

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 814 475**

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: **10.01.2017 PCT/DK2017/050003**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.07.2017 WO17121433**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.01.2017 E 17701026 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.08.2020 EP 3402982**

54 Título: **Mejoras relacionadas con un sensor de guiñada para una turbina eólica**

30 Prioridad:

**13.01.2016 DK 201670013**

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

**29.03.2021**

73 Titular/es:

**VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)**

**Hedeager 42**

**8200 Aarhus N, DK**

72 Inventor/es:

**GLAVIND, LARS;**

**GREGERSEN, KRISTIAN KIIB;**

**OLESEN, IB SVEND y**

**NIELSEN, JOHNNY**

74 Agente/Representante:

**ARIAS SANZ, Juan**

ES 2 814 475 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

Mejoras relacionadas con un sensor de guiñada para una turbina eólica

**Campo de la invención**

La presente invención se refiere a un sensor de guiñada para una turbina eólica.

**5 Antecedentes de la invención**

Las turbinas eólicas comprenden una torre fija que se erige sobre el suelo o el fondo del mar, y una góndola que descansa en la parte superior de la torre y porta un árbol de turbina, una caja de engranajes, un freno, un generador, un controlador de paso de pala que controla el ángulo de las palas de turbina, y un elemento de accionamiento de guiñada que controla la posición de la turbina eólica en relación con el viento. Las palas de turbina se montan en el árbol de turbina de manera externa con respecto a la góndola. Las palas de turbina hacen que el árbol rote bajo la influencia del viento, lo que a su vez acciona el generador para generar energía eléctrica. El paso de las palas se controla mediante el controlador de paso de pala para influir en la velocidad de rotación del árbol de accionamiento en función de la velocidad del viento. El elemento de accionamiento de guiñada hace que la góndola rote lentamente en la parte superior de la torre de tal manera que las palas de turbina estén orientadas contra la dirección del viento predominante, para mantener una salida de potencia óptima. El elemento de accionamiento de guiñada utiliza un sensor de dirección del viento para determinar la dirección del viento actual y un sensor de guiñada que comprende un codificador angular que determina la posición de guiñada actual de la góndola. El elemento de accionamiento de guiñada comprende un controlador que determina a partir de la información recopilada a partir de estos sensores un ajuste de guiñada para alinear la góndola con la dirección del viento.

Se apreciará que la electricidad generada a partir del generador en la góndola se conduce hacia abajo por la torre y hasta un sistema de distribución de electricidad mediante un cable eléctrico. Se apreciará además que si la góndola sigue rotando en el mismo sentido continuamente que finalmente se agotará cualquier holgura en el cable eléctrico y el cable eléctrico se romperá entonces si la góndola rota adicionalmente. Con el fin de abordar esto, el sensor de guiñada comprende un interruptor de leva rotatorio, que se acopla a una caja de engranajes del elemento de accionamiento de guiñada mediante un engranaje de piñón, y que activa (o desactiva) un contacto eléctrico cuando el elemento de accionamiento del interruptor de leva ha rotado a una posición (de parada final segura) predeterminada en cualquiera de los dos sentidos a partir de una posición central. Se apreciará que una posición predeterminada del interruptor de leva corresponderá a una posición de guiñada predeterminada (que puede esperarse que sea generalmente un valor de mayor de 360°, es decir, múltiples rotaciones de la góndola). Por ejemplo, la góndola puede ser capaz de rotar de manera segura 10 veces alrededor del eje de su torre en cualquiera de los dos sentidos sin dañar el cable eléctrico, en cuyo caso el interruptor de leva activará (o desactivará) el contacto eléctrico en una posición de leva que corresponde a una rotación de guiñada de 3600° de la góndola en cualquiera de los dos sentidos. En este ejemplo el interruptor de leva puede rotar una vez por cada 20 vueltas de la góndola (es decir, media vuelta del interruptor de leva en cada sentido a partir de una posición inicial activará (o desactivará) el contacto eléctrico. Cuando el contacto eléctrico se activa (o desactiva), esto desencadena que el elemento de accionamiento de guiñada haga rotar la góndola de vuelta en el sentido contrario (10 vueltas en este ejemplo) a su posición de descanso central o realice una parada de emergencia de la turbina pendiente de un mantenimiento para corregir el problema.

El sensor de guiñada puede conectarse a un cojinete de guiñada desde el elemento de accionamiento de guiñada mediante un engranaje de piñón, y el codificador angular puede conectarse a un árbol en el sensor de guiñada o bien directamente o bien mediante una rueda dentada. Después del codificador angular, puede proporcionarse un engranaje antes del interruptor de leva. Por consiguiente, hay varios elementos de transmisión que pueden fallar potencialmente, o bien parcialmente o bien completamente, lo que podría impedir o al menos inhibir el funcionamiento del interruptor de leva y/o el codificador angular. Con el fin de abordar esto, además de activar (o desactivar) el contacto eléctrico en las posiciones de parada final, el interruptor de leva también puede generar un simple pulso de guiñada uniforme en posiciones de guiñada regulares. Esto constituye una señal activa que indica que la trayectoria de transmisión entre la caja de engranajes de elemento de accionamiento de guiñada y el interruptor de leva está funcionando. Si no se genera ningún pulso de guiñada a medida que la góndola se hace rotar mediante el elemento de accionamiento de guiñada, entonces puede suponerse que la trayectoria de transmisión ha fallado, y puede que sea necesario que se desactive la turbina pendiente de un mantenimiento para corregir el problema. Se apreciará que tanto el codificador angular como el interruptor de leva del sensor de guiñada proporcionan (diferente) información acerca de la posición de guiñada de la góndola. En particular, el codificador angular indica una posición de guiñada absoluta, mientras que el interruptor de leva indica cuándo ha alcanzado la góndola una posición de parada final, y también indica (mediante el pulso de guiñada uniforme) que la góndola está rotando, pudiendo usarse esta última información en combinación con el conocimiento de que el elemento de accionamiento de guiñada está accionando actualmente la rotación de la góndola para confirmar que el interruptor de leva está funcionando y que la trayectoria de transmisión entre la caja de engranajes de elemento de accionamiento de guiñada y el interruptor de leva está funcionando.

