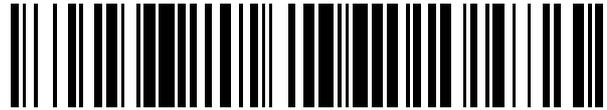


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 664 609**

51 Int. Cl.:

F03D 7/02

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.05.2012 PCT/IB2012/001106**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.12.2012 WO12164387**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.05.2012 E 12738174 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.01.2018 EP 2715123**

54 Título: **Sistema de control de aerogenerador que tiene un sensor de empuje**

30 Prioridad:

27.05.2011 US 201161490765 P

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

20.04.2018

73 Titular/es:

**CONDOR WIND ENERGY LIMITED (100.0%)
Gainsborough House, 81 Oxford Street
London W1D 2EU, GB**

72 Inventor/es:

**CARUSO, SILVESTRO;
JAKUBOWSKI, MARTIN y
CAIOLI, LUCIANO**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 664 609 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 de aerogenerador que tiene un sensor de empuje

Referencia a las aplicaciones relacionadas

5 La presente solicitud reivindica la prioridad de la solicitud provisional US N° 61/490.765, presentada el 27 de Mayo de 2011.

Campo de la invención

La invención se refiere en general al control de aerogeneradores, especialmente en condiciones de vientos extremos o variables.

Antecedentes

10 La energía eólica es una alternativa atractiva a los combustibles fósiles ya que es abundante, es renovable, está distribuida de manera amplia, es limpia y no produce emisiones de gases de efecto invernadero. Con el fin de maximizar la generación eléctrica, los aerogeneradores se sitúan típicamente en áreas de mucho viento, tales como las laderas de montañas y cañones. Los aerogeneradores se sitúan también en alta mar, para aprovechar los fuertes vientos costeros.

15 Sin embargo, el viento aprovechado para la generación de energía puede dañar también una turbina. Aunque los vientos más fuertes generan más energía, una velocidad del viento y un cambio de dirección altos y rápidos, por ejemplo, ráfagas extremas, pueden generar un estrés tremendo sobre los componentes de la turbina. En particular, las palas, los cubos y las cajas de engranajes son vulnerables a fallos relacionados con el estrés. Gracias a materiales avanzados y a la ingeniería de precisión, las turbinas grandes, modernas, pueden conseguir un
20 rendimiento fiable con velocidades de viento de hasta 30 m/s. No obstante, cada aerogenerador tiene una velocidad de corte por encima de la cual la turbina no puede funcionar de manera segura durante períodos prolongados. Si la velocidad del viento excede sustancialmente la velocidad de corte mientras la turbina está produciendo energía, la turbina puede perder su capacidad para controlar el par del eje y/o la velocidad de funcionamiento y puede resultar dañada, resultando en un tiempo de inactividad y costosas reparaciones. Además,
25 cuando la turbina operativa es alcanzada por una ráfaga extrema, la turbina puede resultar dañada si su sistema de control no responde rápidamente para hacer que se apague.

Por ejemplo, en el caso de una variación muy rápida de la velocidad del viento y/o la dirección del viento (específicamente en el caso de una ráfaga coherente extrema con cambio de dirección del viento u otras ráfagas extremas), pueden excederse los límites de seguridad del par aerodinámico del rotor y de la velocidad, incluso
30 después de que el sistema de control haya iniciado el apagado (cuando se basa en un sensor de sobre-velocidad del eje). Esto puede resultar en tensiones peligrosas sobre las palas, el cubo, el tren de transmisión y otros subsistemas (todo lo cual puede resultar en un fallo de la turbina).

Para evitar daños en situaciones de viento fuerte, muchos aerogeneradores tienen sensores de velocidad de rotor que detectan la velocidad del eje del rotor, por ejemplo, a través de un sensor "pick-up" de velocidad, que se usa
35 para el control de energía y para el apagado. En dichos aerogeneradores, se activa un sistema de frenado en el caso de una sobre-velocidad del eje. Sin embargo, la respuesta de la velocidad de funcionamiento está retrasada con relación a la variación del par aerodinámico, debido a la inercia del rotor. De esta manera, la acción correctiva no se inicia hasta mucho después del inicio del suceso relacionado con el viento.

