

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 010 542**

51 Int. Cl.:

F03D 7/02

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.01.2022** **PCT/EP2022/050522**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.08.2022** **WO22167180**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.01.2022** **E 22700333 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.11.2024** **EP 4248088**

54 Título: **Método y sistema para optimizar la potencia de salida de una turbina eólica con desalineación de guiñada**

30 Prioridad:

05.02.2021 EP 21382095

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

03.04.2025

73 Titular/es:

**SIEMENS GAMESA RENEWABLE ENERGY
INNOVATION & TECHNOLOGY S.L. (100.00%)
Avenida de la Innovación 9-11
31621 Sarriguren, ES**

72 Inventor/es:

**MORAL GONZALEZ, CARLOS;
PALOU LARRANAGA, FELIPE;
PENA MARTINEZ, JUAN JOSE;
PIZARRO DE LA FUENTE, CARLOS;
BAS QUESADA, JESUS y
SUAREZ AIZPUN, JAIME**

74 Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 3 010 542 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

Método y sistema para optimizar la potencia de salida de una turbina eólica con desalineación de guiñada

5

Campo de la invención

La presente invención se refiere a un sistema que comprende una turbina eólica y un primer dispositivo de control que controla la turbina eólica basándose en una desalineación de guiñada. La presente invención también se refiere a un
10 parque eólico que comprende el sistema, en donde se proporciona una pluralidad de turbinas eólicas adyacentes, y a un método para controlar una turbina eólica.

En un parque eólico convencional, las estrategias de dirección de estela mediante el ajuste de los efectos de estela entre las turbinas eólicas se llevan a cabo para aumentar la producción anual de energía (AEP) del parque eólico. Por
15 ejemplo, una turbina eólica corriente arriba se coloca en una condición de guiñada, es decir, con una desalineación de guiñada, donde un eje de rotación de un buje no está completamente alineado con la dirección del viento para desviar una estela producida por la turbina eólica corriente arriba alejándola de una turbina eólica corriente abajo. Al minimizar los efectos de la estela, se incrementa la potencia de salida del parque eólico. Por lo tanto, las condiciones de guiñada pueden representar una desalineación de guiñada deseada de las turbinas eólicas respectivas para hacer
20 funcionar un controlador de parque eólico en una condición óptima. Si todas las turbinas eólicas del parque eólico estuvieran correctamente alineadas en la dirección del viento, no habría desalineación de guiñada, pero todo el rendimiento del controlador del parque eólico se degradaría debido a los efectos de estela. Las estrategias de dirección de estela requieren una operación adecuada de un generador de turbina eólica (WTG) en condiciones de guiñada, donde las turbinas eólicas no están necesariamente alineadas en la dirección del viento.

25

En el control convencional, la turbina eólica no se somete a ningún desalineamiento y se ajusta basándose en las propiedades aerodinámicas y otras características de la turbina eólica, como la eficiencia mecánica y eléctrica, el tamaño del rotor, etc. En particular, se selecciona un ángulo objetivo β de cabeceo de una tabla de consulta en un control de bucle abierto como el ángulo que proporciona el coeficiente máximo c_p de potencia para una velocidad U
30 del viento entrante determinada y una velocidad w_{rot} de rotor determinada (= velocidad de rotación del buje), es decir, el ángulo objetivo β de cabeceo está determinado por una función de la velocidad U del viento y la velocidad w_{rot} del rotor. El par objetivo T_{Ctrl} del generador también se determina como una función que depende de la velocidad w_{rot} del rotor y de otras características de la turbina eólica.

35 Siguiendo las leyes de control de cabeceo y par, el punto operativo de la turbina eólica converge en un punto óptimo, siempre que se cumplan todos los supuestos. El objetivo del controlador es funcionar de la manera más óptima posible con una potencia nominal. El controlador convencional se ajusta basándose en un modelo de la turbina eólica que está alineado con la dirección del viento, y el controlador convencional está diseñado para un punto operativo óptimo en condiciones de operación normales. Sin embargo, si algunas turbinas eólicas (por ejemplo, en un parque eólico)
40 tienen una desalineación de guiñada (deseada), por ejemplo, para evitar efectos de estela, la turbina eólica no opera en un punto operativo óptimo. La turbina eólica también puede verse sometida a una desalineación de guiñada (deseada) debido a razones distintas a evitar los efectos de estela.

