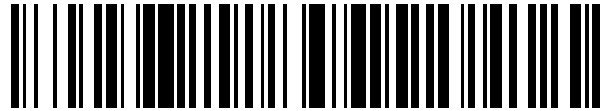


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 469 830**

51 Int. Cl.:

F03D 7/02

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.02.2009 E 09250515 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.04.2014 EP 2108826**

54 Título: **Procedimiento de medición para frenos en turbinas eólicas**

30 Prioridad:

07.03.2008 US 44078

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

20.06.2014

73 Titular/es:

GENERAL ELECTRIC COMPANY (100.0%)

1 River Road

Schenectady, NY 12345, US

72 Inventor/es:

STAEDLER, MARTIN y

HINKEN, FRANK

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 469 830 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

Procedimiento de medición para frenos en turbinas eólicas

5 La presente invención versa, en general, acerca de un sistema de energía eólica y acerca de un procedimiento de medición de la funcionalidad de un sistema de energía eólica. La presente invención versa, en particular, acerca de una medición de la funcionalidad del freno en una turbina eólica. La presente invención versa, además, acerca de un sistema de energía eólica que incluye el mismo. Por ejemplo, el documento EP 1 650 431 da a conocer un sistema de freno en una turbina eólica con un sensor de monitorización.

10 La energía eólica ha atraído mucha atención durante los últimos años como una fuente alternativa de energía. Las turbinas eólicas son utilizadas para convertir energía eólica cinética en energía eléctrica. Para este fin, las turbinas eólicas de la clase empleada por las compañías eléctricas tienen rotores eólicos que están dotados normalmente de tres palas de rotor para extraer energía cinética del viento. No obstante, puede ser posible mantener el rotor de una turbina eólica en posición cuando se encuentra en parada. Detener el rotor es importante para un mantenimiento y una reparación. Además de la necesidad de bloquear el rotor, también es necesario reducir la velocidad del rotor al menos en un cierto intervalo por medio de un freno mecánico. Esto se realiza comúnmente por medio de frenos de disco. Por razones de seguridad, el funcionamiento de los frenos tiene que ser comprobado a intervalos predeterminados de tiempo durante la operación de la turbina eólica.

15 Para comprobar los frenos como se conoce en la técnica, es necesario un apagado de la turbina eólica. Esto significa un tiempo de inactividad para la turbina y una reducción del rendimiento energético.

20 En vista de lo anterior, según un primer aspecto de la presente invención se proporciona un procedimiento de medición de la funcionalidad de un freno de un sistema de energía eólica según la reivindicación 1 adjunta.

Según realizaciones descritas en el presente documento, se proporciona un procedimiento que incluye determinar el par del freno al medir el par del generador.

Según realizaciones descritas en el presente documento, se proporciona un procedimiento que incluye determinar el par del freno al medir la potencia real.

25 Son evidentes diversos aspectos, ventajas y características de la presente invención por las reivindicaciones dependientes, la descripción y los dibujos adjuntos, en los que:

Son evidentes diversos aspectos, ventajas y características de la presente invención por las reivindicaciones dependientes, la descripción y los dibujos adjuntos, en los que:

30 La Figura 1 muestra una vista lateral esquemática de un sistema de energía eólica según realizaciones descritas en el presente documento.

La Figura 2 muestra una vista lateral esquemática más detallada de la parte superior de un sistema de energía eólica según realizaciones descritas en el presente documento.

35 La Figura 3 muestra un diagrama que ilustra condiciones para la comprobación del freno según realizaciones descritas en el presente documento.

La Figura 4a muestra un diagrama que ilustra el procedimiento de comprobación del freno según realizaciones descritas en el presente documento.

La Figura 4b muestra otro diagrama que ilustra el procedimiento de comprobación del freno según realizaciones descritas en el presente documento.

40 La Figura 5a muestra un diagrama de flujo del procedimiento de comprobación del freno según realizaciones descritas en el presente documento.

La Figura 5b muestra un diagrama de flujo de otro procedimiento de comprobación del freno según realizaciones descritas en el presente documento.

45 Se hará referencia ahora con detalle a las diversas realizaciones de la invención, uno o más ejemplos de las cuales se ilustran en las figuras. Se proporciona cada ejemplo a modo de explicación de la invención y no se pretende que limite a la invención. Por ejemplo, se pueden utilizar características ilustradas o descritas como parte de una realización en otras realizaciones o junto con las mismas para producir una realización adicional más. Se concibe que la presente invención incluya tales modificaciones y variaciones.

50 Según un primer aspecto de la invención, un procedimiento indirecto de comprobación del freno de disco incluye operar una turbina eólica, aplicar un freno de rotor, y medir el par aplicado. El procedimiento puede incluir, además, en un estado dado de la turbina eólica en funcionamiento, la asignación, normalmente, de dos parámetros mientras que un parámetro es normalmente un valor del par del generador y el otro parámetro es normalmente un valor del tiempo. Normalmente, se da el estado de la turbina eólica mediante información acerca del nivel de potencia, de la fluctuación de la potencia media, de la fluctuación de la velocidad del viento y del ángulo de paso.

55 Según un aspecto adicional de la presente invención, el procedimiento para comprobar los frenos incluye operar una turbina eólica, aplicar un freno del rotor y medir la potencia real. El procedimiento puede incluir, además, en un

estado dado de la turbina eólica en funcionamiento, la asignación, normalmente, de dos parámetros, mientras que un parámetro es un valor del par del generador y el otro parámetro es normalmente un valor del tiempo. Normalmente, se proporciona el estado de la turbina eólica mediante información acerca del nivel de potencia, de la fluctuación de la potencia media, de la fluctuación de la velocidad eólica y del ángulo de paso.

