

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 543 818**

51 Int. Cl.:

**F03D 7/00** (2006.01)

**F03D 7/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.01.2009 E 09001016 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.06.2015 EP 2088314**

54 Título: **Dispositivo para la supervisión del número de revoluciones en una turbina eólica**

30 Prioridad:

**05.02.2008 DE 102008007519**

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

**24.08.2015**

73 Titular/es:

**NORDEX ENERGY GMBH (100.0%)  
Langenhorner Chaussee 600  
22419 Hamburg, DE**

72 Inventor/es:

**KABATZKE, WOLFGANG**

74 Agente/Representante:

**ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María**

**ES 2 543 818 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 para la supervisión del número de revoluciones en una turbina eólica

5 La presente invención se refiere a una turbina eólica con un dispositivo para la supervisión del número de revoluciones de ésta. Un dispositivo de este tipo también se denomina ocasionalmente monitor del número de revoluciones.

10 El tren de potencia de una turbina eólica empieza con un rotor que lleva las palas del rotor. El rotor está conectado a un árbol de rotor que está acoplado a una caja de engranajes. El árbol de rotor también se denomina ocasionalmente un árbol lento. El árbol de salida de la caja de engranajes acaba en el generador como árbol de generador y también se denomina árbol rápido. En las turbinas eólicas conocidas, un disco dentado está dispuesto sobre el árbol de rotor, que genera impulsos mediante emisores de impulsos inductivos, cuya frecuencia es proporcional al número de revoluciones del árbol de rotor. Los impulsos se analizan por un módulo electrónico. Los  
15 impulsos detectados también se convierten en una señal de corriente mediante un convertidor de frecuencia-corriente (convertidor f-l) y llegan a una unidad de control central de la turbina eólica. En la unidad de control central de la turbina eólica está depositado un número de revoluciones de desconexión. Si los valores del número de revoluciones del árbol de rotor están por encima del número de revoluciones de desconexión depositado, entonces tiene lugar una reducción controlada de la turbina eólica.

20 Se ha comprobado que es una desventaja en el dispositivo con respecto a la supervisión del número de revoluciones que la supervisión del número de revoluciones no posea una seguridad funcional suficiente, especialmente que no se corresponda con un Nivel de Integridad de la Seguridad, como es necesario para aplicaciones orientadas a la seguridad según IEC 61508.

25 Por el documento EP 1 832 743 A1 se conoce un procedimiento y un dispositivo para controlar el número de revoluciones del rotor. El procedimiento prevé controlar el momento de giro del árbol de rotor mediante el momento de giro del generador eléctrico con ayuda del ángulo de ajuste de la pala de al menos una pala del rotor y mantener a este respecto esencialmente constante el ángulo de ajuste de la pala. A este respecto, el número de revoluciones  
30 del árbol de rotor y el número de revoluciones del árbol de generador se evalúan alternativamente entre ellos.

Por el documento US 2005/0276696 A1 se conoce un procedimiento y un dispositivo para la detección de hielo en una pala del rotor. A este respecto, se evalúan valores del número de revoluciones recogidos para identificar una  
35 formación de hielo que comienza sobre la pala del rotor.

La invención se basa en el objetivo de proporcionar una turbina eólica con un dispositivo para la supervisión del número de revoluciones que ofrezca una seguridad funcional suficiente para la aplicación con medios lo más sencillos posibles.

40 Según la invención, el objetivo se alcanza mediante una turbina eólica con las características de la reivindicación 1. Los objetos de las reivindicaciones dependientes forman configuraciones ventajosas.

La turbina eólica según la invención posee un dispositivo que sirve para la supervisión del número de revoluciones en la turbina eólica. La turbina eólica presenta un árbol de rotor impulsado por un rotor que acaba en una unidad de  
45 transmisión. Además, la turbina eólica posee un árbol de generador que conecta el árbol de salida de la unidad de transmisión con un generador/unidad convertidora. El dispositivo para la supervisión del número de revoluciones se caracteriza por una primera unidad de adquisición del número de revoluciones sobre el árbol de rotor y una segunda unidad de adquisición del número de revoluciones sobre el árbol de generador. Cada una de las dos unidades de adquisición del número de revoluciones presenta al menos dos sensores del número de revoluciones que trabajan  
50 independientemente entre sí. Adicionalmente está prevista una unidad de análisis para el número de revoluciones a la que se aplican las señales medidas de las unidades de adquisición del número de revoluciones y que genera una señal de error para un número de revoluciones excesivo cuando se supera un valor máximo determinado para el número de revoluciones. La turbina eólica según la invención con su dispositivo para la supervisión del número de revoluciones posee una serie de ventajas. Inicialmente se adquiere el número de revoluciones tanto en el árbol de  
55 rotor como también en el árbol de generador, de manera que con una evaluación de los valores del número de revoluciones medidos pueda realizarse una evaluación más precisa y más fiable de los resultados de la medición. A este respecto se entiende que se tiene en cuenta el cambio del número de revoluciones por la relación de multiplicación en la unidad de transmisión, de manera que determinados valores máximos para el número de revoluciones se relacionan o bien con un número de revoluciones del árbol de rotor o bien con un número de

revoluciones del árbol de generador.