De esta manera, existe una necesidad de un sistema de control que pueda detectar instantáneamente variaciones
40 rápidas en la velocidad del viento vistas por el rotor y que pueda iniciar una acción correctiva. El documento WO 2011/042369 describe el control de un aerogenerador mediante el cual, en base a las mediciones de carga sobre las palas o el eje del rotor, se estima el empuje sobre el rotor, y, cuando este empuje excede un umbral determinado, la turbina se detiene.

Sumario

45 La invención proporciona sistemas de control de aerogeneradores para detectar instantáneamente cargas de empuje incrementadas e iniciar acciones correctivas. En muchos casos, la carga de empuje incrementada es el resultado de una variación en la velocidad o en la dirección del viento, por ejemplo, debida a una ráfaga o una tormenta sostenida. El sistema puede iniciar una acción correctiva para limitar el rebasamiento de la velocidad del rotor mediante la activación de un sistema de frenado. La acción correctiva puede conducir a un apagado. En
50 algunas realizaciones, el sensor de empuje comprende un sensor de carga axial o un sensor de par/empuje combinado.

Una vez detectado un incremento en la carga de empuje, el sistema de control puede activar el mecanismo de ángulo de paso en las turbinas con control de ángulo de paso o el mecanismo de accionamiento de guiñada en las turbinas con control de guiñada y/o también un sistema de frenado mecánico o eléctrico (o regenerativo) acoplado al eje del rotor para reducir la tasa de crecimiento de la velocidad del rotor. En la mayoría de los aerogeneradores, el sistema de control inicia el accionamiento del sistema de frenado cuando la velocidad de funcionamiento del rotor alcanza un umbral (punto de ajuste de sobre-velocidad) cuyo valor se establece de manera que el rebasamiento del transitorio de velocidad del rotor no alcance el límite de diseño.

Sin embargo, considerando el comportamiento transitorio debido a las ráfagas extremas, puede ser necesario reducir el punto de sobre-velocidad establecido a un valor que podría causar un apagado no deseado en el funcionamiento normal.

Este riesgo puede ser mitigado o eliminado mediante el uso de una señal de un sensor que responde inmediatamente a cualquier variación de la velocidad del viento, sin o con poca inercia, mientras que la velocidad de funcionamiento detectada está retrasada por la inercia de masas del rotor y del tren de transmisión.

En el caso en el que un incremento de carga de empuje supera un límite de seguridad, es decir, un umbral de sobre-empuje, el controlador puede iniciar el apagado de la turbina, a través del sistema de frenado, por ejemplo, usando el sistema de control de ángulo de paso o el sistema de control de guiñada y/o también un sistema de frenado acoplado al eje del rotor. En algunas realizaciones, el controlador recibe mediciones de la velocidad de funcionamiento del eje durante la activación del sistema de frenado y usa las medidas de velocidad para calcular una desaceleración del eje del rotor. A continuación, el controlador modula el sistema de frenado según sea necesario para mantener la velocidad de desaceleración por debajo de un nivel máximo permitido.

La invención es útil para cualquier aerogenerador.

Breve descripción de los dibujos

La Fig. 1 es un diagrama de un eje de rotor de aerogenerador que comprende un sensor de empuje.

La Fig. 2 es una realización de un sistema de control de aerogenerador de la invención.

Descripción detallada

En muchos aerogeneradores, el sistema de frenado es activado por el umbral de sobre-velocidad del eje a través de un sensor "pick-up" de velocidad. En dichos sistemas, la respuesta de la velocidad de funcionamiento tiene un retraso con relación a cualquier variación del par aerodinámico debido a la inercia del rotor, por lo tanto, la activación del frenado se retrasa, conduciendo a un mayor rebasamiento de los parámetros de funcionamiento (y cargas del tren de transmisión). Dichas condiciones de rebasamiento pueden resultar en tensiones dañinas sobre la turbina y los subsistemas. Por el contrario, la invención proporciona sistemas de control de aerogeneradores capaces de detectar instantáneamente cargas de empuje incrementadas en un aerogenerador debidas a cambios en la velocidad del viento.