5 El procedimiento según realizaciones descritas en el presente documento proporciona información acerca del estado del freno midiendo el par. Cuando se aplica el freno de disco, se configurará el punto de referencia del controlador de la velocidad a la velocidad real. Normalmente, se eliminan los límites del par. Esto puede ser necesario, por ejemplo, en aquellos sistemas de energía eólica en los que la implementación del controlador comprende un límite de pares reducidos. La medición de la reducción del par del generador permite una medición indirecta del par aplicado por el freno de disco. Cuando se reduce el par del generador hasta por debajo de un valor umbral en un cierto tiempo, el freno está bien. Según realizaciones típicas, el valor umbral del par es no nulo. De forma similar, en aquellas realizaciones en las que se mide la energía generada por el generador, el valor umbral de energía es normalmente no nulo.

15 La Figura 1 es una vista lateral esquemática en corte transversal de una turbina eólica. La turbina eólica 100 tiene una torre 110 en la que la góndola 120 está montada en su extremo superior. En la presente descripción, se utiliza la expresión "turbina eólica" de forma sinónima de la expresión "sistema de energía eólica". La góndola aloja una transmisión (mostrada en la Fig. 2) a la que se conecta un generador eléctrico (mostrado en la Fig. 2). Un cubo 130 que tiene tres palas 140 de rotor está montado en un extremo lateral de la góndola 120 de la máquina. Las palas 140 del rotor pueden ser ajustadas por medio de accionadores de paso que están colocados normalmente en el interior del cubo 130. Además, en la Fig. 1 se muestra de forma ejemplar una unidad 260 de cálculo. Normalmente, la unidad de cálculo está situada en la parte inferior del sistema de energía eólica, en realizaciones típicas junto con la unidad de control del sistema de energía eólica. La unidad de cálculo realiza la comparación entre valores medidos y valores umbral predeterminados según las realizaciones descritas en el presente documento y se explicarán con más detalle a continuación.

25 La Figura 2 muestra una vista más detallada de la parte superior de la turbina eólica 100 según realizaciones descritas en el presente documento. La góndola 120 aloja una transmisión que contiene el cubo 130 del rotor, el eje 240 del rotor, la caja 210 de engranajes y el eje motor 250 del generador. La salida de la caja 210 de engranajes está conectada a un generador eléctrico principal 230. Según otras realizaciones, se omite la caja de engranajes y se conecta directamente el eje 240 del rotor al generador. Se instala un freno 220 del rotor entre el cubo 130 del rotor y el generador 230. Normalmente, se instala el freno 220 del rotor entre la caja 210 de engranajes y el generador 230. Según otras realizaciones, el freno 220 del rotor está ubicado frente a la caja 210 de engranajes en el eje 240 del rotor. El freno del rotor puede ser, por ejemplo, un freno de disco o un freno de cinta. El freno del rotor está adaptado para frenar el eje del rotor. Normalmente, el frenado se lleva a cabo mecánicamente.

35 El freno del rotor tiene varias funciones. Una aplicación del freno es durante una parada. El freno funciona normalmente como un freno de estacionamiento durante periodos de mantenimiento y de reparación. El freno del rotor puede ser utilizado como un freno operativo. Por lo tanto, el freno mecánico del rotor puede ser utilizado como un segundo sistema independiente de frenado además de un frenado aerodinámico del rotor.

40 Para garantizar que el concepto de seguridad que comprende el freno del rotor está operativo, el freno tiene que ser comprobado. Esto se lleva a cabo, normalmente, a intervalos predeterminados de tiempo tal como anual o mensualmente. Un procedimiento estándar de comprobación hace que los resultados de la comprobación sean reproducibles y fiables.

45 Según las realizaciones descritas en el presente documento, varias condiciones pueden ser relevantes para la comprobación del freno de disco. A continuación, se explicarán cuatro condiciones con más detalle que pueden ser relevantes para la comprobación. En la Figura 3 se muestra un dibujo esquemático de estas condiciones. Se deben cumplir una o más condiciones mostradas en la Figura 3 para iniciar la comprobación. Esto se indica por medio de los signos más entre paréntesis en la Figura 3. Según algunas realizaciones, la comprobación solo se inicia si se cumplen las cuatro condiciones.

50 La primera condición 310 está relacionada con la potencia real. El nivel de potencia del sistema de energía eólica debe ser entre 0,4 y 1,2 multiplicado por la potencia nominal, normalmente entre 0,6 y 1,0 multiplicado por la potencia nominal. Esto garantiza que la turbina eólica opere de forma precisa, lo que es necesario para el funcionamiento correcto de la comprobación del freno. Se debe entender la expresión "potencia nominal" en este contexto como un nivel de potencia en el que el rendimiento energético alcanza su máximo. La potencia nominal depende en gran medida del diámetro del rotor.

55 La segunda condición 320 es acerca de la fluctuación de la potencia media. En este contexto, el término "fluctuación" hace referencia a una variación en una cierta cantidad, por ejemplo, la potencia o la velocidad del viento, con respecto a su media espacial o temporal. Más matemáticamente, el término fluctuación hace referencia a la desviación típica relativa a la potencia nominal. Esta fluctuación debe ser inferior típicamente a un 30%, más típicamente a un 20% y aún más típicamente a un 10% en un intervalo predeterminado de tiempo, tal como típicamente en los últimos 15 min., más típicamente en los últimos 10 min. Para la medición correcta es deseable

que haya condiciones casi constantes. Además, las condiciones deben ser aproximadamente las mismas en cada comprobación de freno.

5 La tercera condición 330 está relacionada con la fluctuación de la velocidad del viento. Esta fluctuación tiene que ser menor que un valor predeterminado que es típicamente un 30%, más típicamente un 20% y aún más típicamente un 10% durante los últimos 15 min, más típicamente durante los últimos 10 min. Para un funcionamiento seguro y apropiado del freno es deseable que la condición de la velocidad del viento sea bastante constante.

10 Otra condición 340 está relacionada con el ángulo de paso. El control del ángulo de paso permite un control sensato y estable de una captura de la potencia aerodinámica y de la velocidad del rotor. Dado que la potencia media debe ser constante en un intervalo 320, la velocidad del viento también debe ser constante debido a que la potencia depende de la velocidad del viento. El ángulo de paso debe ser constante dado que el nivel de la potencia es normalmente inferior a la potencia nominal en este intervalo operativo.

