

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 543 576**

51 Int. Cl.:

F03D 11/00 (2006.01)

F03D 11/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.03.2011 E 11753388 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.05.2015 EP 2546518**

54 Título: **Dispositivo de detección de abrasión, generador de energía eólica equipado con el mismo y procedimiento de detección de abrasión**

30 Prioridad:

03.03.2011 JP 2011046247

12.03.2010 JP 2010056193

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

20.08.2015

73 Titular/es:

**NTN CORPORATION (100.0%)
3-17, Kyomachibori 1-chome Nishi-ku
Osaka-shi, Osaka 550-0003, JP**

72 Inventor/es:

SAKAGUCHI, TOMOYA

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 543 576 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

Dispositivo de detección de abrasión, generador de energía eólica equipado con el mismo y procedimiento de detección de abrasión

Campo técnico

5 La presente invención se refiere a un dispositivo de detección de abrasión, a un aparato generador de turbina eólica que incluye el mismo y a un procedimiento de detección de abrasión y, más específicamente, se refiere a un dispositivo de detección de abrasión para detectar la abrasión de engranajes o rodamientos de una caja de engranajes proporcionada en un aparato generador de turbina eólica, a un aparato generador de turbina eólica que incluye el mismo y a un procedimiento de detección de abrasión.

10 Técnica antecedente

La atención se está centrando en un aparato generador de turbina eólica, como una instalación de generación de energía amigable con el medio ambiente. El aparato generador de turbina eólica genera energía eléctrica girando un árbol principal conectado con una pala que recibe fuerza eólica, acelerando la rotación del árbol principal por una caja de engranajes y luego girando un rotor de un generador de energía.

15 La caja de engranajes aumenta la velocidad giratoria del árbol principal (p. ej., de 10 a 30 rpm) por un mecanismo de caja de engranajes, hasta una velocidad giratoria necesaria para el generador de energía (p. ej., de 1.200 a 1.800 rpm). Esta caja de engranajes es una parte esencial en el aparato generador de turbina eólica, y se requiere una alta fiabilidad de la caja de engranajes.

20 Una de las modalidades de daño de la caja de engranajes es la abrasión de engranajes o rodamientos. Cuando los engranajes están desgastados, la eficacia de la generación de energía se deteriorará, y según aumenta el grado de abrasión, la función como la de la caja de engranajes puede detenerse. Cuando los rodamientos están desgastados, la reacción de engranajes cambiará, lo que no solamente degrada la eficacia de la transmisión, sino que también da como resultado el daño a los engranajes. Dado que una góndola, en la cual se aloja la caja de engranajes, está colocada en una posición alta, se imponen límites sobre la detección de abrasión in situ por parte de un operador.

25 Es por lo tanto deseable permitir que la abrasión de engranajes o rodamientos en la caja de engranajes en el aparato generador de turbina eólica sea automáticamente detectada. La Patente Japonesa Abierta a consulta pública N° 2008-82579 (PTL 1) divulga un mecanismo de detección de abrasión que detecta la abrasión de engranajes. Este mecanismo de detección de abrasión está dotado de sensores primero y segundo que detectan caras laterales de un plano de dientes de engranaje, y la abrasión del engranaje es detectada en base a la diferencia temporal entre la temporización con la cual cambia una señal del primer sensor y la temporización con la cual cambia una señal del segundo sensor al girar el engranaje (véase PTL 1).

30 La Patente Japonesa Abierta a consulta pública N° 2005-164314 (PTL 2) divulga la detección de abrasión de rodamientos usando un sensor ultrasónico, tal como un micrófono ultrasónico (véase PTL 2). El documento "Operación y mantenimiento de turbinas eólicas en base a la monitorización de condiciones", por T. W. Verbruggen, de abril de 2003, ECN-C-03-047, divulga varias maneras de determinar la abrasión de rodamientos en una turbina eólica.

Lista de referencias

Bibliografía de patentes

PTL 1: Patente Japonesa Abierta a consulta pública N° 2008-82579

PTL 2: Patente Japonesa Abierta a consulta pública N° 2005-164314

40 Sumario de la invención

Problema técnico

45 En la técnica divulgada en la PTL1 descrita anteriormente, sin embargo, es necesario proporcionar una pluralidad de sensores (p. ej., sensores ópticos). En particular, dado que un gran número de engranajes se usan para la caja de engranajes del aparato generador de turbina eólica, se requiere un número muy grande de sensores en el caso de aplicar la técnica descrita anteriormente a la detección de la abrasión de engranajes en una caja de engranajes en un aparato generador de turbina eólica, dando como resultado un aumento de costes. Además, dado que la técnica divulgada en la publicación descrita anteriormente detecta las caras laterales de los planos de dientes de engranajes por medio de los sensores, el ajuste de los sensores puede ser laborioso.

Además, en la técnica mediante el uso de un sensor ultrasónico, según lo descrito en la PTL 2 descrita anteriormente, el

lugar de instalación es limitado, ya que las ondas ultrasónicas tienen una fuerte direccionalidad y una alta tasa de atenuación en el aire. Aunque la abrasión en diversas posiciones puede ser capaz de ser medida proporcionando una pluralidad de sensores ultrasónicos, su desarrollo y verificación es difícil y el coste de instalación es alto.

5 La presente invención, por lo tanto, fue hecha para resolver tales problemas, y tiene un objeto de detectar abrasión de engranajes o rodamientos en una caja de engranajes en un aparato generador de turbina eólica, con bajo coste y fácilmente.

Solución al problema

10 De acuerdo a la presente invención, un dispositivo de detección de abrasión es un dispositivo de detección de abrasión que detecta la abrasión de uno entre un engranaje y un rodamiento de una caja de engranajes proporcionada en un aparato generador de turbina eólica. El aparato generador de turbina eólica incluye una pala que convierte la fuerza eólica en fuerza giratoria, un árbol principal que recibe la fuerza giratoria desde la pala, la caja de engranajes que acelera la rotación del árbol principal, un generador de energía conectado con un árbol de salida de la caja de engranajes y una góndola. La góndola aloja el árbol principal, la caja de engranajes y el generador de energía, y está soportada en forma giratoria en una parte superior de un soporte. El dispositivo de detección de abrasión incluye un dispositivo de frenado, un sensor del ángulo de rotación, una unidad de control y una unidad de determinación. El dispositivo de frenado mantiene el árbol de salida de la caja de engranajes en un estado no giratorio. El sensor del ángulo de rotación detecta un ángulo de rotación del árbol principal.

20 La unidad de control invierte, cambiando un estado receptor del viento por parte de la pala, la dirección de la fuerza giratoria ejercida sobre el árbol principal por la fuerza eólica. La unidad de determinación determina la presencia / ausencia de abrasión de uno entre el engranaje y el rodamiento de la caja de engranajes, comparando un primer valor detectado del sensor del ángulo de rotación antes de invertir la dirección de la fuerza giratoria por parte de la unidad de control, y un segundo valor detectado del sensor del ángulo de rotación después de invertir la dirección de la fuerza giratoria por parte de la unidad de control, mientras está siendo operado el dispositivo de frenado.

25 Preferiblemente, la unidad de control incluye una unidad de control de accionamiento para invertir la góndola. La unidad de determinación determina la presencia / ausencia de abrasión de uno entre el engranaje y el rodamiento, comparando el primer valor detectado antes de invertir la góndola, y el segundo valor detectado después de invertir la góndola, por parte de la unidad de control de accionamiento, mientras está siendo operado el dispositivo de frenado.

30 Más preferiblemente, la unidad de control incluye una unidad de control de accionamiento para invertir, cambiando el ángulo de la pala, la dirección de la fuerza giratoria ejercida sobre el árbol principal por la fuerza eólica. La unidad de determinación determina la presencia / ausencia de abrasión de uno entre el engranaje y el rodamiento, comparando el primer valor detectado antes de cambiar el ángulo de la pala y el segundo valor detectado después de cambiar el ángulo de la pala por parte del dispositivo de control de accionamiento, mientras está siendo operado el dispositivo de frenado.

35 Preferiblemente, cuando una diferencia entre el primer valor detectado y el segundo valor detectado supera un valor de umbral predeterminado, la unidad de determinación determina que uno, entre el engranaje y el rodamiento, está desgastado.

Preferiblemente, el valor de umbral es determinado en base a la reacción del engranaje, la holgura interna del rodamiento y la deformación elástica de un componente de la caja de engranajes.

Preferiblemente, el valor de umbral es determinado en base a la diferencia entre el primer valor detectado y el segundo valor detectado, medido antes del transporte del aparato generador de turbina eólica al terreno.

40 Preferiblemente, el valor de umbral es determinado en base a la diferencia entre el primer valor detectado y el segundo valor detectado, medido inmediatamente después de la instalación o el inicio del funcionamiento del aparato generador de turbina eólica.

45 Preferiblemente, la unidad de determinación inicia el procesamiento de la determinación de la presencia / ausencia de abrasión de uno entre el engranaje y el rodamiento cuando la pala está girando mientras recibe fuerza eólica. Aún más preferiblemente, un caso ideal es que, aunque la velocidad del viento es demasiado baja para la generación de energía, el árbol principal está recibiendo tal fuerza eólica, de tal grado, que puede correr, y que la velocidad del viento es relativamente estable.

50 Preferiblemente, el dispositivo de detección de abrasión incluye además un sensor para detectar la fuerza de par generada por el aparato generador de turbina eólica que ha recibido la fuerza eólica. La unidad de determinación determina la presencia / ausencia de abrasión de uno entre el engranaje y el rodamiento, en base a un valor obtenido compensando la diferencia entre el primer valor detectado y el segundo valor detectado con un valor detectado del sensor.

Preferiblemente, el dispositivo de detección de abrasión incluye además un sensor para detectar la fuerza de par generada

por el aparato generador de turbina eólica que ha recibido la fuerza eólica, y una unidad de control. La unidad de control controla que un valor detectado del sensor quede dentro de un cierto intervalo, controlando al menos uno entre el ángulo de la pala y la orientación de la góndola.

5 Preferiblemente, el dispositivo de detección de abrasión incluye además un sensor de polvo de hierro para detectar la cantidad de polvo de hierro en un aceite lubricante de la caja de engranajes. La unidad de determinación determina la presencia / ausencia de abrasión de uno entre el engranaje y el rodamiento, usando adicionalmente un valor detectado del sensor de polvo de hierro.

Preferiblemente, la frecuencia del procesamiento de determinación realizado por la unidad de determinación está definida en base al valor detectado del sensor de polvo de hierro.

10 Preferiblemente, el dispositivo de detección de abrasión incluye además un sensor de vibración para detectar la magnitud de la vibración de uno entre la caja de engranajes y un entorno de la misma. La unidad de determinación determina la presencia / ausencia de abrasión de uno entre el engranaje y el rodamiento usando además un valor detectado del sensor de vibración.

15 Preferiblemente, la frecuencia del procesamiento de determinación realizado por la unidad de determinación está definida en base al valor detectado del sensor de vibración.

Preferiblemente, el dispositivo de detección de abrasión incluye además un dispositivo de comunicación para transmitir inalámbricamente un resultado de determinación, por parte de la unidad de determinación, a un dispositivo receptor remoto.

20 Además, de acuerdo a la presente invención, el aparato generador de turbina eólica incluye uno cualquiera de los dispositivos de detección de abrasión descritos anteriormente.

Además, de acuerdo a la presente invención, un procedimiento de detección de abrasión es un procedimiento de detección de abrasión para detectar la abrasión de uno entre un engranaje y un rodamiento de una caja de engranajes proporcionada en un aparato generador de turbina eólica. El aparato generador de turbina eólica incluye una pala que convierte la fuerza eólica en fuerza giratoria, un árbol principal que recibe la fuerza giratoria desde la pala, la caja de engranajes que acelera la rotación del árbol principal, un generador de energía conectado con un árbol de salida de la caja de engranajes, una góndola, un dispositivo de frenado para mantener el árbol de salida de la caja de engranajes en un estado no giratorio y un sensor del ángulo de rotación para detectar un ángulo de rotación del árbol principal. La góndola aloja el árbol principal, la caja de engranajes y el generador de energía, y está soportada en forma giratoria en una parte superior de un soporte. El procedimiento de detección de abrasión incluye las etapas de operar el dispositivo de frenado, detectar un primer ángulo de rotación que indica el ángulo de rotación del árbol principal, invertir, cambiando un estado receptor de viento por parte de la pala, la dirección de la fuerza giratoria ejercida sobre el árbol principal por la fuerza eólica, detectar un segundo ángulo de rotación que indica el ángulo de rotación del árbol principal después de invertir la dirección de la fuerza giratoria, y determinar la presencia / ausencia de abrasión de uno entre el engranaje y el rodamiento, comparando el primer ángulo de rotación y el segundo ángulo de rotación.

35 Preferiblemente, la etapa de invertir la dirección de la fuerza giratoria incluye la etapa de invertir la góndola. La etapa de detección del segundo ángulo de rotación incluye la etapa de detectar el segundo ángulo de rotación después de invertir la góndola.

