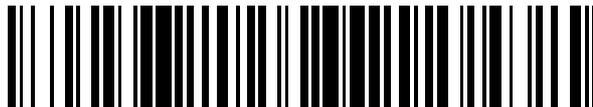


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 640 896**

51 Int. Cl.:

**F03D 7/04**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.02.2009 PCT/EP2009/051968**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.09.2009 WO09109467**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.02.2009 E 09716992 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.08.2017 EP 2263004**

54 Título: **Sistema de control y método para el control redundante de una turbina eólica**

30 Prioridad:

**07.03.2008 DK 200800342  
07.03.2008 US 34662**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**07.11.2017**

73 Titular/es:

**VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)  
Hedeager 42  
8200 AARHUS N, DK**

72 Inventor/es:

**ORMEL, FRANK**

74 Agente/Representante:

**ARIAS SANZ, Juan**

**ES 2 640 896 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Sistema de control y método para el control redundante de una turbina eólica

**Campo de la invención**

5 La presente invención se refiere a un sistema de control y a un método para controlar el funcionamiento de una turbina eólica. Más particularmente, el sistema de control según la invención permite estrategias de control redundante que van a usarse cuando se controla la turbina eólica. De ese modo, la turbina eólica puede controlarse de manera óptima, o de manera casi óptima, durante un tiempo de funcionamiento prolongado. La presente invención se refiere además a una turbina eólica que tiene un sistema de control tal como se definió anteriormente.

**Antecedentes de la invención**

10 Las turbinas eólicas se controlan normalmente según una estrategia de control basada en uno o más parámetros de control medidos, tales como velocidad del viento, dirección del viento, etc. Por consiguiente, un sistema de control usado para controlar el funcionamiento de una turbina eólica se conecta normalmente a uno o más sensores, disponiéndose cada sensor para medir un parámetro de control específico.

15 En la mayoría de los casos, los parámetros de control se miden por medio de sensores independientes que miden cantidades que no tienen un impacto directo sobre los componentes de la turbina eólica. Por ejemplo, la velocidad del viento se mide a menudo por medio de un sensor de velocidad del viento, tal como un anemómetro de cazoletas o un sensor de viento ultrasónico, situado en la parte superior de la góndola de la turbina eólica o en una posición independiente en las proximidades de la turbina eólica. Un sensor de velocidad del viento de este tipo mide la  
20 velocidad del viento en un único punto, y por tanto una medición de este tipo no es necesariamente representativa de la velocidad del viento que se produce en el campo de viento del plano de rotación completo de las palas de rotor de la turbina eólica. Además, en el caso de que el sensor de velocidad del viento se disponga en la parte superior de la góndola, el valor medido de la velocidad del viento puede verse influido por alteraciones en el campo de viento producidas por las palas de rotor. Por consiguiente, fiarse de tales valores medidos de la velocidad del viento cuando se controla el funcionamiento de la turbina eólica introduce un cierto nivel de falta de fiabilidad, haciendo  
25 difícil de ese modo, o incluso imposible, controlar la turbina eólica de manera óptima.

Por tanto, es deseable poder controlar la turbina eólica basándose en parámetros de control obtenidos de una manera más fiable.

30 A veces, es difícil o imposible obtener valores fiables de un parámetro de control preferido. Esto puede ser, por ejemplo, porque el sensor usado para medir el parámetro de control esté averiado, o porque las condiciones de funcionamiento sean tales que el sensor no funcione de manera fiable, por ejemplo debido a la niebla, lluvia torrencial o nieve, formación de hielo, etc. En este caso, es deseable poder controlar el funcionamiento de la turbina eólica según una estrategia de control basada en otro parámetro de control que puede medirse de manera fiable.

35 El documento GB 2 067 247 da a conocer una turbina eólica que tiene sondas de presión montadas en la superficie de las palas de rotor para determinar la energía eólica en el plano de rotor. Las indicaciones de las sondas de presión se usan durante el funcionamiento normal de la turbina eólica. Se coloca un anemómetro en la parte superior de la góndola para medir la velocidad del viento en la parte superior de la góndola. El anemómetro se usa para el control de la turbina eólica fuera del intervalo de funcionamiento de la turbina, cuando la turbina está parada debido a la ausencia de viento o en caso de tormenta. Sin embargo, el anemómetro presenta los inconvenientes descritos anteriormente, es decir, sólo mide la velocidad del viento en un punto y la medición puede verse alterada  
40 por la rotación de las palas de rotor. Por consiguiente, los valores medidos desde el anemómetro no pueden usarse para controlar la turbina eólica según una estrategia de control que requiere información precisa en cuanto al impacto físico sobre la turbina eólica.

45 El documento WO 2006/069573 da a conocer una turbina eólica que comprende equipos bajo control. La turbina eólica comprende al menos un sistema de control para uno o más de los componentes principales de la turbina eólica. El sistema de control se multiplica por al menos un sistema de control adicional para controlar los mismos de dichos equipos bajo control. Es posible conmutar entre usar los sistemas de control primero y segundo, y se obtiene de ese modo redundancia. Sin embargo, los sistemas de control monitorizan el/los mismo(s) parámetro(s) de control, y la estrategia de control aplicada no se cambia por tanto cuando se realiza una conmutación de un sistema de control a otro, es decir el funcionamiento de la turbina eólica se controla basándose un parámetro de control dado,  
50 independientemente de cuál de los sistemas de control se use.

55 El documento WO 2005/111414 A1 da a conocer un método para controlar las palas de rotor de un sistema de energía eólica, en el que se detecta el estado de tensión o alargamiento de una pala de rotor de la estación de energía eólica por medio de un método de fibra óptica y/o piezoeléctrico y se activa una señal de alarma dependiendo de la señal de detección resultante, y/o se controla la posición relativa de la pala de rotor. El método de fibra óptica y/o piezoeléctrico se monitoriza por medio de un método basado en la comparación de espectros de señales de reflexión, paso, oscilación natural o resonancia.

**Descripción de la invención**

Es un objeto de la invención proporcionar un sistema de control para controlar el funcionamiento de una turbina eólica, proporcionando el sistema de control dos estrategias de control diferentes e independientes basadas en impactos reales sobre componentes de la turbina eólica.