15 Según las realizaciones descritas en el presente documento, la comprobación 350 del freno de disco se inicia normalmente cuando se cumplen una o más de las condiciones descritas anteriormente. Según las otras realizaciones descritas en el presente documento, la comprobación 350 del freno de disco se inicia normalmente cuando se cumplen todas las condiciones descritas anteriormente.

20 En las Figuras 4a y 4b se muestran las etapas para llevar a cabo la comprobación del freno según dos realizaciones distintas descritas en el presente documento. Durante la operación de la turbina eólica, se aplica el freno que ha de ser comprobado en la etapa 410. En vez de iniciar la comprobación con un nivel muy bajo de potencia, como es necesario en el estado de la técnica, se puede mantener el nivel de potencia en un estado eficiente mientras que se comienza a aplicar el freno. Como un beneficio adicional, esto garantiza también que el freno no solo funcione a niveles reducidos de potencia, sino también a niveles elevados de potencia. La comprobación revela resultados significativos y la producción de potencia se mantiene en un intervalo aceptable durante la comprobación.

25 Cuando se aplica el freno de disco, el punto de referencia del controlador de la velocidad está fijado a la velocidad real en la etapa 420. Por otra parte, se eliminan los límites del par del generador en la etapa 430. Normalmente, se acometen de forma síncrona la fijación del punto de referencia del controlador de la velocidad a la velocidad real y la liberación de los límites del par. Es posible regular la velocidad del rotor y la potencia de salida mediante el uso de variable de control "par del generador", que es común en la mayoría de las grandes turbinas eólicas. Dado que se eliminan los límites del par y se fija el controlador de la velocidad, cambian el par del generador y, por consiguiente, el la producción real de potencia.

30 Cuando se completan las etapas descritas con referencia a los números 410, 420 y 430, se mide el par del generador. En el caso de un freno en funcionamiento, se detectará una reducción del par del generador (etapa 440). La reducción del par del generador hace referencia al par ejercido por el freno.

35 Según otras realizaciones descritas en el presente documento, como se muestra en la Figura 4b, si se completan las etapas descritas con referencia a los números 410, 420 y 430, se mide la potencia real generada por el generador. En el caso de un freno en funcionamiento, se detectará una reducción de la potencia real (etapa 445). Al medir la reducción de la potencia real, se pueden llevar a cabo conclusiones acerca del funcionamiento del freno. Esto se lleva a cabo, normalmente, al calcular el cambio en el par del generador y/o del freno.

40 En la Figura 5a se muestra el diagrama de flujo del procedimiento de comprobación de la funcionalidad del freno del rotor según las realizaciones descritas en el presente documento. En primer lugar, como se ha mencionado anteriormente, se deben cumplir una o más de las condiciones 310, 320, 330 y 340 para iniciar la comprobación. Si no se cumple ninguna de las condiciones, es normal que se posponga la comprobación hasta que se cumplan una o más de las condiciones. Para hacerlo, normalmente se comprueba a intervalos predeterminados de tiempo o continuamente si se cumplen las condiciones. Esto se indica por medio de la flecha denotada con el signo 405 de referencia.

45 Según las realizaciones descritas en el presente documento, se puede aplicar el freno que va a ser comprobado 410. El punto de referencia del controlador de la velocidad está fijado a la velocidad real en la etapa 420. Por otra parte, se eliminan los límites de par del generador en la etapa 430. Se mide el par del generador y se debe determinar una reducción del par del generador en la etapa 440. Según las realizaciones descritas en la Figura 5b, en la etapa 445 no se mide el par del generador, sino la potencia real. En la etapa 520 se puede extraer una conclusión acerca del par aplicado por el freno a partir del valor del par real del generador (la realización según la Fig. 5a) o a partir del valor medido de la potencia real (la realización según la Fig. 5b). Esto puede ser beneficioso porque el valor del par del freno puede ser comparado con los valores de otros frenos. Esto permite, por ejemplo, una estadística del número significativo de frenos.

55 Normalmente, se compara el valor determinado del par del generador con un valor umbral predeterminado, como se muestra en la etapa 530 de la realización descrita con respecto a la Fig. 5. La comparación es llevada a cabo por una unidad de cálculo adaptada para comparar los valores umbral de tiempo y de par con los valores reales medidos de tiempo y de par.

Según otras realizaciones descritas en el presente documento, como se ilustra en la Figura 5b, se compara el valor determinado de la potencia real con un valor umbral para la potencia real 535. La comparación es realizada por una unidad de cálculo adaptada para comparar los valores umbral de tiempo y de potencia con los valores reales de tiempo y de potencia.

5 Normalmente, se mide el tiempo desde el inicio de la comprobación. Por lo tanto, se puede determinar el intervalo de tiempo que es necesario para llevar el par del generador hasta un cierto nivel al aplicar el freno. Un valor umbral predeterminado del tiempo permite una comparación con el tiempo medido desde el inicio de la comprobación. Los valores umbral típicos de tiempo se encuentran en el intervalo desde 10 segundos hasta 10 minutos, más normalmente entre 30 segundos y 5 minutos.

10 Con referencia a las realizaciones ilustradas con respecto a la Fig. 5a, se tiene que repetir la medición del par del generador siempre que el valor medido del par del generador sea mayor que el valor umbral del par. Esto se muestra por medio de la flecha 560 que indica este bucle. En este contexto, "se repite la medición" hace referencia a la medición continua del par del generador o a la medición reiterada del par del generador después de ciertos intervalos de tiempo. Los intervalos típicos de tiempo están entre 0,1 segundos y 30 segundos, más típicamente entre 1 segundo y 10 segundos. Si el valor medido del par del generador es igual o menor que el valor umbral del par del generador, se medirá el tiempo desde el comienzo de la comprobación. En la etapa 540 se compara el valor de tiempo con un valor umbral predeterminado de tiempo.

