es:

GINZBURG, BORIS y
SCHMIDT, SOEREN ADRIAN

74 Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 2 980 713 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

Detector de límite de rotación

- 5 La invención describe un detector del límite de rotación configurado para detectar un límite de rotación de un anillo dentado de un conjunto giratorio.

Antecedentes

- 10 Una góndola montada en la parte superior de una torre de turbina eólica se inclinará para apuntar el buje hacia el viento, de modo que el rotor aerodinámico esté orientado de manera óptima para extraer la mayor cantidad de energía posible del viento, pero también para evitar una carga excesiva de las palas. Las correcciones de los errores de guiñada suelen ser del orden de unos pocos grados, ya que la dirección del viento generalmente no cambia de forma repentina en gran medida. Es común que un accionamiento de guiñada pueda hacer girar la góndola en al menos una rotación completa, es decir, en al menos 360°, y hay turbinas eólicas con accionamientos de guiñada que pueden hacer girar la góndola a través de varias rotaciones completas.

- Normalmente, múltiples cables de exportación de energía del generador de turbina eólica pasan desde la góndola a través de la torre hasta la base de la turbina eólica antes de entrar en una tubería submarina o subterránea. Los cables cuelgan esencialmente de la góndola y se permite que se tuerzan a medida que el sistema de guiñada hace girar la góndola, en sentido horario y antihorario. Dado que los cables de exportación de energía pueden ser bastante pesados y gruesos, es importante evitar una situación en donde el grado de torsión provoque que los cables se enreden hasta el punto de que un movimiento de guiñada correctivo no pueda “desenroscarlos”. Si los cables de energía se enreden o se bloquean, la turbina eólica debe detenerse para evitar daños y permanecer fuera de funcionamiento hasta que se solucione la situación. Esto puede provocar un tiempo de inactividad significativo, particularmente en el caso de una turbina eólica marina para la cual los procedimientos de mantenimiento son más difíciles de programar. Es conocido monitorear el estado de guiñada de una turbina eólica desplegando un codificador de guiñada y/o un rastreador de rotación para estimar la posición angular del anillo de guiñada y detectar cuándo el anillo de guiñada ha sido girado en un intervalo angular máximo. Sin embargo, un codificador de guiñada puede fallar por varias razones, pero su fallo puede pasar desapercibido. Un codificador de guiñada defectuoso puede dejar de informar cualquier dato o puede informar datos erróneos. Un fallo en un rastreador de rotación del tipo propuesto en el documento CN108150354A puede pasar desapercibido; por ejemplo, si un seguidor de levas mecánico falla, un evento de recuento de levas (una rotación completa del piñón) pasará desapercibido. Por lo tanto, una maniobra correctiva de guiñada que sigue a una señal de límite de rotación del rastreador de rotación puede basarse en datos erróneos del codificador de guiñada y puede provocar que la góndola se desvíe en la dirección incorrecta y/o en una cantidad incorrecta. Incluso si la dirección de guiñada es por casualidad correcta, el alcance de la maniobra correctiva de guiñada puede ser excesivo o insuficiente.

- Estas situaciones pueden provocar graves daños en los cables de energía, y las reparaciones necesarias pueden resultar costosas y llevar mucho tiempo (su reparación puede tardar semanas o incluso meses), además de la pérdida de ingresos durante el tiempo de inactividad impuesto.

Un documento que representa la técnica anterior es, por ejemplo, el documento CN 108 150 354 A.

- 45 Por lo tanto, un objeto de la invención es proporcionar una forma mejorada de evitar los daños causados por los cables de energía excesivamente retorcidos de una turbina eólica.

Descripción

- 50 Este objetivo se consigue mediante el detector del límite de rotación de la reivindicación 1; mediante la turbina eólica de la reivindicación 8; y mediante el método de la reivindicación 12 para operar un conjunto de guiñada de turbina eólica.

- Según la invención, el detector del límite de rotación está configurado para monitorear la rotación de un anillo dentado de un conjunto giratorio, por ejemplo, un conjunto de guiñada de turbina eólica, y comprende un piñón montado en un eje primario y configurado para acoplarse con el anillo dentado. El detector del límite de rotación comprende además un sistema de transmisión que está configurado para convertir la rotación del eje primario en la rotación de un eje secundario de acuerdo con una relación de transmisión. El detector del límite de rotación despliega además, para cada una de las direcciones en sentido horario y antihorario, un actuador de conmutación y un conmutador correspondiente para su inclusión en un circuito de control. El actuador de conmutación en el sentido de las agujas del reloj y el actuador de conmutación en sentido contrario a las agujas del reloj están montados de forma fija en el eje secundario, de modo que giran a medida que gira el eje secundario. Por lo tanto, cada actuador de conmutación puede acercarse o alejarse de su conmutador, dependiendo de la dirección en la que se gire el anillo dentado.

- En el detector del límite de rotación de la invención, un primer conmutador está dispuesto en una posición que corresponde a un límite de rotación predefinido del anillo dentado en el sentido de las agujas del reloj, de modo que el actuador de conmutación en el sentido de las agujas del reloj acciona el primer conmutador cuando el anillo dentado ha girado hasta su límite predefinido en el sentido de las agujas del reloj; y un segundo conmutador está dispuesto en

una posición que corresponde a un límite de rotación predefinido del anillo dentado en el sentido contrario a las agujas del reloj, de modo que el actuador de conmutación en el sentido contrario a las agujas del reloj acciona el segundo conmutador cuando el anillo dentado ha girado hasta su límite predefinido en el sentido contrario a las agujas del reloj.

Una ventaja del detector del límite de rotación inventivo es que puede usarse no solo para identificar la situación crítica que surge cuando el anillo dentado ha alcanzado un límite de rotación predefinido, sino que también identifica la dirección en donde giraba el anillo dentado antes de alcanzar ese límite de rotación. Basándose en esta información explícita, un controlador puede implementar una medida correctiva, por ejemplo, para girar el anillo dentado en la dirección opuesta. Dado que el controlador no tiene que deducir la dirección de rotación a partir de información posiblemente errónea o desactualizada de un codificador de guiñada, sino que recibe la información correcta directamente del detector del límite de rotación, el controlador no causará daños inadvertidamente al girar erróneamente el anillo dentado más en la misma dirección.