- 5 Es un objeto más de la invención proporcionar un sistema de control para controlar el funcionamiento de una turbina eólica, permitiendo el sistema de control que se optimice la producción de energía desde la turbina eólica durante un tiempo de funcionamiento prolongado en comparación con sistemas de control conocidos.

10 Es un objeto incluso adicional de la invención proporcionar una turbina eólica que puede controlarse de tal manera que puede optimizarse la producción de energía desde la turbina eólica durante un tiempo de funcionamiento prolongado en comparación con turbinas eólicas conocidas.

Es un objeto incluso adicional de la invención proporcionar un método de control del funcionamiento de una turbina eólica, permitiendo el método que se optimice la producción de energía desde la turbina eólica durante un tiempo de funcionamiento prolongado en comparación con métodos de control conocidos.

15 Según un primer aspecto de la invención los objetos anteriores y otros se cumplen proporcionando un sistema de control para controlar el funcionamiento de una turbina eólica, según la reivindicación 1.

20 El sistema de control comprende un primer sensor dispuesto para tomar muestras o medir de manera continua un primer valor físico, y un segundo sensor dispuesto para tomar muestras o medir de manera continua un segundo valor físico. En el presente contexto, la expresión "tomar muestras" debe interpretarse que significa medir el valor físico en intervalos de tiempo discretos. La expresión "medir de manera continua" debe interpretarse que significa monitorizar el valor físico, obteniendo de ese modo mediciones continuas del valor físico. Por tanto, el primer valor físico y el segundo valor físico se miden cada uno por medio del primer/segundo sensor para obtener mediciones continuas o discretas del primer/segundo valor físico.

25 El primer valor físico es representativo de un primer impacto físico sobre un componente de la turbina eólica. El componente puede ser una construcción de torre o una parte de una construcción de torre, una o más palas de rotor, una disposición de engranajes, uno o más ejes de rotación, un generador, una góndola, una disposición de guiñada o parte de una disposición de guiñada, y/o cualquier otro componente adecuado que forme parte de la turbina eólica. En el presente contexto, el término "impacto físico" debe interpretarse que significa algo, por ejemplo una fuerza, que afecta físicamente al componente en respuesta al viento que actúa sobre la turbina eólica. Esto es en contraposición a medir parámetros que no afectan directamente al componente, por ejemplo medir la velocidad del viento en un punto específico cerca de la turbina eólica por medio de un anemómetro o un sensor de viento ultrasónico, o medir la dirección del viento por medio de una veleta o un sensor de viento ultrasónico. Por tanto, el primer valor físico refleja impactos reales experimentados por un componente relevante de la turbina eólica, y es representativo de ese modo de lo que está teniendo lugar realmente en la turbina eólica durante el funcionamiento.

35 De manera similar, el segundo valor físico es representativo de un segundo impacto físico sobre un componente de la turbina eólica. Debe indicarse que el componente afectado por el segundo impacto físico no es necesariamente el mismo que el componente afectado por el primer impacto físico, aunque esto no se descarta. Sin embargo, el segundo valor físico difiere del primer valor físico, y preferiblemente el segundo impacto físico difiere del primer impacto físico, en el mismo sentido en que el segundo valor físico no tiene la misma naturaleza que el primer valor físico.

40 Basándose en el primer valor físico, se obtiene un primer parámetro de control, y, basándose en el segundo valor físico, se obtiene un segundo parámetro de control, siendo dicho segundo parámetro de control distinto del primer parámetro de control. Por tanto, el segundo parámetro de control difiere del primer parámetro de control en el mismo sentido en que los parámetros de control pueden usarse para controlar el funcionamiento de la turbina eólica según dos estrategias de control diferentes e independientes. Los parámetros de control pueden ser simplemente los valores físicos medidos. De manera alternativa, los parámetros de control pueden derivarse de los valores físicos medidos, por ejemplo por medio de cálculos o usando tablas de consulta obtenidas empíricamente.

50 Por tanto, las mediciones del primer sensor proporcionan una base para una primera estrategia de control, y las mediciones del segundo sensor proporcionan una base para una segunda estrategia de control, y ambas estrategias de control se basan en impactos físicos reales sobre la turbina eólica, es decir, en ambos casos el funcionamiento de la turbina eólica se controla basándose en lo que está sucediendo en realidad en la turbina eólica. Como consecuencia, el funcionamiento de la turbina eólica puede controlarse para obtener una producción de energía óptima, independientemente de cuál de las dos estrategias se elija. De ese modo, las dos estrategias de control pueden considerarse estrategias de control redundante, que permiten que se obtenga la producción de energía óptima de la turbina eólica durante un tiempo de funcionamiento prolongado.

55 El sistema de control está adaptado para conmutar selectivamente entre controlar el funcionamiento de la turbina eólica o bien basándose en el primer parámetro de control o bien basándose en el segundo parámetro de control. Esto puede realizarse durante la generación activa de energía, es decir, durante el funcionamiento normal de la

turbina eólica. Por tanto, incluso al tiempo que la turbina eólica está funcionando, es posible seleccionar la estrategia de control que sea más adecuada en las circunstancias dadas. Esto es muy ventajoso.

5 Controlar el funcionamiento de la turbina eólica basándose en el primer parámetro de control y controlar el funcionamiento de la turbina eólica basándose en el segundo parámetro de control pueden representar ventajosamente dos estrategias de control diferentes e independientes. Por tanto, conmutar selectivamente entre controlar el funcionamiento de la turbina eólica basándose en el primer parámetro de control y controlar el funcionamiento de la turbina eólica basándose en el segundo parámetro de control, corresponde a conmutar selectivamente entre dos estrategias de control diferentes, distintas e independientes.

10 El sistema de control puede comprender además medios para determinar la validez del primer valor físico obtenido por el primer sensor, y/o medios para determinar la validez del segundo valor físico obtenido por el segundo sensor. Además, el sistema de control puede determinar si un valor físico medido dado es válido o no y en qué medida. La validez de un valor físico proporciona una base importante para evaluar la fiabilidad de mediciones realizadas por el sensor correspondiente. Por ejemplo, puede preverse que determinadas condiciones, por ejemplo, determinadas condiciones meteorológicas, vuelvan poco fiables las mediciones de uno de los sensores, sin que afecte a las mediciones realizadas por el otro sensor. También puede preverse que esté averiado o roto uno de los sensores. En tales casos, puede seleccionarse ventajosamente una estrategia de control basada en el parámetro de control obtenido basándose en valores físicos medidos por el sensor no afectado. En el caso de que se determine que los valores físicos obtenidos por ambos sensores son válidos, se selecciona una de las estrategias de control según otros criterios. Finalmente, en el caso de que se determine que los valores físicos obtenidos por ambos sensores son inválidos/poco fiables, puede seleccionarse una tercera estrategia de control, o puede detenerse la turbina eólica hasta que puedan obtenerse de nuevo valores físicos válidos/fiables desde al menos uno de los sensores.