20 Con referencia a las realizaciones ilustradas con respecto a la Fig. 5b, la medición de la potencia tiene que ser repetida siempre que el valor medido de potencia del generador sea mayor que el valor umbral de potencia. Esto se muestra por medio de la flecha 560 que indica este bucle. En este contexto, "se repite la medición" hace referencia a la medición continua del par del generador o a la medición reiterada del par del generador después de ciertos intervalos de tiempo. Los intervalos típicos de tiempo se encuentran entre 0,1 segundos y 30 segundos, más típicamente entre 1 segundo y 10 segundos. Si el valor medido de la potencia es igual o menor que el valor umbral de la potencia, se medirá el tiempo desde el inicio de la comprobación. En la etapa 540 se compara el valor de la comprobación con un valor umbral predeterminado de tiempo.

25 Si el valor de tiempo se encuentra en el intervalo del valor umbral de tiempo, el freno está bien y se puede terminar la comprobación. Si el valor de tiempo supera el valor umbral de tiempo, esto puede tener como resultado diversas consecuencias. Según algunas realizaciones, se repetirá la comprobación para excluir la posibilidad de una comprobación errónea en vez de un freno averiado. Por ejemplo, es posible repetir la comprobación una o dos veces antes de parar el sistema de energía eólica y de iniciar el mantenimiento. Según otras realizaciones, se para el sistema de energía eólica inmediatamente después de malos resultados de comprobación y se inicia el mantenimiento. En general, se puede iniciar el mantenimiento al enviar un mensaje de alarma a la empresa explotadora del sistema de energía eólica.

30 Normalmente, se representarán visualmente los resultados de la comprobación en una salida de datos, tal como un medio de visualización o una impresora de una unidad de control del sistema de energía eólica. Un usuario, tal como un técnico de mantenimiento, puede averiguar todos los detalles acerca de la comprobación utilizando una entrada y una salida de la unidad de control del sistema de energía eólica. La unidad de control puede incluir, además, una unidad de almacenamiento, tal como una unidad de disco duro, para almacenar detalles acerca de las comprobaciones.

35 Normalmente, se lleva a cabo la comparación de los valores medidos con los valores umbral por medio de una unidad de cálculo. La unidad de cálculo puede ser parte de la unidad de control del sistema de energía eólica. Además, se puede calcular el valor umbral de la medición de la potencia real al igual que del par del generador por medio de la unidad de cálculo. Los valores umbral de la potencia y del par reales del generador dependen en gran medida de las condiciones en el inicio de la comprobación. Por ejemplo, el valor umbral de potencia varía con la potencia real en el inicio de la comprobación del freno. Dado que la comprobación se inicia normalmente con un nivel de potencia entre 0,4 y 1,2 multiplicado por la potencia nominal, más normalmente entre 0,6 y 1,0 multiplicado por la potencia nominal, se debe determinar el valor umbral de potencia real dependiendo de la potencia real medida antes de iniciar la comprobación. El valor umbral de potencia es, por ejemplo, distinto cuando se inicia la comprobación a 0,6 veces la potencia nominal o se inicia a 0,9 veces la potencia nominal. Lo mismo es válido para el valor umbral de par.

40 El valor umbral de tiempo depende, en general, del valor umbral de par y/o del valor umbral de potencia. Por ejemplo, hace referencia a una cierta diferencia entre el valor del par en el inicio y el valor del par en el momento de la medición. De forma alternativa, puede hacer referencia a una cierta diferencia entre el valor de potencia en el inicio y el valor de potencia en el momento de la medición. Esta cierta diferencia podría ser, por ejemplo, el porcentaje de reducción del par o de la potencia.

45 Estos valores umbral difieren entre construcciones de las turbinas eólicas. Además, los valores umbral dependen de la situación en la que se inicia la comprobación del freno, por ejemplo, el nivel de potencia, la velocidad del viento o similares.

El sistema de energía eólica está dotado de sensores y dispositivos de control y de medición. Por ejemplo, el sistema de energía eólica incluye un dispositivo de medición del par del generador, un controlador de la velocidad con la posibilidad de fijar un punto de referencia del controlador de la velocidad, un control del paso y similares.

5 Según realizaciones típicas descritas en el presente documento, no se requieren necesariamente sensores, dispositivos de medición o dispositivos de control adicionales para comprobar el par del freno, por ejemplo, por razones de seguridad. Los sensores y los dispositivos de medición necesarios para llevar a cabo los procedimientos según las realizaciones descritas en el presente documento ya están incorporados normalmente en el sistema de energía eólica y son aplicados para su operación. El mal funcionamiento de uno de los dispositivos de medición o de control ya tendría como resultado una parada de la turbina. Si la turbina está en funcionamiento, la comprobación es fiable. Por lo tanto, los resultados de la comprobación son muy fiables.

10 Según realizaciones típicas descritas en el presente documento, el freno solo se aplica hasta que se alcanza un cierto valor de par del generador. Es decir, el freno solo se aplica durante un intervalo específico de tiempo. Este intervalo de tiempo está normalmente entre 1 segundo y 30 segundos, más normalmente entre 1 segundo y 10 segundos, aún más normalmente entre 1 segundo y 5 segundos. Por lo tanto, no se somete a esfuerzos a la pastilla de freno durante mucho tiempo. Además, el breve periodo de aplicación reduce el par y la carga térmica que deben ser absorbidos por la transmisión. Esto tiene como resultado una mayor vida útil del freno en la turbina eólica y, por lo tanto, menores costes durante la vida útil de la turbina eólica debido a una menor necesidad de mantenimiento y a tiempos más breves de reparación. Además, el efecto tiene como resultado una mejor operación de la transmisión, dado que se reducen las cargas que son responsables de varios daños de la transmisión. El arranque y la parada del rotor suponen cargas especiales y casos de carga. Estas cargas tienen una influencia sobre la fatiga del sistema de energía eólica. La comprobación del freno según las realizaciones descritas en el presente documento evita la parada total del rotor. Al haber reducido estas cargas, se puede esperar que la vida útil de la transmisión sea mayor. De ese modo, el tiempo de uso del sistema de energía eólica también puede ser más prolongado como resultado de menores fluctuaciones de esfuerzos.