40 Más preferiblemente, la etapa de inversión de la dirección de la fuerza giratoria incluye la etapa de invertir, cambiando el ángulo de la pala, la dirección de la fuerza giratoria ejercida sobre el árbol principal por la fuerza eólica. La etapa de detección del segundo ángulo de rotación incluye la etapa de detectar el segundo ángulo de rotación después de cambiar el ángulo de la pala.

Preferiblemente, en la etapa de determinación, cuando una diferencia entre el primer ángulo de rotación y el segundo ángulo de rotación supera un valor de umbral predeterminado, la unidad de determinación determina que uno, entre el engranaje y el rodamiento, está desgastado.

45 Preferiblemente, un procedimiento secuencial que incluye las respectivas etapas es ejecutado cuando la pala está girando mientras recibe fuerza eólica. Aún más preferiblemente, el procedimiento secuencial es ejecutado en el caso donde, aunque la velocidad del viento es demasiado baja para la generación de energía, el árbol principal está recibiendo tal fuerza eólica, y de un grado tal, que puede girar libremente, y la velocidad del viento es relativamente estable.

50 Preferiblemente, el aparato generador de turbina eólica incluye además un sensor de polvo de hierro para detectar la cantidad de polvo de hierro en un aceite lubricante de la caja de engranajes. El procedimiento de detección de abrasión incluye además la etapa de detectar la cantidad de polvo de hierro en un aceite lubricante de la caja de engranajes. En la etapa de determinación, la presencia / ausencia de abrasión de uno entre el engranaje y el rodamiento es determinada

adicionalmente usando un valor detectado del sensor de polvo de hierro.

Preferiblemente, la frecuencia de realización del procesamiento de determinación de la presencia / ausencia de abrasión en uno entre el engranaje y el rodamiento está definida en base al valor detectado del sensor de polvo de hierro.

5 Preferiblemente, el aparato generador de turbina eólica incluye además un sensor de vibración para detectar la magnitud de la vibración de uno entre la caja de engranajes y un entorno de la misma. El procedimiento de detección de abrasión incluye además la etapa de detectar la magnitud de la vibración por parte del sensor de vibración. En la etapa de determinación, la presencia / ausencia de abrasión de uno entre el engranaje y el rodamiento es determinado usando adicionalmente un valor detectado del sensor de vibración.

10 Preferiblemente, la frecuencia de realización del procesamiento de la determinación de la presencia / ausencia de abrasión de uno entre el engranaje y el rodamiento está definida en base al valor detectado del sensor de vibración.

Preferiblemente, el procedimiento de detección de abrasión incluye además la etapa de transmitir inalámbricamente un resultado de determinación, por parte de la etapa de determinación, a un dispositivo receptor remoto.

Efectos ventajosos de la invención

15 En la presente invención, se proporcionan un dispositivo de frenado para mantener el árbol de salida de la caja de engranajes en un estado no giratorio, un sensor del ángulo de rotación para detectar un ángulo de rotación del árbol principal y una unidad de control, para invertir, cambiando un estado receptor de viento por medio de la pala, la dirección de la fuerza giratoria ejercida sobre el árbol principal por la fuerza eólica. Luego, la presencia / ausencia de abrasión del engranaje o del rodamiento es determinada comparando el ángulo de rotación del árbol principal antes de invertir la dirección de la fuerza giratoria y el ángulo de rotación del árbol principal después de invertir la dirección de la fuerza giratoria mientras está siendo operado el dispositivo de frenado. Por lo tanto, de acuerdo a la presente invención, la abrasión del engranaje o del rodamiento en la caja de engranajes en el aparato generador de turbina eólica puede ser detectada con bajo coste y fácilmente.

Breve descripción de los dibujos

25 La Fig. 1 es una vista esbozada de un aparato generador de turbina eólica al cual se aplica un dispositivo de detección de abrasión de acuerdo a una primera realización de la presente invención.

La Fig. 2 es un diagrama que muestra en más detalle la estructura del aparato generador de turbina eólica.

La Fig. 3 es una vista en sección transversal de una caja de engranajes para explicar la estructura de una caja de engranajes mostrada en la Fig. 2.

30 La Fig. 4 es un primer diagrama para explicar una operación de una góndola cuando se ejecuta el procesamiento de detección de abrasión para la caja de engranajes.

La Fig. 5 es un segundo diagrama para explicar una operación de la góndola cuando se ejecuta el procesamiento de detección de abrasión para la caja de engranajes.

La Fig. 6 es un diagrama de bloques funcional de un dispositivo de control mostrado en la Fig. 2.

35 La Fig. 7 es un diagrama que muestra esquemáticamente la estructura global de un sistema de monitorización que monitoriza remotamente la abrasión en la caja de engranajes.

La Fig. 8 es un diagrama de flujo para explicar un procedimiento secuencial del procesamiento de detección de abrasión ejecutado en el aparato generador de turbina eólica.

La Fig. 9 es un diagrama de bloques funcional de un dispositivo de control y un sensor de polvo de hierro en una segunda realización.

40 La Fig. 10 es un diagrama de flujo para explicar un procedimiento secuencial del procesamiento de detección de abrasión en la segunda realización.

La Fig. 11 es un diagrama de flujo para explicar un procedimiento secuencial del procesamiento de detección de abrasión en una tercera realización.

La Fig. 12 es un diagrama de bloques funcional de un dispositivo de control en una cuarta realización.

45 La Fig. 13 es un diagrama de flujo para explicar un procedimiento secuencial del procesamiento de detección de abrasión en la cuarta realización.

Descripción de realizaciones

Las realizaciones de la presente invención serán descritas en detalle a continuación, con referencia a los dibujos. Se hace notar que las partes iguales o correspondientes en los dibujos tienen asignados los mismos caracteres de referencia, y que la descripción de las mismas no será repetida.

5 [Primera realización]

La Fig. 1 es una vista esbozada de un aparato generador de turbina eólica al cual se aplica un dispositivo de detección de abrasión, de acuerdo a una primera realización de la presente invención. Con referencia a la Fig. 1, un aparato generador de turbina eólica 10 incluye un árbol principal 20, palas 30, una góndola 90 y una torre 100. Las palas 30 están adosadas al árbol principal 20 en forma de circunferencia. El árbol principal 20 entra en la góndola 90 y está conectada con un árbol de entrada de una caja de engranajes con un generador de energía conectado a su árbol de salida (no mostrado).

10 La góndola 90 está soportada en forma giratoria en la parte superior de la torre 100, y un ángulo de guiñada de la góndola 90 está controlado según la dirección del viento. El ángulo de inclinación de la pala (ángulo de una superficie receptora del viento de la pala 30) también está controlado como corresponda, según la fuerza del viento y similares.

15 La Fig. 2 es un diagrama que muestra en más detalle la estructura del aparato generador de turbina eólica 10. Con referencia a la Fig. 2, el aparato generador de turbina eólica 10 incluye el árbol principal 20, las palas 30, una caja de engranajes 40, un generador de energía 50, un dispositivo de frenado 60, un sensor del ángulo de rotación 70, un dispositivo de control 80, una góndola 90, una torre 100 y un dispositivo de accionamiento de guiñada 110. Partes del árbol principal 20, la caja de engranajes 40, el generador de energía 50, el dispositivo de frenado 60, el sensor del ángulo de rotación 70 y el dispositivo de control 80 están alojadas en la góndola 90. La góndola 90 está soportada en forma giratoria sobre la torre 100 por el dispositivo de accionamiento de guiñada 110.

20 El árbol principal 20 entra en la góndola 90 para conectarse con el árbol de entrada de la caja de engranajes 40. El árbol principal 20 transmite fuerza giratoria producida por la pala 30, que ha recibido la fuerza eólica, al árbol de entrada de la caja de engranajes 40. La pala 30 se proporciona en el extremo delantero del árbol principal 20, y convierte la fuerza eólica en fuerza giratoria para su transmisión al árbol principal 20.

25 La caja de engranajes 40 se proporciona entre el árbol principal 20 y el generador de energía 50, y aumenta la velocidad giratoria del árbol principal 20 para su emisión al generador de energía 50. La caja de engranajes 40 está implementada por un mecanismo de caja de engranajes que incluye un engranaje planetario, un árbol intermedio, un árbol de alta velocidad y similares. La estructura de la caja de engranajes 40 se explicará más adelante en detalle. El generador de energía 50 está conectado con el árbol de salida de la caja de engranajes 40, y genera energía eléctrica por medio de la fuerza giratoria recibida desde la caja de engranajes 40. El generador de energía 50 está implementado por un generador de inducción, por ejemplo.

30 El dispositivo de frenado 60 se proporciona en el árbol de salida de la caja de engranajes 40. El dispositivo de frenado 60 puede mantener el árbol de salida de la caja de engranajes 40 en un estado no giratorio, en base a un comando de control desde el dispositivo de control 80.

35 El sensor del ángulo de rotación 70 detecta el ángulo de rotación del árbol de entrada de la caja de engranajes 40 (correspondiente al ángulo de rotación del árbol principal 20) y emite un valor detectado al dispositivo de control 80. El sensor del ángulo de rotación 70 está implementado por un codificador giratorio, por ejemplo.

40 Cuando se satisfacen condiciones predeterminadas, el dispositivo de control 80 ejecuta el procesamiento de detección de abrasión para la caja de engranajes 40, de acuerdo a un programa o similar, preparado de antemano. Específicamente, el dispositivo de control 80 emite un comando de control al dispositivo de frenado 60, y adquiere un valor detectado del sensor del ángulo de rotación 70 después de que el árbol de salida de la caja de engranajes 40 deja de girar (que será mencionado como un primer valor detectado). Se hace notar que el árbol de salida de la caja de engranajes 40 es mantenida en el estado no giratorio por el dispositivo de frenado 60, hasta que se termina un procedimiento secuencial de procesamiento de detección de abrasión.

45 Cuando se adquiere el primer valor detectado, el dispositivo de control 80 emite un comando de control para invertir la góndola 90 hacia el dispositivo de accionamiento de guiñada 110, y adquiere un valor detectado del sensor del ángulo de rotación 70 después de invertir la góndola 90 (que será mencionado como un segundo valor detectado). El dispositivo de control 80 determina luego la presencia / ausencia de abrasión de engranajes en la caja de engranajes 40, comparando el segundo valor detectado adquirido con el primer valor detectado antes de invertir la góndola 90.

50 Es decir, cuando los engranajes de la caja de engranajes 40 están desgastados, la reacción de los engranajes aumenta debido al desplazamiento de engranajes y / o a la abrasión de los planos de dientes. Por lo tanto, en esta primera realización, el valor detectado del sensor del ángulo de rotación 70 antes de invertir la góndola 90 (primer valor detectado)

y el valor detectado del sensor del ángulo de rotación 70 después de invertir la góndola 90 (segundo valor detectado) son comparados mientras se está operando el dispositivo de frenado 60. Cuando la diferencia entre el primer valor detectado y el segundo valor detectado supera un valor de umbral predeterminado (gran reacción), se determinará que los engranajes de la caja de engranajes 40 están desgastados.

5 Se hace notar que, para ejecutar la detección de abrasión descrita anteriormente, se requiere que los engranajes de la caja de engranajes 40 transmitan fuerza de par. Por lo tanto, las condiciones iniciales para iniciar el procesamiento de detección de abrasión pueden ser tales como que la pala 30 esté girando y haya transcurrido un tiempo predeterminado desde la ejecución del anterior procesamiento de detección de abrasión, por ejemplo. Alternativamente, puede configurarse que la ejecución del procesamiento de detección de abrasión pueda ser instruida remotamente en forma
10 inalámbrica o por otros medios, y las condiciones iniciales pueden ser tales como que la pala 30 esté girando y la ejecución del procesamiento de detección de abrasión haya sido instruida.

La Fig. 3 es una vista en sección transversal de la caja de engranajes 40 para explicar la estructura de la caja de engranajes 40 mostrada en la Fig. 2. Con referencia a la Fig. 3, la caja de engranajes 40 incluye un árbol de entrada 121,
15 un portador planetario 122, un engranaje planetario 123, un árbol de baja velocidad 124, un engranaje anular externo 120, un engranaje de baja velocidad 125, un árbol de velocidad media 126, un engranaje de velocidad media 127, un árbol de alta velocidad 128 y un alojamiento 129.

El árbol de entrada 121 está conectado con el árbol principal 20 (Fig. 2). El portador planetario 122 está conectado con el árbol de entrada 121 mediante una pieza de brazo que se extiende radialmente desde el árbol de entrada 121. El engranaje planetario 123 tiene una parte de engranaje 123A formada sobre su superficie circunferencial externa, y está
20 dispuesto para rodear la superficie circunferencial externa del portador planetario 122. El árbol de baja velocidad 124 tiene formada sobre su superficie circunferencial externa una parte de engranaje 124A siempre enganchada con la parte de engranaje 123A del engranaje planetario 123. El engranaje anular externo 120 tiene formada sobre su superficie circunferencial interna una parte de engranaje 120A siempre enganchada con la parte de engranaje 123A del engranaje planetario 123.

