

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 926 460**

51 Int. Cl.:

F03D 7/02 (2006.01)

F03D 17/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **31.10.2019 PCT/EP2019/079834**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.06.2020 WO20120016**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.10.2019 E 19801760 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.06.2022 EP 3867522**

54 Título: **Detección de una falla de ajuste de pala de rotor de una turbina eólica**

30 Prioridad:

13.12.2018 EP 18212373

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

26.10.2022

73 Titular/es:

**SIEMENS GAMESA RENEWABLE ENERGY A/S
(100.0%)**

**Borupvej 16
7330 Brande, DK**

72 Inventor/es:

EGEDAL, PER

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 926 460 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

Detección de una falla de ajuste de pala de rotor de una turbina eólica

5 Campo de la invención

10 La presente invención se refiere a un método y una disposición para detectar una falla de ajuste relacionada con una pala de rotor de turbina eólica montada en un rotor de turbina eólica y que comprende un dispositivo de regulación de flujo adaptable, en particular, un deflector aerodinámico y/o una aleta de sustentación. Además, la presente invención se refiere a una pala de rotor de turbina eólica que comprende la disposición y además se refiere a una turbina eólica que comprende la pala de rotor de turbina eólica.

Antecedentes de la técnica

15 Una pala de rotor de turbina eólica puede tener un dispositivo de regulación de flujo instalado en su superficie. Un ejemplo de un dispositivo de regulación de flujo de este tipo es un deflector aerodinámico instalado en la superficie de pala de rotor. El deflector aerodinámico puede actuar de acuerdo con un generador de vórtice y puede influir en el efecto del generador de vórtice dependiendo del estado del deflector aerodinámico. El estado del deflector aerodinámico puede estar relacionado con una altura de proyección y/o un ángulo de inclinación por el que el deflector aerodinámico se extiende o se inclina de forma angular con respecto a otras porciones de superficie de la pala de rotor. En general, puede considerarse que un dispositivo de regulación de flujo comprende un dispositivo que es capaz, en ciertas condiciones, de mejorar el coeficiente de sustentación de la sección aerodinámica, por ejemplo, al aumentar el nivel de energía de la capa límite de la pala de rotor.

25 El documento EP 1 623 111 B1 describe una pala de turbina eólica que incluye medios de regulación de sustentación ajustables dispuestos sobre o en la superficie de la pala de turbina eólica y que se extienden en la dirección longitudinal de la pala y un medio de activación mediante el cual pueden ajustarse los medios de regulación de sustentación y de esta manera alterar las propiedades aerodinámicas de la pala. Los medios de regulación de sustentación comprenden una o más aletas de sustentación flexibles.

30 El documento US 8 851 840 B2 describe una pala de turbina eólica que comprende un cuerpo de pala y un dispositivo para modificar la superficie aerodinámica o la forma de la pala, en donde un accionador neumático controla la posición y/o movimiento del dispositivo, en donde está presente una cámara de presión colocada dentro del cuerpo de pala. La cámara de presión puede presurizarse cambiando así el estado del dispositivo, por lo tanto modificando la superficie aerodinámica o la forma de la pala.

35 El documento US 5 106 265 A divulga un ala de turbina eólica que comprende un deflector aerodinámico accionado neumáticamente que se puede mover en perpendicular a una corriente de aire.

40 El documento WO 2018/041420 divulga una pala de rotor que comprende un dispositivo aerodinámico para influir en el flujo de aire que fluye desde la sección de borde de ataque de la pala de rotor hasta la sección de borde de salida de la pala de rotor, en donde el dispositivo aerodinámico se monta en una superficie de la pala de rotor y comprende un accionador neumático o hidráulico, tal como una manguera o una cavidad cuyo volumen depende de la presión del fluido que se presenta en el interior del accionador neumático o hidráulico.

45 El documento DE 10 2011 112732 A1 divulga un método para detectar una falla de ajuste que es un error del ángulo de guiñada de una turbina eólica.

50 Convencionalmente, un dispositivo de regulación de flujo adaptable, tal como un deflector aerodinámico o una aleta de sustentación, el cual se monta sobre una superficie de pala de rotor o en una superficie de pala de rotor, puede ser propenso a una falla de ajuste, ya sea debido a una falla de controlador y/o debido a una falla de accionador que tiene por objeto establecer el dispositivo de regulación de flujo adaptable en dos o más estados de activación diferentes. Si se produce tal falla de ajuste, la pala de rotor de turbina eólica y también otros componentes de la turbina eólica pueden verse sometidos a una carga excesiva. En particular, un embalamiento de accionador (debido a un desperfecto o falla del controlador y/o accionador) puede causar un aumento de velocidad excesivo y puede dar como resultado cargas excesivas si el embalamiento no se detecta lo suficientemente rápido.

55 Sin embargo, convencionalmente, no se ha abordado adecuadamente la detección de fallas de una falla de ajuste de un dispositivo de regulación de flujo adaptable.