Según la invención, la turbina eólica se construye según un diseño común, con una góndola montada en la parte superior de una torre y con un sistema de guiñada para hacer girar toda la góndola de modo que un buje y un rotor aerodinámico en la parte delantera de la góndola puedan orientarse hacia el viento. El sistema de guiñada comprende un anillo dentado montado en la interfaz entre la góndola y el nivel superior de la torre, y varias unidades de accionamiento de guiñada dispuestas para efectuar una rotación del anillo dentado. La turbina eólica también comprende una realización del detector del límite de rotación de la invención para monitorear la rotación del anillo dentado, y un circuito de control que incorpora los conmutadores del detector del límite de rotación.

En una realización preferida de la invención, el primer conmutador del detector del límite de rotación completa un circuito eléctrico hasta que es accionado por el actuador de conmutación en el sentido de las agujas del reloj; y el segundo conmutador del detector del límite de rotación completa un circuito eléctrico hasta que es accionado por el actuador de conmutación en sentido contrario a las agujas del reloj. En otras palabras, el accionamiento de un conmutador provoca la interrupción (apertura) del circuito eléctrico correspondiente. Estos circuitos eléctricos pueden ser parte del circuito de control general del sistema de guiñada. A continuación, el controlador puede emitir comandos para llevar a cabo las acciones correctivas que sean necesarias. Por ejemplo, cuando se abre un conmutador del detector del límite de rotación, el circuito de control de guiñada puede desconectar un motor de accionamiento de una fuente de energía para impedir el movimiento adicional del anillo dentado. Esta configuración de conmutadores y circuitos de control permite una solución a prueba de fallos, por ejemplo, la pérdida de energía debido a cualquier otro fallo también tendrá el efecto de activar la señal límite, lo que dará como resultado una situación “segura”.

Una ventaja de la turbina eólica inventiva es que la dirección de rotación del movimiento de guiñada puede identificarse en una situación crítica, por ejemplo, una situación en donde el conjunto de guiñada se ha detenido debido a una torsión excesiva del cable. La identificación de la dirección de rotación es posible ya que cada actuador de conmutación está asociado con una de las dos direcciones de rotación posibles. A continuación, se puede tomar una medida correctiva adecuada, por ejemplo, el conjunto de guiñada se puede operar en la dirección inversa para desenroscar los cables de energía.

Según la invención, el método de funcionamiento de un conjunto de guiñada de una turbina eólica comprende las etapas de montar una realización del detector del límite de rotación de la invención en el conjunto de guiñada de manera que su piñón se acople con el anillo dentado del conjunto de guiñada; girar el anillo dentado del conjunto de guiñada en el sentido de las agujas del reloj y/o en el sentido contrario a las agujas del reloj mientras no se accione un conmutador; y determinar la dirección de rotación del anillo dentado cuando se acciona un conmutador.

Una ventaja del método inventivo es que elimina las conjeturas asociadas con los métodos de la técnica anterior, ya que el detector del límite de rotación proporciona la información importante con respecto a la dirección de rotación del anillo dentado. En lugar de tener que basarse en información posiblemente errónea o desactualizada de un codificador, el detector del límite de rotación informa de manera precisa e inequívoca la dirección de rotación del anillo dentado cuando este se ha girado hasta su límite.

Realizaciones y características particularmente ventajosas de la invención se dan por las reivindicaciones dependientes, como se revela en la siguiente descripción.

A continuación, se puede suponer que el conjunto giratorio es el sistema de guiñada de una turbina eólica, y el anillo dentado es el anillo de guiñada que generalmente está montado en la interfaz entre la góndola y el nivel más alto de la torre de la turbina eólica. El anillo dentado se gira mediante un conjunto de unidades de accionamiento de guiñada. Sin restringir la invención de ninguna manera, el anillo dentado puede denominarse simplemente a continuación “anillo de guiñada”. El término “piñón” se usa en referencia al detector del límite de rotación y es distinto del piñón de una unidad de accionamiento de guiñada.

El anillo de guiñada de una turbina eólica se puede girar en el sentido de las agujas del reloj y en el sentido contrario de las agujas del reloj, de modo que el rotor aerodinámico siempre se pueda girar para que mire directamente hacia el viento. Durante el funcionamiento de una turbina eólica, la dirección del viento puede cambiar con frecuencia. Un controlador evalúa un cambio en la dirección del viento y emite los comandos de corrección de guiñada apropiados al sistema de guiñada.

Dependiendo de la progresión de la dirección del viento, una secuencia de correcciones de guiñada puede provocar que el anillo de guiñada gire en más de una rotación completa. Una disposición de suspensión de cable de energía generalmente está diseñada para adaptarse a un intervalo de rotación generoso, pero debe protegerse de una rotación excesiva por las razones expuestas en la introducción. En lo que sigue, los términos “intervalo de rotación permitido”, “intervalo de rotación angular permitido” e “intervalo angular máximo” tienen el mismo significado y se refieren al límite de rotación o al límite de torsión del anillo de guiñada. Como se indicó anteriormente, es común que un accionamiento de guiñada pueda hacer girar el anillo de guiñada (y por lo tanto la góndola) mediante varias rotaciones completas.

En una realización preferida de la invención, un controlador de la turbina eólica comprende una disposición de anulación que está configurada para controlar las unidades de accionamiento de guiñada de una manera específica tras el accionamiento de un conmutador del detector del límite de rotación.