La turbina eólica según la invención no solo puede reconocer con su dispositivo un número de revoluciones excesivo en la turbina eólica, sino adicionalmente también errores del árbol como, por ejemplo, rotura del árbol o un determinado error de la caja de engranajes. En la configuración según la invención, la unidad de análisis para el número de revoluciones compara los valores medidos de la primera unidad de adquisición del número de revoluciones con los valores medidos de la segunda unidad de adquisición del número de revoluciones teniendo en cuenta la relación de la caja de engranajes. En caso de una desviación de los valores del número de revoluciones de al menos un valor umbral predeterminado, se genera una señal de error para un defecto del árbol. La señal de error para el defecto del árbol indica que los números de revoluciones medidos del árbol de rotor y el árbol de generador no están en la relación prefijada por la caja de engranajes.

En una configuración preferida, la unidad de análisis está conectada a una cadena de seguridad para un control central de la turbina eólica. La cadena de seguridad de una turbina eólica designa una conexión con la gestión de operación de la turbina eólica, que conduce directamente a la unidad de control eléctrico y a la gestión de operación de la turbina eólica sin más procesamiento de la señal y puede transmitir señales de control relevantes para la seguridad a la gestión de operación. La cadena de seguridad está conectada a una unidad de conmutación del equipo de operación que provoca una desconexión de los equipos de operación relevantes al dispararse la cadena de seguridad y anuncia la desconexión a la comprobación de operación. La gran fiabilidad de la unidad de análisis para el número de revoluciones prevista según la invención permite conectar ésta directamente a la cadena de seguridad sin que otro procesamiento de la señal esté conectado entremedias.

En una configuración preferida se prevé que para estados de operación predeterminados la unidad de análisis no genere una señal de error con respecto a un número de revoluciones excesivo y/o un defecto del árbol. Aunque para los estados de operación predeterminados está previsto que no se generen señales de error, puede realizarse sin embargo una evaluación de los valores del número de revoluciones medidos para utilizar éstos, por ejemplo, para un control en la turbina eólica.

En una configuración preferida, cada unidad de adquisición del número de revoluciones está provista de al menos dos sensores del número de revoluciones. Preferiblemente, cada sensor del número de revoluciones presenta un disco transductor montado sobre el árbol cuya rotación se adquiere óptica, mecánica, eléctrica o magnéticamente. En la configuración preferida, la adquisición del número de revoluciones se realiza al menos doble tanto en el árbol de rotor como también en el árbol de generador. De esta manera se garantiza que, en caso de fallo de un sensor del número de revoluciones, el número de revoluciones puede adquirirse además de forma fiable en el árbol de rotor y en el árbol de generador.

En una configuración preferida, el disco transductor está configurado como un disco dentado que está provisto al menos en la región de sus dientes de una protección anticorrosiva de alta calidad para proteger de influencias medioambientales. Discos dentados convencionales poseen frecuentemente el problema de que la estructura de los dientes se corroe por influencias medioambientales como, por ejemplo, humedad debida al tiempo, y así conduce a desviaciones en el contorno del disco dentado. Aquellas desviaciones conducen entonces a errores de medición sistemáticos en la adquisición de los números de revoluciones.

Debido a la gran precisión del número de revoluciones adquirido, puede preverse adicionalmente que la unidad de análisis para el número de revoluciones transmita un valor real actual para el número de revoluciones del árbol de generador y/o del árbol de rotor a un control para el generador y/o para un convertidor de corriente. La turbina eólica según la invención con un dispositivo para la supervisión del número de revoluciones también permite además utilizar los valores del número de revoluciones medidos para la gestión de operación de la turbina eólica y, por tanto, para el control del generador/unidad convertidora.

La invención se explica a continuación más detalladamente con referencia al dispositivo de supervisión del número de revoluciones en un ejemplo.