60 De este modo, puede existir la necesidad de un método para detectar una falla de ajuste relacionada con una pala de rotor de turbina eólica montada en un rotor de turbina eólica y que comprende un dispositivo de regulación de flujo adaptable y puede existir la necesidad de una disposición correspondiente, una pala de rotor de turbina eólica y una turbina eólica, en donde pueda detectarse de forma fiable y segura una falla de ajuste, permitiendo reaccionar de manera adecuada para poner la turbina eólica en un modo operativo seguro o apagar la turbina eólica de una manera segura.

65

Breve descripción de la invención

Esta necesidad puede ser cumplida por la materia objeto de acuerdo con las reivindicaciones independientes. Se describen realizaciones ventajosas de la presente invención por las reivindicaciones dependientes.

5 De acuerdo con una realización de la presente invención, se proporciona un método para detectar una falla de ajuste relacionada con una pala de rotor de turbina eólica montada en un rotor de turbina eólica y que comprende un dispositivo de regulación de flujo adaptable, en particular, un deflector aerodinámico y/o aleta de sustentación, el método comprende: estimar una cantidad indicativa de un cambio de un impacto de conducción del viento sobre el rotor de turbina eólica basándose en al menos dos configuraciones del dispositivo de regulación de flujo adaptable; determinar otra cantidad indicativa de un cambio requerido (o deseado, o necesario) del impacto de conducción en el rotor de turbina eólica (por ejemplo, un cambio necesario del par de torsión de rotor), con la finalidad de cambiar un valor de una velocidad de rotor a un valor de referencia de la velocidad de rotor; e indicar una falla de ajuste basada en una comparación de la cantidad con la otra cantidad.

15 Tras la detección de tal falla de ajuste, pueden tomarse medidas preventivas o puede iniciarse un procedimiento de parada segura.

20 La pala de rotor de turbina eólica puede estar equipada con el llamado complementos activo, es decir, dispositivos de regulación de flujo adaptables, que puede configurarse en diferentes estados o configuraciones que corresponden a diferentes efectos en un flujo de aire cerca de o en la superficie de pala de rotor. El complemento activo puede configurarse en diferentes estados utilizando uno o más accionadores, por ejemplo, utilizando un dispositivo expansible, tal como una manguera o una bolsa, que puede llenarse con aire comprimido en un grado diferente o un nivel de llenado diferente para establecer el dispositivo de regulación de flujo adaptable en dos o más diferentes configuraciones.

25 El método, por ejemplo, puede ser realizado por un controlador de turbina eólica o un controlador de parque eólico. El método puede implementarse parcialmente en software y/o hardware. En particular, el método para detectar la falla de ajuste puede realizarse para que sea completamente independiente de cualesquier procesos de controlador o procesos de accionador involucrados en el ajuste de la pala de rotor de turbina eólica, en particular, ajustando un ángulo de paso y/o ajustando una configuración del dispositivo de regulación de flujo adaptable.

30 La falla de ajuste puede relacionarse con una falla de un controlador (y/o sensor) que controla, por ejemplo, un estado del dispositivo de regulación de flujo y/o un controlador que controla el mecanismo de paso de pala de rotor. Alternativa o adicionalmente, la falla de ajuste puede estar relacionada con un desperfecto o falla de un accionador (y/o sensor asociado) que activa, por ejemplo, el dispositivo de regulación de flujo adaptable y/o un accionador que activa el sistema de paso de pala para establecer la pala de rotor en un ángulo de paso particular.

35 El método puede identificar una situación en la que las configuraciones sucesivas del dispositivo de regulación de flujo, por ejemplo, no dan como resultado un impacto de conducción en el rotor de la turbina eólica que cambiará el valor real de la velocidad de rotor al valor de referencia de la velocidad de rotor, el cual puede ser el valor deseado de la velocidad de rotor. La falla de ajuste, en particular, puede comprender una falla de ajuste del dispositivo de regulación de flujo adaptable y/o una falla de ajuste del paso de pala.

40 El dispositivo de regulación de flujo adaptable puede montarse sobre o en la superficie de pala de rotor, en particular, un borde de ataque en una superficie de succión de la pala de rotor, en particular, si el dispositivo de regulación de flujo adaptable comprende un deflector aerodinámico. La pala de rotor de turbina eólica puede comprender uno o más dispositivos de regulación de flujo adaptables, por ejemplo, montados en diferentes ubicaciones de la superficie de pala de rotor. En particular, la pala de rotor además puede comprender dispositivos de regulación de flujo que pueden no ser necesariamente adaptables, tal como al menos un generador de vórtice, en particular, instalado corriente abajo del dispositivo de regulación de flujo adaptable y que puede encenderse o apagarse efectivamente dependiendo, por ejemplo, del estado del dispositivo de regulación de flujo adaptable, en particular, del deflector aerodinámico, instalado corriente arriba del generador de vórtice. En particular, el dispositivo de regulación de flujo adaptable y/o el generador de vórtice pueden estar configurados en una cantidad o varios módulos dispuestos a lo largo de una dirección longitudinal de la pala de rotor. Puede instalarse una aleta de sustentación (otro ejemplo de un dispositivo de regulación de flujo adaptable) por ejemplo, en un borde de salida de la pala de rotor, en particular, en un lado de succión.