El documento US2011/142622 A1 describe un método de control de una turbina eólica que incluye un codificador

rotatorio para medir el ángulo azimutal del árbol de rotor eólico y al menos un dispositivo de generación de impulsos.

El documento EP2189656 describe un sistema de guiñada de turbina eólica y a un método de monitorización y determinación de la desviación a partir de un funcionamiento esperado en un sistema de guiñada de una turbina eólica.

- 5 El documento US 2010/209246 A1 describe sistemas y métodos para ajustar el ángulo de guiñada de turbina con respecto al viento incidente con el fin de optimizar la producción de potencia mediante la turbina.

La invención se ha ideado en el contexto de estos antecedentes.

### Sumario de la invención

- 10 En un primer aspecto, la invención proporciona un sensor de guiñada para una turbina eólica según la reivindicación 1.

El sensor de guiñada puede comprender un controlador que puede hacerse funcionar para recibir señales eléctricas desde el contacto eléctrico y para estimar una rotación de guiñada actual de la góndola en relación con la posición inicial basándose en longitudes de pulso de la señal eléctrica recibida o espacios entre pulsos de la señal eléctrica recibida.

- 15 El sensor de guiñada puede comprender un codificador absoluto acoplado a la caja de engranajes de elemento de accionamiento de guiñada, pudiendo hacerse funcionar el codificador absoluto para determinar una posición de guiñada actual de la góndola. El controlador puede hacerse funcionar para calcular una posición de guiñada estimada actual a partir de la rotación de guiñada actual estimada basándose en el interruptor rotatorio, y para comparar la posición de guiñada actual determinada por el codificador absoluto con la posición de guiñada actual estimada. El controlador puede hacerse funcionar para generar una señal de validación en función de si la posición de guiñada actual determinada por el codificador absoluto coincide sustancialmente con la posición de guiñada actual estimada.

- 25 El controlador puede hacerse funcionar para determinar un sentido en el que la góndola está rotando basándose en las longitudes respectivas y el orden de aparición de dos o más pulsos recibidos de señales eléctricas o espacios entre los pulsos.

Un patrón de intervalos de rotación de guiñada primeros y segundos obtenidos en un primer sentido de rotación con respecto a la posición inicial puede ser diferente de un patrón de intervalos de rotación de guiñada primeros y segundos obtenidos en un segundo sentido de rotación contrario con respecto a la primera posición.

- 30 Los primeros intervalos de rotación de guiñada pueden aumentar progresivamente en longitud desde una primera posición de rotación a un lado de la posición inicial hasta una segunda posición de rotación al otro lado de la posición inicial. La primera posición de rotación puede ser una pluralidad de rotaciones de la góndola en un primer sentido de rotación con respecto a la posición inicial y la segunda posición de rotación puede ser una pluralidad de rotaciones de la góndola en un segundo sentido de rotación con respecto a la posición inicial. Las posiciones de rotación primera y segunda pueden ser posiciones de parada final seguras aproximadas de la góndola.

- 35 El controlador puede hacerse funcionar para hacer que el elemento de accionamiento de guiñada haga rotar la góndola de vuelta a o hacia su posición inicial cuando la cantidad de rotación con respecto a la posición inicial alcanza un primer valor umbral predeterminado. El interruptor rotatorio puede hacerse funcionar para activar o desactivar un contacto eléctrico adicional cuando la cantidad de rotación con respecto a la posición inicial alcanza un segundo valor umbral predeterminado. El primer valor umbral puede ser o bien sustancialmente igual que o bien menor que el segundo valor umbral.

El controlador puede hacerse funcionar para calcular la longitud de los pulsos y/o espacios entre pulsos basándose en las señales eléctricas recibidas y la información de accionamiento de guiñada que comprende la duración de rotación de la góndola y la velocidad de rotación de la góndola. La información de accionamiento de guiñada también puede comprender un sentido en el que la góndola se ha accionado para que rote.

- 45 En un segundo aspecto, la invención proporciona un elemento de accionamiento de guiñada para una turbina eólica que comprende un sensor de guiñada tal como se describió anteriormente.

En un tercer aspecto, la invención proporciona una turbina eólica que comprende un sensor de guiñada tal como se describió anteriormente.

### Breve descripción de los dibujos

- 50 La figura 1 es una vista esquemática de un sistema de turbina eólica;

la figura 2 es un diagrama funcional esquemático de un sensor y un elemento de accionamiento de guiñada; y

la figura 3 es una vista esquemática de una señal de pulso asíncrona generada por el sensor de guiñada de la figura 2.

### Descripción detallada de realizaciones de la invención

La figura 1 muestra una turbina eólica 10 que comprende una torre 12 que soporta una góndola 14 en la que está montado un rotor 16. El rotor 16 comprende una pluralidad de palas de turbina eólica 18 que se extienden radialmente desde un buje central 20. En este ejemplo, el rotor 16 comprende tres palas 18. Tal como se comentó anteriormente, el paso de las palas de turbina eólica 18 puede ajustarse mediante un controlador de paso de pala (no mostrado), mientras que la guiñada de la góndola 14 puede ajustarse mediante un elemento de accionamiento de guiñada (no mostrado) para que se oriente generalmente contra el viento.