20 Por tanto, el sistema de control puede estar adaptado para conmutar selectivamente entre controlar el funcionamiento de la turbina eólica basándose en el primer parámetro de control y controlar el funcionamiento de la turbina eólica basándose en el segundo parámetro de control, basado en la validez determinada del primer valor físico y/o el segundo valor físico.

25 El primer valor físico o el segundo valor físico puede ser un par inducido en un árbol principal de la turbina eólica. Según esta realización, el primer/segundo impacto físico es la rotación del árbol principal en respuesta al viento que actúa sobre las palas de rotor de la turbina eólica, y el primer/segundo parámetro de control puede ser ventajosamente la velocidad de rotación del árbol principal. El par inducido en el árbol principal depende del campo de viento en la totalidad del plano completo barrido por las palas de rotor de la turbina eólica, y, por tanto, es una medida mucho más precisa para la velocidad del viento experimentada por o que impacta sobre la turbina eólica que una velocidad del viento medida en un único punto en o cerca de la turbina eólica. Por tanto, controlar el funcionamiento de la turbina eólica basándose en tales mediciones garantiza que la turbina eólica puede controlarse de manera óptima y precisa según las condiciones reales.

30 De manera alternativa o adicional, el primer valor físico o el segundo valor físico puede ser una tasa de energía producida por la turbina eólica. La tasa de energía producida por la turbina eólica también depende de la velocidad del viento/campo de viento a través del plano completo barrido por las palas de rotor. También depende del ángulo de paso de las palas de rotor, en el caso de que la turbina eólica sea una turbina eólica con control de paso. Puede usarse una tasa de energía medida como parámetro de control para controlar el ángulo de paso de las palas de rotor con el fin de obtener una producción de energía óptima.

35 De manera alternativa o adicional, el primer valor físico o el segundo valor físico puede ser una desviación de al menos una pala de rotor de la turbina eólica. La desviación de las palas de rotor es el resultado de la presión del viento aplicada a las palas a través del plano barrido por las palas de rotor. Esta presión del viento depende de la velocidad del viento/campo de viento, la dirección del viento, el ángulo de guiñada de la góndola y el ángulo de paso de las palas de rotor. Por consiguiente, uno o más de estos parámetros pueden derivarse de una medición de la desviación de una o más palas de rotor, posiblemente en combinación con información sobre algunos o todos los demás parámetros, por ejemplo, obtenida a partir de otras mediciones, y posiblemente usando tablas de consulta. La desviación de la pala de rotor es preferiblemente a lo largo de una dirección que es sustancialmente transversal al plano de rotor, es decir sustancialmente transversal al eje longitudinal de la pala y sustancialmente transversal a la dirección de movimiento de la pala durante el funcionamiento de la turbina eólica.

45 De manera alternativa o adicional, el primer valor físico o el segundo valor físico puede ser una deformación inducida en una pala de rotor. Tal deformación puede ser el resultado de una desviación de la pala de rotor tal como se describió anteriormente. La deformación puede medirse ventajosamente por medio de una galga extensométrica eléctrica u óptica dispuesta sobre o en la pala de rotor.

50 De manera alternativa o adicional, el primer valor físico o el segundo valor físico puede ser una posición desviada de una parte de punta de una pala de rotor. Según esta realización, un sensor relevante puede disponerse ventajosamente en o cerca de la punta de la pala de rotor. El sensor puede ser, por ejemplo, un galga extensométrica, un sensor de desviación, un sensor de sistema de posicionamiento global (GPS) o cualquier otro sensor adecuado que esté adaptado para medir la posición precisa de la punta de la pala de rotor. Tal como se

describió anteriormente, la posición desviada de la punta de la pala de rotor proporciona una indicación de la presión del viento que actúa sobre las palas de rotor a través del plano completo barrido por las palas de rotor.

5 De manera alternativa o adicional, el primer valor físico o el segundo valor físico puede ser una presión detectada en una superficie de una pala de rotor. Preferiblemente, la pala de rotor está dotada de al menos dos sensores de presión dispuestos en lados opuestos de un plano central de la pala de rotor. De ese modo, puede detectarse una diferencia de presión entre los lados opuestos del plano central. Esta diferencia de presión depende de la posición de guiñada de la góndola, el ángulo de paso de la pala de rotor, la velocidad de rotación del rotor y la velocidad del viento que prevalece a través del plano barrido por las palas de rotor. Por consiguiente, cualquiera de estos parámetros puede obtenerse a partir de una medición de la diferencia de presión si se conocen los parámetros restantes. El parámetro obtenido puede usarse ventajosamente como parámetro de control.

10 De manera alternativa o adicional, el primer valor físico o el segundo valor físico puede ser una desviación de una torre de turbina eólica. Cuando la presión del viento actúa sobre la turbina eólica, la torre se desviará. La desviación depende de la velocidad del viento que actúa directamente sobre la torre, la velocidad del viento que prevalece en el plano barrido por las palas de rotor, la dirección del viento, el ángulo de guiñada y el ángulo de paso de las palas de rotor en el caso de que la turbina eólica sea una turbina eólica con control de paso. Por tanto, las mediciones de la desviación de la turbina eólica pueden usarse, por ejemplo, como base para controlar la posición de guiñada o el ángulo de paso con el fin de obtener una producción de energía óptima o con el fin de limitar las cargas estructurales sobre la construcción de torre a un nivel aceptable.

20 De manera alternativa o adicional, el primer valor físico o el segundo valor físico puede ser una fuerza inducida en un cojinete comprendido en una cadena de transmisión alojada en la góndola. Tales fuerzas indican la carga en el cojinete durante el funcionamiento de la turbina eólica, y tales cargas dependen, entre otras cosas, de la velocidad del viento y la dirección del viento con respecto a la posición de guiñada de la góndola. Una fuerza medida puede usarse ventajosamente para controlar el funcionamiento de la turbina eólica de tal manera que se limitan las cargas estructurales sobre el cojinete a un nivel aceptable.