45 El método puede, por ejemplo, llevarse a cabo durante la operación normal de la turbina eólica, lo que implica la rotación del rotor en el que se monta la pala de rotor de turbina eólica. El viento puede impactar sobre porciones de la pala de rotor así como sobre una superficie con forma de perfil aerodinámico del dispositivo de regulación de flujo adaptable. La superficie con forma de perfil aerodinámico del dispositivo de regulación de flujo adaptable puede establecerse en diferentes orientaciones y/o posiciones para diferentes estados o configuraciones del dispositivo de regulación de flujo adaptable. De este modo, las dos configuraciones del dispositivo de regulación de flujo adaptable pueden dar como resultado dos impactos de conducción diferentes del viento en el rotor de turbina eólica.

60 El impacto de conducción puede entenderse como correspondiente a una fuerza o a un par de torsión ejercido sobre el rotor de turbina eólica. De este modo, por ejemplo, la cantidad puede ser indicativa del par de torsión ejercido sobre el

rotor. Sin embargo, la cantidad puede no ser necesariamente el par de torsión. El cambio del impacto de conducción puede referirse a un cambio temporal del impacto de conducción, en particular, a un cambio temporal del par de torsión que actúa sobre el rotor de turbina eólica. Cada una de las dos configuraciones del dispositivo de regulación de flujo adaptable puede dar como resultado un impacto de conducción especial, en particular, las dos configuraciones del dispositivo de regulación de flujo adaptable pueden dar como resultado dos impactos de accionamiento diferentes en el rotor de turbina eólica. El cambio del impacto de conducción puede determinarse, por ejemplo, como una diferencia entre el impacto de conducción para la primera configuración y el impacto de conducción para la segunda configuración. A partir de la cantidad, puede derivarse el cambio de par de torsión. Por ejemplo, el cambio de par de torsión puede ser proporcional a la cantidad.

De manera similar, la otra cantidad puede ser proporcional a un par de torsión requerido, deseado o necesario para cambiar el valor (real) de la velocidad de rotor al valor de referencia. Para estimar la cantidad, pueden considerarse otros valores de parámetros más allá de al menos dos configuraciones del dispositivo de regulación de flujo adaptable, por ejemplo, parámetros operativos de la turbina eólica, en particular, incluyendo configuraciones de paso de pala. En particular, cualquier configuración de cualquier dispositivo instalado en la pala de rotor de turbina eólica que afecte o influya en el impacto de conducción del viento sobre el rotor de turbina eólica puede tenerse en cuenta para estimar la cantidad.

El valor de referencia de la velocidad de rotor puede ser un valor predeterminado, por ejemplo, puede ser la velocidad nominal de rotor que debe alcanzarse para una operación normal de la turbina eólica. Sin embargo, el método también puede realizarse cuando la turbina eólica no está operando en un modo operativo normal, sino cuando, por ejemplo, el valor de referencia de la velocidad de rotor es diferente de una velocidad nominal de rotor. El valor de referencia de la velocidad de rotor puede estar relacionado o puede ser igual a una velocidad de rotor deseada del rotor.

Durante una operación normal en la que no se produce ninguna falla de ajuste, se espera que el dispositivo de regulación de flujo adaptable sea controlado y luego establecido para ajustar o cambiar la velocidad real de rotor hacia el valor de referencia de la velocidad de rotor. Para este propósito, puede diseñarse el controlador del dispositivo de regulación de flujo adaptable. También para este propósito, se diseña un accionador que establece el estado del dispositivo de regulación de flujo adaptable (que puede estar acoplado al controlador respectivo). De este modo, en una situación sin fallas de ajuste, el ajuste del dispositivo de regulación de flujo adaptable puede ser tal que el valor de la velocidad de rotor se cambie hacia el valor de referencia de la velocidad de rotor, para así alcanzar el valor de referencia de la velocidad de rotor.

Para cambiar el valor real de la velocidad de rotor al valor de referencia (deseado) de la velocidad de rotor, puede requerirse o necesitarse un par de torsión particular que puede determinarse mediante el método. En particular, la otra cantidad puede estar relacionada con o puede ser igual al par de torsión necesario para ajustar el valor real de la velocidad de rotor al valor de referencia de la velocidad de rotor. En otras realizaciones, la otra cantidad puede ser diferente del par de torsión real necesario pero puede ser, por ejemplo, proporcional al par de torsión necesario.

Además, por ejemplo, puede tenerse en cuenta el momento de inercia del sistema giratorio, incluyendo el rotor y las palas de rotor, para determinar la otra cantidad indicativa de un cambio requerido o necesario o deseado del impacto de conducción.

Al menos dos configuraciones del dispositivo de regulación de flujo adaptable pueden estar relacionadas o pueden ser iguales a las configuraciones realmente presentes del dispositivo de regulación de flujo adaptable, pueden medirse, por ejemplo, incluyendo la presión en un dispositivo expansible y/o la altura de proyección y/u orientación y/o posición de una superficie con forma de perfil aerodinámico del dispositivo de regulación de flujo que se expone al flujo de aire.