La figura 2 muestra los componentes funcionales y las interrelaciones de un elemento de accionamiento de guiñada 100. El elemento de accionamiento de guiñada 100 comprende una caja de engranajes de elemento de accionamiento de guiñada 110 que se conecta por una parte a un elemento de soporte rotatorio (no mostrado) sobre el que está dispuesta la góndola 14, y por otra parte a un motor 112 que hace rotar un árbol para accionar la rotación del elemento de montaje rotatorio mediante la caja de engranajes 110. Se proporciona un sensor de guiñada 120, que se acopla a la caja de engranajes de elemento de accionamiento de guiñada 110 (por ejemplo, el cojinete de guiñada) por medio de un engranaje de piñón 114. El sensor de guiñada comprende un codificador angular (absoluto) 124 y un interruptor de leva mecánico 128. A medida que la góndola 14 se hace rotar por la acción del motor 112 y la caja de engranajes 110, el engranaje de piñón 114 también rota, y la rotación del engranaje de piñón 114 hace rotar a su vez un árbol de sensor 122 del sensor de guiñada 120. El codificador angular 124 se acopla al árbol de sensor 122, o bien directamente o bien por medio de otro engranaje (no mostrado), y puede realizar un seguimiento de la rotación del árbol y emitir una señal indicativa de la posición de rotación actual de la góndola 14. El interruptor de leva 128 también se acopla al árbol de sensor 122, en este caso por medio de un engranaje de leva 126. Se apreciará que si falla el engranaje de piñón 114, no funcionará ni el codificador absoluto 124 ni el interruptor de leva 128. Además, si falla el acoplamiento entre el codificador angular 124 y el árbol de sensor 122, no funcionará el codificador angular 124, pero el interruptor de leva 128 debería funcionar todavía, mientras que si el engranaje de leva 126 falla entonces el interruptor de leva 128 no funcionará por el codificador angular 124 debería funcionar todavía. Dicho de otro modo, hay varios componentes de transmisión que pueden fallar potencialmente.

Se proporciona un controlador 130 que controla el elemento de accionamiento de guiñada encendiendo y apagando el motor 112 (y estableciendo su sentido de rotación, para permitir la rotación de la góndola 14 en cualquiera de los dos sentidos). El controlador 130 recibe una indicación de la dirección del viento actual desde un sensor de dirección del viento 140, y también recibe una posición de guiñada actual de la góndola 14 desde el codificador angular 124. El controlador 130 puede determinar qué ajustes, si procede, se requieren para la guiñada de la góndola 14 con el fin de orientar las palas de turbina 18 contra el viento. Esto puede determinarse basándose en una dirección del viento relativa medida. Si se requiere un ajuste, entonces el controlador 130 controla el motor 112 para hacer rotar la góndola 114 una cantidad predeterminada para hacer efectivo el ajuste. Generalmente, puede esperarse que la velocidad de rotación sea fija, y se logra una cantidad de rotación deseada encendiendo el motor 112 durante un periodo de tiempo, lo que dará como resultado una rotación según esa cantidad deseada. Dicho de otro modo, para una velocidad de rotación fija y una duración de activación de motor conocida, una cantidad de rotación de la góndola obtenida es sustancialmente predecible. La posición de guiñada (góndola) tal como se determinó por el codificador angular 124 puede usarse para indicar una dirección del viento absoluta que puede usarse para determinar si el viento procede de una dirección que debería hacer que disminuya la capacidad normal de la turbina o que esta se detenga. También se usa para determinar la velocidad de guiñada. Además de la posición de guiñada indicada por el codificador angular 124, el interruptor de leva 128 también proporciona una o más señales al controlador 130.

El interruptor de leva 128 puede ser de naturaleza estructuralmente convencional, con contactos eléctricos que se abren y cierran mediante discos redondos, o "levas". Las levasson están dotadas de o bien entalladuras o bien dedos que permiten que los contactos se activen (interruptor cerrado para permitir el flujo de electricidad) y se desactiven (interruptor abierto para inhibir el flujo de electricidad) en posiciones de rotación deseadas de la leva. Puede usarse un desplazamiento por resorte para desplazar el elemento que sigue contra la leva, manteniendo el elemento que sigue el contacto cerrado siempre que la leva presenta una entalladura y el elemento cae al interior de la entalladura, y manteniendo el contacto abierto siempre que no presenta una entalladura. Se apreciará que puede aplicarse lo contrario, estando con el contacto abierto siempre que la leva presenta una entalladura, y cerrado siempre que no presenta una entalladura. De manera similar, cuando se usan dedos en vez de entalladuras entonces el elemento que sigue se empujará alejándolo del eje de la leva siempre que se encuentre con un dedo. Más generalmente, la leva puede tener partes circunferenciales (relativamente) elevadas y rebajadas, controlándose la conmutación de los contactos a medida que el elemento que sigue se encuentra con y sigue las partes circunferenciales elevadas y rebajadas. El interruptor de leva 128 puede comprender una pluralidad de levasson, todas montadas conjuntamente en el mismo árbol y que tienen partes circunferenciales elevadas y rebajadas en ubicaciones deseadas, y que controlan su propio contacto independiente basándose en la posición de las partes circunferenciales elevadas y rebajadas.