El aumento de la velocidad del viento resulta en una fuerza axial hacia abajo del eje del rotor antes de un aumento en la velocidad del rotor debido al aumento de la energía eólica. Midiendo los cambios de carga axial en tiempo real, es posible iniciar acciones correctivas en cuanto el viento cambia, disminuyendo la posibilidad de sobrecarga de la turbina. La acción correctiva puede ser la reducción de la tasa de crecimiento de la velocidad del eje del rotor o el apagado de la turbina mediante la activación de un sistema de frenado.

Los sensores de empuje adecuados para su uso con la invención pueden ser sensores de carga axial. Los sensores de carga axial pueden ser dispuestos en el soporte del cojinete axial del eje del rotor y pueden ser supervisados continuamente mediante un sistema de supervisión y control de turbina. Los sensores de carga axial pueden ser conjuntos de cojinete con sensores de par y de empuje integrados en los mismos. Los sensores de carga axial emiten una señal indicativa de la carga axial sobre el eje del rotor. La señal es recibida por un controlador de turbina. En algunas realizaciones, es beneficioso incorporar sensores de empuje redundantes en el sistema para evitar el mantenimiento en caso de que fallen uno o más sensores.

Un aumento dependiente del tiempo de la carga axial recibida por el controlador de turbina es indicativo de una mayor velocidad del viento y resultará en la activación de un sistema de frenado. En el caso de que la carga axial exceda una señal de sobre-empuje, se iniciarán los procedimientos de apagado.

Los sensores de empuje adecuados para su uso con la invención pueden comprender también sensores de presión, por ejemplo, sensores piezoeléctricos. Los sensores pueden estar en contacto con, o pueden incorporarse en, el eje del rotor o sus soportes, o los sensores pueden estar en contacto con, o pueden estar incorporados en,

las palas del rotor o en el cubo. En una turbina de cubo basculante con cojinetes basculantes elastoméricos, los sensores pueden ser acoplados a los cojinetes basculantes, proporcionando de esta manera una medición de la carga axial.