25 De manera alternativa o adicional, el primer valor físico o el segundo valor físico puede ser un par inducido en un generador eléctrico. El par inducido en el generador de la turbina eólica proporciona una medida para la producción de energía de la turbina eólica, y puede usarse como base para controlar el funcionamiento de la turbina eólica con el fin de obtener una producción de energía óptima.

30 Todos los ejemplos de valores físicos proporcionados anteriormente son representativos de un impacto físico real sobre un componente de la turbina eólica. En cada caso, el impacto físico es el resultado del viento que actúa sobre la turbina eólica, es decir, refleja la situación actual a medida que la "experimenta" la turbina eólica.

El sistema de control de la presente invención puede formar parte ventajosamente de una turbina eólica que comprende además una construcción de torre, una góndola que aloja al menos una cadena de transmisión y un conjunto de palas de rotor.

35 Según un segundo aspecto de la invención, los objetos anteriores y otros se cumplen proporcionando un método de control de una turbina eólica según la reivindicación 12.

Debe indicarse que un experto en la técnica reconocería de inmediato que cualquier característica descrita en combinación con el primer aspecto de la invención podría combinarse también con el segundo aspecto de la invención, y viceversa.

40 El método según el segundo aspecto de la invención puede usarse ventajosamente para controlar una turbina eólica que comprende un sistema de control según el primer aspecto de la invención.

El método puede comprender además la etapa de determinar la validez del primer valor físico y/o la validez del segundo valor físico. En este caso, la etapa de seleccionar una estrategia de control puede realizarse ventajosamente basándose en dicha etapa de determinación, tal como se describió anteriormente.

#### 45 **Breve descripción de los dibujos**

Ahora se describirá la invención más detalladamente con referencia a los dibujos adjuntos, en los que

la figura 1 es una vista frontal de una turbina eólica según una primera realización de la invención,

la figura 2 es una vista lateral de la turbina eólica de la figura 1, que ilustra el movimiento de la pala de rotor debido a la presión del viento,

50 la figura 3 es una vista lateral parcialmente transparente de una turbina eólica según una segunda realización de la invención,

la figura 4 es una vista lateral de una turbina eólica según una tercera realización de la invención, y

la figura 5 es un diagrama de flujo que ilustra un método de control de una turbina eólica según una realización de la invención.

**Descripción detallada de los dibujos**

5 La figura 1 es una vista frontal de una turbina eólica 1 según una primera realización de la invención. La turbina eólica 1 comprende una construcción de torre 2 y una góndola 3 con un rotor 4 que porta tres palas de rotor 5. Las palas de rotor 5 están dispuestas de tal manera que provocan la rotación del rotor 4 en respuesta al viento que actúa sobre las palas de rotor 5.

10 Cerca de la punta de cada pala de rotor 5 se monta un sensor 6. Uno o más de los sensores 6 pueden ser, por ejemplo, galgas extensométricas eléctricas u ópticas para medir la desviación de las palas de rotor 5. Como alternativa, uno o más de los sensores 6 pueden ser dispositivos GPS para medir la posición precisa de las puntas de las palas de rotor 5, por ejemplo con el fin de medir la desviación de las palas de rotor 5 o una posición de guiñada de la góndola 3. Como otra alternativa, uno o más de los sensores 6 pueden ser sensores de presión para medir una presión y/o diferencias de presión en la punta de una o más de las palas de rotor 5, por ejemplo con el fin de medir la velocidad del viento. De manera alternativa, pueden preverse otros sensores 6 adecuados, y/o dos o más de los tipos de sensor descritos anteriormente pueden disponerse en la punta de una o más de las palas de rotor 5.

20 La figura 2 es una vista lateral de la turbina eólica 1 de la figura 1, que ilustra el movimiento de la pala de rotor 5 debido a la presión del viento. Son visibles dos de las palas de rotor 5. Por motivos de claridad, se han omitido parte de la construcción de torre 2 y parte de las palas de rotor 5. Puede verse el sensor 6 montado en una de las palas de rotor 5. La dirección del viento se indica mediante la flecha 7. El viento provoca que las palas de rotor 5 se desvíen en la dirección indicada mediante las flechas 8. En el caso de que el sensor 6 sea un galga extensométrica eléctrica u óptica, esta desviación puede medirse mediante el sensor 6.

25 La figura 3 es una vista lateral de una turbina eólica 1 según una segunda realización de la invención. Por motivos de claridad, se han omitido parte de la construcción de torre 2 y parte de las palas de rotor 5. La góndola 3 se muestra de manera transparente con el fin de mostrar las partes dispuestas en el interior de la góndola 3. En el interior de la góndola 3, se muestran de manera esquemática un cojinete principal 9, un árbol principal 10, una disposición de engranajes 11, un árbol de generador 12 y un generador 13.

30 En el generador 13 se dispone un sensor de rpm 14 para medir la velocidad de rotación del árbol de generador 12. La velocidad de rotación del árbol de generador 12 en combinación con el par del generador es representativa de la tasa de energía producida por el generador 13.

La disposición de engranajes 11 y el generador 13 se montan en un marco base 15 que se monta de manera rotatoria en la parte superior de la construcción de torre 2 por medio de una disposición de guiñada. Cerca de la disposición de guiñada se monta un sensor de guiñada 16 para medir la posición de guiñada de la góndola 3.

35 La figura 4 es una vista lateral de una turbina eólica 1 según una tercera realización de la invención. Por motivos de claridad, se han omitido parte de la construcción de torre 2 y parte de las palas de rotor 5. Cerca de la parte superior de la construcción de torre 2 se montan varios sensores de desviación 17, dos de los cuales son visibles. Los sensores de desviación 17 miden la desviación de la construcción de torre 2, tal como se ilustra mediante las flechas 18, en respuesta a la presión del viento sobre la turbina eólica 1. Preferiblemente, los sensores de desviación 17 miden la magnitud además de la dirección de la desviación 18. Por tanto, la desviación 18 medida es representativa de la carga inducida sobre las palas de rotor por el viento.