En el contexto de la presente técnica, puede establecerse una posición de una parte circunferencial elevada (o rebajada) en una leva particular para que active o desactive un contacto en una posición de rotación deseada de la

leva (y, por tanto, de la góndola 14, que se acopla a un árbol del interruptor de leva 128 mediante el engranaje de piñón 114, el árbol de sensor 122 y el engranaje de leva 126). Se apreciará que, en vista del hecho de que una única rotación de la leva puede corresponder a múltiples rotaciones de la góndola 14, la posición de rotación de la góndola 14 en la que el interruptor de leva se activa o se desactiva puede ser mayor de 360°. De manera similar, puede establecerse una longitud de una parte elevada o rebajada en la leva para que corresponda a un intervalo angular particular de la leva (y, por tanto, de la góndola 14). Una de las levas puede comprender una única entalladura o dedo que se sitúa para que corresponda a una posición de parada segura de la góndola 14 (por ejemplo, 10 rotaciones de la góndola 14). En este caso, una posición inicial de la leva, que corresponde a una posición inicial de la góndola 14, puede estar en el lado contrario de la leva con respecto a la entalladura o dedo, y media rotación de la leva (para alcanzar la entalladura o dedo desde la posición inicial) corresponderá al número de rotaciones (totales o parciales) que la góndola 14 puede girar de manera segura en cualquiera de los dos sentidos. Si por ejemplo la góndola 14 puede rotar alrededor del eje de la torre 12 un máximo de 10 veces de manera segura, entonces cada rotación de la góndola 14 en un sentido particular hará rotar la leva el 10% del camino desde la posición de leva inicial hacia la entalladura o dedo. Cualquiera que sea el sentido en el que gira la góndola 14, la leva alcanzará la entalladura o dedo después de 10 vueltas desde su posición inicial, lo que hará que una señal eléctrica se genere por el contacto del interruptor de leva 128 y se proporcione al controlador 130 como señal de parada final segura. El controlador 130 puede responder a esta señal de parada final segura para inhibir una rotación adicional de la góndola 14 en ese sentido, y para hacer rotar la góndola 14 (y, por tanto, la leva) de vuelta a su posición inicial.

Otra de las levas puede comprender una serie de partes elevadas y rebajadas distribuidas alrededor de su circunferencia que hacen que un contacto se active y se desactive a medida que rota la góndola 14 (y, por tanto, la leva). La activación y la desactivación de este contacto genera una señal activa que puede proporcionarse al controlador 130 para indicar que el interruptor de leva 128 todavía está funcionando. En particular, el controlador 130 sabe que la góndola 14 está rotando basándose en uno o ambos del hecho de que está desencadenando que el motor 112 accione la rotación de la góndola 14 y basándose también en la señal recibida desde el codificador angular 124. Si la señal activa recibida desde el interruptor de leva 128 no varía a medida que rota la góndola 14, el controlador puede inferir un problema con o bien el interruptor de leva, o bien la cadena de transmisión entre la caja de engranajes 110 y el interruptor de leva 128. En este caso, el controlador 130 no puede basarse de manera segura en la señal de parada final segura procedente del interruptor de leva 128, y puede inhibir el elemento de accionamiento de guiñada para que no haga rotar la góndola 14 hasta que un ingeniero haya rectificado el problema. De manera convencional, las partes elevadas y rebajadas de la leva son uniformes en longitud circunferencial, lo que origina una señal activa sincrónica uniforme a medida que rota la góndola 14 (y la leva). Sin embargo, en la presente técnica las partes elevadas y más bajas de la leva varían en longitud. Como resultado, las longitudes de pulso y las longitudes de espacio con respecto a la cantidad de rotación desde la posición de leva inicial (y, por tanto, con respecto a la cantidad de rotación de la góndola 14 desde su posición inicial) también varían en longitud, tal como puede observarse en la figura 3.

Haciendo referencia ahora a la figura 3, la parte superior de la misma muestra un pulso de guiñada (codificado efectivamente en una señal activa) P1, la parte media muestra una señal de parada final P2 y la parte inferior muestra una salida de codificador absoluto AE. Se indica una posición inicial S en el medio del diagrama, que puede observarse desde la parte inferior de la figura 3 que corresponde a un valor de codificador absoluto de cero. En la figura 3, se muestra que el codificador absoluto mide desde -10 (10 revoluciones completas de la góndola 14 en sentido antihorario) hasta +10 (10 revoluciones completas de la góndola 14 en sentido horario). Puede observarse que la señal de parada final adopta un valor alto dentro de este intervalo, y un valor bajo fuera de este intervalo (posiciones izquierda y derecha extremas de la figura 3). Por tanto, se apreciará que cuando el controlador 130 recibe una señal de parada final de valor bajo, inhibe una rotación adicional de la góndola 14 y restablece la posición de la góndola 14 haciéndola rotar de vuelta a la posición inicial S. La señal activa comprende una serie de pulsos y espacios que se extienden desde un extremo del intervalo de rotación permitido de la góndola 14 hasta el otro extremo. En cada extremo, se proporciona un par de pulsos (A, B en un extremo, que corresponden a la rotación máxima en sentido horario de la góndola 14, y L, K en el otro extremo, que corresponden a la rotación máxima en sentido antihorario de la góndola 14) que indica la proximidad de la posición de parada final segura. Esto puede usarse como respaldo para la señal de parada final en caso de que esta última falle por cualquier motivo. El controlador puede reconocer fácilmente los pares de pulsos A, B y L, K debido a su corta duración en comparación con los demás pulsos, y debido a su proximidad entre sí. Los pulsos A, B, L, K están en sustancialmente la misma posición angular en el interruptor de leva 128 que la posición de parada final segura de la señal de parada final, pero si se desea pueden estar más cerca de la posición inicial que la misma, con el resultado de que la señal P1 se usará como el desencadenante para hacer rotar la góndola de vuelta a o hacia su posición inicial, en vez de basarse en la señal P2. En este caso, la señal P2 será efectivamente una protección en caso de fallo para la señal P1. Los pulsos restantes C, D, E, F, G, H, I y J aumentan gradualmente en longitud, teniendo el pulso C una longitud de 2° (de la circunferencia del interruptor de leva 128), subiendo a una longitud de 30° para el pulso J. Se apreciará que si el controlador 130 experimenta una serie de pulsos que aumentan en longitud con cada pulso entonces esto indica que la góndola 14 está rotando en sentido antihorario, mientras que si el controlador 130 experimenta una serie de pulsos que disminuyen en longitud con cada pulso entonces esto indica que la góndola 14 está rotando en sentido horario. El mismo principio puede aplicarse a los espacios entre pulsos, que pueden observarse en la figura 3 que aumentan en tamaño de la misma manera que los pulsos. En una realización alternativa los pulsos pueden aumentar en tamaño en un sentido de rotación particular mientras los espacios disminuyen en tamaño en ese mismo