- 5 Un conjunto 100 de eje de rotor ejemplar que comprende un sensor 120 de empuje se muestra en la Fig. 1. El sensor 120 de empuje está situado en una interfaz entre el cojinete 130 radial y de empuje y la placa 140 de base. Según esta disposición, el sensor 120 de empuje es capaz de medir una carga axial sobre el eje 150 principal debida a un mayor empuje 160 sobre el eje 150 principal. Activando un sistema de frenado (no mostrado), es posible evitar una condición de rebasamiento de velocidad que puede resultar en una sobrecarga de los componentes de la turbina. La invención se aplica a turbinas con o sin cajas de engranajes.
- 10 Una realización de un sistema de control de aerogenerador de la invención se muestra en la Fig. 2. Los sensores 2 de empuje están en comunicación con el soporte de cojinete axial del eje 1 principal de la turbina, es decir, tal como se muestra en la Fig. 1. Los sensores 2 de carga de empuje detectan la carga axial transferida por el eje a la placa de base.
- 15 Una señal desde los sensores 2 de carga de empuje es enviada al controlador 3 de turbina. El controlador 3 de turbina recibe también una señal de velocidad de funcionamiento del eje emitida por los sensores 4 de velocidad de funcionamiento del eje. El controlador 3 de turbina compara la carga de empuje detectada con un umbral 5 de sobre-empuje definido. Usando la señal de velocidad de funcionamiento del eje, el controlador 3 de turbina calcula la aceleración/desaceleración del rotor en funcionamiento. Por ejemplo, el controlador puede recibir una primera velocidad de funcionamiento del eje en un primer tiempo y una segunda velocidad de funcionamiento del eje en un segundo tiempo, y puede calcular una desaceleración en base a la diferencia de las velocidades de funcionamiento primera y segunda del eje durante la diferencia de los tiempos primero y segundo. A continuación, el controlador 3 de turbina compara la desaceleración calculada con la desaceleración 6 máxima permitida. La desaceleración máxima puede ser introducida por un usuario en base a un valor de diseño y puede ser ajustada durante el funcionamiento en base a los resultados de las pruebas de la turbina.
- 20 Cuando la carga de empuje alcanza el umbral 5 de sobre-empuje, el controlador 3 de turbina inicia 7 rápidamente el sistema 9 de frenado. El sistema 9 de frenado puede comprender un sistema de control de guiñada individual o acoplado operativamente a un sistema de frenado mecánico, por ejemplo, un freno de tambor o de disco, o un sistema de frenado eléctrico, por ejemplo, control de par inversor o frenado resistivo, o una combinación de ambos.
- 25 En algunas realizaciones, el sistema 9 de frenado puede comprender un sistema de control de ángulo de paso individual o acoplado operativamente a un sistema de frenado mecánico, por ejemplo, un freno de tambor o de disco, o un sistema de frenado eléctrico, por ejemplo, control de par inversor o frenado resistivo, o una combinación de ambos.
- 30 Un sistema de control de guiñada adecuado para su uso con un sistema de control de aerogenerador de la invención en una turbina con articulación basculante de dos palas se describe en el documento PCT/US2012/36637, "Systems for Minimizing Yaw Torque Needed to Control Power Output in Two-Bladed, Teetering Hinge Wind Turbines that Control Power Output by Yawing" presentado el 4 de Mayo de 2012 e incorporado por referencia a la presente memoria, en su totalidad.
- 35 Si el controlador 3 de turbina determina que la desaceleración calculada es mayor que la desaceleración 6 máxima permitida (indicada anteriormente), el controlador 3 de turbina puede ordenar al sistema 9 de frenado que module suavemente el par de frenado 8 con una desaceleración no mayor que la desaceleración 6 máxima permitida. En algunas realizaciones, se usará un sistema de frenado hidráulico para permitir un frenado más suave del eje del rotor.
- 40 En una realización alternativa, una función adicional del controlador 3 de turbina sería la de gestionar una condición de sobre-velocidad, por ejemplo, supervisando un umbral de sobre-velocidad. Dicho sistema sería capaz de frenar el rotor del eje en el caso de que se alcanzara el umbral de sobre-velocidad antes del umbral de sobre-empuje. Dicha condición sería rara, pero probablemente sería indicativa de un fallo mecánico dentro del tren de transmisión.
- 45 De esta manera, la invención proporciona un sistema de control de aerogenerador para desacelerar el eje del rotor en el caso de una carga de empuje incrementada, causada típicamente por una ráfaga extrema, una tormenta, un huracán o un tifón. Los sistemas proporcionados tienen un tiempo de respuesta más rápido que los sistemas basados en sensores de velocidad del rotor y, por lo tanto, pueden prevenir daños al aerogenerador durante eventos de viento extremo.
- 50

Equivalentes

- 5 La invención puede ser materializada en otras formas específicas sin apartarse del espíritu o de las características esenciales de la misma. Por lo tanto, las realizaciones anteriores deben considerarse, en todos los aspectos, ilustrativas en lugar de limitativas de la invención descrita en la presente memoria. De esta manera, el alcance de la invención viene indicado por las reivindicaciones adjuntas en lugar de por la descripción anterior.