Si, por ejemplo, una desviación entre la cantidad y la otra cantidad es relativamente pequeña, por ejemplo, menor que un umbral de cantidad, puede inferirse que no existe ninguna falla de ajuste. Si la cantidad y la otra cantidad difieren entre sí, por ejemplo, más que un umbral de cantidad, puede concluirse o deducirse que existe una falla de ajuste. El método puede distinguir o no entre una falla de ajuste que se relaciona con un sistema de paso de pala o un dispositivo de regulación de flujo. Ventajosamente, cuando se consideran al menos dos configuraciones del dispositivo de regulación de flujo adaptable, en particular, puede identificarse una falla de ajuste del dispositivo de regulación de flujo adaptable (por ejemplo, debido a una falla de controlador y/o una falla de accionador y/o una falla de sensor). Posteriormente, la turbina eólica y/o la pala de rotor de turbina eólica pueden configurarse en un modo operativo seguro o configuración segura de parámetros.

De acuerdo con una realización de la presente invención, la estimación de la cantidad indicativa del cambio de impacto de conducción en el rotor de turbina eólica además se basa en al menos dos configuraciones de un paso de pala de la pala de rotor, y/o en donde la cantidad y/o la otra cantidad comprende un par de torsión de rotor.

Además, las configuraciones del paso de pala influyen en el cambio del impacto de conducción del viento sobre el rotor. Además, el sistema de ajuste del paso de pala puede estar defectuoso (debido a una falla de controlador y/o una falla de accionador y/o una falla de sensor) y también puede ser necesario detectar dicha falla para evitar daños en los componentes de turbina eólica.

Cada pala de rotor de turbina eólica puede ser monitoreada independientemente para buscar una falla del dispositivo de regulación de flujo adaptable y/o la falla del sistema de paso de pala. Por lo tanto, el riesgo de daño puede reducirse aún más.

5

De acuerdo con una realización de la presente invención, la comparación de la cantidad con la otra cantidad incluye determinar una diferencia de cantidad entre la cantidad y la otra cantidad. La diferencia de cantidad puede ser, por ejemplo, una diferencia de par de torsión o puede ser un valor que sea, por ejemplo, proporcional a una diferencia de par de torsión. Por lo tanto, el método puede simplificarse aún más.

10

De acuerdo con una realización de la presente invención, la falla de ajuste se indica, si un valor absoluto de la diferencia de cantidad excede un umbral de cantidad y/o si la suma de un valor absoluto de la diferencia de cantidad acumulada durante un intervalo de tiempo excede un umbral de cantidad.

15

Si el valor absoluto de la diferencia de cantidad excede un umbral de cantidad, puede indicar que la configuración del dispositivo de regulación de flujo y/o la configuración del paso de pala no está en la dirección o en esta magnitud como se requiere, necesita o desea con la finalidad de cambiar la velocidad de rotor hacia la velocidad de rotor de referencia. La necesidad de cambio requerida podría basarse en un modelo del controlador, el cual utiliza la velocidad real y la referencia de velocidad como entradas y salidas de una diferencia de par de torsión. De este modo, en esta situación, se presenta alguna falla de ajuste.

20

De acuerdo con una realización de la presente invención, la estimación de la cantidad comprende: modelar el flujo de aire cerca de y/o en la pala de rotor basándose en la velocidad de rotor para al menos dos configuraciones respectivas del dispositivo de regulación de flujo adaptable y el paso de pala; derivar, a partir del flujo de aire para las diferentes configuraciones, el impacto aerodinámico, en particular, el par de torsión, que actúa sobre la pala de rotor para las diferentes configuraciones.

25

El modelado puede incluir utilizar o configurar un modelo físico/matemático que simule el flujo de aire a través de las superficies de la pala de turbina eólica y/o las superficies activas de los dispositivos de regulación de flujo. Por lo tanto, puede tenerse en cuenta la geometría de las superficies expuestas relevantes al flujo de aire, así como los momentos de inercia del rotor. Además, pueden tenerse en cuenta la velocidad del viento, la dirección del viento y la turbulencia del viento.

30

También para determinar la otra cantidad, puede emplearse el modelado de flujo de aire.

35

De acuerdo con una realización de la presente invención, la determinación de la otra cantidad se basa en el valor de la velocidad de rotor y el valor de referencia de la velocidad de rotor. Además, la otra cantidad puede depender del momento de inercia del rotor. Por lo tanto, la otra cantidad puede determinarse de forma simple.

40

De acuerdo con una realización de la presente invención, el método además comprende medir al menos dos configuraciones del dispositivo de regulación de flujo adaptable en un primer y segundo puntos de tiempo y determinar una diferencia entre las dos configuraciones; y/o medir al menos dos configuraciones del paso de pala en el primer y segundo puntos de tiempo y determinar una diferencia entre las dos configuraciones; y/o medir el valor de la velocidad de rotor.