25 Además, según realizaciones típicas descritas en el presente documento, se reducirá el tiempo de inactividad de la turbina eólica. Iniciar la comprobación con un mayor nivel de potencia y evitar que el par del generador tenga que ser anulado completamente por el freno, aumenta la producción energética total. No solo se aumenta la producción energética, sino que también es más constante, debido a que los picos de alto y bajo rendimiento no son tan extremos como lo son sin el procedimiento indirecto de comprobación del freno descrito en el presente documento. Es deseable una la producción energética constante, en particular en el sector de la energía eólica. Por lo tanto, el procedimiento de medición indirecta tiene como resultado una mayor eficacia de la turbina eólica y una mayor fiabilidad.

30 El procedimiento de comprobación para frenos en un sistema de energía eólica como se describe en el presente documento puede ser beneficioso para la vida útil de la turbina eólica. Debido al menor intervalo de tiempo en comparación con comprobaciones conocidas en la técnica y debido a la reducción del par del generador hasta normalmente un valor umbral no nulo, la fuerza aplicada desde el freno utilizando la comprobación de medición indirecta es menor que utilizando las comprobaciones conocidas. Por lo tanto, se reducirán las cargas en la transmisión. Por ejemplo, cuando se utiliza el freno hasta la parada del rotor, las cargas máximas que aparecen son inevitablemente mayores que cuando el freno solo tiene que reducir el par del generador un porcentaje. El efecto ahorrará costes y material. Según realizaciones típicas descritas en el presente documento, el procedimiento de medir indirectamente la calidad del freno provoca menos detecciones erróneas de pastillas desgastadas de freno. La sustitución de una pastilla de freno probablemente desgastada no solo genera costes durante la parada y costes para la nueva pastilla de freno, sino también costes de mano de obra para cambiar la pastilla de freno.

45 Dado que una etapa de las realizaciones descritas en el presente documento es fijar el punto de referencia del controlador de la velocidad a la velocidad real, la velocidad del viento y un cambio moderado de la velocidad del viento, tal como hasta un 30% de la velocidad del viento, no influye sobre la comprobación del freno.

El procedimiento de comprobación del freno del rotor de un sistema de energía eólica descrito en el presente documento permite la determinación del par aplicado por el freno. Este puede calcularse a partir de la información dada por el par medido del generador o la potencia real medida. Normalmente, se puede dar por sentado que —con la condición de que el par extraído del viento permanezca invariable— la suma del par del generador y el par de frenado son constantes. Por lo tanto, en estas condiciones, la reducción del par en el generador hace referencia a un aumento del par en el freno con el valor absoluto idéntico. Por lo tanto, al medir el par del generador, es posible una evaluación del par aplicado por el freno y se puede extraer una conclusión acerca del funcionamiento del freno. La información de la funcionalidad del freno permite una conclusión acerca de la calidad y de la capacidad de funcionamiento del freno del rotor.

55 Según realizaciones típicas descritas en el presente documento, se proporciona un sistema de energía eólica que incluye un rotor con un freno del rotor. Además, se proporciona una unidad de cálculo adaptada para comparar dos valores umbral con valores reales. Estos valores sirven para una comprobación del freno del rotor. Un valor umbral es un valor umbral de par, que es comparado con un valor medido del par, o un valor umbral de potencia, que es

comparado con un valor medido de la potencia. El otro valor es normalmente un valor umbral de tiempo que es comparado con un valor medido del tiempo.

5 Con la aplicación del freno, la aplicación del controlador de la velocidad y la etapa de liberación de los límites del par, se reducirá el par del generador. Esta reducción tiene lugar en un cierto intervalo de tiempo. Al comparar los valores umbral del par, alternativamente de la potencia real, y los valores umbral del tiempo con los valores reales de estos parámetros, se puede extraer una conclusión acerca de la funcionalidad del freno.

10 Según las realizaciones típicas descritas en el presente documento, la unidad de cálculo es alimentada por un medio legible por un ordenador que incluye la información que necesita la unidad de cálculo para ejecutar la etapa del procedimiento descrito anteriormente. Normalmente, la unidad de cálculo determina los valores umbral para el tiempo y el par. Según las realizaciones descritas en el presente documento, la unidad de cálculo calcula los valores umbral de la potencia y del tiempo reales. La unidad de cálculo está adaptada para comparar los valores umbral con valores medidos.

15 Además, el medio legible por un ordenador incluye información acerca de la determinación de los dos valores umbral, que están definidos de antemano y dependiendo de la situación en la que se inició la comprobación. Por ejemplo, el valor umbral del par del generador, con el que se acabó la comprobación, depende del hecho de si se inicia la comprobación del freno del rotor a un nivel de potencia de 0,6 veces la potencia nominal o a un nivel de potencia de 1,0 veces la potencia nominal.

20 La presente descripción escrita utiliza ejemplos para divulgar la invención, incluyendo el modo preferente, y también para permitir que cualquier experto en la técnica realice y utilice la invención. Aunque se ha descrito la invención en términos de diversas realizaciones específicas, los expertos en la técnica reconocerán que se puede poner en práctica la invención con una modificación dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un procedimiento de medición de la funcionalidad de un freno (220) de rotor de un sistema (100) de energía eólica, estando instalado dicho freno (220) de rotor entre un cubo (130) del rotor y un generador (230), **caracterizado** dicho procedimiento **porque** determina el par del freno al aplicar el freno (220) del rotor y al medir el par (440) del generador o al medir la potencia real (445) del sistema (100) de energía eólica.
2. El procedimiento según cualquier reivindicación precedente, en el que el freno (220) del rotor es un freno de disco o un freno de cinta.
3. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende, además, la liberación de un límite (430) del par del generador (230).
- 10 4. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende, además, fijar un punto de referencia del controlador de la velocidad a la velocidad real (420) del sistema (100) de energía eólica.
5. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende, además, determinar uno o más del nivel de potencia, del valor de fluctuación de la potencia, del valor de fluctuación de la velocidad del viento, y de la fluctuación del ángulo de paso.
- 15 6. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que antes de determinar el par del freno se comprueban una o más de las siguientes condiciones:
 - el nivel de potencia se encuentra entre 0,4 y 1,2 veces la potencia nominal del sistema de energía eólica (310);
 - 20 la fluctuación de la potencia durante un intervalo predeterminado de tiempo es inferior al 30% (320);
 - la fluctuación de la velocidad del viento durante un intervalo predeterminado de tiempo es inferior al 30% (330); y
 - el ángulo de paso de las palas del rotor es constante (340);
 - en el que el intervalo predeterminado de tiempo es, preferentemente, de entre 5 y 15 minutos.
- 25 7. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que bien se reduce, se mide y se compara el par del generador con un valor umbral de par, o bien se reduce, se mide y se compara la potencia con un valor umbral de potencia.
8. Un medio legible por un ordenador que proporciona instrucciones que, cuando son ejecutadas por una plataforma informática, provocan que dicha plataforma informática lleve a cabo operaciones, comprendiendo dichas operaciones el procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones precedentes.
- 30 9. Un sistema (100) de energía eólica que tiene
 - un rotor con al menos una pala (140) de rotor;
 - un freno (220) de rotor para frenar el rotor;
 - un generador (230), estando instalado dicho freno (220) del rotor entre un cubo (130) del rotor y el generador (230); y
 - 35 una unidad (260) de cálculo adaptada para medir la funcionalidad del freno (220) del rotor al implementar el procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7.