El detector del límite de rotación se puede construir de cualquier manera adecuada. Los dientes del piñón del detector del límite de rotación deben ser similares en tamaño y forma a los dientes del anillo dentado para que los dientes puedan acoplarse de manera confiable. Preferiblemente, el detector del límite de rotación es un dispositivo compacto que puede montarse en el espacio disponible al nivel del anillo de guiñada de una turbina eólica. En una realización particularmente preferida de la invención, el sistema de transmisión del detector del límite de rotación incluye una caja de engranajes con engranajes cónicos para que el eje secundario pueda ser perpendicular al eje primario, lo que permite una construcción favorablemente compacta. En una realización ejemplar, el movimiento en el sentido de las agujas del reloj del anillo de guiñada da como resultado un movimiento en el sentido de las agujas del reloj del eje secundario, y el movimiento en el sentido contrario a las agujas del reloj del anillo de guiñada da como resultado un movimiento en el sentido contrario a las agujas del reloj del eje secundario.

El anillo de guiñada y el piñón están relacionados por una relación de transmisión, de modo que una rotación completa del anillo de guiñada da como resultado múltiples rotaciones del eje primario. En una realización preferida de la invención, el sistema de transmisión del detector del límite de rotación aplica una relación de transmisión inversa para convertir una rotación completa del eje primario en una fracción de una rotación completa del eje secundario. Por ejemplo, el sistema de transmisión del detector del límite de rotación puede construirse de manera que el intervalo de rotación máximo del anillo de guiñada (su intervalo angular de rotación permitido en cualquier dirección, por ejemplo, 360°, 720°, 800°, etc.) haga girar el eje secundario en menos de 180°. Con una construcción tan favorable, la rotación del eje secundario se puede usar para determinar si el anillo de guiñada ha alcanzado su límite de rotación en una dirección (por ejemplo, en el sentido de las agujas del reloj), pero también para determinar si el anillo de guiñada ha alcanzado su límite de rotación en la dirección opuesta (es decir, en el sentido contrario a las agujas del reloj).

Debe entenderse que el primer conmutador, es decir, el conmutador de “límite en el sentido de las agujas del reloj”, está dispuesto de manera que solo pueda accionarse mediante el primer actuador de conmutación. De manera similar, el segundo conmutador, es decir, el conmutador de “límite en sentido contrario a las agujas del reloj”, está dispuesto de manera que solo pueda ser accionado por el segundo actuador de conmutación.

Un conmutador y su actuador de conmutación podrían realizarse de cualquier manera adecuada, por ejemplo, en forma de un sensor de proximidad que usa atracción magnética, en forma de un sensor óptico, etc. Independientemente de la manera en que se realicen un conmutador y su actuador de conmutación, el conmutador se acciona para invertir un estado de circuito eléctrico (por ejemplo, para abrir o interrumpir una rama de un circuito de control) cuando el anillo dentado ha alcanzado su límite de torsión en la dirección correspondiente. En una realización preferida de la invención, un conmutador está accionado por resorte, y el actuador de conmutación correspondiente está construido para efectuar un movimiento del conmutador accionado por resorte entre un estado cerrado y un estado abierto. En una realización particularmente preferida de la invención, un actuador de conmutación se realiza como una leva de disco o una leva de placa montada en el eje secundario, y el conmutador está dispuesto como un seguidor de la leva. La leva tiene preferiblemente una forma tal que el conmutador correspondiente se abra cuando la leva alcanza su desplazamiento máximo, es decir, cuando el anillo de guiñada ha alcanzado su límite de rotación predefinido en esa dirección.

Cuando se abre un conmutador, se interrumpe o rompe un circuito eléctrico. En una realización preferida de la invención, los conmutadores del detector del límite de rotación están incorporados en un circuito de control del sistema de guiñada, cuyo circuito de control está configurado para deshabilitar el movimiento de los accionamientos de guiñada en el sentido de las agujas del reloj cuando se abre el conmutador “en el sentido de las agujas del reloj”, y para deshabilitar el movimiento de los accionamientos de guiñada en el sentido contrario a las agujas del reloj cuando se abre el conmutador “en el sentido contrario a las agujas del reloj”.

El método inventivo comprende preferiblemente una etapa inicial de determinar un intervalo angular de rotación permitido para un anillo de guiñada de un tipo de turbina eólica específico, y configurar el sistema de transmisión del detector del límite de rotación en función del intervalo angular permitido. En una realización preferida de la invención, el sistema de transmisión es ajustable, de modo que se puede seleccionar una relación de transmisión adecuada en función de los parámetros relevantes, como el número de dientes del anillo de guiñada, el intervalo de rotación permitido, etc. Alternativamente, la relación de transmisión del sistema de transmisión puede ser fija y el detector del límite de rotación puede adaptarse a una aplicación montando levas adecuadas en el eje secundario. Por ejemplo, se puede proporcionar una variedad de levas, cada una con un intervalo angular diferente, y el cliente puede seleccionar las levas apropiadas (una para el sentido de las agujas

del reloj y otra para el sentido contrario a las agujas del reloj) y montarlas en el eje secundario. Dichas realizaciones permiten configurar un detector del límite de rotación antes de montarlo en un conjunto de guiñada.

En una realización particularmente preferida, se puede construir una leva para que tenga un recorte o cavidad en su región más profunda, es decir, en la región correspondiente al desplazamiento máximo del seguidor o conmutador. La cavidad permite que el conmutador accionado por resorte se mueva (por ejemplo, para interrumpir la rama correspondiente de un circuito de control) cuando el anillo de guiñada ha alcanzado su límite de rotación en esa dirección.