45

Por ejemplo, el o los ángulos de paso pueden medirse utilizando sensores, tales como codificadores. El ajuste del dispositivo de regulación de flujo puede medirse, por ejemplo, ópticamente o al determinar una presión en un contenedor expansible que actúa sobre la superficie con forma de perfil aerodinámico del dispositivo de regulación de flujo, en particular, del deflector aerodinámico. Por lo tanto, el método puede basarse en la configuración física real o constitución del dispositivo de regulación de flujo y/o el paso de pala. Por lo tanto, la estimación de la cantidad puede mejorarse con respecto a la precisión.

50

De acuerdo con una realización de la presente invención, las dos configuraciones del dispositivo de regulación de flujo adaptable cada una indica la altura de proyección y/u orientación y/o inclinación de una superficie con forma de perfil aerodinámico del dispositivo de regulación de flujo expuesta a un flujo de aire.

55

La superficie con forma de perfil aerodinámico puede, en una operación normal, quedar expuesta al flujo de aire y puede desviar el flujo de aire o cambiar el flujo de aire en comparación con el flujo de aire que estaría presente o que evolucionaría en la superficie desnuda de la pala de rotor. Si se tiene en cuenta la geometría y/o la orientación y/o la posición de la superficie con forma de perfil aerodinámico, la estimación de la cantidad puede realizarse con mayor precisión.

60

De acuerdo con una realización de la presente invención, las dos configuraciones del dispositivo de regulación de flujo adaptable corresponden a dos estados del dispositivo de regulación de flujo adaptable que difieren en un efecto sobre el flujo de aire. El dispositivo de regulación de flujo puede comprender más de dos estados, de los cuales todos pueden diferir en cuanto a la influencia sobre el flujo de aire. En una implementación simple, el dispositivo de regulación de flujo tiene (para cada módulo de dispositivo) sólo un estado encendido y un estado apagado.

65

De acuerdo con una realización de la presente invención, el dispositivo de regulación de flujo adaptable comprende una pluralidad de módulos de dispositivos de regulación de flujo adaptable montados en la pala de rotor que pueden establecerse de forma independiente en los estados de módulo respectivos, cada una de al menos dos configuraciones del dispositivo de regulación de flujo adaptable comprende información con respecto a todos los estados de módulo. Por lo tanto, puede simplificarse la fabricación y/o el transporte del dispositivo de regulación de flujo y también puede simplificarse el montaje. Además, pueden soportarse diseños convencionales.

De acuerdo con una realización de la presente invención, el método además comprende, después de indicar la falla de ajuste, activar una función de parada segura del dispositivo de regulación de flujo y/o del sistema de paso de pala, en particular, para detener la turbina eólica. Por lo tanto, pueden evitarse daños a los componentes de la turbina eólica.

Debe entenderse que las características, de forma individual o en cualquier combinación, divulgadas, descritas, explicadas o empleadas en un método para detectar una falla de ajuste relacionada con una pala de rotor de turbina eólica montada en un rotor de turbina eólica y que comprende un dispositivo de regulación de flujo adaptable también puede, de forma individual o en cualquier combinación, aplicarse o estar relacionadas con una disposición para detectar una falla de ajuste relacionada con una pala de rotor de turbina eólica montada en un rotor de turbina eólica y comprende un dispositivo de regulación de flujo adaptable de acuerdo con realizaciones de la presente invención y viceversa.

De acuerdo con una realización de la presente invención, se proporciona una disposición para detectar una falla de ajuste relacionado con una pala de rotor de turbina eólica montada en un rotor de turbina eólica y que comprende un dispositivo de regulación de flujo adaptable, la disposición comprende un procesador adaptado: para estimar una cantidad indicativa de un cambio del impacto de conducción del viento sobre el rotor de turbina eólica basándose en al menos dos configuraciones del dispositivo de regulación de flujo adaptable; para determinar otra cantidad indicativa de un cambio requerido (o deseado, o necesario) del impacto de conducción sobre el rotor de turbina eólica (por ejemplo, un cambio de par de torsión de rotor necesario), con la finalidad de cambiar un valor de una velocidad de rotor a un valor de referencia de la velocidad de rotor; y de determinar la presencia de una falla de ajuste basándose en una comparación de la cantidad con la otra cantidad.

Además, la disposición puede comprender una sección de entrada para recibir al menos dos configuraciones del dispositivo de regulación de flujo adaptable y al menos dos configuraciones de un paso de pala.

De acuerdo con una realización de la presente invención, se proporciona una pala de rotor de turbina eólica que comprende: un dispositivo de regulación de flujo adaptable; y una disposición de acuerdo con la realización precedente.

De acuerdo con una realización de la presente invención, se proporciona una turbina eólica que comprende: un rotor de turbina eólica; y una pala de rotor de turbina eólica montada en el rotor de turbina eólica de acuerdo con la realización precedente.