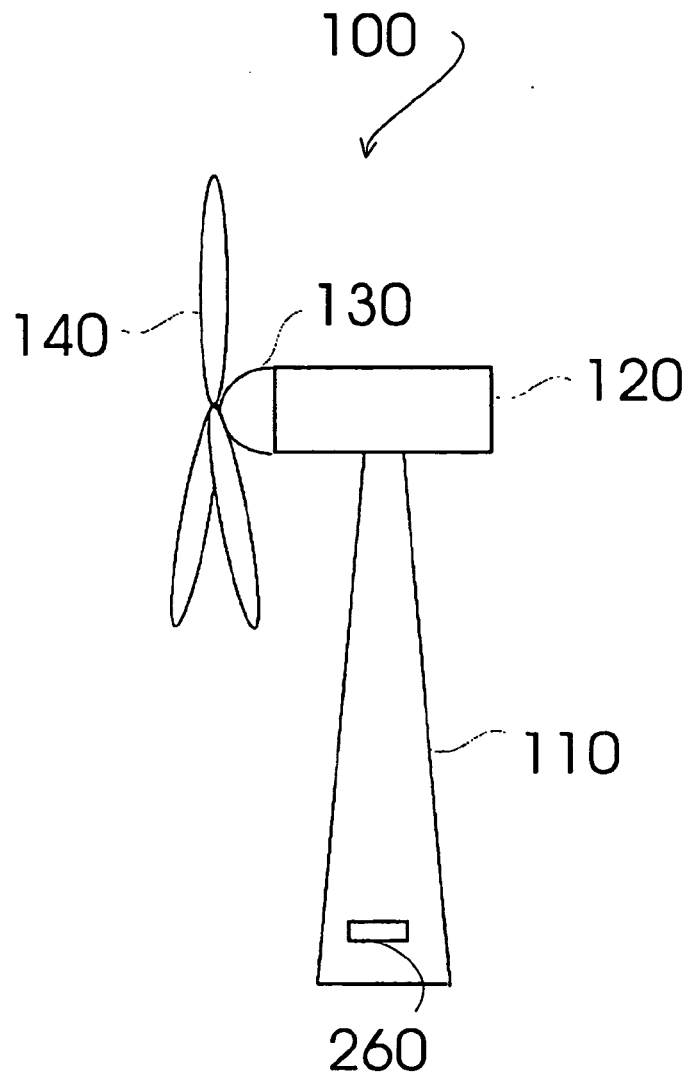


FIG 1

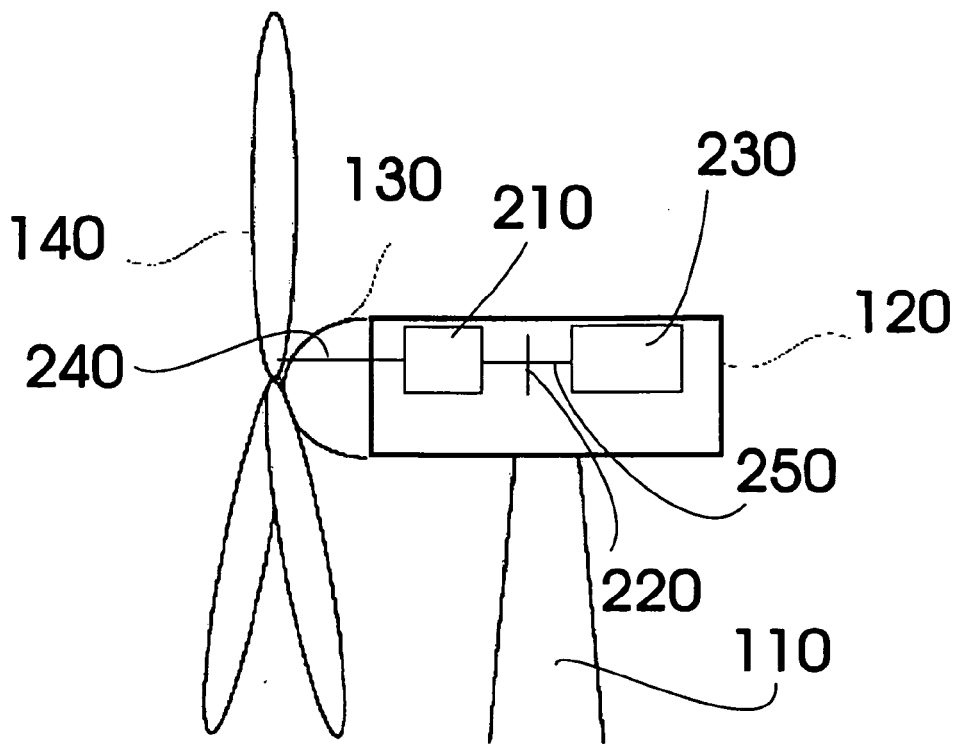


FIG 2