En los sistemas de la técnica anterior, es habitual desconectar la energía de los accionamientos de guiñada cuando un rastreador de rotación informa de un estado límite de rotación. Por lo general, un freno de motor accionado por resorte se activa automáticamente cuando se retira la energía de un motor de guiñada, lo que evita que el anillo de guiñada siga girando. Como se ha explicado anteriormente, los sistemas de la técnica anterior se basan en los datos del codificador de guiñada cuando vuelven a aplicar energía a los accionamientos de guiñada con el fin de establecer su dirección de rotación con la intención de desenrollar los cables de energía, pero los datos erróneos del codificador de guiñada pueden provocar daños. El detector del límite de rotación inventivo permite diseñar el circuito de control de manera que el suministro de energía a los motores de guiñada no se interrumpa cuando se abre un conmutador. En cambio, los conmutadores del detector del límite de rotación pueden simplemente evitar que los motores de accionamiento de guiñada giren en la misma dirección que condujo al estado límite. Por lo tanto, un conmutador del detector del límite de rotación de la invención puede denominarse “conmutador de parada de guiñada”, ya que tiene el efecto de impedir un mayor movimiento de guiñada en esa dirección, o como “conmutador de dirección inversa”, ya que el accionamiento de un conmutador va seguido de manera efectiva por una inversión de la dirección de guiñada.

Una ventaja significativa de la invención es que puede evitar de forma fiable una situación insegura (es decir, una torsión excesiva del cable) sin eliminar la energía de los accionamientos de guiñada.

La señal recibida del detector de límite de guiñada se puede usar como entrada a un PLC (controlador lógico programable) de seguridad, es decir, un sistema de control de seguridad dedicado que es independiente del controlador de la turbina, pero también se puede usar para activar una lógica simple (por ejemplo, una disposición de relés y contactores) que puede ser independiente del controlador de la turbina eólica.

Un controlador de la turbina eólica puede configurarse para responder a los eventos activados por el detector del límite de rotación. Por ejemplo, los conmutadores del detector del límite de rotación pueden incorporarse en un circuito de control de guiñada que forma parte de una disposición de control. El controlador de turbina eólica está configurado preferiblemente para responder al accionamiento de un conmutador del detector del límite de rotación. Por ejemplo, el controlador de la turbina eólica puede identificar fácilmente la dirección de rotación del anillo de guiñada en el momento de la activación de un conmutador del detector del límite de rotación, dependiendo de cuál de las ramas de “límite en sentido horario” y “límite en sentido contrario a las agujas del reloj” del circuito de control se haya visto afectada. El controlador puede entonces accionar el conjunto de guiñada para girar el anillo dentado en la dirección opuesta con el fin de desenroscar los cables de energía.

Otros objetivos y características de la presente invención serán evidentes a partir de las siguientes descripciones detalladas consideradas en conjunto con las figuras adjuntas. Sin embargo, debe entenderse que las figuras están diseñadas únicamente con fines ilustrativos y no como una definición de los límites de la invención.

La Figura 1 muestra una realización del detector del límite de rotación de la invención montado en un conjunto de guiñada de una turbina eólica;

De la Figura 3 a la Figura 5 se muestra el principio de funcionamiento del detector del límite de rotación de la invención.

En los diagramas, números similares se refieren a objetos similares en todas partes. Los objetos en los diagramas no están necesariamente dibujados a escala.

La Figura 1 muestra los elementos principales de un conjunto de guiñada 2 en una turbina eólica 3. El diagrama muestra un anillo de guiñada 20 alrededor de una abertura en la base de una góndola 31, cerca de la parte superior de una torre 30. Varias unidades de accionamiento de guiñada 21 se acoplan al anillo de guiñada 20 para hacerlo girar (y a la góndola 31) en el sentido de las agujas del reloj o en el sentido contrario a las agujas del reloj, dependiendo de la referencia de guiñada 220 emitida por un controlador de guiñada 22.

El diagrama también indica los cables de energía 34 suspendidos de un generador hacia abajo en la torre 20. Es importante proteger los cables de energía 34 para que no se tuerzan demasiado durante las maniobras de guiñada; de lo contrario, los cables 34 pueden dañarse y provocar costosas reparaciones y pérdidas de ingresos.

El diagrama muestra una realización del detector del límite de rotación 1 de la invención montado de manera que su piñón 10 se acople con el anillo de guiñada 20. Este dispositivo puede ser una adaptación de un producto estándar para incluir actuadores de conmutación y un circuito de control 16 como se describió anteriormente.

En la Figura 2 se muestra una realización ejemplar del detector del límite de rotación 1 de la invención. El diagrama muestra un piñón 10 con dientes que están conformados para acoplarse con los dientes del anillo de guiñada 20. El piñón 10 está montado en un eje primario 11, y la rotación del eje primario 11 es convertida por una unidad de transmisión 13 en la rotación de un eje secundario 12.

El detector del límite de rotación 1 está configurado de modo que su unidad de transmisión 13 convierta el intervalo de rotación permitido de un anillo de guiñada tal como el mostrado en la Figura 1 en una rotación parcial del eje secundario 12. Por ejemplo, un intervalo de rotación permitido de 360° en una dirección puede traducirse en una rotación del eje secundario de 160° en una dirección correspondiente; un intervalo de rotación permitido de 720° puede traducirse en una rotación del eje secundario de 120° , etc.

Debe entenderse que el detector del límite de rotación 1 de la invención cumple la función habitual de un rastreador de rotación, cuyo propósito es detectar una condición de límite de rotación. Sin embargo, a diferencia de los dispositivos de la técnica anterior, el detector del límite de rotación 1 de la invención reacciona ante dos eventos distintos: cuando el anillo de guiñada alcanza su límite de rotación en el sentido de las agujas del reloj; y cuando el anillo de guiñada alcance su límite de rotación en sentido contrario a las agujas del reloj.

El conmutador S-CW en sentido horario está incluido en la ruta del circuito que conecta la energía 16P a los accionamientos de guiñada en el sentido de las agujas del reloj, y el conmutador S-CCW en sentido contrario a las agujas del reloj está incluido en la ruta del circuito que conecta la energía 16P a los accionamientos de guiñada en el sentido contrario a las agujas del reloj. De esta manera, el circuito 16 puede evitar que las unidades de accionamiento de guiñada giren más en la dirección que llevó a la apertura de un conmutador S-CW, S-CCW, pero no impide que las unidades de accionamiento de guiñada giren en la dirección opuesta. Una ventaja importante de la invención es que el controlador de guiñada aún puede accionar los accionamientos de guiñada después de que se detecte un estado límite de rotación, y los accionamientos de guiñada solo pueden girarse en la dirección opuesta o “segura”.