25 El engranaje de baja velocidad 125 tiene forma anular, y está fijado a la superficie circunferencial externa del árbol de baja velocidad 124. El engranaje de baja velocidad 125 tiene una parte de engranaje 125A formada sobre su superficie circunferencial externa. El árbol de velocidad media 126 tiene formada sobre su superficie circunferencial externa una parte de engranaje 126A siempre enganchada con la parte de engranaje 125A del engranaje de baja velocidad 125. El engranaje de velocidad media 127 tiene una forma anular, y está fijado a la superficie circunferencial externa del árbol de
30 velocidad media 126. El engranaje de velocidad media 127 tiene una parte de engranaje 127A formada sobre su superficie circunferencial externa. El árbol de alta velocidad 128 tiene formada sobre su superficie circunferencial externa una parte de engranaje 128A siempre enganchada con la parte de engranaje 127A del engranaje de velocidad media 127.

El árbol de entrada 121 y el portador planetario 122 están soportados de forma giratoria por rodamientos rodantes con respecto al alojamiento 129, dispuestos enfrente de sus superficies circunferenciales externas. Entre el portador planetario
35 122 y el engranaje planetario 123, dos rodamientos rodantes están dispuestos lado a lado en la dirección axial. El portador planetario 122 y el engranaje planetario 123 son girables el uno con respecto al otro. Además, el árbol de baja velocidad 124, el árbol de velocidad media 126 y el árbol de alta velocidad 128 están soportadas en forma giratoria por rodamientos rodantes con respecto al alojamiento 129, dispuestos enfrente de sus superficies circunferenciales externas.

En esta caja de engranajes 40, el árbol principal 20 está conectada con el árbol de entrada 121, y el árbol de entrada 121 es rotada en respuesta a la rotación de la pala 30 (Fig. 2). Cuando el árbol de entrada 121 es rotada, el portador planetario 122 es girado en un espacio entre el árbol de baja velocidad 124 y el engranaje anular externo 120 dispuesto para rodear el árbol de baja velocidad 124. En respuesta a este movimiento del portador planetario 122, el engranaje planetario 123 es
40 rotado sobre su eje y es girado alrededor del árbol de baja velocidad 124 mientras la parte de engranaje 123A del engranaje planetario 123 se engancha tanto con la parte de engranaje 120A del engranaje anular externo 120 como con la parte de engranaje 124A del árbol de baja velocidad 124. Como resultado, el árbol de baja velocidad 124 es rotada alrededor de su eje de acuerdo a la relación entre el número de dientes de la parte de engranaje 120A del engranaje anular externo 120 y el número de dientes de la parte de engranaje 124A del árbol de baja velocidad 124.

Cuando el árbol de baja velocidad 124 es rotada, el engranaje de baja velocidad 125 es rotado junto con el árbol de baja velocidad 124, lo que provoca la rotación del árbol de velocidad media 126 que tiene la parte de engranaje 126A
50 enganchada con la parte de engranaje 125A del engranaje de baja velocidad 125. En esta ocasión, la rotación del árbol de baja velocidad 124 es acelerada de acuerdo a una razón de aceleración correspondiente a una razón entre el número de dientes de la parte de engranaje 125A del engranaje de baja velocidad 125 y el número de dientes de la parte de engranaje 126A del árbol de velocidad media 126, y es transmitida al árbol de velocidad media 126. Además, cuando se rota el árbol de velocidad media 126, el engranaje de velocidad media 127 es rotado junto con el árbol de velocidad media 126, lo que provoca la rotación del árbol de alta velocidad 128 que tiene la parte de engranaje 128A enganchada con la
55 parte de engranaje 127A del engranaje de velocidad media 127. En esta ocasión, la rotación del árbol de velocidad media

126 es acelerada de acuerdo a una razón de aceleración correspondiente a una razón entre el número de dientes de la parte de engranaje 127A del engranaje de velocidad media 127 y el número de dientes de la parte de engranaje 128A del árbol de alta velocidad 128, y es transmitida al árbol de alta velocidad 128.

5 Como se ha descrito anteriormente, la rotación del árbol principal 20 es acelerada por la caja de engranajes 40 y se emite para provocar la rotación del árbol de salida conectado con el árbol de alta velocidad 128.

10 Las Figs. 4 y 5 son diagramas para explicar las operaciones de la góndola 90 cuando se ejecuta el procesamiento de detección de abrasión para la caja de engranajes 40. Con referencia a la Fig. 4, cuando la pala 30 está rotando mientras recibe fuerza eólica, se inicia el procesamiento de detección de abrasión para la caja de engranajes 40. Como se ha descrito anteriormente, el árbol de salida de la caja de engranajes 40 es mantenida en el estado no giratorio por el dispositivo de frenado 60, y un primer ángulo de rotación, que indica el ángulo de rotación del árbol principal 20 en esa ocasión, es detectado por el sensor del ángulo de rotación 70 (primer valor detectado).

15 Con referencia a la Fig. 5, cuando el primer ángulo de rotación es detectado, la góndola 90 es invertida, siendo operado el dispositivo de frenado 60. Cuando la inversión de la góndola 90 está completada, un segundo ángulo de rotación, que indica el ángulo de rotación del árbol principal 20 en esa ocasión, es detectado por el sensor del ángulo de rotación 70 (segundo valor detectado). Cuando la diferencia entre el primer valor detectado y el segundo valor detectado (también mencionada a continuación en la presente memoria como una "diferencia de ángulo de rotación") supera un valor de umbral predeterminado, se determina que los engranajes de la caja de engranajes 40 están desgastados.

20 Este valor de umbral puede ser determinado en base a la reacción de engranajes y la deformación elástica de cada componente. Sin embargo, en el caso de la determinación del valor de umbral descrito anteriormente, en consideración de la tolerancia de procesamiento de cada componente, el valor de umbral necesita ser fijado en un valor con un margen a fin de asumir que sea normal toda combinación de componentes cuyas tolerancias de procesamiento queden dentro de un intervalo normal. En este caso, la diferencia entre un valor inicial de la diferencia de ángulo de rotación, descrita anteriormente, y el valor de umbral descrito anteriormente es grande, y la abrasión puede ser indetectable a menos que ocurra una abrasión de engranajes excesivamente grande.

25 Por lo tanto, es preferible medir la diferencia del ángulo de rotación descrita anteriormente en el estado donde la abrasión no ha progresado, y determinar el valor de umbral descrito anteriormente en base a su valor inicial. Por ejemplo, el valor de umbral descrito anteriormente puede ser determinado con referencia a un valor medido inmediatamente después de la fabricación del aparato generador de turbina eólica, o inmediatamente después de la instalación o inicio de funcionamiento del aparato generador de turbina eólica. Como ejemplo, el valor de umbral puede ser fijado en 1,3 veces el valor inicial de la diferencia del ángulo de rotación descrita anteriormente. Este valor puede ser determinado experimentalmente mediante experimentos y / o realizaciones.

30 Se hace notar que, suponiendo que un valor medido inmediatamente después de la fabricación de componentes (antes del transporte al terreno) sea el valor de umbral descrito anteriormente, la abrasión anormal ocurrida durante el transporte al terreno también puede ser tenida en consideración. En este caso, sin embargo, es necesario añadir un paso a la etapa de fabricación. En el caso donde el problema en la etapa de transporte es pequeño, el agregado del paso en la etapa de fabricación, según lo mencionado anteriormente, puede ser preferiblemente omitido si el valor de umbral descrito anteriormente se fija en un valor medido automáticamente usando el presente dispositivo después de instalar el aparato generador de turbina eólica.

35 La Fig. 6 es un diagrama de bloques funcional del dispositivo de control 80 mostrado en la Fig. 2. Con referencia a la Fig. 6, el dispositivo de control 80 incluye una unidad de ejecución del control de detección de abrasión 200, una unidad de control de freno 210, una unidad de control de guiñada 220, una unidad de determinación 230 y un dispositivo de comunicaciones 240.

40 La unidad de ejecución del control de detección de abrasión 200 determina el inicio del procesamiento de detección de abrasión. Por ejemplo, cuando se determina que la pala 30 está rotando en base a un valor detectado del sensor de ángulo de rotación 70, y cuando ha transcurrido un tiempo predeterminado desde la ejecución del procesamiento anterior de detección de abrasión, la unidad de ejecución del control de detección de abrasión 200 comienza el procesamiento de detección de abrasión.

45 Primero, la unidad de ejecución del control de detección de abrasión 200 emite un comando a la unidad de control de freno 210, para que el dispositivo de frenado 60 sea operado. Luego, cuando el dispositivo de frenado 60 es operado para mantener el árbol de salida de la caja de engranajes 40 en el estado no giratorio, la unidad de ejecución del control de detección de abrasión 200 emite un primer comando a la unidad de determinación 230 a fin de adquirir un valor detectado del sensor de ángulo de rotación 70.

Posteriormente, la unidad de ejecución del control de detección de abrasión 200 emite un comando a la unidad de control de guiñada 220, para que la góndola 90 sea invertida. Luego, cuando se opera el dispositivo de accionamiento de guiñada

110 (Fig. 2) y se invierte la góndola 90, la unidad de ejecución del control de detección de abrasión 200 emite un segundo comando a la unidad de determinación 230, a fin de adquirir nuevamente un valor detectado del sensor de ángulo de rotación 70.

5 Al recibir el comando desde la unidad de ejecución del control de detección de abrasión 200, la unidad de control de freno 210 emite un comando de accionamiento al dispositivo de frenado 60 para operar el dispositivo de frenado 60. Al recibir el comando desde la unidad de ejecución del control de detección de abrasión 200, la unidad de control de guiñada 220 emite un comando de accionamiento, para invertir la góndola 90 desde una posición actual, al dispositivo de accionamiento de guiñada 110, para que la góndola inversa 90 sea invertida.

10 Al recibir el primer comando desde la unidad de ejecución del control de detección de abrasión 200, la unidad de determinación 230 adquiere un valor detectado del ángulo de rotación del árbol principal 20 desde el sensor del ángulo de rotación 70. La unidad de determinación 230 fija el valor detectado adquirido como el primer valor detectado antes de invertir la góndola. Al recibir el segundo comando desde la unidad de ejecución del control de detección de abrasión 200, la unidad de determinación 230 adquiere nuevamente un valor detectado del ángulo de rotación del árbol principal 20 desde el sensor del ángulo de rotación 70. La unidad de determinación 230 fija el valor detectado adquirido como el
15 segundo valor detectado después de invertir la góndola.

20 Cuando se adquiere el segundo valor detectado, la unidad de determinación 230 calcula la diferencia entre el primer valor detectado y el segundo valor detectado (diferencia de ángulo de rotación). Cuando el valor calculado supera un valor de umbral predeterminado, la unidad de determinación 230 determina que ha ocurrido la abrasión de engranajes en la caja de engranajes 40. Luego, la unidad de determinación 230 emite el resultado de la determinación de la abrasión de engranajes al dispositivo de comunicaciones 240. Al recibir el resultado de la determinación de la abrasión de engranajes desde la unidad de determinación 230, el dispositivo de comunicaciones 240 transmite inalámbricamente el resultado de determinación recibido a un servidor remoto de comunicaciones, no mostrado.

25 La Fig. 7 es un diagrama que muestra esquemáticamente la estructura global de un sistema de monitorización que monitoriza remotamente la abrasión en la caja de engranajes 40. Con referencia a la Fig. 7, el sistema de monitorización incluye el aparato generador de turbina eólica 10, un servidor de comunicaciones 310, Internet 320 y un servidor de monitorización 330. El aparato generador de turbina eólica 10 emite inalámbricamente el resultado de la determinación de la abrasión de engranajes en la caja de engranajes 40 al servidor de comunicaciones 310.

30 El servidor de comunicaciones 310 está conectado a Internet 320. El servidor de comunicaciones 310 recibe datos transmitidos inalámbricamente desde el aparato generador de turbina eólica 10, y emite los datos recibidos al servidor de monitorización 330 mediante Internet 320. El servidor de monitorización 330 está conectado a Internet 320. El servidor de monitorización 330 recibe datos desde el servidor de comunicaciones 310 por Internet 320. Puede ser reconocido por ello en el servidor de monitorización 330, distante del aparato generador de turbina eólica 10, si ha ocurrido o no la abrasión de engranajes en la caja de engranajes 40 del aparato generador de turbina eólica 10.

35 La Fig. 8 es un diagrama de flujo para explicar un procedimiento secuencial del procesamiento de detección de abrasión ejecutado en el aparato generador de turbina eólica 10. Se hace notar que el procesamiento de este diagrama de flujo es invocado desde una rutina principal y ejecutado cuando ha transcurrido un tiempo predeterminado desde la ejecución del anterior procesamiento de detección de abrasión, por ejemplo.

40 Con referencia a la Fig. 8, un dispositivo de control 80 determina si la pala 30 está rotando o no, en base a un valor detectado del sensor del ángulo de rotación 70 (Etapa S10). Cuando se determina que la pala 30 está rotando (SÍ en la Etapa S10), el dispositivo de control 80 opera el dispositivo de frenado 60 (Etapa S20). Cuando es operado el dispositivo de frenado 60 y el árbol de salida de la caja de engranajes 40 es mantenida en el estado no giratorio, el dispositivo de control 80 adquiere un valor detectado del ángulo de rotación del árbol principal 20 (primer ángulo de rotación) desde el sensor del ángulo de rotación 70 (Etapa S30).