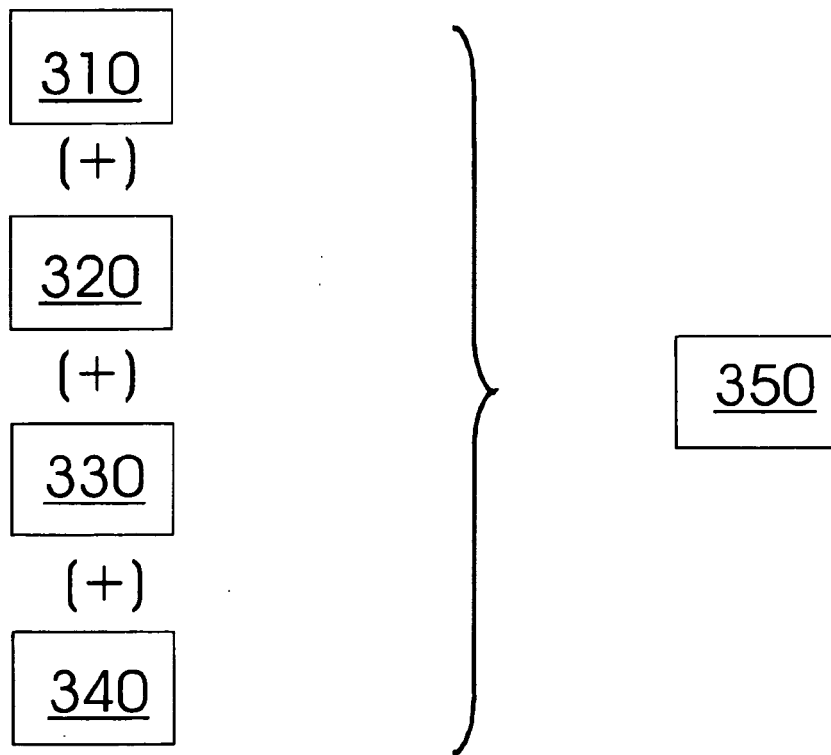


FIG 3

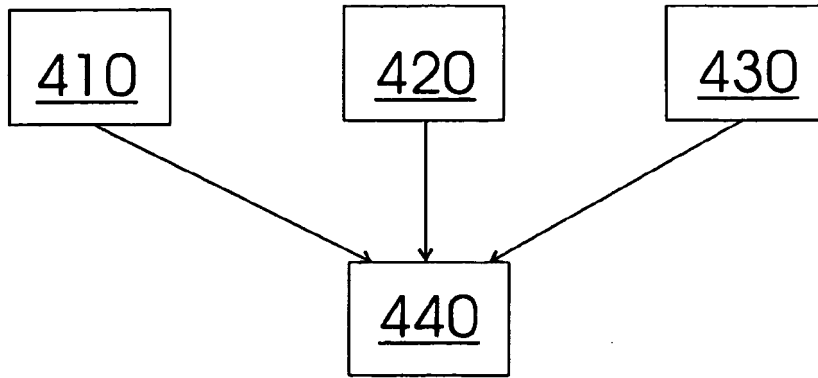


FIG 4a

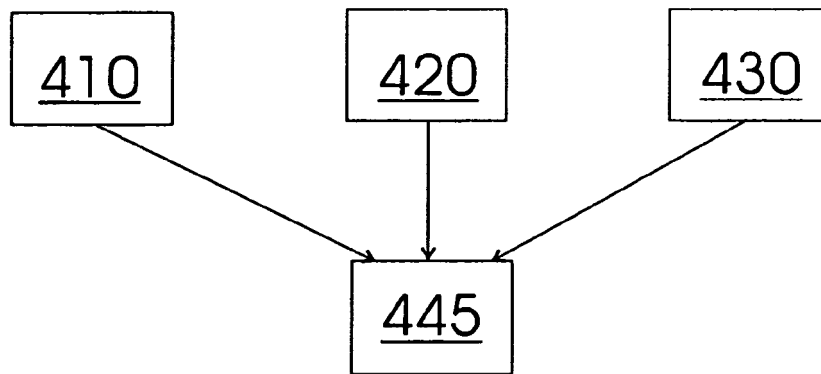