40 La figura 5 es un diagrama de flujo que ilustra un método de control de una turbina eólica según una realización de la invención. Inicialmente, se obtienen los valores físicos primero y segundo en la etapa 19 por medio de unos sensores primero y segundo, respectivamente. Basándose en los valores físicos obtenidos, se obtienen entonces parámetros de control primero y segundo en la etapa 20. A continuación, en la etapa 21, se investiga si el primer valor físico es válido o no. En el caso de que se determine que el primer valor físico es válido, la turbina eólica se controla según una estrategia de control basada en el primer parámetro de control, tal como se muestra en la etapa 22, y se hace que el proceso vuelva a la etapa 18 para la medición continuada de los valores físicos primero y segundo. Por tanto, según el método ilustrado en la figura 5, la estrategia de control preferida se basa en el primer parámetro de control. Debe indicarse que estaría dentro del alcance de la presente invención que, siempre que el primer valor físico sea válido, solo se mide este valor, es decir, en estas circunstancias puede prescindirse de medir el segundo valor físico.

45 En el caso de que se determine que el primer valor físico es inválido, se investiga si el segundo valor físico es válido o no en la etapa 23. En el caso de que se determine que el segundo valor físico es válido, la turbina eólica se controla según una estrategia de control basada en el segundo parámetro de control, tal como se muestra en la etapa 24, y se hace que el proceso vuelva a la etapa 19 para la medición continuada de los valores físicos primero y segundo.

50 En el caso de que se determine que el segundo valor físico es inválido, se realiza un cambio de estrategia de control

5 tal como se muestra en la etapa 25, y se hace que el proceso vuelva a la etapa 19 para la medición continuada de los valores físicos primero y segundo. Un cambio de estrategia de control puede incluir controlar el funcionamiento de la turbina eólica basándose en un tercer parámetro de control, que no es ni el mismo que el primer parámetro de control ni el mismo que el segundo parámetro de control. De manera alternativa, puede incluir llevar la turbina eólica a una parada. Esto puede ser necesario, por ejemplo, en el caso de que la velocidad del viento sea insuficiente para hacer funcionar la turbina eólica, o en caso de tormenta.

**REIVINDICACIONES**

1. Sistema de control para controlar el funcionamiento de una turbina eólica (1), comprendiendo el sistema de control:
  - 5 - un primer sensor (6, 14, 16, 17) dispuesto para tomar muestras o medir de manera continua un primer valor físico que es representativo de un primer impacto físico sobre un componente de la turbina eólica (1) con el fin de proporcionar un primer parámetro de control para controlar el funcionamiento de la turbina eólica (1), reflejando de ese modo dicho primer parámetro de control dicho primer impacto físico,
  - 10 - un segundo sensor (6, 14, 16, 17) dispuesto para tomar muestras o medir de manera continua un segundo valor físico que es representativo de un segundo impacto físico sobre un componente de la turbina eólica (1) con el fin de proporcionar un segundo parámetro de control para controlar el funcionamiento de la turbina eólica (1), reflejando de ese modo dicho segundo parámetro de control dicho segundo impacto físico,
  - 15 caracterizado porque dicho segundo parámetro de control es distinto del primer parámetro de control, y porque el sistema de control durante la generación activa de energía está adaptado para conmutar selectivamente entre controlar el funcionamiento de la turbina eólica (1) bien según una primera estrategia de control basada en el primer parámetro de control, o bien según una segunda estrategia de control basada en el segundo parámetro de control, representando la primera estrategia de control y la segunda estrategia de control dos estrategias de control diferentes e independientes, basándose ambas estrategias de control en impactos físicos reales sobre un componente de la turbina eólica, caracterizado además
  - 20 porque comprende medios para determinar la validez del primer valor físico obtenido por el primer sensor (6, 14, 16, 17), y/o medios para determinar la validez del segundo valor físico obtenido por el segundo sensor (6, 14, 16, 17),
  - 25 en el que el sistema de control está adaptado para conmutar selectivamente entre controlar el funcionamiento de la turbina eólica (1) basándose en el primer parámetro de control y controlar el funcionamiento de la turbina eólica (1) basándose en el segundo parámetro de control, basado en la validez determinada del primer valor físico y/o el segundo valor físico.
2. Sistema de control según la reivindicación 1, en el que el primer valor físico o el segundo valor físico es un par inducido en un árbol principal (10) de la turbina eólica (1).
3. Sistema de control según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el primer valor físico o el
- 30 segundo valor físico es una tasa de energía producida por la turbina eólica (1).
4. Sistema de control según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el primer valor físico o el segundo valor físico es una desviación de al menos una pala de rotor (5) de la turbina eólica (1).
5. Sistema de control según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el primer valor físico o el segundo valor físico es una deformación inducida en una pala de rotor (5).
- 35 6. Sistema de control según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el primer valor físico o el segundo valor físico es una posición desviada de una parte de punta de una pala de rotor (5).
7. Sistema de control según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el primer valor físico o el segundo valor físico es una presión detectada en una superficie de una pala de rotor (5).
8. Sistema de control según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el primer valor físico o el
- 40 segundo valor físico es una desviación de una torre de turbina eólica (2).
9. Sistema de control según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el primer valor físico o el segundo valor físico es una fuerza inducida en un cojinete (9) comprendido en una cadena de transmisión alojada en la góndola (3).
10. Sistema de control según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el primer valor físico o el
- 45 segundo valor físico es un par inducido en un generador eléctrico (13).
11. Turbina eólica (1) que comprende una construcción de torre (2), una góndola (3) que aloja al menos una cadena de transmisión, un conjunto de palas de rotor (5) y un sistema de control según cualquiera de las reivindicaciones anteriores.
12. Método de control de una turbina eólica (1), comprendiendo el método las etapas de:
  - 50 - obtener un primer valor físico que es representativo de un primer impacto físico sobre un componente de la turbina eólica (1),

- proporcionar un primer parámetro de control para controlar el funcionamiento de la turbina eólica (1), basándose en el primer valor físico, reflejando de ese modo dicho primer parámetro de control dicho primer impacto físico,
- 5
- obtener un segundo valor físico que es representativo de un segundo impacto físico sobre un componente de la turbina eólica (1),
  - proporcionar un segundo parámetro de control para controlar el funcionamiento de la turbina eólica (1), basándose en el segundo valor físico, reflejando de ese modo dicho segundo parámetro de control dicho segundo impacto físico,
- 10
- caracterizado porque dicho segundo parámetro de control es distinto del primer parámetro de control, y porque el método comprende además las etapas de:
- durante la generación activa de energía, seleccionar una estrategia de control para controlar el funcionamiento de la turbina eólica (1) bien basada en el primer parámetro de control o bien basada en el segundo parámetro de control, representando la primera estrategia de control y la segunda estrategia de control dos estrategias de control diferentes e independientes, basándose ambas estrategias de control en impactos físicos sobre un componente de la turbina eólica, caracterizado además porque la etapa de determinar la validez del primer valor físico y/ o la validez del segundo valor físico y la etapa de seleccionar una estrategia de control se realiza basándose en dicha la etapa de determinación de validez, y
- 15
- controlar el funcionamiento de la turbina eólica (1) según la estrategia de control seleccionada.