45 Posteriormente, el dispositivo de control 80 invierte la góndola 90 al ser operado el dispositivo de frenado 60 (Etapa S40). Cuando la góndola 90 es invertida, el dispositivo de control 80 adquiere un valor detectado del ángulo de rotación del árbol principal 20 (segundo ángulo de rotación) desde el sensor del ángulo de rotación 70 (Etapa S50). Luego, el dispositivo de control 80 calcula la diferencia de ángulo de rotación entre el primer ángulo de rotación y el segundo ángulo de rotación, y determina si la diferencia de ángulo de rotación calculada es o no mayor que el valor de umbral predeterminado (Etapa S60).

50 Cuando se determina en la Etapa S60 que la diferencia de ángulo de rotación del árbol principal 20, antes y después de invertir la góndola, es mayor que el valor de umbral (SÍ en la Etapa S60), el dispositivo de control 80 determina que ha ocurrido la abrasión de engranajes en la caja de engranajes 40 (Etapas S70). Por otra parte, cuando se determina en la Etapa S60 que la diferencia de ángulo de rotación del árbol principal 20, antes y después de invertir la góndola, es menor o igual que el valor de umbral (NO en la Etapa S60), el dispositivo de control 80 determina que no ha ocurrido la abrasión de engranajes en la caja de engranajes 40 (Etapa S80).
55

5 Cuando está completada la determinación de la presencia / ausencia de abrasión de engranajes en la caja de engranajes 40, el dispositivo de control 80 invierte nuevamente la góndola 90, para que vuelva a su posición original (Etapa S90), y luego libera el freno por parte del dispositivo de frenado 60 (Etapa S100). El dispositivo de control 80 transmite luego inalámbricamente el resultado de la determinación de la presencia / ausencia de la abrasión de engranajes en la Etapa S70 o S80 al servidor de monitorización 330 (Fig. 7) (Etapa S110).

10 Como se ha descrito anteriormente, en esta primera realización, se proporcionan un dispositivo de frenado 60 que mantiene el árbol de salida de la caja de engranajes 40 en el estado no giratorio, un sensor de ángulo de rotación 70 que detecta el ángulo de rotación del árbol principal 20 y un dispositivo de control 80 que opera el dispositivo de frenado 60 para invertir la góndola 90. La presencia / ausencia de abrasión de engranajes en la caja de engranajes 40 es determinada comparando el ángulo de rotación del árbol principal 20 antes de invertir la góndola 90 y el ángulo de rotación del árbol principal 20 después de invertir la góndola 90 mientras está siendo operado el dispositivo de frenado 60. Por lo tanto, de acuerdo a esta primera realización, la abrasión de engranajes en la caja de engranajes 40 en el aparato generador de turbina eólica 10 puede ser detectada con bajo coste y fácilmente.

15 Además, en esta primera realización, dado que el resultado de la determinación de la presencia / ausencia de la abrasión de engranajes será transmitido al servidor distante de monitorización 330 usando comunicaciones inalámbricas, la presencia / ausencia de la abrasión de engranajes en la caja de engranajes 40 puede ser monitorizada en un lugar remoto. Por lo tanto, de acuerdo a esta primera realización, se facilita el mantenimiento de la caja de engranajes 40.

20 Se hace notar que, dado que el árbol de salida de la caja de engranajes 40 es frenada para invertir la góndola 90, y que un ángulo torsional del árbol principal 20 es detectado según lo descrito anteriormente, se requiere que la fuerza de par rotacional, por la cual el árbol principal 20 es torcido totalmente antes y después de invertir la góndola 90, es decir, la fuerza de par rotacional del árbol principal 20, sea mayor que los movimientos leves de los engranajes y / o la fricción de los rodamientos de soporte, lo que requiere un cierto grado de velocidad del viento. Sin embargo, para reducir la carga sobre la pala 30 debida a la fuerza eólica y / o la capacidad de carga del dispositivo de frenado 60, es preferible que la velocidad del viento no sea excesivamente grande. Sin embargo, la abrasión de engranajes es difícil de detectar en una situación en que la velocidad del viento cambia vigorosamente y es inestable. Por lo tanto, aunque es insuficiente para la generación de energía, el procesamiento de detección de anomalías descrito anteriormente es ejecutado, preferiblemente, a una velocidad del viento tal que el árbol principal 20 pueda girar.

[Segunda realización]

30 En esta segunda realización, se proporciona adicionalmente un sensor de polvo de hierro para detectar la cantidad de polvo de hierro contenido en un aceite lubricante en la caja de engranajes 40 (Fig. 2), y se determina la presencia / ausencia de la abrasión de engranajes en la caja de engranajes 40 usando además un valor detectado del sensor de polvo de hierro.

35 La Fig. 9 es un diagrama de bloques funcional de un dispositivo de control y del sensor de polvo de hierro en la segunda realización. Con referencia a la Fig. 9, un sensor de polvo de hierro 250 detecta la cantidad de polvo de hierro contenido en el aceite lubricante en la caja de engranajes 40, y emite el valor detectado a un dispositivo de control 80A. El sensor de polvo de hierro 250 está compuesto, por ejemplo, por un electrodo con un imán integrado en el mismo y un electrodo similar a una varilla, y se proporciona en un trayecto de circulación del aceite lubricante en la caja de engranajes 40. El sensor de polvo de hierro 250 captura el polvo de hierro contenido en el aceite lubricante por medio del imán, y emite una señal cuando la adhesión del polvo de hierro provoca que una resistencia eléctrica entre los electrodos caiga hasta un valor fijado, o por debajo de él. Es decir, cuando los engranajes de la caja de engranajes 40 están desgastados, el polvo de hierro resultante de la abrasión está mezclado en el aceite lubricante y, por lo tanto, la abrasión de engranajes en la caja de engranajes 40 puede ser detectada detectando la cantidad de polvo de hierro contenido en el aceite lubricante en la caja de engranajes 40, por medio del sensor de polvo de hierro 250.

45 Aunque no se muestra específicamente, un sensor óptico, que detecta la contaminación del aceite lubricante de acuerdo a la capacidad de transmisión de la luz, puede ser usado en lugar del sensor magnético de polvo de hierro 250 descrito anteriormente. Por ejemplo, el sensor óptico dirige la luz de un elemento emisor de luz al aceite lubricante, para detectar la cantidad de polvo de abrasión de engranajes en el aceite lubricante, de acuerdo a los engranajes en la intensidad de la luz que llega al elemento receptor de luz. Se hace notar que la capacidad de transmisión de la luz está definida por una razón entre un valor de salida del elemento receptor de luz, en el estado donde no hay ninguna sustancia extraña mezclada en el aceite lubricante, y un valor de salida del elemento receptor de luz, cuando se ha mezclado óxido ferroso. Cuando la capacidad de transmisión de la luz supera un valor fijado, puede determinarse que ha ocurrido la abrasión de engranajes.

55 El dispositivo de control 80A incluye una unidad de determinación 230A en lugar de la unidad de determinación 230 en la configuración del dispositivo de control 80 en la primera realización mostrada en la Fig. 6. La unidad de determinación 230A determina si la diferencia entre el ángulo de rotación del árbol principal 20, detectado por el sensor de ángulo de rotación 70 antes de invertir la góndola (primer valor detectado), y el ángulo de rotación del árbol principal 20, detectado

después de invertir la góndola 90 (segundo valor detectado), supera o no un valor de umbral predeterminado, y también determina si el valor detectado del sensor de polvo de hierro 250 supera o no un valor de umbral predeterminado, determinando por ello si ha ocurrido o no la abrasión de engranajes en la caja de engranajes 40, en base a estos resultados de determinaciones.

5 Por ejemplo, incluso si la diferencia entre el primer valor detectado y el segundo valor detectado no supera el valor de umbral, puede determinarse que ha ocurrido la abrasión de engranajes cuando el valor detectado del sensor de polvo de hierro 250 supera su valor de umbral. Esto es efectivo cuando, aunque los engranajes actualmente enganchados están menos desgastados, otros engranajes están gravemente desgastados. El valor de umbral para el valor detectado del sensor de polvo de hierro 250 en este caso puede ser un valor en el momento en que se detecta una cantidad de polvo de abrasión comparativamente grande. Se hace notar que puede determinarse que ha ocurrido la abrasión de engranajes cuando la diferencia entre el primer valor detectado y el segundo valor detectado supera su valor de umbral y cuando el valor detectado del sensor de polvo de hierro 250 supera su valor de umbral. El valor de umbral para el valor detectado del sensor de polvo de hierro 250, en este caso, puede ser un valor en el momento en que se detecta una cantidad de polvo de abrasión comparativamente pequeña.

15 Se hace notar que la configuración restante del dispositivo de control 80A es idéntica a la del dispositivo de control 80 en la primera realización mostrada en la Fig. 6.

La Fig. 10 es un diagrama de flujo para explicar un procedimiento secuencial de procesamiento de detección de abrasión en la segunda realización. Se hace notar que el procesamiento de este diagrama de flujo también es invocado desde la rutina principal y es ejecutado cuando ha transcurrido un tiempo predeterminado desde la ejecución del anterior procesamiento de detección de abrasión de engranajes, por ejemplo.

20 Con referencia a la Fig. 10, este diagrama de flujo incluye además las etapas S62 y S64 en el diagrama de flujo mostrado en la Fig. 8. Es decir, cuando se determina en la Etapa S60 que la diferencia del ángulo de rotación del árbol principal 20, antes y después de invertir la góndola 90, es menor o igual que un valor de umbral predeterminado (NO en la Etapa S60), el dispositivo de control 80A adquiere un valor detectado de la cantidad de polvo de hierro contenido en el aceite lubricante en la caja de engranajes 40, desde el sensor de polvo de hierro 250 (Etapa S62).

25 Posteriormente, el dispositivo de control 80A determina si la cantidad detectada de polvo de hierro es o no mayor que un valor de umbral predeterminado (Etapa S64). Cuando se determina que la cantidad detectada de polvo de hierro es mayor que el valor de umbral (SÍ en la Etapa S64), el proceso avanza a la Etapa S70, donde se determina que ha ocurrido la abrasión de engranajes en la caja de engranajes 40. Por otra parte, cuando se determina que la cantidad detectada de polvo de hierro es menor o igual que el valor de umbral (NO en la Etapa S64), el proceso avanza a la Etapa S80, donde se determina que no ha ocurrido la abrasión de engranajes en la caja de engranajes 40.

30 Se hace notar que el procesamiento restante en el diagrama de flujo mostrado en la Fig. 10 es idéntico al procesamiento en el diagrama de flujo mostrado en la Fig. 8.

35 Como se ha descrito anteriormente, de acuerdo a esta segunda realización, dado que se proporciona adicionalmente el sensor de polvo de hierro 250 para detectar la cantidad de polvo de hierro contenido en el aceite lubricante en la caja de engranajes 40, y que la presencia / ausencia de la abrasión de engranajes en la caja de engranajes 40 será determinada además usando el valor detectado del sensor de polvo de hierro 250, puede lograrse una determinación de abrasión de mayor precisión.

40 Se hace notar que, aunque la segunda realización descrita anteriormente ha explicado la utilización del sensor de polvo de hierro 250 en un único procedimiento de detección de abrasión, es deseable definir la frecuencia de la detección de abrasión, descrita anteriormente, sobre el valor detectado de la cantidad de polvo de hierro, por medio del sensor de polvo de hierro 250. Por ejemplo, cuando la cantidad de polvo de hierro (la concentración de polvo de hierro) es muy pequeña, la detección de abrasión descrita anteriormente se ejecuta cada medio año. El periodo de detección de anomalías puede ser abreviado según aumenta la cantidad de polvo de hierro (la concentración de polvo de hierro). Esto es porque el presente procedimiento de detección de abrasión supone meramente la cantidad de abrasión de solamente los planos de dientes de los engranajes que están enganchados, y el daño, si lo hubiera, tal como una gran abrasión y / o descamación, que ocurra en un plano de dientes que no es un objetivo, no puede ser detectado.

45 Se hace notar que, en lugar de la cantidad de polvo de hierro, también es efectivo detectar la magnitud de la vibración de la caja de engranajes 40 y sus alrededores usando un sensor de vibración, y definir la frecuencia de la detección de abrasión en base a un valor detectado del sensor de vibración.

[Tercera realización]

Dado que la razón de deslizamiento de un rodamiento rodante es generalmente bastante pequeña en comparación con la razón de deslizamiento de un engranaje, la abrasión de rodamientos en la caja de engranajes 40 podrá ser desdeñada en

la primera realización. Efectivamente, sin embargo, la abrasión avanza asimismo en los rodamientos, y cuando los rodamientos están desgastados, la reacción de los engranajes cambia, lo que puede provocar que se deteriore la eficacia de la transmisión y que se dañen los engranajes. Por lo tanto, esta tercera realización presentará un dispositivo de detección de abrasión de engranajes o rodamientos.