Los aspectos definidos anteriormente y aspectos adicionales de la presente invención son evidentes a partir de los ejemplos de realización que se describirán a continuación y se explican con referencia a los ejemplos de realización. La invención se describirá con más detalle en lo sucesivo con referencia a ejemplos de realización pero a los que no se limita la invención.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 ilustra esquemáticamente una pala de rotor de turbina eólica de acuerdo con una realización de la presente invención que comprende un dispositivo de regulación de flujo adaptable de acuerdo con una realización de la presente invención; y

La figura 2 ilustra esquemáticamente una disposición para detectar una falla de ajuste relacionada con una pala de rotor de turbina eólica montada en un rotor de turbina eólica y que comprende un dispositivo de regulación de flujo adaptable de acuerdo con una realización de la presente invención que se configura para llevar a cabo un método de acuerdo con una realización de la presente invención.

Descripción detallada

La ilustración en los dibujos es en forma esquemática.

La pala de rotor 1 para una turbina eólica ilustrada en la figura 1 comprende una superficie de pala de rotor 3 que se expone al flujo de aire durante una operación normal de la pala de rotor que implica la rotación alrededor de un eje de rotación 4 de una turbina eólica. En particular, la pala de rotor 1 comprende un borde frontal 5 y un borde posterior (o de salida) 7 que representan un borde corriente arriba y un borde corriente abajo, respectivamente, con respecto a una dirección de viento 9.

La pala de rotor 1 además comprende al menos un dispositivo de regulación de flujo adaptable 11 de acuerdo con una

- realización de la presente invención. El dispositivo de regulación de flujo 11 es en la realización ilustrada un deflector aerodinámico que se instala, por ejemplo, en una superficie de lado de succión cerca del borde frontal 5 de la pala de rotor 1. El deflector aerodinámico 11 comprende (en general, el dispositivo de regulación de flujo adaptable) comprende una superficie de perfil aerodinámico 13 que se expondrá al flujo de aire 9 durante la rotación de la pala de rotor 1.
- 5 La pala de rotor de turbina eólica 1 ilustrada en la figura 1 además comprende una disposición 15 para detectar una falla de ajuste relacionada con la pala de rotor de turbina eólica 1 montada en el rotor de turbina eólica 4 y que comprende un dispositivo de regulación de flujo adaptable 11 de acuerdo con una realización de la presente invención. Por lo tanto, la disposición comprende una sección de entrada 17 que se adapta para recibir al menos dos configuraciones 19a, 19b (por ejemplo, medidas por el accionador y/o sensor 24) del dispositivo de regulación de flujo adaptable 11 y en particular, también al menos dos configuraciones 21a, 21b de un paso de pala que se miden, por ejemplo, mediante el accionador y/o sensor 23.
- 10 La disposición 15 se ilustra esquemáticamente en una realización ejemplar en la figura 2. En la sección de entrada 17, la disposición 15 recibe del accionador y/o sensor 24 las configuraciones 19a, 19b, 19c del dispositivo de regulación de flujo 11. Además, la disposición 15 recibe los ángulos de paso de pala 21a, 21b, 21c que se determinan por el accionador y/o sensor 23 que mide los ángulos de paso de pala de la pala de rotor 1. En particular, los ángulos de paso de pala se refieren a un ángulo de rotación de la pala de rotor alrededor de un eje longitudinal 6 de la pala de rotor.
- 15 Como entradas adicionales, la disposición recibe un valor 25 de la velocidad de rotor como actualmente se presenta. Además, la disposición recibe un valor de referencia 27 de la velocidad de rotor en la sección de entrada 17. La disposición 15 además comprende un módulo de determinación de actividad de paso 29 que deriva de las configuraciones de paso 21a, 21b, 21c, por ejemplo, un cambio de los ángulos de paso, como se indica con el signo de referencia 31.
- 20 Además, la disposición comprende un módulo de actividad de complemento activo 33 que recibe las configuraciones 19a, 19b, 19c del dispositivo de regulación de flujo adaptable 11 y determina un cambio 35 de la configuraciones del dispositivo de regulación de flujo 11. Además, la disposición 15 comprende un bloque de estimación 37 que se configura para estimar el cambio de par de torsión del rotor (o en general una cantidad) 41 basándose en el cambio de actividad de paso 31 y el cambio de actividad de complemento activo 35. Por lo tanto, el bloque de estimación 37 también recibe el valor real 25 de la velocidad de rotor. El módulo de estimación 37 produce la cantidad 41 indicativa de un cambio de un impacto de conducción del viento sobre el rotor de turbina eólica, en particular, indicando el par de torsión.