La única figura muestra un rotor 10 en un vista esquemática con dos palas del rotor 12. El rotor está sobre un árbol de rotor 14 conectado a una unidad de caja de engranajes/acoplamiento 16. La unidad de caja de engranajes/acoplamiento 16 posee una caja de engranajes y puede presentar un acoplamiento, así como otros componentes. En la caja de engranajes se realiza una conversión del número de revoluciones, aumentándose el número de revoluciones. El árbol de salida de la caja de engranajes 20 está conectado al generador 24 mediante el árbol de generador 22. El generador 24 y un convertidor para la conversión de la corriente generada forman

conjuntamente el generador/unidad convertidora

5 Sobre el árbol de rotor 14 está prevista una unidad de adquisición del número de revoluciones 26. La unidad de adquisición del número de revoluciones 26 está constituida por dos discos dentados (no representados) dispuestos independientemente entre sí sobre el árbol de rotor 14 que poseen un dentado radial que indica hacia afuera. En la región del dentado, los discos dentados están provistos de una capa protectora que protege los dientes de las influencias medioambientales. Ambas señales de los discos dentados (no representados) se aplican a una unidad de análisis mediante canales separados 28, 30. Para formar una seguridad funcional suficiente para las señales de los sensores del árbol de rotor, los discos dentados se adquieren separados entre sí, poseyendo los sensores del número de revoluciones respectivamente una fuente de suministro propia y líneas propias. También se realiza un procesamiento electrónico y amplificación de las señales respectivamente, independientemente entre sí, de manera que en caso de fallo de un componente todavía existe seguridad suficiente.

15 Correspondientemente, en la única figura también se representa la unidad de adquisición del número de revoluciones 34 en el árbol de generador 22. La unidad de adquisición del número de revoluciones 32 también posee dos discos dentados (no representados) dispuestos independientemente entre sí cuya rotación es leída por dos sensores independientes. Los sensores correspondientes se suministran, independientemente entre sí, con corriente y están conectados respectivamente por separado a la unidad de análisis central 32 mediante los canales 36, así como 38.

20 La unidad de análisis 32 posee un módulo de reconocimiento de errores 40 al que se aplican las señales de salida de los sensores del número de revoluciones. El módulo 40 comprueba con las cuatro señales aplicadas qué número de revoluciones se aplica. Si el número de revoluciones excesivo está definido con referencia al árbol de generador 22, las dos señales aplicadas 28 y 30 por el árbol de rotor se convierten teniendo en cuenta la relación de la caja de engranajes 20. A continuación se comprueba si uno de los valores medidos supera el número de revoluciones máximo prefijado. Si se supera el número de revoluciones máximo, entonces se aplica una señal de error a un módulo de errores 42 de la unidad de análisis 32. La señal de error provoca que la unidad de conmutación del equipo de operación 60 desactive todos los equipos de operación críticos para el estado del dispositivo mediante una conexión directa 44 y paralelamente se realiza una reducción selectiva de la turbina eólica a un estado de operación más seguro con soporte activo mediante el control central 46. La conexión directa 44 con la unidad de conmutación del equipo de operación 60 se designa cadena de seguridad. El control central 46 puede no ejercer ninguna influencia sobre la cadena de seguridad, ya que solo evalúa el estado de la conexión directa 44 leyendo. Como puede apreciarse de la figura, la cadena de seguridad también puede estar conectada directamente a otras unidades relevantes para la seguridad. Las otras unidades relevantes para la seguridad también pueden aplicarse directamente al control central 46 y a la unidad de conmutación del equipo de operación 60 evitando la unidad de análisis 32 como se indica, por ejemplo, mediante la línea 48, o aplicarse a la unidad de análisis 32 con la conexión 50 y guiarse para pasar a través del módulo de errores 42.

40 Además del reconocimiento de un número de revoluciones excesivo, el módulo de reconocimiento de errores 40 también puede comparar la relación del número de revoluciones en el árbol de rotor con el número de revoluciones en el árbol de generador. Si la relación del número de revoluciones se desvía de más de un valor umbral predeterminado de la relación de multiplicación prefijada de la caja de engranajes, entonces el módulo de reconocimiento de errores 40 también genera una señal de error, que se transmite al control central 46 mediante el módulo de errores 42. El valor umbral para el reconocimiento de un error en el tren de potencia puede ascender, por ejemplo, al 10 % de la relación de multiplicación. Además de los errores de la caja de engranajes, que pueden reconocerse mediante una falsa relación de multiplicación entre los números de revoluciones, el módulo de reconocimiento de errores 40 también puede reconocer un error en el tren de potencia que puede deducir, por ejemplo, una rotura de la pala o un desprendimiento de una conexión del árbol. En caso de un error tal no hay ningún valor para el número de revoluciones del árbol de generador.