5 La estructura global de un aparato generador de turbina eólica en esta tercera realización es idéntica a la de la primera realización mostrada en las Figs. 1 a 3.

Con referencia nuevamente a la Fig. 2, un dispositivo de control 80B en la tercera realización determina la presencia / ausencia de abrasión de engranajes o rodamientos en la caja de engranajes 40, comparando un valor detectado del sensor del ángulo de rotación 70, después de invertir la góndola 90 (segundo valor detectado), con un valor detectado del sensor del ángulo de rotación 70, antes de invertir la góndola 90 (primer valor detectado).

Es decir, cuando los engranajes o rodamientos de la caja de engranajes 40 están desgastados, aumenta la reacción, debido al desplazamiento de engranajes o a la abrasión de los planos de dientes. Por lo tanto, en esta tercera realización, cuando la diferencia entre el primer valor detectado y el segundo valor detectado (diferencia de ángulo de rotación) supera un valor de umbral predeterminado, se determinará que los engranajes o rodamientos de la caja de engranajes 40 están desgastados.

Se hace notar que la configuración restante del dispositivo de control 80B es idéntica a la del dispositivo de control 80 en la primera realización.

Con referencia nuevamente a la Fig. 6, cuando la diferencia entre el primer valor detectado y el segundo valor detectado (diferencia de ángulo de rotación) supera un valor de umbral predeterminado, la unidad de determinación 230B del dispositivo de control 80B determina que ha ocurrido la abrasión de engranajes o rodamientos en la caja de engranajes 40.

Se hace notar que este valor de umbral puede ser definido en base a la reacción de los engranajes, la holgura interna de los rodamientos y la deformación elástica de cada componente. Se hace notar que, para asumir que sea normal toda combinación de componentes cuyas tolerancias de procesamiento queden dentro de un intervalo normal, el valor de umbral necesita ser fijado en un valor con un margen, según lo descrito anteriormente. En este caso, dado que la diferencia entre el valor inicial descrito anteriormente de la diferencia de ángulo de rotación y el valor de umbral descrito anteriormente es grande, la abrasión puede ser indetectable a menos que ocurra una abrasión excesivamente grande en los engranajes y / o los rodamientos. Por ejemplo, cuando la reacción de los engranajes es pequeña, la abrasión es indetectable a menos que la holgura interna de los rodamientos se torne excesivamente grande. Sin embargo, cuando la holgura interna de los rodamientos se torna excesivamente grande, disminuirá el número de elementos rodantes que reciben cargas dentro de un rodamiento, y aumentará la presión máxima de contacto. Como resultado, la holgura interna de rodamientos excesivamente grande provoca una vida acortada de los rodamientos, lo que no es preferible.

Por lo tanto, de manera similar a la primera realización, es preferible medir la diferencia de ángulo de rotación, descrita anteriormente, en el estado donde la abrasión no ha avanzado, y definir el valor de umbral descrito anteriormente sobre su valor inicial. Por ejemplo, el valor de umbral descrito anteriormente puede ser definido con referencia a un valor medido inmediatamente después de la fabricación del aparato generador de turbina eólica (antes del transporte al terreno), o inmediatamente después de la instalación o el comienzo del funcionamiento del aparato generador de turbina eólica.

Con referencia nuevamente a la Fig. 7, en esta tercera realización, el aparato generador de turbina eólica 10 transmite inalámbricamente el resultado de la determinación de la abrasión de engranajes o rodamientos en la caja de engranajes 40 a un servidor de comunicaciones. Puede ser reconocido por ello, en el servidor de monitorización 330, distante del aparato generador de turbina eólica 10, si ha ocurrido o no la abrasión de engranajes o rodamientos en la caja de engranajes 40 del aparato generador de turbina eólica 10.

La Fig. 11 es un diagrama de flujo para explicar un procedimiento secuencial del procesamiento de detección de abrasión en la tercera realización. Se hace notar que el procesamiento de este diagrama de flujo también es invocado desde una rutina principal, y ejecutado cuando ha transcurrido un tiempo predeterminado desde la ejecución del anterior procesamiento de detección de abrasión, por ejemplo.

Con referencia a la Fig. 11, este diagrama de flujo incluye, respectivamente, las Etapas S75 y S85 en lugar de las Etapas S70 y S80 en el diagrama de flujo en la Fig. 8. Es decir, cuando se determina en la Etapa S60 que la diferencia de ángulo de rotación del árbol principal 20, antes y después de invertir la góndola, es mayor que un valor de umbral (SÍ en la Etapa S60), el dispositivo de control 80B determina que ha ocurrido la abrasión de engranajes o rodamientos en la caja de engranajes 40 (Etapa S75). Por otra parte, cuando se determina en la Etapa S60 que la diferencia de ángulo de rotación del árbol principal 20, antes y después de invertir la góndola, es menor o igual que el valor de umbral (NO en la Etapa S60), el dispositivo de control 80B determina que no ha ocurrido la abrasión de engranajes o rodamientos en la caja de engranajes 40 (Etapa S85).

Se hace notar que, en la descripción anterior, la detección de abrasión de engranajes o rodamientos será ejecutada en la primera realización; sin embargo, la detección de abrasión de engranajes o rodamientos puede ser ejecutada en la segunda realización

5 Como se ha descrito anteriormente, de acuerdo a esta tercera realización, la abrasión de engranajes o rodamientos en la caja de engranajes 40 en el aparato generador de turbina eólica 10 puede ser detectada con bajo coste y fácilmente. Además, de acuerdo a esta tercera realización, la presencia / ausencia de abrasión de engranajes o rodamientos en la caja de engranajes 40 puede ser monitorizada en un lugar remoto, lo que facilita el mantenimiento de la caja de engranajes 40.

[Cuarta realización]

10 En cada una de las realizaciones descritas anteriormente, la fuerza de par rotacional ejercida sobre el árbol principal 20 por la fuerza eólica será invertida al invertir la góndola. En esta cuarta realización, la fuerza de par rotacional es invertida cambiando el ángulo de inclinación de la pala 30 (ángulo de la superficie receptora del viento de una pala), en lugar de invertir la góndola 90.

15 La estructura global del aparato generador de turbina eólica en esta cuarta realización es idéntica a la de la tercera realización.

La Fig. 12 es un diagrama de bloques funcional de un dispositivo de control en la cuarta realización. Con referencia a la Fig. 12, un dispositivo de control 80C incluye una unidad de control del ángulo de inclinación 260, en lugar de la unidad de control de guiñada 220, en la configuración del dispositivo de control 80B mostrado en la Fig. 6.

20 Al recibir un comando desde la unidad de ejecución del control de detección de abrasión 200, la unidad de control del ángulo de inclinación 260 emite un comando de accionamiento, para cambiar el ángulo de inclinación de la pala 30 (p. ej., rotando en aproximadamente 90 grados) desde la posición actual, a un dispositivo de control del ángulo de inclinación de la pala (no mostrado), a fin de invertir la fuerza de par rotacional ejercida sobre el árbol principal 20 por la fuerza eólica.

Se hace notar que la configuración restante del dispositivo de control 80C es idéntica a la del dispositivo de control 80B mostrado en la Fig. 6.

25 La Fig. 13 es un diagrama de flujo para explicar un procedimiento secuencial del procesamiento de detección de abrasión en la cuarta realización. Se hace notar que el procesamiento de este diagrama de flujo también es invocado desde una rutina principal, y ejecutado cuando ha transcurrido un tiempo predeterminado desde la ejecución del anterior procesamiento de detección de abrasión, por ejemplo.

30 Con referencia a la Fig. 13, este diagrama de flujo incluye, respectivamente, las Etapas S45 y S95 en lugar de las Etapas S40 y S90 en el diagrama de flujo mostrado en la Fig. 11. Es decir, cuando el primer ángulo de rotación es adquirido en la Etapa S30, el dispositivo de control 80C cambia el ángulo de inclinación de la pala 30 (p. ej., rota en aproximadamente 90 grados) a fin de invertir la fuerza de par rotacional ejercida sobre el árbol principal 20 por la fuerza eólica mientras se opera el dispositivo de frenado 60 (Etapa S45). A continuación, el proceso avanza a la Etapa S50, donde se adquiere el segundo ángulo de rotación.

35 Además, después de que se termina la determinación de la presencia / ausencia de abrasión en la Etapa S75 o la Etapa S85, el dispositivo de control 80C devuelve el ángulo de inclinación de la pala 30, cambiado en la Etapa S45, a su ángulo original (Etapa S95). A continuación, el proceso avanza a la Etapa S100, donde se libera el freno por parte del dispositivo de frenado 60.

40 Se hace notar que, en la anterior descripción, se cambiará el ángulo de inclinación de la pala 30, en lugar de invertir la góndola 90 en la tercera realización; sin embargo, el ángulo de inclinación de la pala 30 puede ser cambiado, en lugar de invertir la góndola 90 en las realizaciones primera y segunda.

45 Como se ha descrito anteriormente, de acuerdo a esta cuarta realización, dado que la fuerza de par rotacional ejercida sobre el árbol principal 20 por la fuerza eólica es invertida cambiando el ángulo de inclinación de la pala 30, la detección de abrasión puede ser llevada a cabo durante un tiempo más breve, o con menos energía, en comparación con el caso de la inversión de la góndola 90.

50 Se hace notar que, en cada una de las realizaciones descritas anteriormente, la entrada de fuerza de par a la caja de engranajes 40 difiere, según la fuerza eólica y las condiciones operativas del dispositivo de frenado 60. Dado que la magnitud de la deformación elástica de un componente cambiará cuando cambie la entrada de fuerza de par a la caja de engranajes 40, es preferible realizar la compensación con la fuerza de par de entrada, a fin de realizar una detección de abrasión de mayor precisión. Por ejemplo, la diferencia entre el primer valor detectado y el segundo valor detectado (diferencia de ángulo de rotación) puede ser dividida entre la fuerza de par de entrada. Sin embargo, la magnitud del desplazamiento con respecto a la carga entre los anillos interno y externo de un rodamiento tiene una forma no lineal, y es

más preferible realizar la detección de abrasión en base a un valor medido (diferencia de ángulo de rotación) independiente de la fuerza de par de entrada.

5 Es decir, al tomar en consideración asimismo un error de forma de un componente, y similares, es más preferible fijar la fuerza de par de entrada para que quede dentro de un cierto intervalo, que realizar la compensación con la fuerza de par de entrada. Por ejemplo, es posible fijar la fuerza de par de entrada para que quede dentro de un cierto intervalo, proporcionando un dispositivo (un sensor de fuerza de par, etc.) que pueda medir la fuerza de par ingresada a la caja de engranajes 40 y ajustar el ángulo de la pala 30 y / o la orientación de la góndola 90, en base a un valor medido de la fuerza de par de entrada.

10 Se hace notar que, dado que el transporte del presente dispositivo a la góndola cada vez que se realiza la detección de abrasión requiere un gran trabajo, es preferible montar el dispositivo de detección de abrasión sobre el aparato generador de turbina eólica, a pesar del coste y peso aumentados.

15 Se hace notar que, en la descripción anterior, la unidad de ejecución del control de detección de abrasión 200, la unidad de control de guiñada 220 y el dispositivo de accionamiento de guiñada 110 de los dispositivos de control 80, 80A y 80B constituyen una realización de una "unidad de control de accionamiento" en la presente invención, y el sensor de polvo de hierro 250 corresponde a una realización de un "sensor" en la presente invención. La unidad de ejecución del control de detección de abrasión 200 y la unidad de control del ángulo de inclinación 260 del dispositivo de control 80C también constituyen una realización de la "unidad de control de accionamiento" en la presente invención.

20 Debería entenderse que las realizaciones divulgadas en la presente memoria son ilustrativas y no restrictivas a todo respecto. El ámbito de la presente invención está definido por las reivindicaciones, y no por la descripción anterior, y está concebido para incluir cualquier modificación dentro del significado y ámbito equivalentes a los términos de las reivindicaciones.