- 25 Un módulo de procesamiento adicional 39 se configura para determinar, por ejemplo, la necesidad de la tasa de cambio de par de torsión del rotor basándose en el valor real 25 de la velocidad de rotor y el valor de referencia 27 de la velocidad de rotor. El módulo de procesamiento 39 produce la otra cantidad 43 indicativa de un cambio requerido del impacto de conducción sobre el rotor de turbina eólica, para cambiar un valor de la velocidad de rotor, es decir, el valor 25 de la velocidad de rotor, al valor de referencia 27 de la velocidad de rotor.
- 30 La cantidad 41 y la otra cantidad 43 se comparan en un módulo de monitoreo 45 que también está comprendido dentro de la disposición 15. Si la diferencia entre la cantidad 41 y la otra cantidad 43 excede un umbral de cantidad, se produce una señal de indicación de falla 47 a partir del módulo de monitoreo 45 y se suministra a un bloque de parada de seguridad 49 que puede iniciar o activar una parada segura de la turbina eólica.
- 35 Las realizaciones de la invención presentan un sistema de protección contra embalamiento de accionador basado en un modelo, como se ilustra de manera ejemplar en la figura 2. Basándose en una entrada de estado del ángulo de paso de pala (por ejemplo, señales de configuración de paso de pala 21a, 21b, 21c) y el estado del complemento activo (por ejemplo, configuraciones de dispositivo de regulación de flujo 19a, 19b, 19c) y además basándose en el valor real de la velocidad de rotor 25, se estima el cambio real en el par de torsión de rotor (por ejemplo, etiquetado con el signo de referencia 41). Esta estimación, realizada por el bloque de estimación 37, puede hacerse basándose en datos detallados sobre el impacto aerodinámico de la pala y el complemento activo o podría basarse en modelos simplificados.
- 40 La necesidad de la tasa de cambio de par de torsión de rotor (por ejemplo, etiquetada con el signo de referencia 43 en la figura 2) puede calcularse en función de la velocidad de rotor 25 y la velocidad nominal o de referencia 27. La unidad de monitoreo 45 puede activar una función de parada segura, si la diferencia entre el cambio de par de torsión de rotor estimado y la necesidad de tasa de cambio de par de torsión de rotor excede un nivel de umbral. También podría activarse si los valores acumulados por encima del nivel de umbral exceden un umbral adicional para este valor acumulado. La función de parada segura (por ejemplo, iniciada o ejecutada en el bloque 49) puede ser ya sea una función de paso seguro o una función de complemento activo que puede tener la capacidad de detener la turbina, o una combinación de estas.
- 45 Las realizaciones de la presente invención presentan estados de complemento activo en un sistema de protección contra embalamiento de accionador. Todos los accionadores de uno o más dispositivos de regulación de flujo pueden sumarse o normalizarse a una suma de tasa de cambio de par de torsión de rotor. Todos los sistemas de accionador pueden compararse al combinar la necesidad esperada de cambio de par de torsión de rotor con un cambio de par de torsión de rotor real y activar la parada segura si difieren más que un umbral.
- 50 La necesidad de la tasa de cambio de par de torsión de rotor (por ejemplo, etiquetada con el signo de referencia 43 en la figura 2) puede calcularse en función de la velocidad de rotor 25 y la velocidad nominal o de referencia 27. La unidad de monitoreo 45 puede activar una función de parada segura, si la diferencia entre el cambio de par de torsión de rotor estimado y la necesidad de tasa de cambio de par de torsión de rotor excede un nivel de umbral. También podría activarse si los valores acumulados por encima del nivel de umbral exceden un umbral adicional para este valor acumulado. La función de parada segura (por ejemplo, iniciada o ejecutada en el bloque 49) puede ser ya sea una función de paso seguro o una función de complemento activo que puede tener la capacidad de detener la turbina, o una combinación de estas.
- 55 Las realizaciones de la presente invención presentan estados de complemento activo en un sistema de protección contra embalamiento de accionador. Todos los accionadores de uno o más dispositivos de regulación de flujo pueden sumarse o normalizarse a una suma de tasa de cambio de par de torsión de rotor. Todos los sistemas de accionador pueden compararse al combinar la necesidad esperada de cambio de par de torsión de rotor con un cambio de par de torsión de rotor real y activar la parada segura si difieren más que un umbral.
- 60 Las ventajas proporcionadas por las realizaciones de la presente invención pueden ser que el sistema de control puede
- 65