Esto contrasta con los sistemas de la técnica anterior, que desconectan el suministro de energía a los motores de guiñada en respuesta a un evento de límite de rotación, y que pueden elegir erróneamente la dirección incorrecta hacia donde girar los accionamientos de guiñada.

El detector del límite de rotación 1 está incorporado en el circuito de control de guiñada 16 mediante las conexiones apropiadas 160, tal como se indica esquemáticamente en el diagrama.

En esta realización ejemplar, dos levas 12-CW y 12-CCW están montadas una encima de la otra en el eje secundario 12, y dos conmutadores S-CW, S-CCW que están conectados eléctricamente en un circuito de control 16 están dispuestos en consecuencia de modo que cada conmutador esté emparejado con una de las levas. El circuito de control 16 está conectado a una fuente de energía 16P como se indica aquí de una manera muy esquemática. Debe entenderse que el circuito de control 16 puede implementarse de cualquier manera adecuada, como sabrá el experto en la materia, y que este diagrama solo ilustra el principio subyacente.

Cuando se produce una torsión extrema (la góndola ha alcanzado su límite de torsión en una dirección), el cabezal CWH, CCWH, de un conmutador S-CW, S-CCW se desliza hacia la cavidad CWR, CCWR de la leva 12-CW, 12-CCW correspondiente. Ese conmutador se abre, interrumpiendo así la rama correspondiente de un circuito de control 16. De esta manera, el circuito de control 16 del detector del límite de rotación de la invención informa de la aparición de un evento de torsión extremo y también informa de la dirección de torsión. El circuito de control 16 puede incorporarse como parte de un circuito de control de motor de accionamiento de guiñada trifásico más complejo, y aquí solo se muestran las partes relevantes del circuito. Cuando se produce un evento de límite de torsión, la fuente de energía de las unidades de accionamiento permanece conectada y un controlador de guiñada puede reaccionar al evento invirtiendo la dirección de guiñada.

Un detector del límite de rotación estándar puede desplegar la misma disposición del piñón 10, la transmisión 13, el eje secundario 12, etc. La invención radica en la comprensión de que el dispositivo puede aprovecharse aún más montando dos levas 12-CW y 12-CCW funcionalmente distintas en el eje secundario 12, como se explicó anteriormente, e incluyendo conmutadores funcionalmente distintos en el circuito de control 16 para informar de la aparición de un evento de torsión extremo y, lo que es más importante, para informar también de la dirección de la torsión. Un controlador de turbina puede entonces desenroscar los cables sin riesgo de dañarlos, ya que los accionamientos de guiñada solo pueden girarse en la dirección “segura”. Con el detector del límite de rotación 1 y el circuito de control 16 de la invención, el controlador de turbina no hará girar erróneamente la góndola más en la dirección equivocada, es decir, en la “dirección de sobretorsión”. De ello se deduce que la invención es ventajosa porque evita la necesidad de una costosa intervención manual para desenroscar los cables de energía.

Las Figuras 3 - 5 son esquemas simplificados para ilustrar el principio subyacente de la invención. Los diagramas muestran una primera leva 12-CW y su correspondiente conmutador S-CW, y una segunda leva 12-CCW y su correspondiente conmutador S-CCW. Las levas 12-CW, 12-CCW se muestran por separado para mayor claridad, pero debe entenderse que están apiladas una encima de la otra en el eje secundario 12 del detector del límite de rotación 1.

La primera leva 12-CW sigue la rotación en el sentido de las agujas del reloj del anillo de guiñada desde una posición inicial de 0° (mostrada en la Figura 3) hasta su límite de rotación en el sentido de las agujas del reloj (mostrado en la Figura 5). La segunda leva 12-CCW sigue la rotación en el sentido de las agujas del reloj del anillo de guiñada desde una posición inicial de 0° (que se muestra en la Figura 3) hasta su límite de rotación en el sentido contrario a las agujas del reloj (que se muestra en la Figura 4). Suponiendo que el intervalo de rotación permitido del anillo de guiñada 20 sea el mismo en ambas direcciones (por ejemplo, de -720° a +720°), la posición inicial o predeterminada de una leva es la imagen reflejada de la posición inicial de la otra leva. En este caso, se aplica un intervalo angular de aproximadamente 170° a cada leva, es decir, si el eje secundario se gira de modo que una leva gire desde su posición inicial (indicada por una línea discontinua) hasta 170°, esto significa que la rotación del anillo de guiñada 20 ha alcanzado su límite predefinido y el conmutador correspondiente se conectará con su actuador de conmutación.

Cuando el anillo de guiñada se gira en el sentido de las agujas del reloj hasta su límite, la forma de la primera leva 12-CW “en sentido horario” acciona el primer conmutador S-CW al permitir que se abra. Esto interrumpe una rama de un circuito eléctrico 16. En esta realización ejemplar, la leva 12-CW tiene una cavidad CWR que se acopla con el cabezal del conmutador S-CW, lo que permite que ese conmutador accionado por resorte se abra. El efecto de abrir el conmutador S-CW es evitar un mayor movimiento de las unidades de accionamiento de guiñada en el sentido de las agujas del reloj.

En esta realización ejemplar, un conmutador S-CW, S-CCW solo puede abrirse (interrumpiendo/abriendo así un circuito eléctrico) cuando la leva correspondiente se ha movido tanto que el cabezal de conmutación accionado por resorte CWH, CCWH puede extenderse hasta la correspondiente cavidad 120 CWR, CCWR. Dado que las levas 12-CW y 12-CCW están apiladas en el eje secundario 12 y alineadas inicialmente como se muestra en la Figura 3, la leva 12-CCW “en sentido contrario a las agujas del reloj” sigue el movimiento de la leva 12-CW “en sentido contrario a las agujas del reloj”, pero no tiene ningún efecto en su correspondiente conmutador S-CCW.