FIG 4b

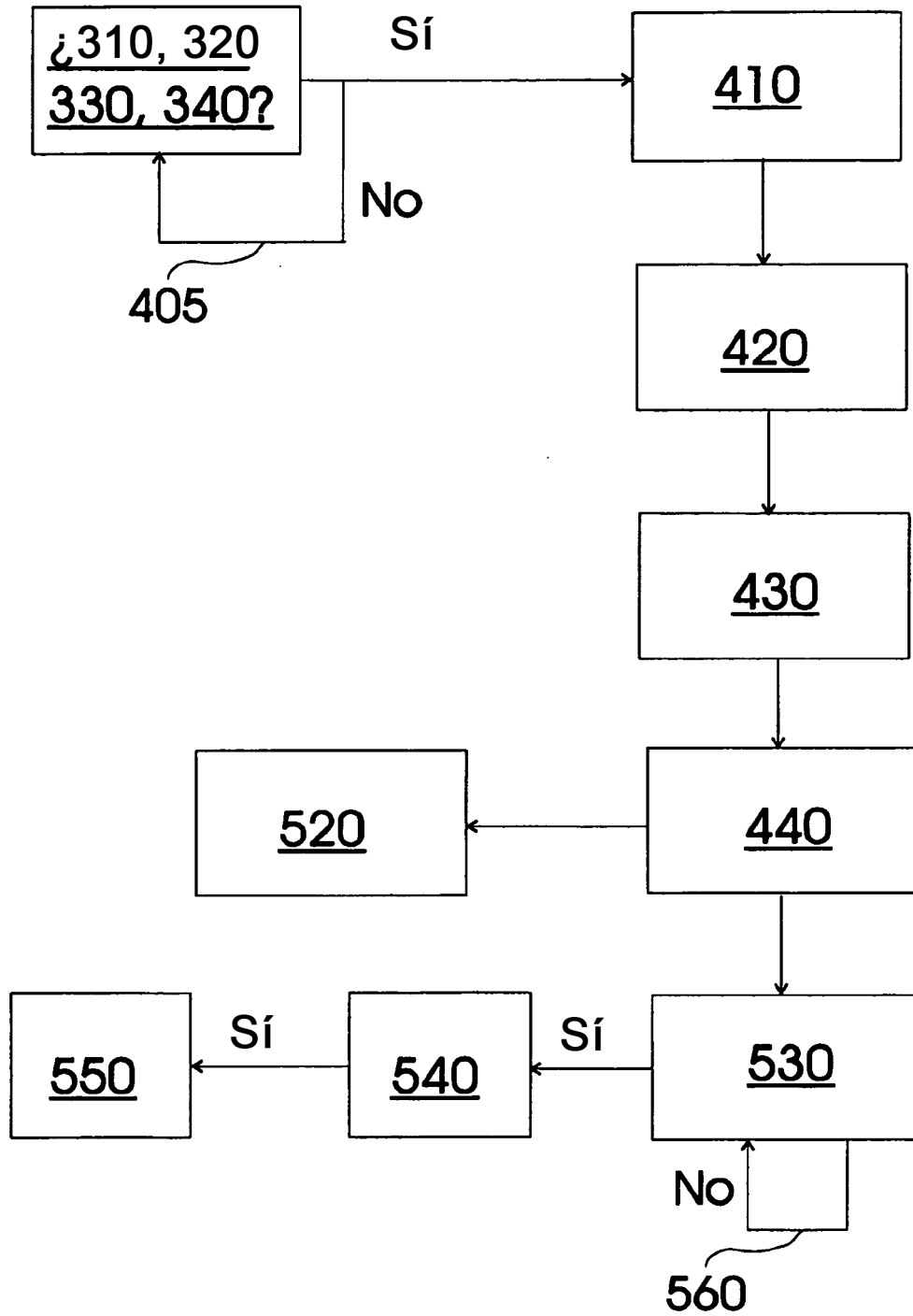


FIG 5a

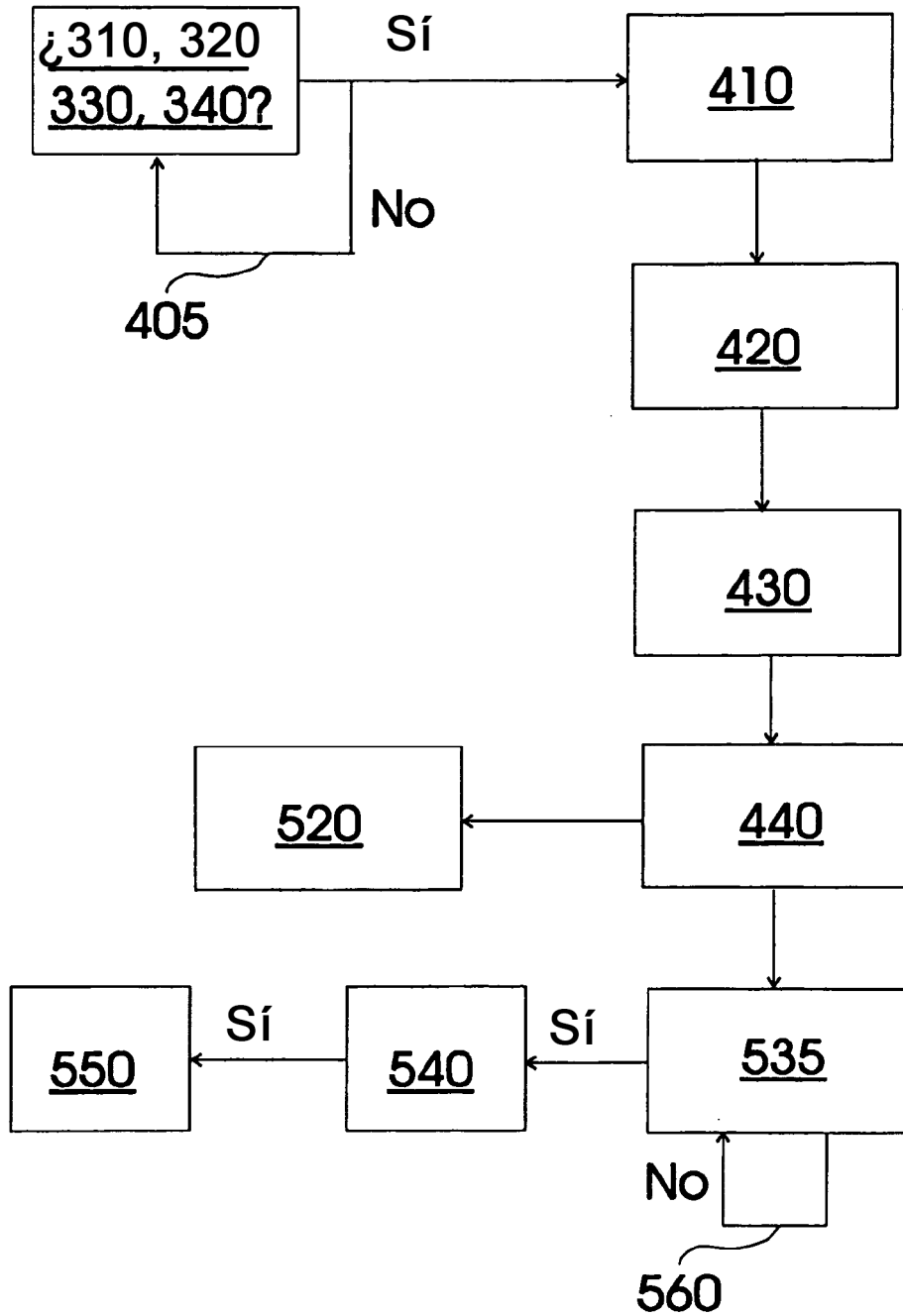


FIG 5b