hacerse muy estrecho, delgado y preciso, de modo que puede capturar un embalamiento de accionador muy pronto. Esto puede reducir las cargas de diseño de la turbina. La unidad o módulo de monitoreo 45 puede, por ejemplo, producir una señal que indique una falla, tal como "embalamiento de accionador". De acuerdo con otra realización de la presente invención, se proporciona una turbina eólica que incluye la pala de rotor ilustrada en la figura 1.

5

Cabe señalar que el término "que comprende" no excluye otros elementos o etapas y "un" o "una" no excluye una pluralidad. También pueden combinarse elementos descritos en asociación con diferentes realizaciones. También cabe señalar que los signos de referencia en las reivindicaciones no deben interpretarse como una limitación del alcance de las reivindicaciones.

10

REIVINDICACIONES

- 5 1. Método para detectar una falla de ajuste (47) relacionada con una pala de rotor de turbina eólica (1) montada en un rotor de turbina eólica (4) y que comprende un dispositivo de regulación de flujo adaptable (11), en particular, un deflector aerodinámico y/o una aleta de sustentación, el método comprende:
- 10 estimar una cantidad (41) indicativa de un cambio de un impacto de conducción del viento (9) sobre el rotor de turbina eólica (4) basándose en al menos dos configuraciones (19a, 19b) del dispositivo de regulación de flujo adaptable (11); determinar otra cantidad (43) indicativa de un cambio deseado del impacto de conducción sobre el rotor de turbina eólica, con la finalidad de cambiar un valor (25) de una velocidad de rotor a un valor de referencia (27) de la velocidad de rotor; e
- 15 indicar una falla de ajuste (47) basada en una comparación de la cantidad (41) con la otra cantidad (43).
2. Método de acuerdo con la reivindicación precedente, en donde la estimación de la cantidad (41) indicativa del cambio del impacto de conducción en el rotor de turbina eólica además se basa en al menos dos configuraciones (21a, 21b) de un paso de pala (23) de la pala de rotor (1), y/o en donde la cantidad y/o la otra cantidad comprende un par de torsión de rotor.
- 20 3. Método de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, en donde la comparación de la cantidad (41) con la otra cantidad (43) incluye: determinar una diferencia de cantidad entre la cantidad y la otra cantidad.
4. Método de acuerdo con la reivindicación precedente, en donde se indica la falla de ajuste,
- 25 si un valor absoluto de la diferencia de cantidad excede un umbral de cantidad y/o si una suma de un valor absoluto de la diferencia de cantidad acumulada durante un intervalo de tiempo que excede un umbral de cantidad excede otro umbral de cantidad.
5. Método de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, en donde la estimación de la cantidad comprende:
- 30 modelar el flujo de aire cerca de y/o en la pala de rotor (1) basándose en al valor (25) de la velocidad de rotor para al menos las dos configuraciones respectivas (19a, 19b, 21a, 21b) del dispositivo de regulación de flujo adaptable (11) y el paso de pala (23); derivar, basándose en el flujo de aire para las diferentes configuraciones, el impacto aerodinámico, en particular, el par de torsión, que actúa sobre la pala de rotor para las diferentes configuraciones.
- 35 6. Método de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, en donde la determinación de la otra cantidad (43) se basa en el valor (25) de la velocidad de rotor y el valor de referencia de velocidad de rotor (27).
- 40 7. Método de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, que además comprende: medir al menos dos configuraciones (19a, 19b) del dispositivo de regulación de flujo adaptable (11) en un primer y segundo puntos de tiempo y determinar una diferencia entre las dos configuraciones; y/o medir al menos las dos configuraciones (21a, 21b) del paso de pala (23) en el primer y segundo puntos de tiempo y determinar una diferencia entre las dos configuraciones; y/o
- 45 medir el valor (25) de la velocidad de rotor.
8. Método de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, en donde las dos configuraciones (10a, 19b) del dispositivo de regulación de flujo adaptable indican cada una la altura de proyección y/o la orientación y/o la inclinación respectivas de una superficie con forma de perfil aerodinámico (13) del dispositivo de regulación de flujo (11) expuesto a un flujo de aire (9).
- 50 9. Método de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, en donde las dos configuraciones (19a, 19b) del dispositivo de regulación de flujo adaptable (11) corresponden a dos estados del dispositivo de regulación de flujo adaptable que difieren en un efecto sobre el flujo de aire (9).
- 55 10. Método de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, en donde el dispositivo de regulación de flujo adaptable (11) comprende varios módulos de dispositivo de regulación de flujo adaptable montados en la pala de rotor que pueden establecerse de forma independiente en los estados de módulo respectivos, cada una de al menos dos configuraciones del dispositivo de regulación de flujo adaptable comprende información con respecto a todos los estados de módulo.
- 60 11. Método de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, que además comprende, después de indicar la falla de ajuste (47):
- 65 activar una función de parada segura (49) del dispositivo de regulación de flujo y/o del sistema de paso de pala, en particular, para detener la turbina eólica.

12. Disposición (15) para detectar una falla de ajuste (47) relacionada con una pala de rotor de turbina eólica (1) montada en un rotor de turbina eólica (4) y que comprende un dispositivo de regulación de flujo adaptable (11), la disposición comprende un procesador adaptado:

5 para estimar (37) una cantidad (41) indicativa de un cambio de un impacto de conducción del viento sobre el rotor de turbina eólica basándose en al menos dos configuraciones (21a, 21b) del dispositivo de regulación de flujo adaptable (11); para determinar otra cantidad (43) indicativa de un cambio deseado del impacto de conducción sobre el rotor de turbina eólica, con la finalidad de cambiar un valor (25) de una velocidad de rotor a un valor de referencia (27) de la velocidad de rotor; y
10 determinar la presencia de una falla de ajuste (47) basándose en una comparación de la cantidad (41) con la otra cantidad (43).

13. Disposición de acuerdo con la reivindicación precedente, que además comprende:
15 una sección de entrada (17) para recibir al menos dos configuraciones (19a, 19b) del dispositivo de regulación de flujo adaptable (11) y al menos dos configuraciones (21a, 21b) de un paso de pala (23).

14. Pala de rotor de turbina eólica (1), que comprende:

20 un dispositivo de regulación de flujo adaptable (11); y una disposición (15) de acuerdo con la reivindicación precedente.

15. Turbina eólica, que comprende:

un rotor de turbina eólica (4); y
25 una pala de rotor de turbina eólica (1) montada en el rotor de turbina eólica (4) de acuerdo con la reivindicación precedente.

FIG 1