50 En este caso también se transmite una señal de error del módulo de errores 42 a la unidad de conmutación del equipo de operación 60 y al control central 46 (solo lectura y análisis), que provoca una reducción de la turbina eólica a un estado seguro. Además del módulo de reconocimiento de errores 40 para la evaluación de las señales y el módulo de errores 42 para lanzar el anuncio de errores para la unidad de conmutación del equipo de operación 60 y el control central 46, la unidad de análisis 32 posee dos convertidores de frecuencia-corriente (convertidores f-I).

Los convertidores de frecuencia-corriente 54, 56 convierten las señales de frecuencia aplicadas de los sensores del número de revoluciones en señales de corriente analógicas. En el ejemplo representado solo se aplican respectivamente al convertidor f-I las señales de frecuencia de un sensor del árbol de rotor y del árbol de generador.

En principio también es posible que ambas señales del sensor del número de revoluciones se apliquen al convertidor f-l. También sería concebible que pudiera conmutarse selectivamente entre los sensores del número de revoluciones (no representado).

- 5 Las señales de corriente de los convertidores f-l 54, 56 se aplican a un módulo de conversión 58 que convierte los valores de corriente correspondientes en un número de revoluciones del árbol de generador 22 y lo aplica al control central 46 de la turbina eólica.

En la operación de la turbina eólica, el control del generador y/o del convertidor se realiza mediante el control central 10 46 para la gestión de operación en la unidad de conmutación del equipo de operación 60 activa que permite la operación de la turbina eólica. A este respecto, los valores referentes al número de revoluciones del árbol de generador 22 necesarios para el control se proporcionan por el módulo de conversión 58.

**REIVINDICACIONES**

1. Turbina eólica con un dispositivo para la supervisión del número de revoluciones en ésta, en la que la turbina eólica presenta un árbol de rotor (14), que es impulsado por un rotor y acaba en una unidad de transmisión (16), un árbol de generador (22), que conecta un árbol de salida de la unidad de transmisión (16) con un generador/unidad convertidora (24),
- 5
- una primera unidad de adquisición del número de revoluciones (26) para el árbol de rotor (14) y una segunda unidad de adquisición del número de revoluciones (34) para el árbol de generador (22),
- 10
- y una unidad de análisis (32) para el número de revoluciones, a la que se aplican las señales medidas (28, 30, 36, 38) de las unidades de adquisición del número de revoluciones (26, 34) y que genera una señal de error para un número de revoluciones excesivo cuando se supera un valor máximo determinado para el número de revoluciones, caracterizada porque cada unidad de adquisición del número de revoluciones (26, 34) presenta al menos dos
- 15
- sensores del número de revoluciones que trabajan, independientemente entre sí, - y porque la unidad de análisis (32) para el número de revoluciones compara los valores medidos (28, 30, 36, 38) en la primera unidad de adquisición del número de revoluciones (26) con los valores medidos de la segunda unidad de adquisición del número de revoluciones (34) teniendo en cuenta una relación de la caja de engranajes y en caso de una desviación de los valores del número de revoluciones de más de un valor umbral predeterminado genera una señal de error
- 20
- para un defecto del árbol.
2. Turbina eólica según la reivindicación 1, caracterizada porque la unidad de análisis está conectada a una cadena de seguridad (44) de un control central (46) y/o unidad de conmutación del equipo de operación (60) de la turbina eólica.
- 25
3. Turbina eólica según la reivindicación 1 ó 2, caracterizada porque para estados de operación predeterminados la unidad de análisis (32) no genera señal de error con respecto a un número de revoluciones excesivo y/o un defecto del árbol.
- 30
4. Turbina eólica según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizada porque cada unidad de adquisición del número de revoluciones (26, 34) presenta al menos dos discos transductores.
5. Turbina eólica según la reivindicación 4, caracterizada porque cada sensor del número de revoluciones presenta un disco transductor montado sobre el árbol, cuya rotación se registra óptica, mecánica,
- 35
- eléctrica o magnéticamente.
6. Turbina eólica según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizada porque como disco transductor está previsto un disco dentado, que está recubierto al menos en la región de sus dientes con una protección anticorrosiva.
- 40
7. Turbina eólica según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizada porque la unidad de análisis (32) para el número de revoluciones transmite un valor real para el número de revoluciones del árbol de generador (14) a un control para el generador y/o para su convertidor.