REIVINDICACIONES

1. Un aerogenerador que tiene un tren de accionamiento que comprende:
 - un cojinete de empuje de eje de rotor que comprende un sensor de carga axial para medir directamente una fuerza de empuje axial sobre un eje de rotor; y
- 5 un sistema de frenado acoplado al eje del rotor, en el que el sistema de frenado se activa cuando se excede un límite de fuerza de empuje axial.
2. Aerogenerador según la reivindicación 1, en el que el sistema de frenado comprende un sistema de control de ángulo de paso de las palas.
3. Aerogenerador según la reivindicación 1, en el que el sistema de frenado comprende un frenado eléctrico o un frenado mecánico.
- 10 4. Aerogenerador según la reivindicación 3, en el que el frenado eléctrico comprende aumentar un par de retención sobre el eje del rotor con un inversor o un generador.
5. Aerogenerador según la reivindicación 3, en el que el frenado mecánico comprende accionar un freno de disco o de tambor acoplado al eje del rotor.
- 15 6. Aerogenerador según la reivindicación 1, en el que el sistema de frenado está acoplado a un sistema de control de guiñada, y un ángulo de guiñada del aerogenerador es aumentado cuando se detecta una fuerza de empuje axial.
7. Aerogenerador según la reivindicación 1, que comprende además un controlador de turbina que regula una velocidad de desaceleración del eje del rotor.
- 20 8. Aerogenerador según la reivindicación 1, en el que el aerogenerador tiene dos palas y un cubo oscilante.
9. Procedimiento para controlar la velocidad de un eje de rotor de un aerogenerador, que comprende:
 - detectar directamente una fuerza de empuje axial sobre el eje del rotor de la turbina; y
 - activar un sistema de frenado
10. Procedimiento según la reivindicación 9, que comprende, además:
- 25 medir una fuerza de empuje axial sobre el eje del rotor; y
- comparar la fuerza de empuje axial medida con un umbral de sobre-empuje.
11. Procedimiento según la reivindicación 9, que comprende, además:
 - detectar una primera velocidad de funcionamiento del eje del rotor en un primer tiempo;
 - detectar una segunda velocidad de funcionamiento del eje del rotor en un segundo tiempo;
- 30 calcular una tasa de desaceleración del eje del rotor; y
- comparar la tasa de desaceleración calculada con un límite de desaceleración máximo.
12. Procedimiento según la reivindicación 11, que comprende además modular la acción del sistema de frenado cuando la tasa de desaceleración calculada del eje del rotor es mayor que el límite máximo de desaceleración.
13. Procedimiento según la reivindicación 9, que comprende, además:
- 35 detectar una primera velocidad de funcionamiento del eje del rotor en un primer tiempo;
- detectar una segunda velocidad de funcionamiento del eje del rotor en un segundo tiempo;
- calcular una tasa de aceleración del eje del rotor; y
- comparar la velocidad de aceleración calculada con un límite máximo de aceleración.

14. Procedimiento según la reivindicación 13, que comprende además modular la acción del sistema de frenado cuando la tasa de aceleración calculada del eje del rotor es mayor que el límite máximo de aceleración.

Fig.1

100 ↙

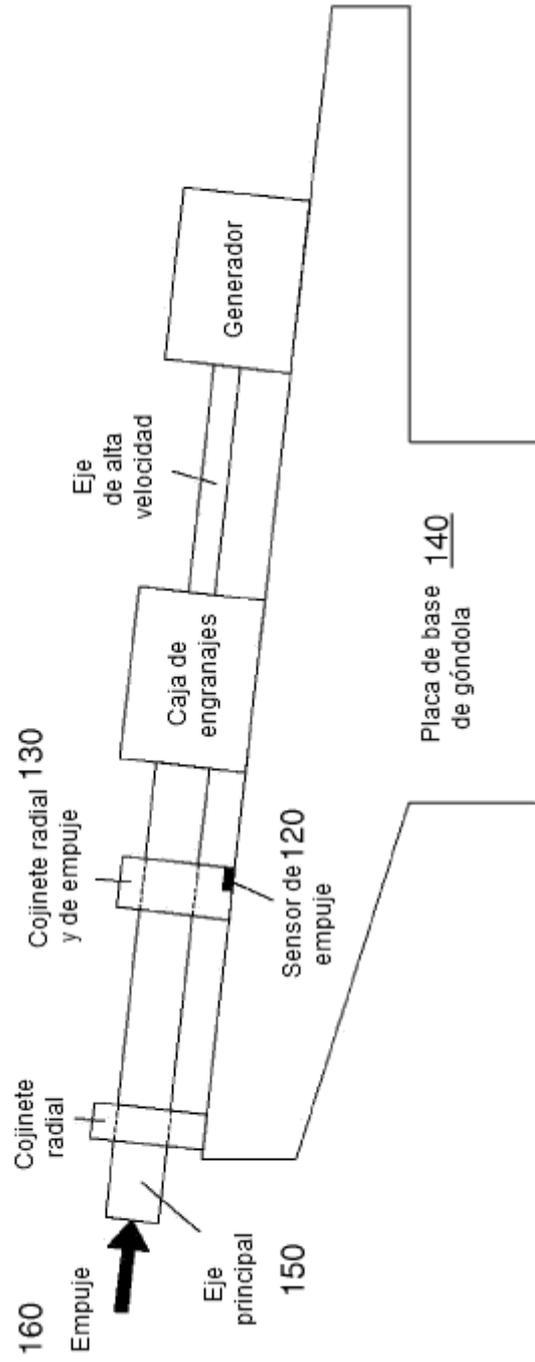


Fig.2