Lista de signos de referencia

25 10 aparato generador de turbina eólica; 20 árbol principal; 30 pala; 40 caja de engranajes; 50 generador de energía; 60 dispositivo de frenado; 70 sensor de ángulo de rotación; 80, 80A a 80C dispositivo de control; 90 góndola; 100 torre; 110 dispositivo de accionamiento de guiñada; 120 engranaje anular externo; 120A, 123A a 128A parte de engranaje; 121 árbol de entrada; 122 portador planetario; 123 engranaje planetario; 124 árbol de baja velocidad; 125 engranaje de baja velocidad; 126 árbol de velocidad media; 127 engranaje de velocidad media; 128 árbol de alta velocidad; 129 alojamiento; 200 unidad de ejecución del control de detección de abrasión; 210 unidad de control de freno; 220 unidad de control de guiñada; 230, 230A, 230B unidad de determinación; 240 dispositivo de comunicaciones; 250 sensor de polvo de hierro; 30 260 unidad de control del ángulo de inclinación; 310 servidor de comunicaciones; 320 Internet; 330 servidor de monitorización.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de detección de abrasión que detecta la abrasión de uno entre un engranaje y un rodamiento de una caja de engranajes (40) proporcionada en un aparato generador de turbina eólica (10),
incluyendo dicho aparato generador de turbina eólica
- 5 una pala (30) que convierte la fuerza eólica en fuerza de rotación,
un árbol principal (20) que recibe dicha fuerza de rotación desde dicha pala,
acelerando dicha caja de engranajes (40) la rotación de dicho árbol principal,
un generador de energía (50) conectado con un árbol de salida de dicha caja de engranajes, y
- 10 una góndola (90) que aloja dicho árbol principal, dicha caja de engranajes y dicho generador de energía, y que está soportada en forma giratoria en una parte superior de un soporte,
estando dicho dispositivo de detección de abrasión **caracterizado por:**
un dispositivo de frenado (60) para mantener el árbol de salida de dicha caja de engranajes en un estado no giratorio;
un sensor del ángulo de rotación (70) para detectar un ángulo de rotación de dicho árbol principal;
- 15 una unidad de control (220, 260) para invertir, cambiando un estado de recepción del viento por dicha pala, la dirección de la fuerza de rotación ejercida sobre dicho árbol principal por la fuerza eólica; y
- 20 una unidad de determinación (230, 230A, 230B) que determina la presencia / ausencia de abrasión de uno entre dicho engranaje y dicho rodamiento, comparando un primer valor detectado de dicho sensor del ángulo de rotación, antes de invertir la dirección de dicha fuerza de rotación por medio de dicha unidad de control, y un segundo valor detectado de dicho sensor del ángulo de rotación, después de invertir la dirección de dicha fuerza de rotación por medio de dicha unidad de control, mientras se está operando dicho dispositivo de frenado.
2. El dispositivo de detección de abrasión de acuerdo a la reivindicación 1, en el que
dicha unidad de control incluye una unidad de control de accionamiento (220) para invertir dicha góndola, y
dicha unidad de determinación determina la presencia / ausencia de abrasión de uno entre dicho engranaje y dicho rodamiento, comparando dicho primer valor detectado antes de invertir dicha góndola y dicho segundo valor detectado
25 después de invertir dicha góndola, por medio de dicha unidad de control de accionamiento mientras se está operando dicho dispositivo de frenado.
3. El dispositivo de detección de abrasión de acuerdo a la reivindicación 1, en el que
dicha unidad de control incluye una unidad de control de accionamiento (260) para invertir, cambiando el ángulo de dicha pala, la dirección de la fuerza de rotación ejercida sobre dicho árbol principal por la fuerza eólica, y
30 dicha unidad de determinación determina la presencia / ausencia de abrasión de uno entre dicho engranaje y dicho rodamiento, comparando dicho primer valor detectado antes de cambiar el ángulo de dicha pala y dicho segundo valor detectado después de cambiar el ángulo de dicha pala, por medio de dicho dispositivo de control de accionamiento, mientras se está operando dicho dispositivo de frenado.
- 35 4. El dispositivo de detección de abrasión de acuerdo a la reivindicación 1, en el que, cuando una diferencia entre dicho primer valor detectado y dicho segundo valor detectado supera un valor de umbral predeterminado, dicha unidad de determinación determina que uno entre dicho engranaje y dicho rodamiento está desgastado.
5. El dispositivo de detección de abrasión de acuerdo a la reivindicación 4, en el que dicho valor de umbral está definido en base a la reacción de dicho engranaje, la holgura interna del rodamiento y la deformación elástica de un componente de dicha caja de engranajes.
- 40 6. El dispositivo de detección de abrasión de acuerdo a la reivindicación 1, en el que dicha unidad de determinación inicia el procesamiento de la determinación de la presencia / ausencia de abrasión de uno entre dicho engranaje y dicho rodamiento cuando dicha pala está rotando mientras recibe la fuerza eólica.
7. El dispositivo de detección de abrasión de acuerdo a la reivindicación 1, que comprende adicionalmente un sensor para detectar la fuerza de par generada por dicho aparato generador de turbina eólica que ha recibido la fuerza eólica, en el que

dicha unidad de determinación determina la presencia / ausencia de abrasión de uno entre dicho engranaje y dicho rodamiento, en base a un valor obtenido compensando una diferencia entre dicho primer valor detectado y dicho segundo valor detectado con un valor detectado de dicho sensor.

8. El dispositivo de detección de abrasión de acuerdo a la reivindicación 1, que comprende adicionalmente:

- 5 un sensor para detectar la fuerza de par generada por dicho aparato generador de turbina eólica que ha recibido la fuerza eólica; y

una unidad de control para controlar que un valor detectado de dicho sensor quede dentro de un cierto intervalo, controlando al menos uno entre el ángulo de dicha pala y la orientación de dicha góndola.

- 10 9. El dispositivo de detección de abrasión de acuerdo a la reivindicación 1, que comprende adicionalmente un sensor de polvo de hierro (250) para detectar la cantidad de polvo de hierro en un aceite lubricante de dicha caja de engranajes, en el que

dicha unidad de determinación (230A) determina la presencia / ausencia de abrasión de uno entre dicho engranaje y dicho rodamiento, usando adicionalmente un valor detectado de dicho sensor de polvo de hierro.

- 15 10. El dispositivo de detección de abrasión de acuerdo a la reivindicación 1, que comprende adicionalmente un sensor de vibración para detectar la magnitud de la vibración de uno entre dicha caja de engranajes y los alrededores de la misma, en el que

dicha unidad de determinación determina la presencia / ausencia de abrasión de uno entre dicho engranaje y dicho rodamiento, usando adicionalmente un valor detectado de dicho sensor de vibración.

- 20 11. El dispositivo de detección de abrasión de acuerdo a la reivindicación 1, que comprende adicionalmente un dispositivo de comunicaciones (240) para transmitir inalámbricamente un resultado de determinación, por parte de dicha unidad de determinación, a un dispositivo receptor remoto.

12. Un aparato generador de turbina eólica que comprende el dispositivo de detección de abrasión, según lo definido en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11.

- 25 13. Un procedimiento de detección de abrasión para detectar la abrasión de uno entre un engranaje y un rodamiento de una caja de engranajes (40) proporcionada en un aparato generador de turbina eólica (10),

incluyendo dicho aparato generador de turbina eólica

una pala (30) que convierte la fuerza eólica en fuerza de rotación,

un árbol principal (20) que recibe dicha fuerza de rotación desde dicha pala, acelerando dicha caja de engranajes (40) la rotación de dicho árbol principal,

- 30 un generador de energía (50) conectado a un árbol de salida de dicha caja de engranajes,

una góndola (90) que aloja dicho árbol principal, dicha caja de engranajes y dicho generador de energía, y que es soportada de forma giratoria en una parte superior de un soporte,

un dispositivo de frenado (60) para mantener el árbol de salida de dicha caja de engranajes en un estado no giratorio, y

un sensor de ángulo de rotación (70) para detectar un ángulo de rotación de dicho árbol principal,

- 35 dicho procedimiento de detección de abrasión está **caracterizado por** las etapas de:

operar dicho dispositivo de frenado;

detectar un primer ángulo de rotación que indica el ángulo de rotación de dicho árbol principal;

invertir, cambiando un estado de recepción del viento por parte de dicha pala, la dirección de la fuerza de rotación ejercida sobre dicho árbol principal por la fuerza eólica;

- 40 detectar un segundo ángulo de rotación que indica el ángulo de rotación de dicho árbol principal después de invertir la dirección de dicha fuerza de rotación; y

determinar la presencia / ausencia de abrasión de uno entre dicho engranaje y dicho rodamiento, comparando dicho primer ángulo de rotación y dicho segundo ángulo de rotación.

14. El procedimiento de detección de abrasión de acuerdo a la reivindicación 13, en el que

dicha etapa de inversión de la dirección de dicha fuerza de rotación incluye la etapa de invertir dicha góndola, y

dicha etapa de detectar dicho segundo ángulo de rotación incluye la etapa de detectar dicho segundo ángulo de rotación después de invertir dicha góndola.

5 15. El procedimiento de detección de abrasión de acuerdo a la reivindicación 13, en el que

dicha etapa de inversión de la dirección de dicha fuerza de rotación incluye la etapa de invertir, cambiando el ángulo de dicha pala, la dirección de la fuerza de rotación ejercida sobre dicho árbol principal por la fuerza eólica, y

dicha etapa de detección de dicho segundo ángulo de rotación incluye la etapa de detectar dicho segundo ángulo de rotación después de cambiar el ángulo de dicha pala.