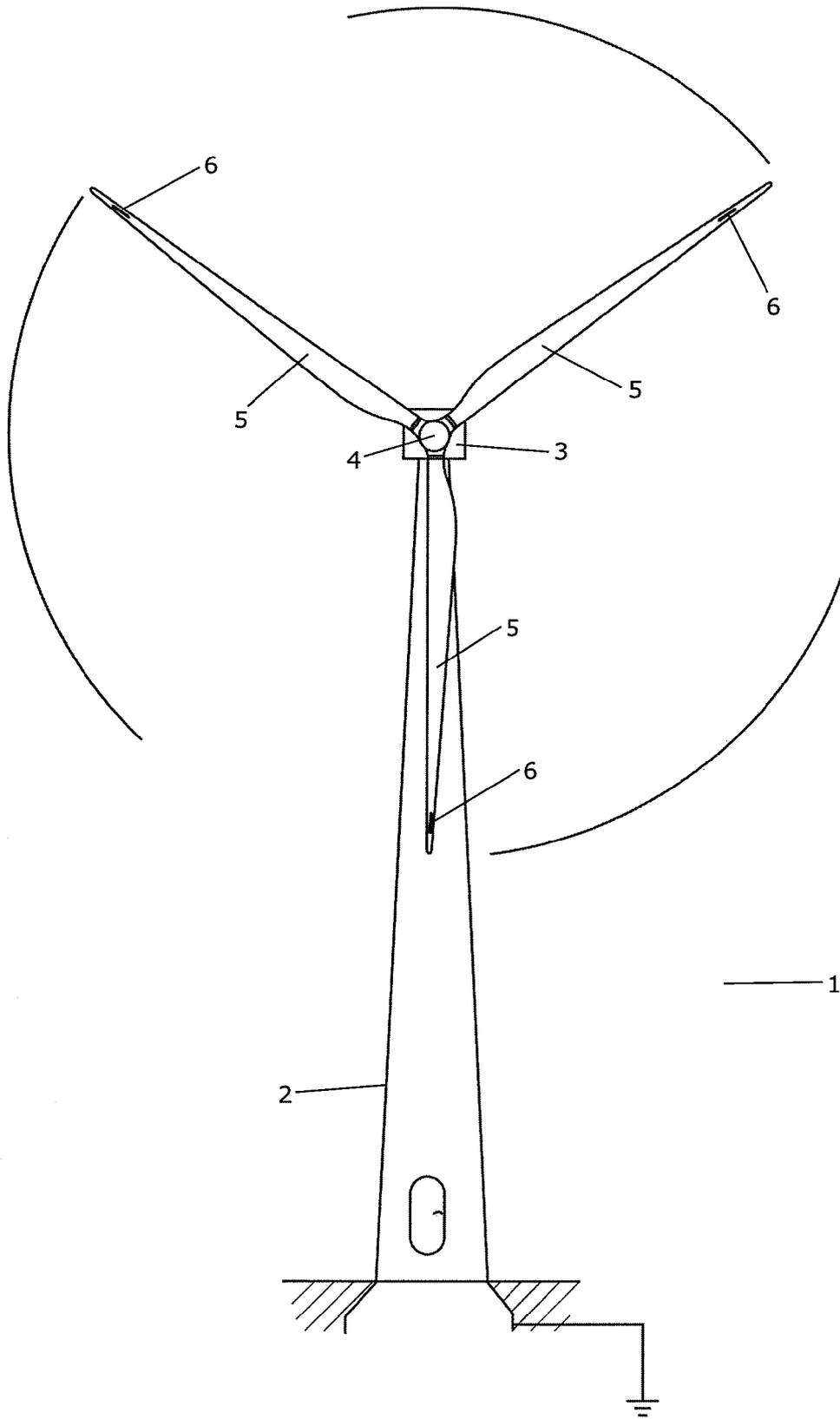


Fig. 1

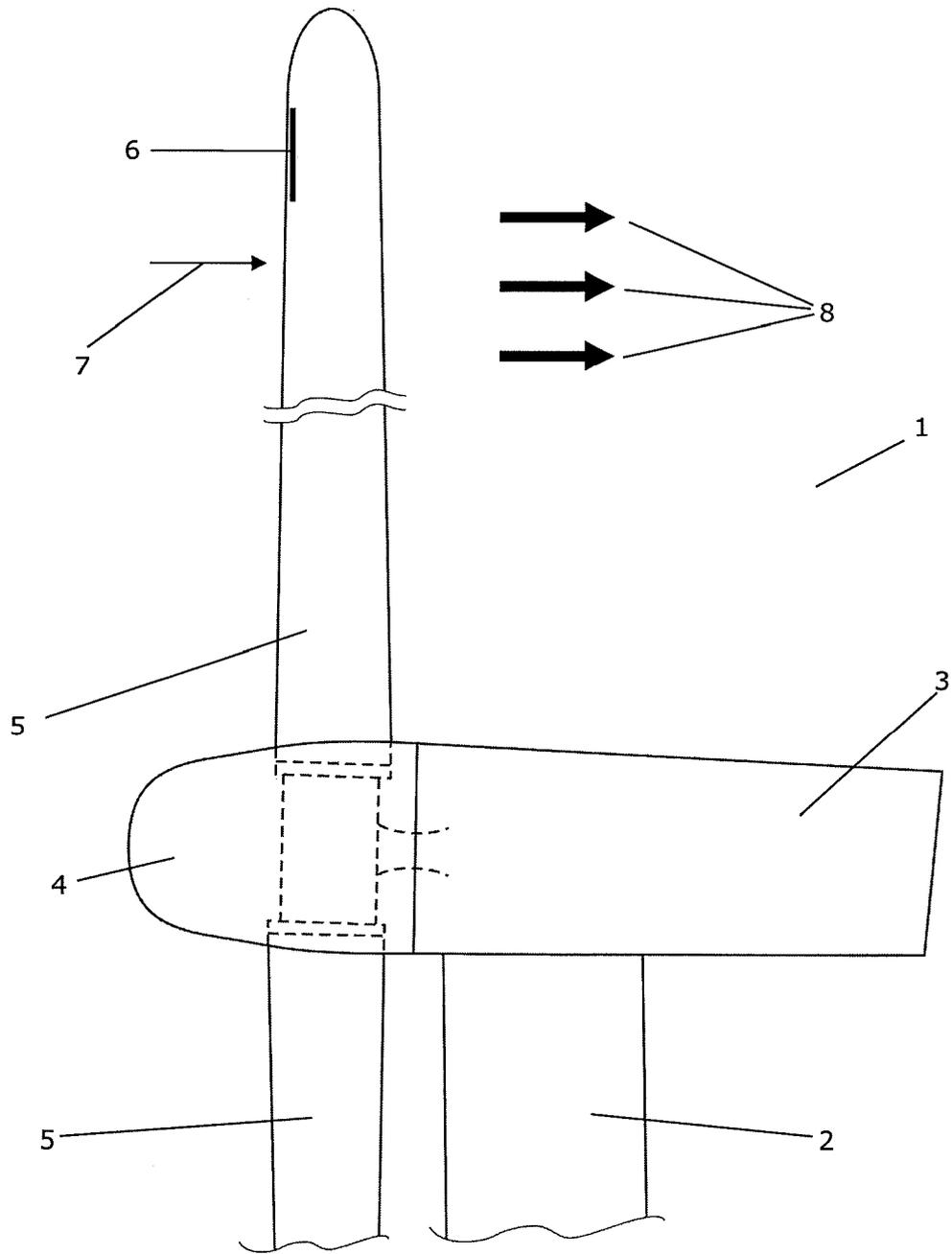