De manera similar, cuando el anillo de guiñada gira en sentido contrario a las agujas del reloj hasta su límite, la forma de la segunda leva 12-CW acciona el segundo conmutador S-CW al permitir que se abra. También en este caso, la leva 12-CCW tiene una cavidad CCWR que se acopla con el cabezal CCWH del conmutador S-CCW para informar de un evento de límite de torsión en el sentido contrario a las agujas del reloj. El efecto de abrir el conmutador S-CCW es evitar un mayor movimiento de las unidades de accionamiento de guiñada en sentido contrario a las agujas del reloj. En este caso, la leva 12-CW “en sentido horario” sigue el movimiento de la leva 12-CCW “en sentido contrario a las agujas del reloj”, pero no tiene efecto en el otro conmutador S-CW.

De esta manera, el detector del límite de rotación 1 se puede usar para detectar una situación en donde el anillo de guiñada 20 se ha girado hasta alcanzar un límite predefinido. Como se muestra en la Figura 2, cuando el cabezal de conmutación CCWH en sentido contrario a las agujas del reloj se acopla con la leva CCW 12-CCW, se abre el conmutador S-CCW. Del mismo modo, si el cabezal de conmutación en sentido horario CWH se acoplara con la leva 12-CW en sentido horario, en su lugar se abriría el conmutador S-CW.

Aunque la presente invención se ha descrito en forma de realizaciones preferidas y variaciones de las mismas, se entenderá que podrían realizarse numerosas modificaciones y variaciones adicionales en la misma sin apartarse del ámbito de la invención. El detector del límite de rotación puede construirse con un grado de redundancia, por ejemplo, implementando dos conjuntos de actuadores de conmutación para cada sentido de rotación. Alternativa o adicionalmente, una turbina eólica puede estar equipada con una disposición redundante de dos o más detectores de límite de rotación. De esta manera, la detección del límite de rotación de un anillo de guiñada se puede realizar de acuerdo con una norma apropiada, tal como la ISO 13849-1, la IEC 62061, etc.

En aras de la claridad, debe entenderse que el uso de “un” o “una” a lo largo de esta solicitud no excluye una pluralidad, y “que comprende” no excluye otras etapas o elementos. La mención de una “unidad” o un “módulo” no excluye el uso de más de una unidad o módulo.

REIVINDICACIONES

1. Un detector del límite de rotación (1) configurado para detectar un límite de rotación de un anillo dentado (20) de un conjunto giratorio (2), y que comprende
5
 - un piñón (10) montado en un eje primario (11) y configurado para acoplarse con el anillo dentado (20);
 - un sistema de transmisión (13) configurado para convertir la rotación del eje primario (11) en la rotación de un eje secundario (12) de manera que la rotación del eje secundario (12) a través de un intervalo angular (12R) corresponda a una rotación del anillo dentado (20) a través de su intervalo permitido en una dirección específica;
 - un primer actuador de conmutación (12-CW) montado en el eje secundario (12) y un primer conmutador (S-CW) configurado para su inclusión en un circuito de control (16), en donde el primer actuador de conmutación (12-CW) está configurado para accionar el primer conmutador (S-CW) cuando el grado de rotación del anillo dentado (20) ha alcanzado un límite predefinido en el sentido de las agujas del reloj; y
 - un segundo actuador de conmutación (12-CCW) montado en el eje secundario (12) y un segundo conmutador (S-CCW) configurado para su inclusión en el circuito de control (16), en donde el segundo actuador de conmutación (12-CCW) está configurado para accionar el segundo conmutador (S-CCW) cuando el grado de rotación del anillo dentado (20) ha alcanzado un límite predefinido en sentido contrario a las agujas del reloj.
2. Un detector del límite de rotación según la reivindicación 1, en donde un conmutador (S-CW, S-CCW) se realiza como un conmutador accionado por resorte, y en donde el actuador de conmutación (12-CW, 12-CCW) se realiza para efectuar un movimiento del conmutador correspondiente accionado por resorte (S-CW, S-CCW) entre un estado cerrado y un estado abierto.
3. Un detector del límite de rotación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde un actuador de conmutación (12-CW, 12-CCW) se realiza como una leva (12-CW, 12-CCW) montada en el eje secundario (12).
4. Un detector del límite de rotación según la reivindicación 3, en donde una leva (12-CW, 12-CCW) comprende una cavidad (120) conformada para encerrar una porción del correspondiente conmutador accionado por resorte (S-CW, S-CCW) cuando el grado de rotación del anillo dentado (20) ha alcanzado el límite predefinido.
- 35 5. Un detector del límite de rotación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el sistema de transmisión (13) aplica una relación de transmisión inversa para convertir una rotación completa del eje primario (11) en una fracción de una rotación completa del eje secundario (12).
- 40 6. Un detector del límite de rotación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el intervalo angular (12R) de rotación del eje secundario (12) comprende como máximo 180°.
7. Un detector del límite de rotación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende accionadores de conmutación (12-CW, 12-CCW) y conmutadores (S-CW, S-CCW) duplicados en una disposición redundante.
- 45 8. Una turbina eólica (3), que comprende al menos
 - un sistema de guiñada (2), cuyo sistema de guiñada (2) comprende un anillo dentado (20) montado en un nivel superior de una torre (30) y varias unidades de accionamiento de guiñada (21) dispuestas para efectuar una rotación del anillo dentado (20); y
 - un detector del límite de rotación (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, montado de manera que el piñón (10) se acople con el anillo dentado (20) del sistema de guiñada (2); y
 - un circuito de control (16) que incorpora un conmutador (S-CW, S-CCW) del detector del límite de rotación (1).
- 50 9. Una turbina eólica según la reivindicación 8, en donde el circuito de control (16) está configurado para permitir solo el movimiento en sentido contrario a las agujas del reloj de las unidades de accionamiento de guiñada (21) al accionar el primer conmutador (S-CW) del detector del límite de rotación (1).
- 60 10. Una turbina eólica según la reivindicación 8 o la reivindicación 9, en donde el circuito de control (16) está configurado para permitir solo el movimiento en el sentido de las agujas del reloj de las unidades de accionamiento de guiñada (21) al accionar el segundo conmutador (S-CCW) del detector del límite de rotación (1).
- 65 11. Una turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, que comprende un detector del límite de rotación adicional (1) en una disposición redundante.
12. Un método para operar un conjunto de guiñada de turbina eólica (2), cuyo método comprende las etapas de