10

FIG.1

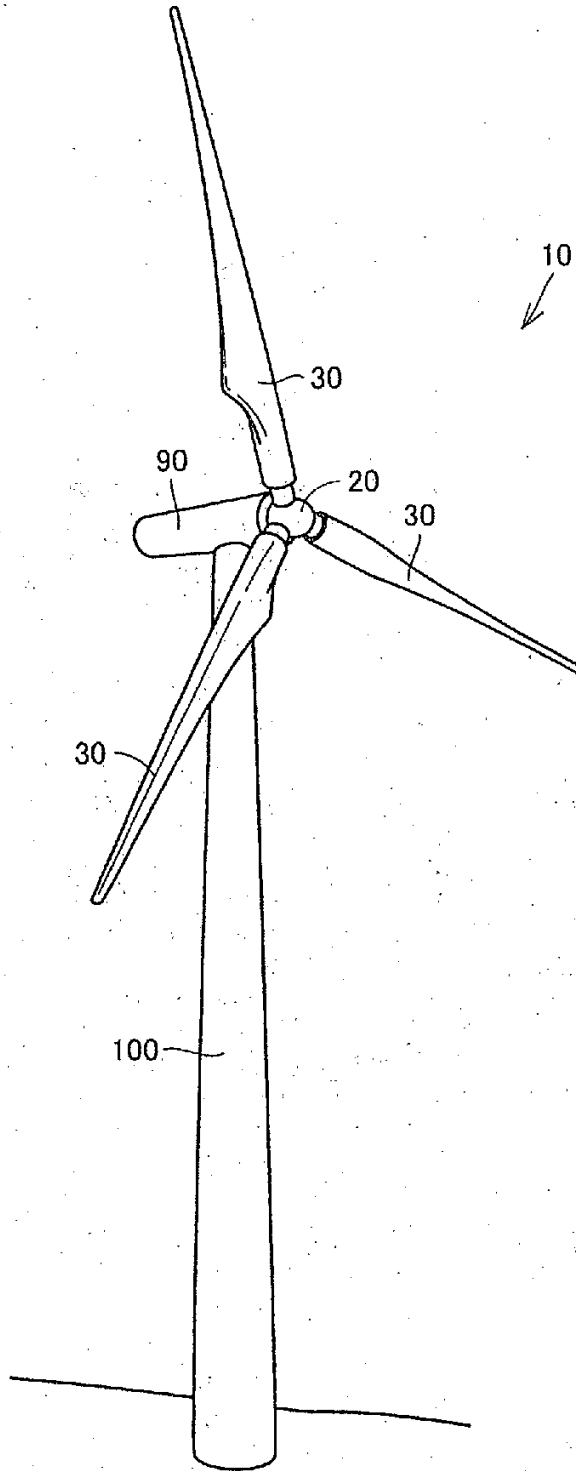


FIG.2

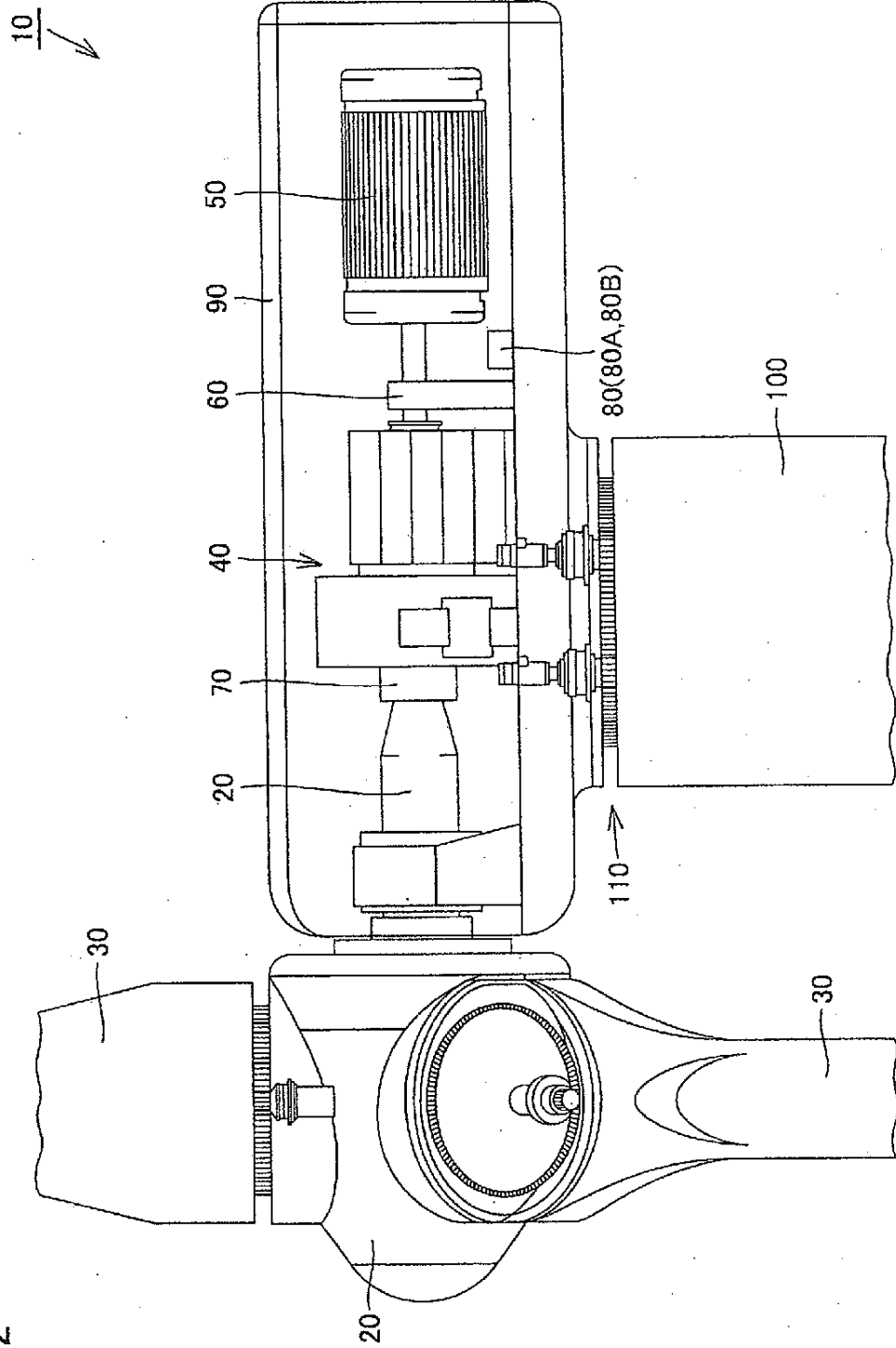


FIG.3

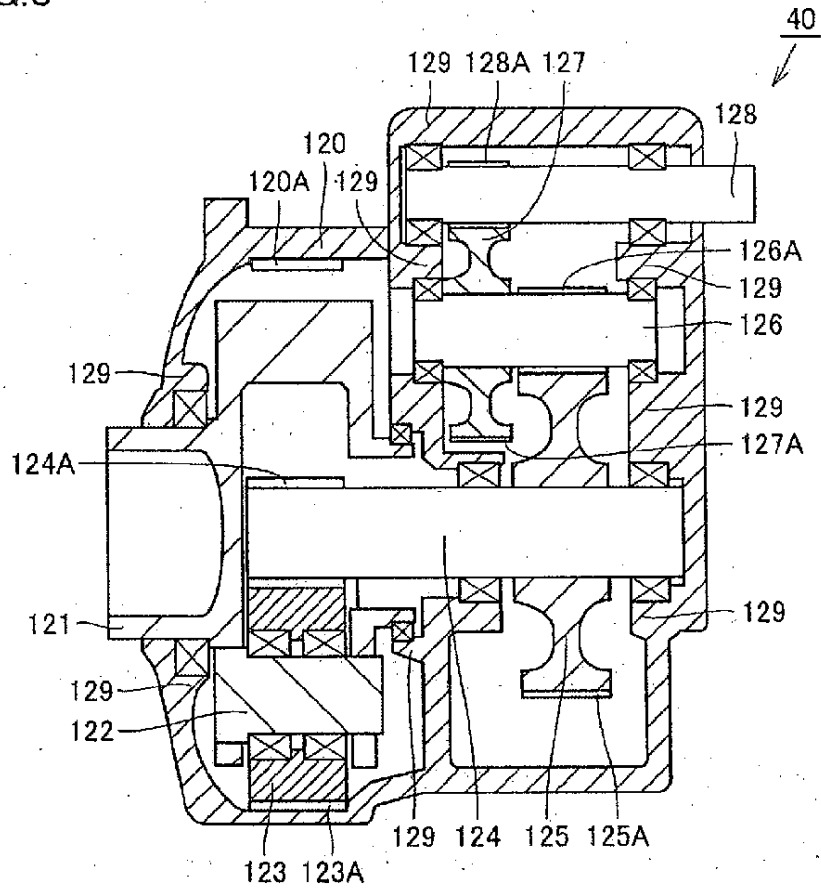


FIG.4

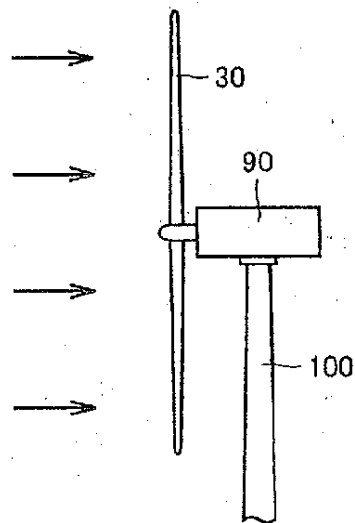


FIG.5

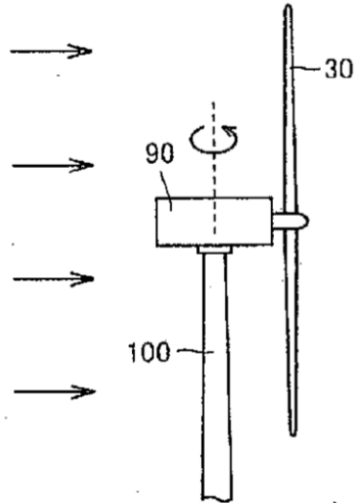


FIG.6

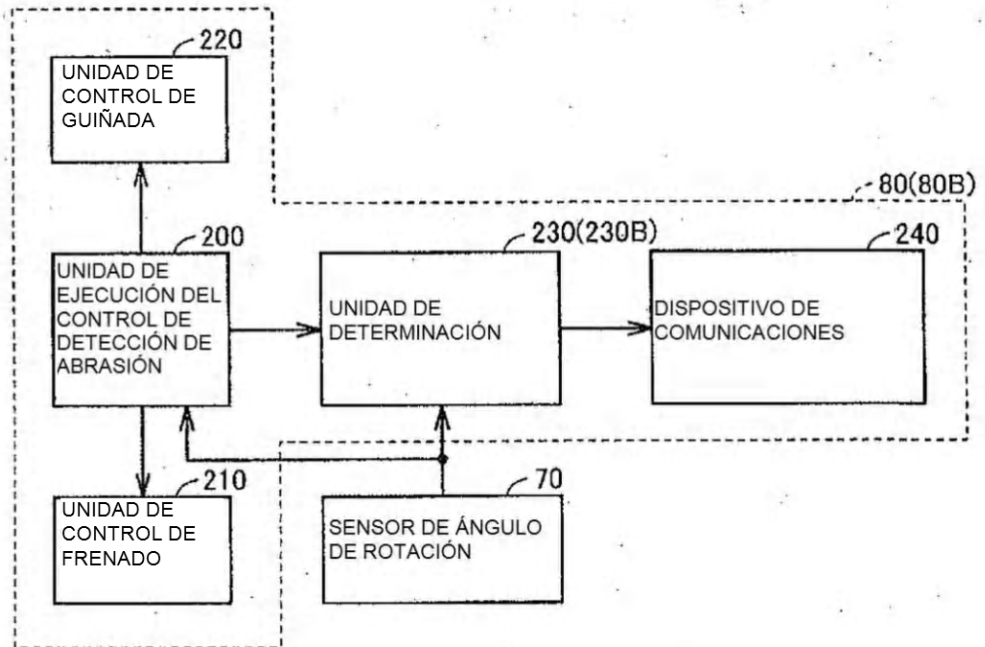