sentido de rotación. También puede observarse a partir de la figura 3 que el patrón de pulsos obtenido cuando se rota en sentido antihorario desde la posición inicial es diferente del patrón de pulsos obtenido cuando se rota en sentido horario desde la posición inicial, haciendo posible identificar rápidamente un sentido de rotación.

Se apreciará a partir de la figura 3 que es posible estimar la guiñada de la góndola 14 determinando la longitud de un pulso (o un espacio entre pulsos) en la señal activa. Ha de observarse que la señal activa es efectivamente digital, lo que indica que el contacto está actualmente o bien activo o bien inactivo. En sí misma no indica la posición de rotación actual de la leva (o de la góndola 14). Sin embargo, basándose en la observación del momento en el que se producen puntos de transición hasta y desde un pulso, o el momento en el que se producen puntos de transición hasta y desde un espacio entre dos pulsos, y tomando nota de una cantidad esperada de rotación entre esos momentos, puede inferirse la longitud del pulso. La cantidad esperada de rotación puede basarse en la cantidad de rotación para cuya aplicación el controlador 130 ha accionado el motor 112, o en algunas circunstancias puede basarse en información procedente del codificador angular 124. En el primer caso, si la velocidad de rotación de la góndola 14 es fija, y el controlador 130 realiza un seguimiento de la duración y el sentido de rotación mediante el motor 112, entonces puede inferirse la cantidad de rotación. Se apreciará a partir de lo anterior que la misma rotación angular de la góndola 14 originará diferentes longitudes de pulso a diferentes distancias desde la posición inicial de la góndola 14. El controlador 130 conoce la correspondencia entre longitud de pulso y distancia angular desde la posición inicial de la góndola 14 (en cada sentido de rotación), y, por tanto, puede inferir una estimación de la posición de guiñada a partir de la longitud de pulso calculada.

Se apreciará que la góndola 14 puede oscilar en ambos sentidos de rotación para realizar un seguimiento de la dirección del viento. El controlador 130 realiza un seguimiento de la cantidad de rotación global (neta) entre los dos puntos de transición con el fin de determinar la longitud de pulso. Si entre un primer punto de transición (por ejemplo, una transición desde un espacio hasta un pulso) y un segundo punto de transición (por ejemplo, una transición desde un pulso hasta un espacio) se acciona el motor 12 para accionar la rotación de la góndola 14 según una cantidad que corresponde a un giro de 15° del interruptor de leva 128 en sentido antihorario, luego 5° en sentido horario, luego 20° en sentido antihorario, entonces la rotación neta del interruptor de leva será de 30° ( $15 - 5 + 20 = 30$ ) en sentido antihorario. Haciendo referencia a la figura 3, puede observarse que el pulso J tiene una longitud de pulso de 30° de la circunferencia de interruptor de leva, permitiendo que el controlador 130 determine que la posición de guiñada corresponde a 150° (si la rotación de 30° fuera en sentido horario entonces la posición de guiñada se determinaría como 120°). Dicho de otro modo, los pulsos a los que se hizo referencia anteriormente no son pulsos con respecto al tiempo, sino que son efectivamente pulsos con respecto a la posición circunferencial del interruptor de leva, y por implicación con respecto a la cantidad de rotación de la góndola 14 con respecto a su posición inicial. En la figura 3, los ángulos mostrados son las distancias angulares alrededor del interruptor de leva 128. Sin embargo, los mismos pueden convertirse si es necesario en una posición de guiñada de la góndola 14 (es decir, dentro de un intervalo de 360°, o dentro de un intervalo de  $\pm 180^\circ$ ). Por ejemplo, si media rotación (180°) del interruptor de leva 128 corresponde a 10 rotaciones de la góndola 14, entonces la posición angular de 150° del interruptor de leva 128 corresponderá a una posición de guiñada de 6° en sentido antihorario (cada rotación completa de la góndola corresponde a una rotación de 18° del interruptor de leva 128; por tanto, 150° constituyen 8 rotaciones completas de la góndola 14 y una rotación parcial de 6° de la góndola 14).