- 5 -montar un detector del límite de rotación (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7 en el conjunto de guiñada (2) de manera que el piñón (10) del detector del límite de rotación (1) se acople con un anillo dentado (20) del conjunto de guiñada (1); y
- girar el anillo dentado (20) del conjunto de guiñada (2) en el sentido de las agujas del reloj y/o en el sentido contrario a las agujas del reloj siempre que no se active un conmutador (S-CW, S-CCW) del detector del límite de rotación (1).
- 10 13. Un método según la reivindicación 12, que comprende una etapa de invertir la dirección del movimiento del anillo dentado (20) cuando se acciona un conmutador (S-CW, S-CCW) del detector del límite de rotación (1).
14. Método según cualquiera de las reivindicaciones 12 a 13, que comprende una etapa inicial para determinar un intervalo angular de rotación permitido del anillo dentado (20) y configurar el intervalo angular (12R) del eje secundario (12) del sistema de transmisión (13) del detector del límite de rotación (1) en función del
- 15 intervalo angular permitido.

Figura 1

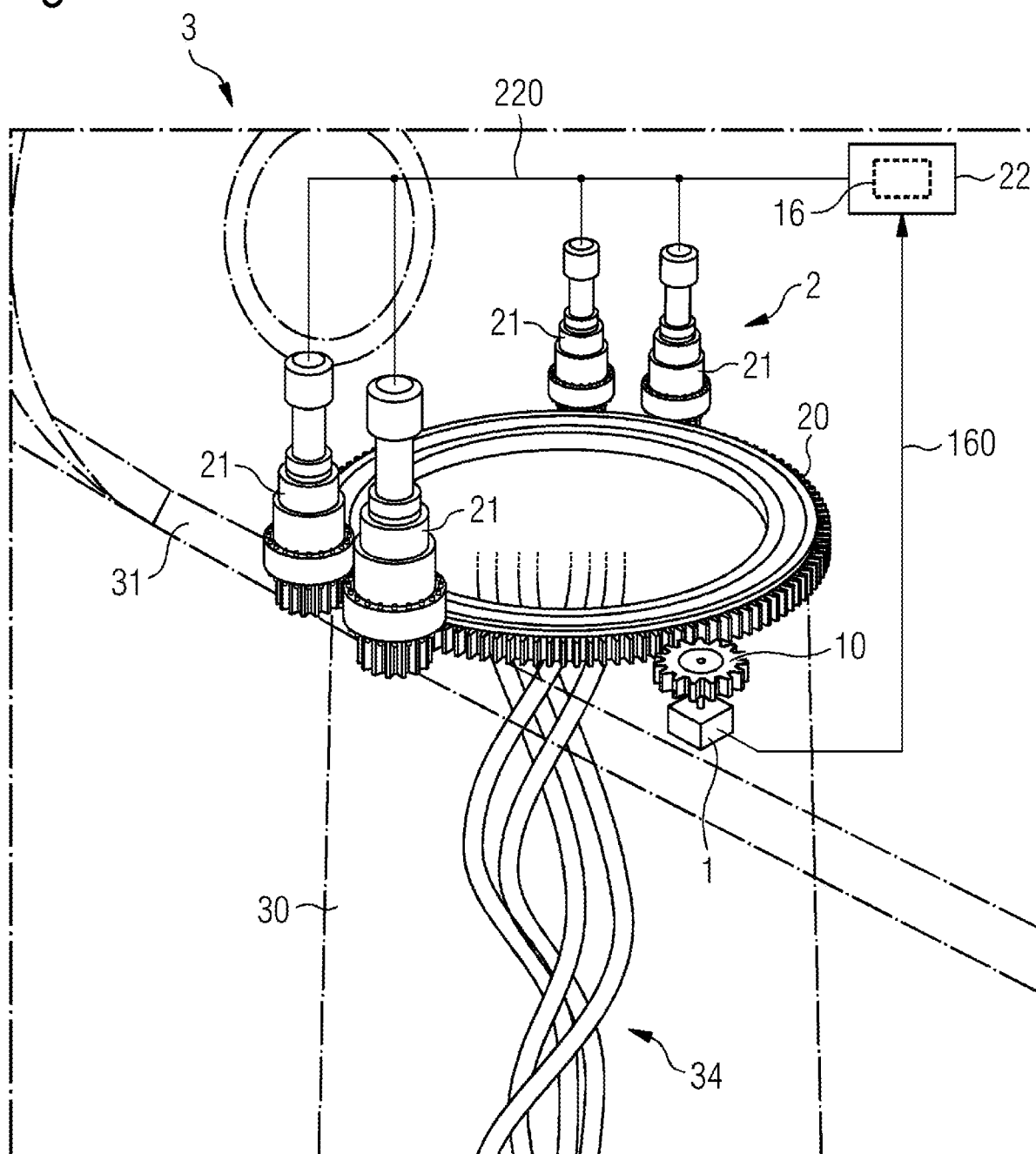


Figura 2

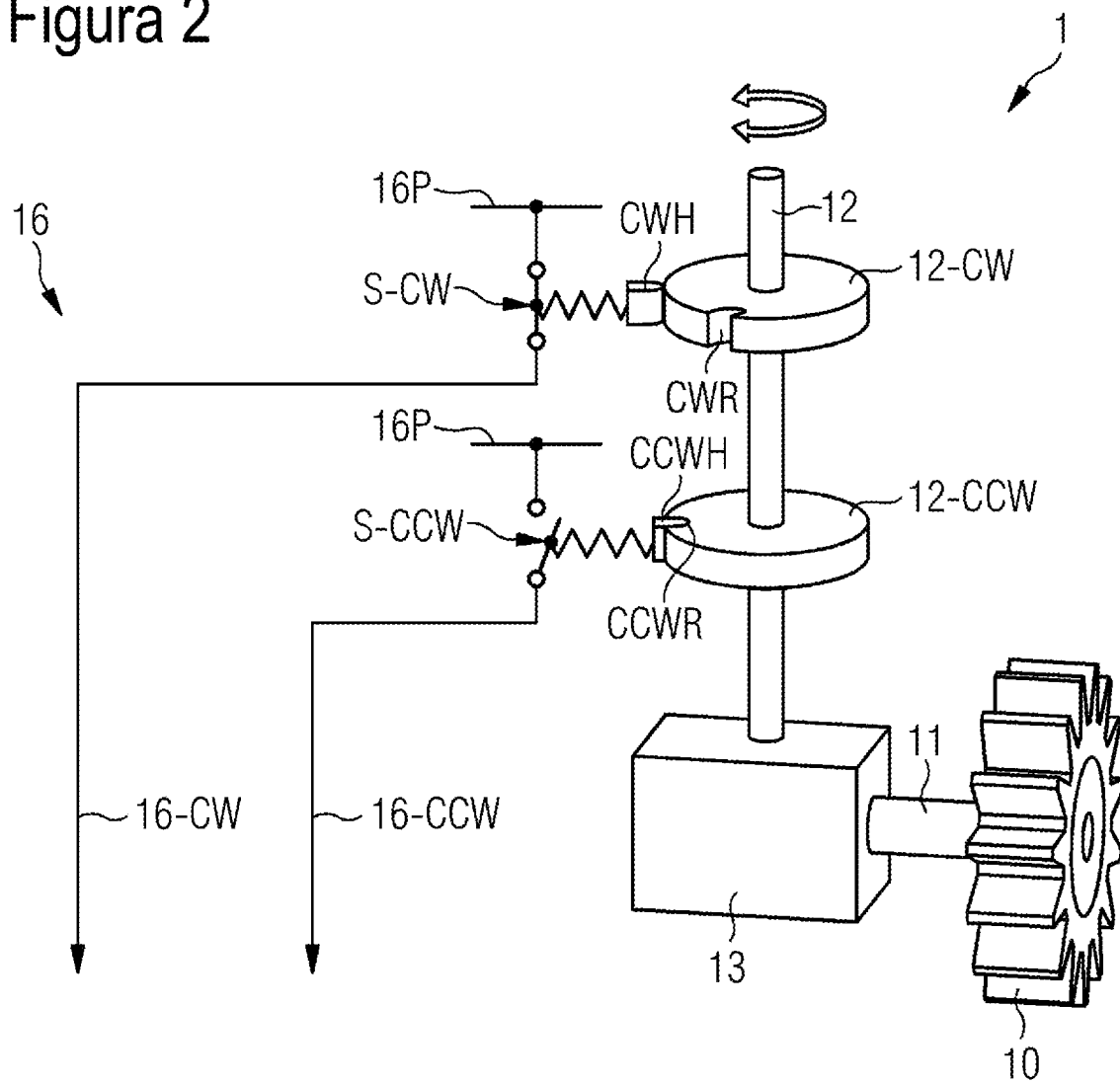


Figura 3

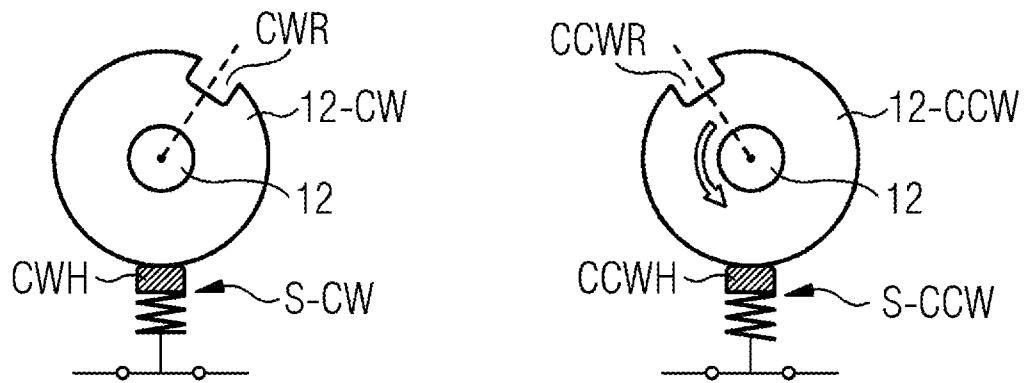


Figura 4

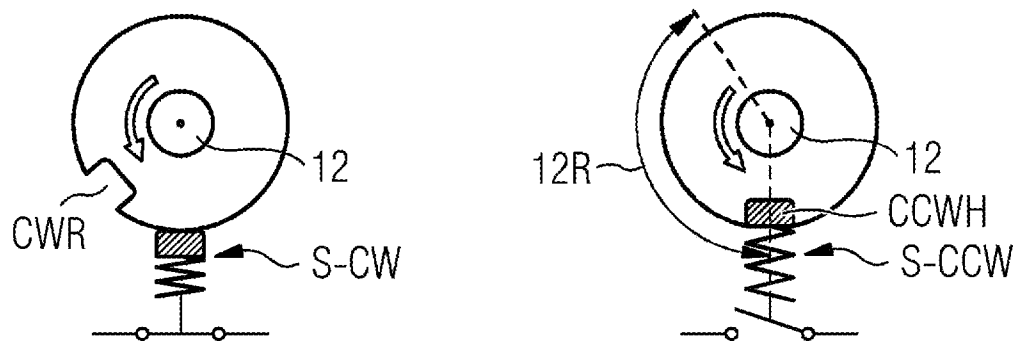


Figura 5