FIG.7

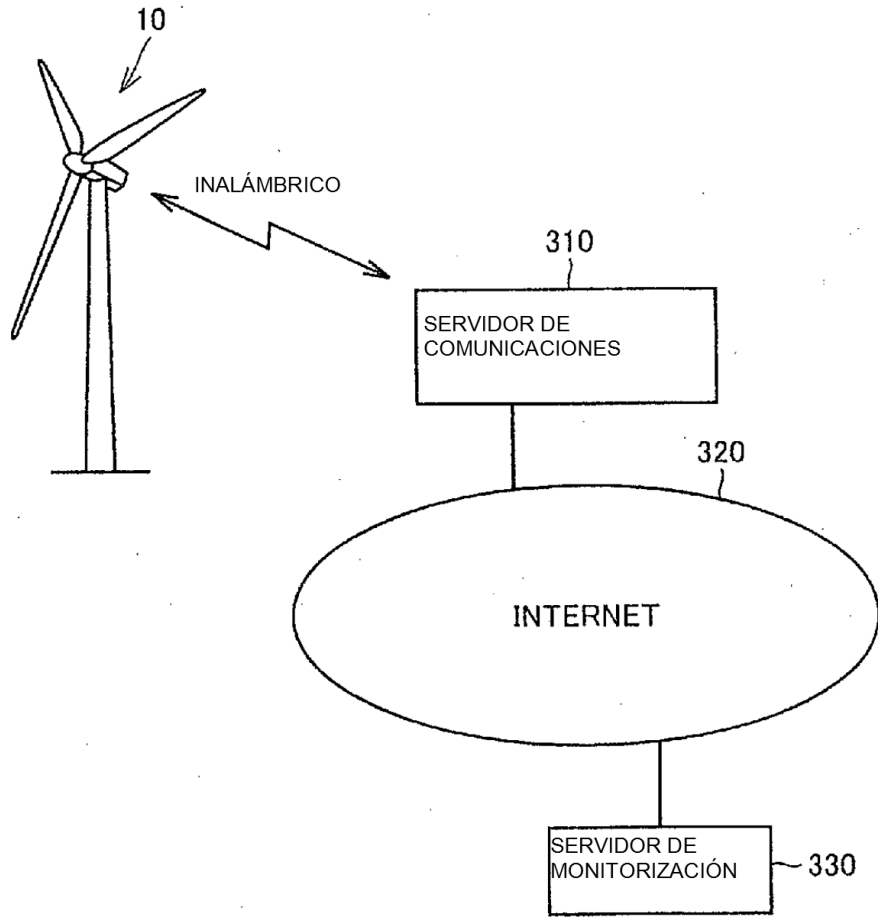


FIG.8

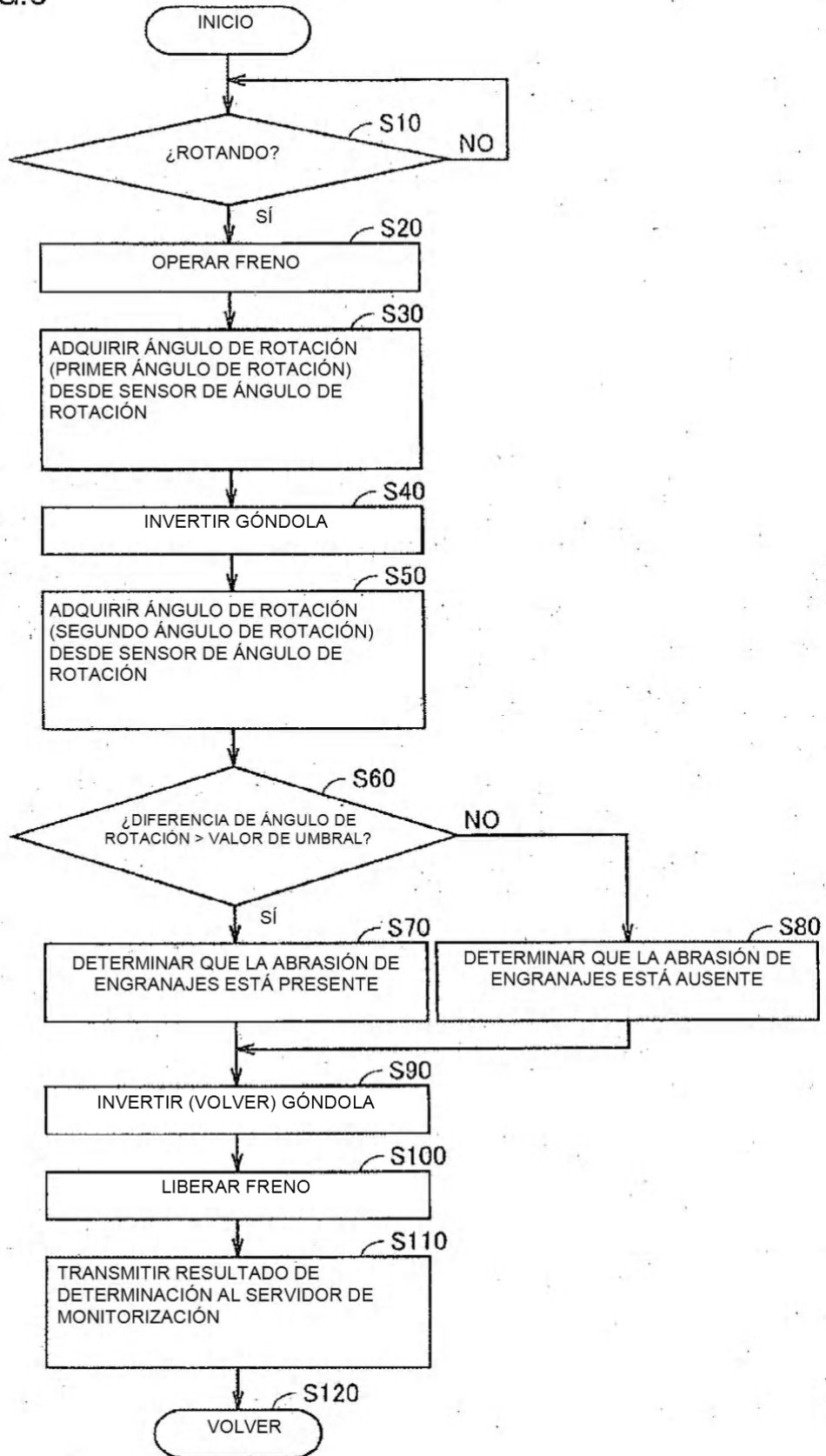


FIG.9

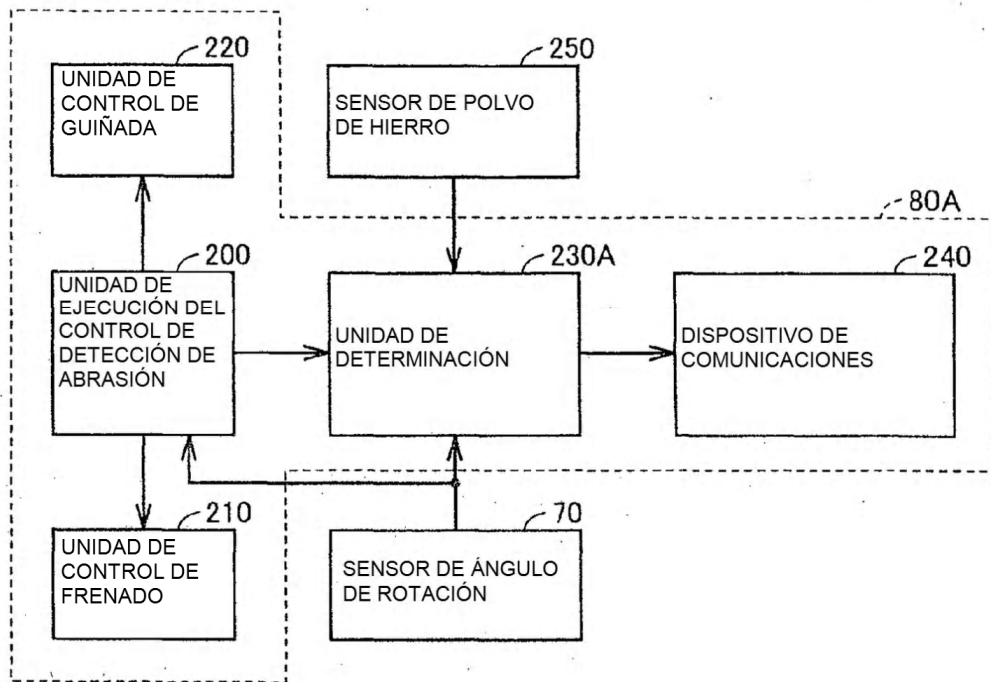


FIG.10

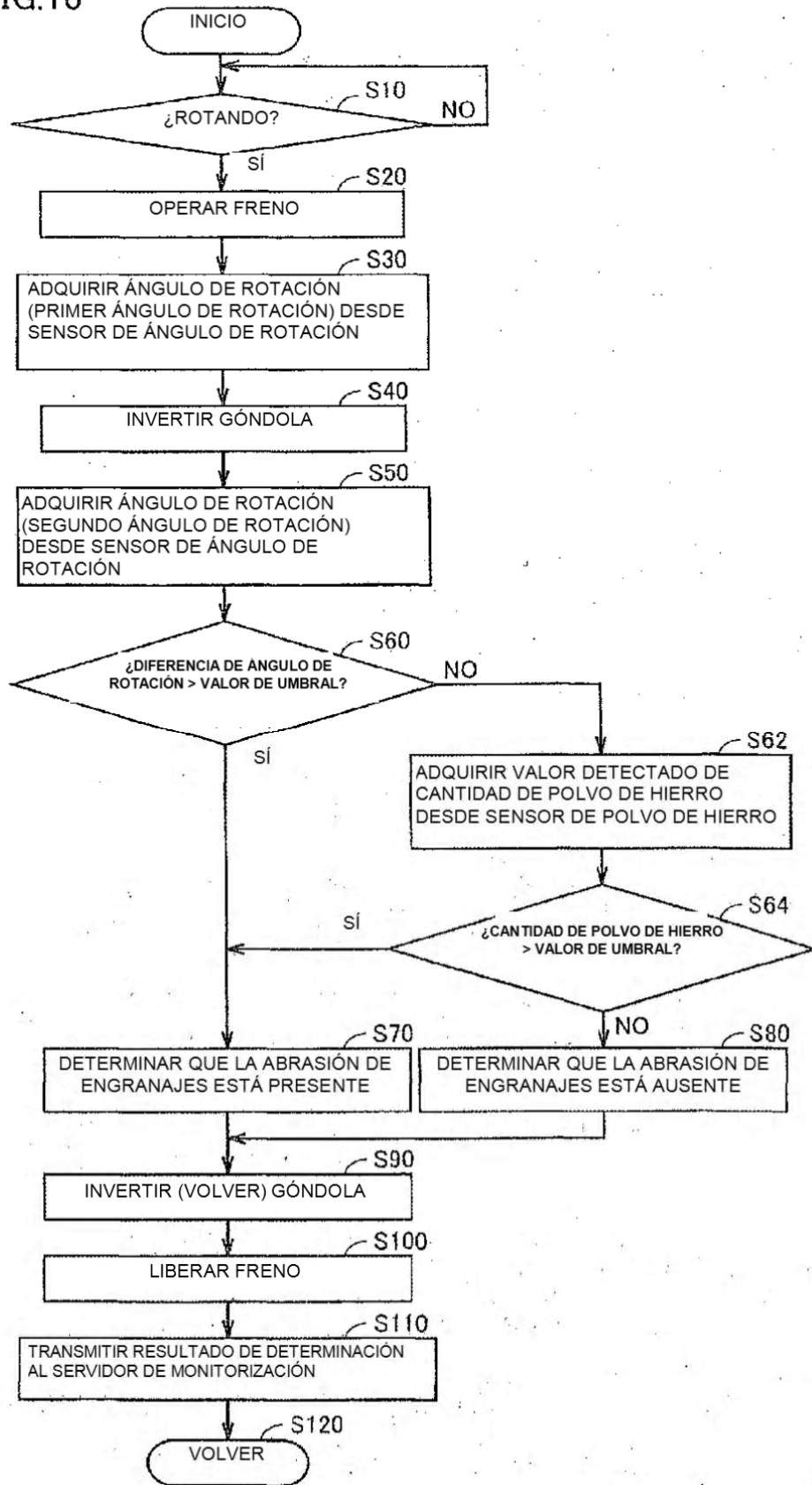


FIG.11

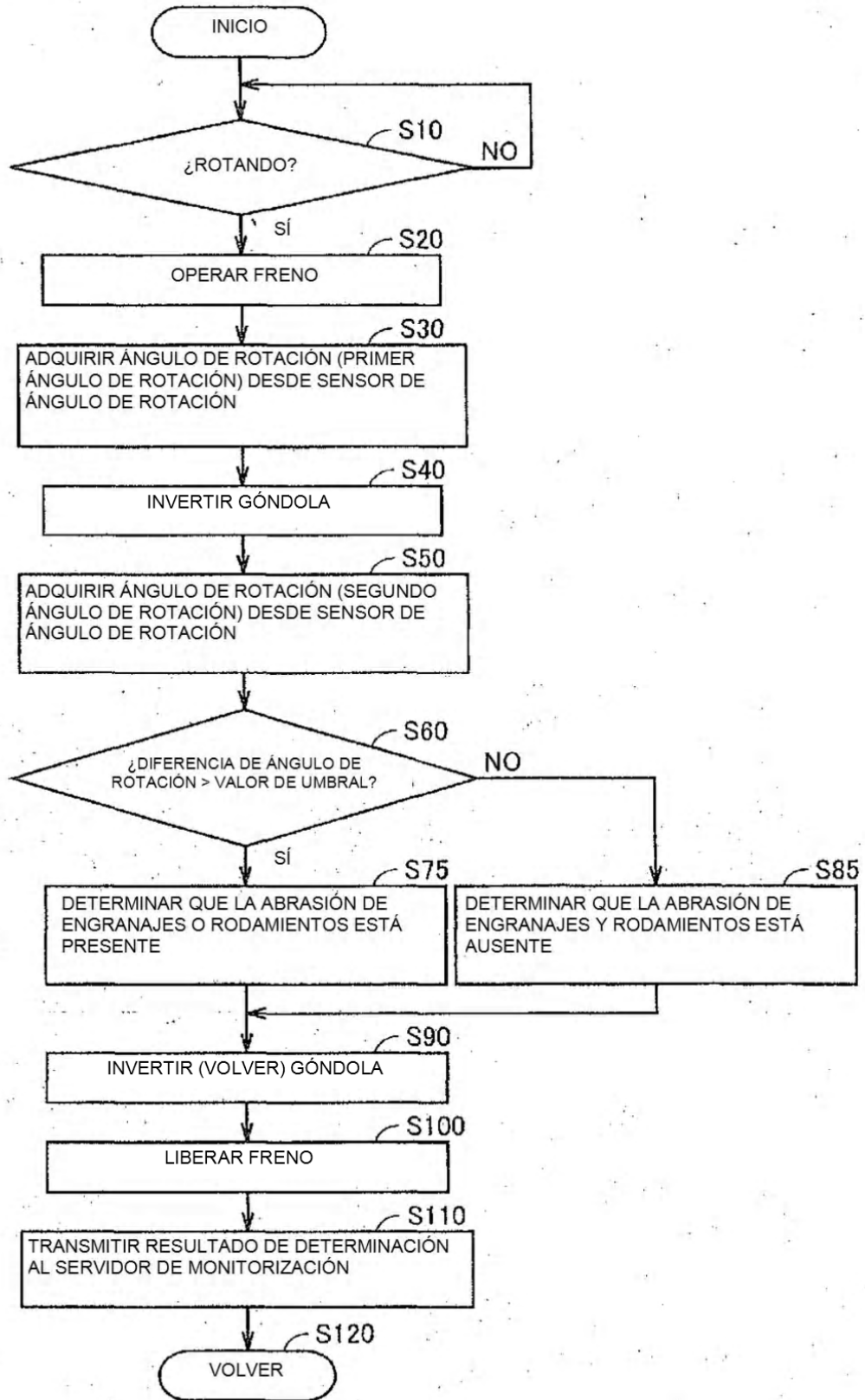


FIG.12

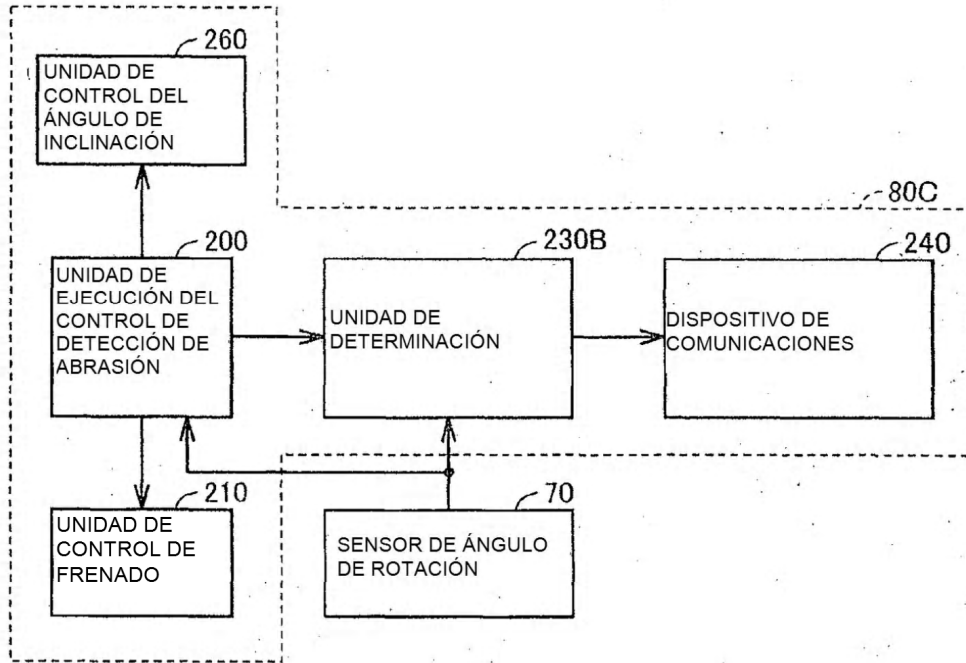


FIG.13