El controlador 130 puede comparar la posición de guiñada estimada de esta manera a partir de los pulsos de interruptor de leva con la posición de guiñada medida por el codificador rotatorio 124, para supervisar si la señal de posición de guiñada de codificador es válida y verificar la posición absoluta de la góndola 14. En el caso de una discrepancia, puede inhibirse el elemento de accionamiento de guiñada para que no haga rotar adicionalmente la góndola 14 hasta que un ingeniero haya corregido el problema (que podría ser un problema con uno o ambos del codificador rotatorio 124 y el interruptor de leva 128, o con los componentes de transmisión). Puede generarse una señal de validación para confirmar que la posición de guiñada de codificador es válida, o como alternativa para indicar que hay una discrepancia entre la posición de guiñada de codificador y la posición de guiñada de interruptor de leva.

Si es necesario, el pulso de guiñada generado por el interruptor de leva 128 también puede usarse para definir un punto de restablecimiento. Más particularmente, una posición a la que vuelve la góndola 14 tras un restablecimiento (cuando ha alcanzado uno u otro de los puntos de parada segura) puede definirse y controlarse usando el pulso de guiñada. En particular, el controlador 130 puede hacer rotar la góndola 14 de vuelta desde el punto de parada segura hasta que el interruptor de leva 128 genera una señal de una longitud que corresponde a la posición deseada de la góndola 14.

Se entenderá que, con la presente técnica, se proporcionan preferiblemente dos contactos eléctricos tal como se muestra en figura 3. Uno de estos contactos, que genera la señal de pulso P2, sólo está activo si se alcanza una parada final. Este contacto de seguridad se conecta a un sistema de seguridad que con toda probabilidad simplemente detendrá la turbina si se activa. El nuevo contacto no se conecta al sistema de seguridad sino al controlador de turbina. La señal P1 generada por el nuevo contacto se usa para monitorizar el contacto de seguridad y el codificador de guiñada facilitando una señal activa, una posición absoluta aproximada de guiñada y para desencadenar la destorcedura del cable antes de que el contacto de seguridad se active y la turbina se detenga. En funcionamiento normal el codificador de guiñada es lo que se usa para determinar cuándo destorcer los cables.

Aunque se han mostrado y descrito realizaciones de la invención, se entenderá que tales realizaciones se describen a modo de ejemplo sólo y se apreciará que pueden combinarse entre sí características de diferentes realizaciones. Numerosas variaciones, cambios y sustituciones resultarán evidentes para los expertos en la técnica sin apartarse del alcance de la presente invención tal como se define por las reivindicaciones adjuntas.

## REIVINDICACIONES

1. Un sensor de guiñada para una turbina eólica, comprendiendo el sensor de guiñada:  
  
un interruptor rotatorio, configurado para acoplarse a una caja de engranajes de elemento de accionamiento de guiñada de una góndola de turbina eólica, pudiendo hacerse funcionar el interruptor rotatorio para activar y desactivar un contacto eléctrico en función de una cantidad de rotación de guiñada de la góndola en relación con una posición inicial;  
  
en el que el contacto eléctrico está activo en una pluralidad de primeros intervalos de rotación de guiñada con respecto a la posición inicial, e inactivo en una pluralidad de segundos intervalos de rotación de guiñada con respecto a la posición inicial, estando intercalados los intervalos de rotación de guiñada primeros y segundos, teniendo al menos algunos de los primeros intervalos de rotación de guiñada diferentes longitudes entre sí y/o teniendo al menos algunos de los segundos intervalos de rotación de guiñada diferentes longitudes entre sí;  
  
en el que el contacto eléctrico genera una señal eléctrica cuando está activo; y  
  
un controlador que puede hacerse funcionar para recibir señales eléctricas desde el contacto eléctrico y para estimar una rotación de guiñada actual de la góndola en relación con la posición inicial basándose en longitudes de pulso de la señal eléctrica recibida o espacios entre pulsos de la señal eléctrica recibida.
2. Un sensor de guiñada según la reivindicación 1, que comprende un codificador absoluto acoplado a la caja de engranajes de elemento de accionamiento de guiñada, pudiendo hacerse funcionar el codificador absoluto para determinar una posición de guiñada actual de la góndola;  
  
en el que el controlador puede hacerse funcionar para calcular una posición de guiñada estimada actual a partir de la rotación de guiñada actual estimada, y para comparar la posición de guiñada actual determinada por el codificador absoluto con la posición de guiñada actual estimada.
3. Un sensor de guiñada según la reivindicación 2, en el que el controlador puede hacerse funcionar para generar una señal de validación en función de si la posición de guiñada actual determinada por el codificador absoluto coincide sustancialmente con la posición de guiñada actual estimada basándose en el interruptor rotatorio.
4. Un sensor de guiñada según cualquier reivindicación anterior, en el que el controlador puede hacerse funcionar para determinar un sentido en el que la góndola está rotando basándose en las longitudes respectivas y el orden de aparición de dos o más pulsos recibidos de señales eléctricas o espacios entre los pulsos.
5. Un sensor de guiñada según cualquier reivindicación anterior, en el que un patrón de los intervalos de rotación de guiñada primeros y segundos obtenidos en un primer sentido de rotación con respecto a la posición inicial es diferente de un patrón de intervalos de rotación de guiñada primeros y segundos obtenidos en un segundo sentido de rotación contrario con respecto a la primera posición.
6. Un sensor de guiñada según cualquier reivindicación anterior, en el que los primeros intervalos de rotación de guiñada aumentan progresivamente en longitud desde una primera posición de rotación a un lado de la posición inicial hasta una segunda posición de rotación al otro lado de la posición inicial.
7. Un sensor de guiñada según la reivindicación 6, en el que la primera posición de rotación es una pluralidad de rotaciones de la góndola en un primer sentido de rotación con respecto a la posición inicial y la segunda posición de rotación es una pluralidad de rotaciones de la góndola en un segundo sentido de rotación con respecto a la posición inicial.
8. Un sensor de guiñada según la reivindicación 7, en el que las posiciones de rotación primera y segunda son posiciones de parada final seguras aproximadas de la góndola.
9. Un sensor de guiñada según cualquier reivindicación anterior, en el que el controlador puede hacerse funcionar para hacer que el elemento de accionamiento de guiñada haga rotar la góndola de vuelta a o hacia su posición inicial cuando la cantidad de rotación con respecto a la posición inicial alcanza un primer valor umbral predeterminado.
10. Un sensor de guiñada según la reivindicación 9, en el que el interruptor rotatorio puede hacerse funcionar para activar o desactivar un contacto eléctrico adicional cuando la cantidad de rotación con respecto a la posición inicial alcanza un segundo valor umbral predeterminado.
11. Un sensor de guiñada según la reivindicación 10, en el que el primer valor umbral es o bien sustancialmente igual que o bien menor que el segundo valor umbral.