Fig. 2

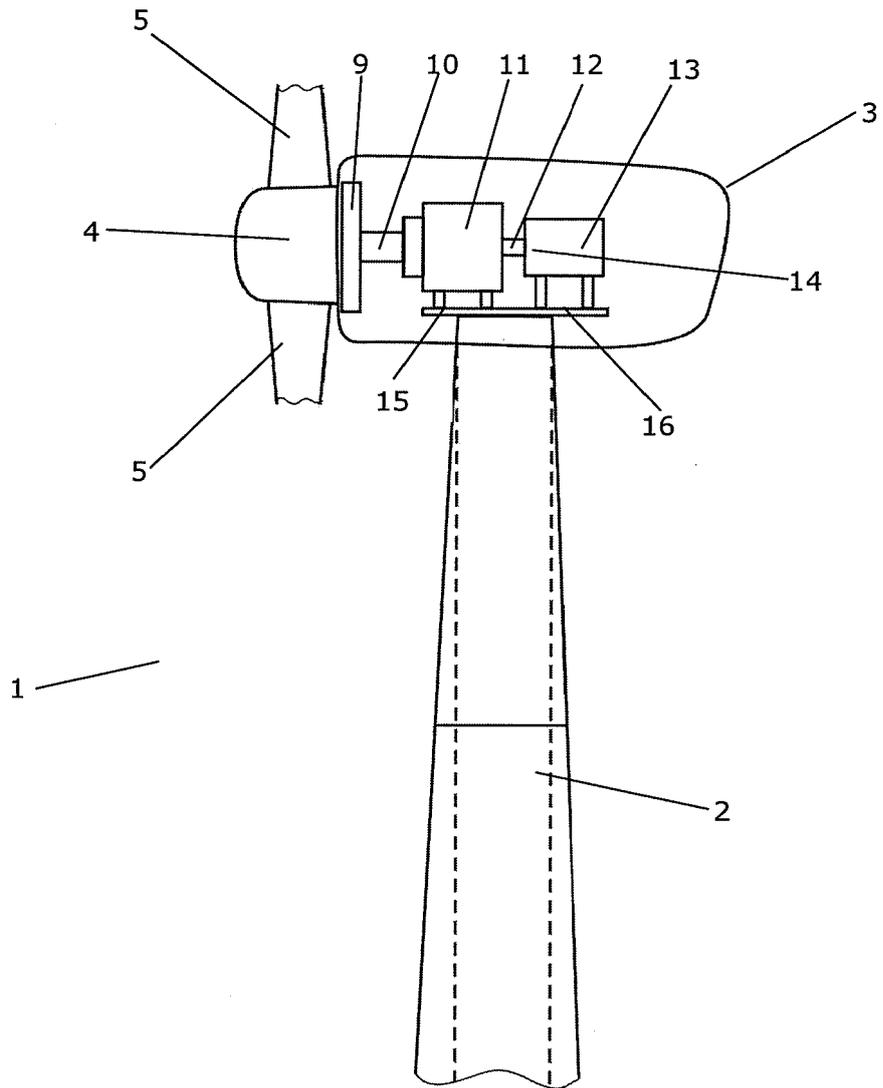


Fig. 3