12. Un sensor de guiñada según cualquier reivindicación anterior, en el que el controlador puede hacerse funcionar para calcular la longitud de los pulsos y/o espacios entre pulsos basándose en las señales eléctricas recibidas y la información de accionamiento de guiñada que comprende la duración de rotación de la góndola y la velocidad de rotación de la góndola.
- 5 13. Un sensor de guiñada según la reivindicación 12, en el que la información de accionamiento de guiñada comprende un sentido en el que la góndola se ha accionado para que rote.
14. Un elemento de accionamiento de guiñada para una turbina eólica que comprende un sensor de guiñada según cualquier reivindicación anterior.
- 10 15. Una turbina eólica que comprende un sensor de guiñada según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13

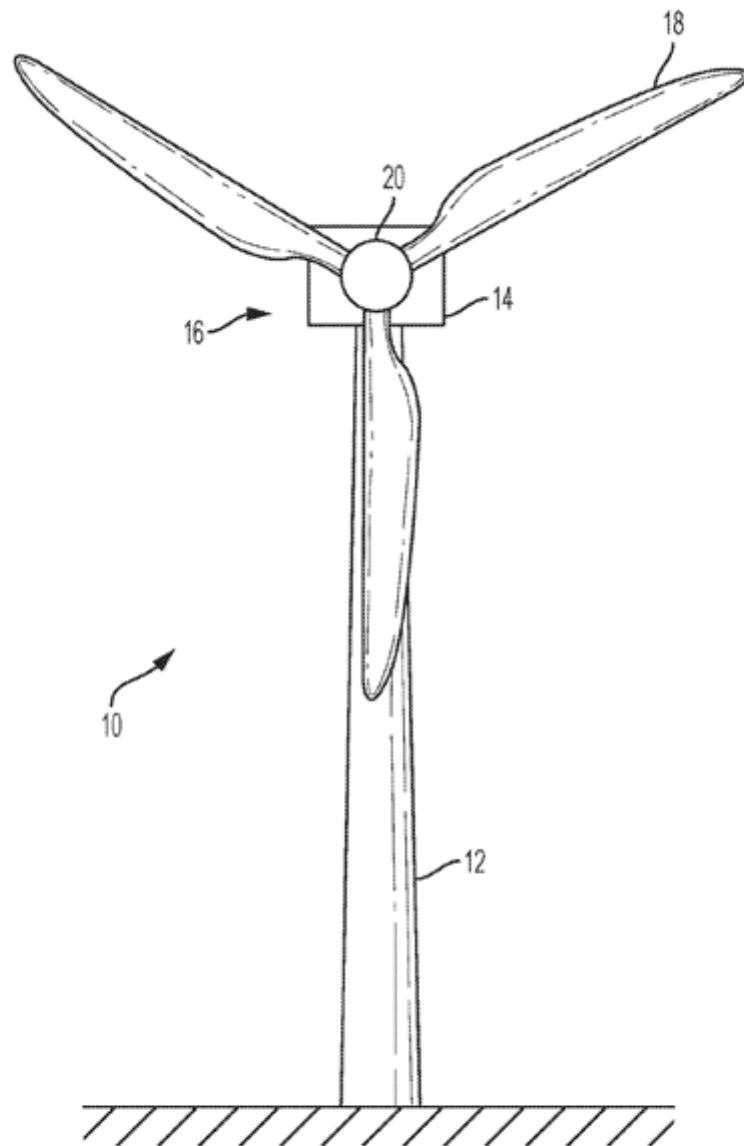


FIG. 1

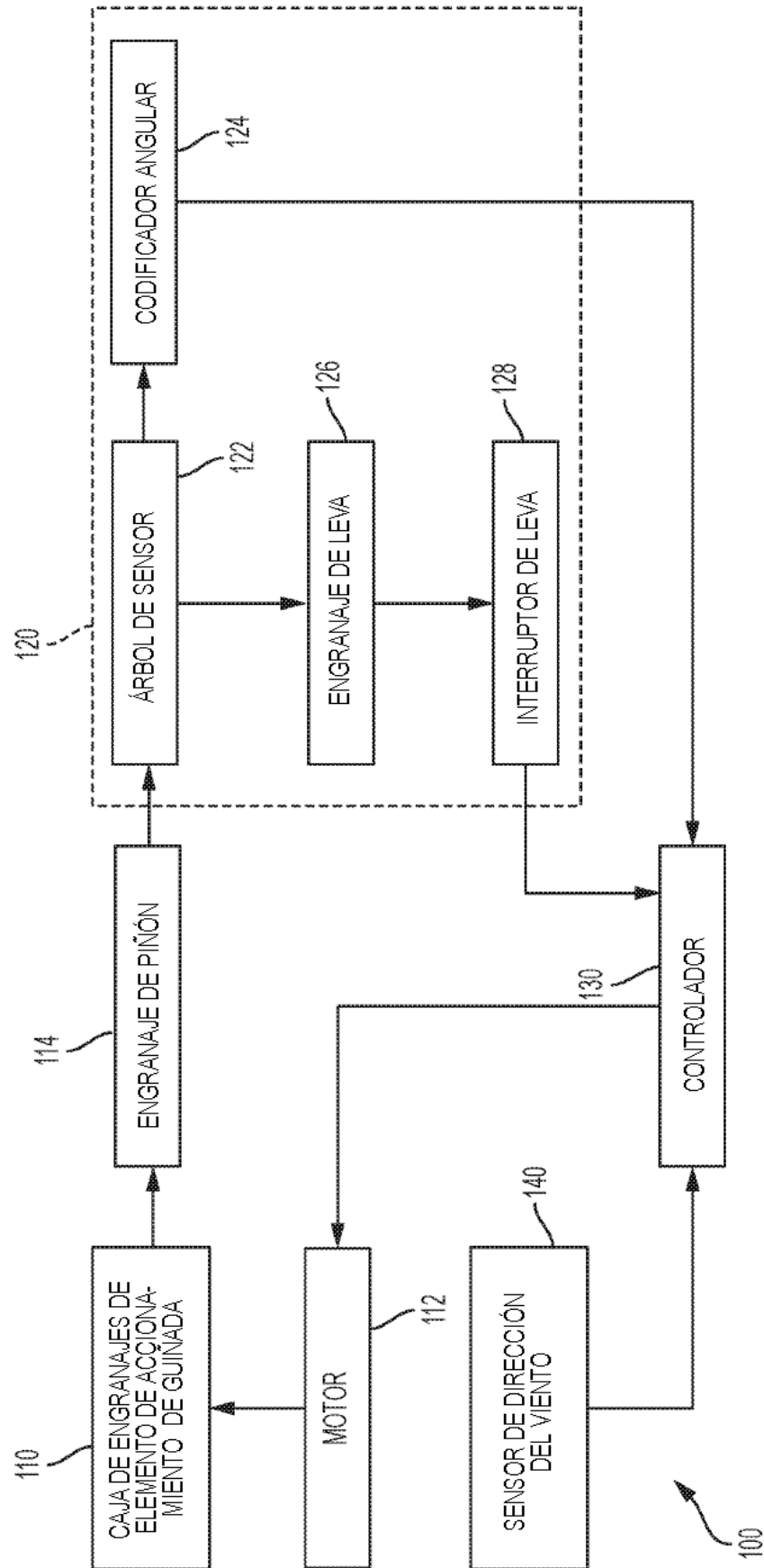


FIG. 2

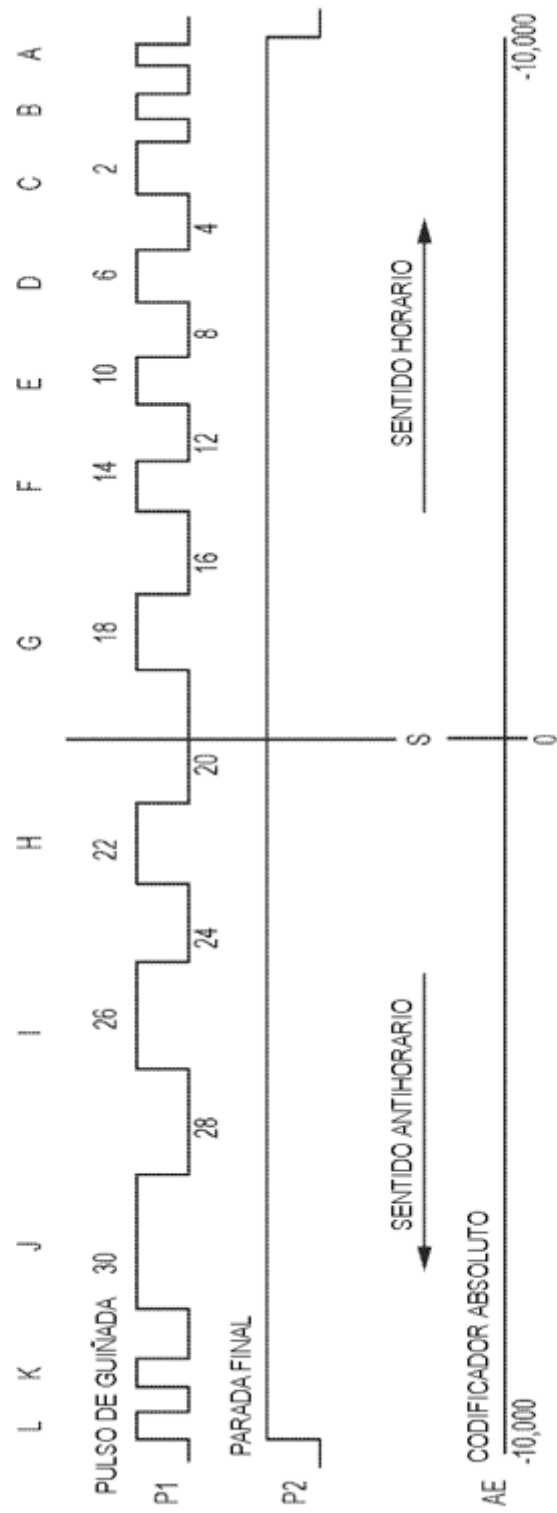


FIG. 3