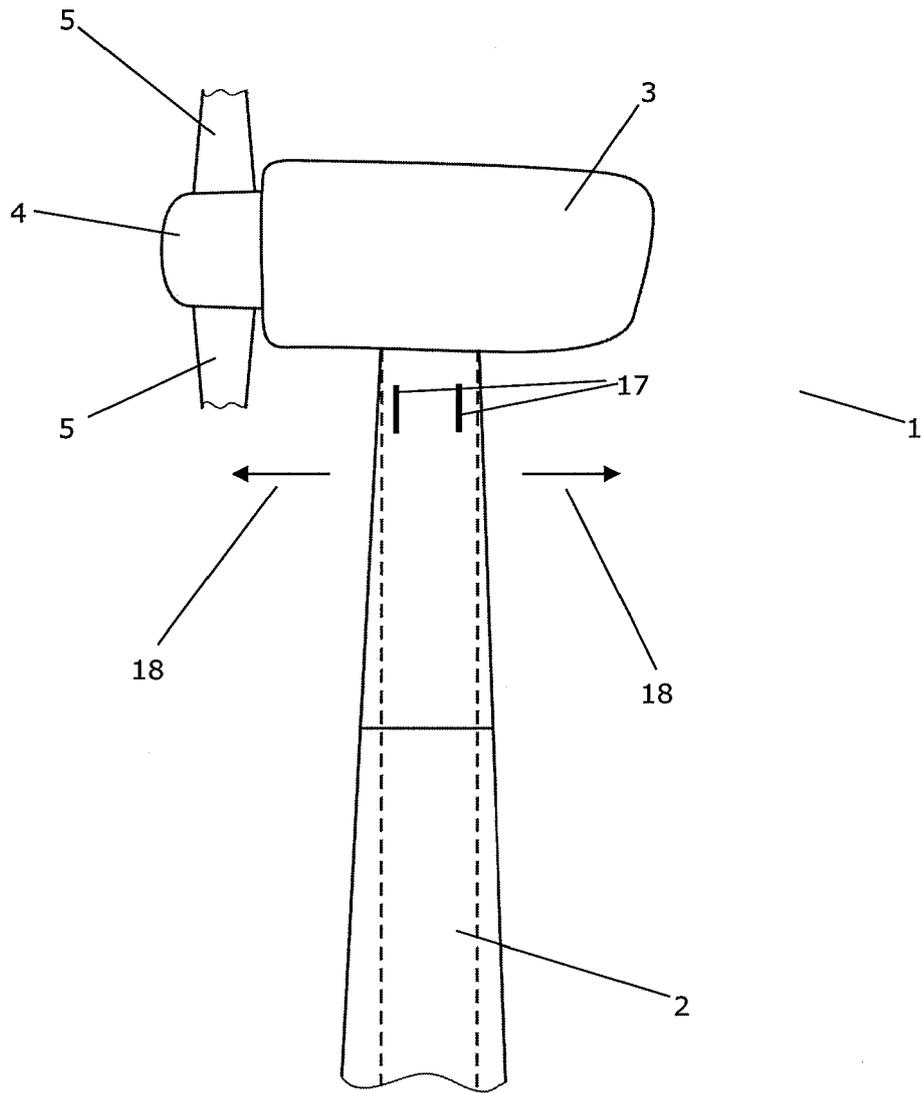


Fig. 4

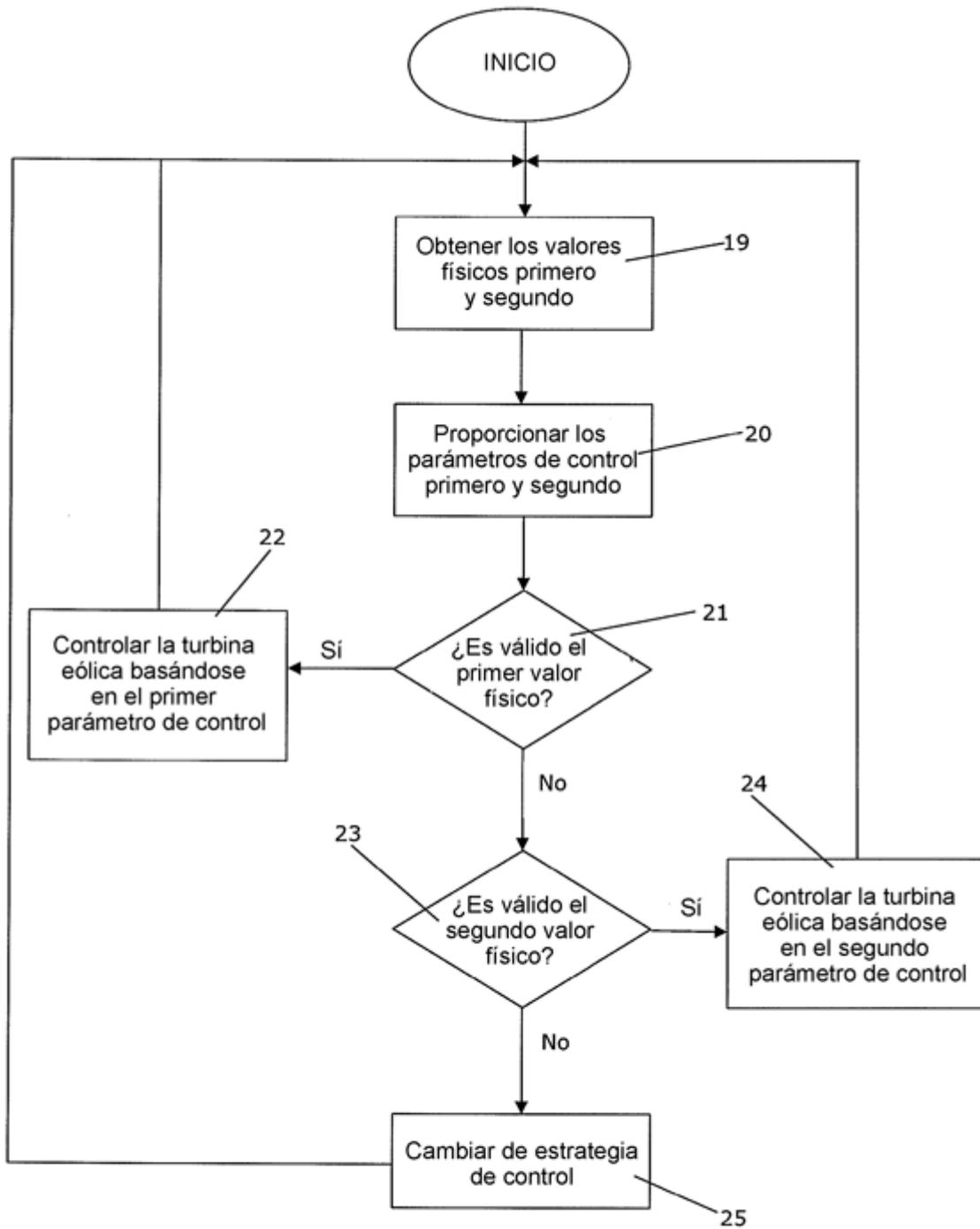


Fig. 5