45 Ejemplos de soluciones de la técnica anterior están disponibles en el documento EP 3 343 025 A1.

45

Resumen de la invención

El objetivo de la presente invención es proporcionar un sistema que comprenda una turbina eólica y un primer dispositivo de control que controle la turbina eólica, sistema que puede mejorar la producción anual de energía (AEP).
50 El objetivo de la presente invención también es proporcionar un parque eólico que comprenda el sistema, donde se proporciona una pluralidad de turbinas eólicas adyacentes, y un método para controlar una turbina eólica, que pueda mejorar la producción anual de energía (AEP).

Este objetivo se cumple mediante el objeto según las reivindicaciones independientes. La presente invención se elabora además tal y como se expone en las reivindicaciones dependientes.

55

Según un primer aspecto de la invención, un sistema que comprende una turbina eólica y un primer dispositivo de control. La turbina eólica comprende una torre; una góndola que está montada de forma rotativa con respecto a la torre alrededor de un eje de guiñada de modo que la góndola esté orientada en un ángulo de guiñada real; un buje
60 que está montado de forma rotativa con respecto a la góndola alrededor de un eje de rotación; al menos una cuchilla montada en el buje; y un generador dispuesto en la góndola y que comprende un rotor electromagnético conectado al buje, en donde el generador está configurado para convertir una energía de rotación del rotor electromagnético en una energía eléctrica. El primer dispositivo de control está configurado para adquirir una desalineación de guiñada de la turbina eólica, desalineación de guiñada que es una diferencia entre el ángulo de guiñada real y la dirección del viento en la turbina eólica; y determinar al menos uno de un ángulo objetivo de cabeceo de la pala calculando el ángulo
65 objetivo de cabeceo de la pala en función de la velocidad del viento entrante, una velocidad del rotor del buje y la

desalineación de guiñada y el par objetivo del generador en función de la velocidad del rotor y la desalineación de guiñada para optimizar la potencia de salida de la turbina eólica.

Ventajosamente, el WTG funciona de manera óptima en condiciones de guiñada, pierde solo un mínimo de rendimiento energético en condiciones de guiñada, hace que el control de la turbina eólica bajo la dirección de estela sea más eficiente y logra un mayor rendimiento energético del parque eólico. El rendimiento del parque eólico aumentará gracias a este control mejorado del WTG, con un rendimiento mejor y más eficiente sin costes adicionales. Por ejemplo, el primer dispositivo de control puede actualizarse o modernizarse en turbinas eólicas o parques eólicos existentes.

En comparación con un control convencional, que ignora cualquier compensación de desalineación de guiñada, la presente invención tiene en cuenta un cambio del comportamiento aerodinámico en una operación desalineada del buje. Por lo tanto, se optimiza la eficiencia de la turbina eólica. El ángulo de cabeceo se puede controlar en un circuito abierto teniendo en cuenta la desalineación de guiñada, ya que el comportamiento aerodinámico del buje es diferente al de una operación alineada normal.

En una realización, el primer dispositivo de control está configurado para determinar al menos uno del ángulo objetivo de cabeceo de la pala y el par objetivo del generador teniendo en cuenta una tabla de consulta, en donde se almacena una relación entre la velocidad del viento entrante, la velocidad del rotor del buje y la desalineación de guiñada, y/o una relación entre el par objetivo y la velocidad del rotor y la desalineación de guiñada.

En una realización, el primer dispositivo de control está integrado en la turbina eólica o en un dispositivo de control remoto. Preferiblemente, el dispositivo de control remoto está conectado a la turbina eólica de manera inalámbrica.

En una realización, el primer dispositivo de control está configurado para determinar al menos uno del ángulo objetivo de cabeceo de la pala y el par objetivo del generador, de tal modo que se establece una relación punta-velocidad, a la que el coeficiente de potencia de la turbina eólica se vuelve óptimo a la desalineación de guiñada determinada.

Según un segundo aspecto de la invención, se describe un parque eólico. El parque eólico comprende el sistema, en donde se proporciona una pluralidad de turbinas eólicas adyacentes. El parque eólico comprende un segundo dispositivo de control que está configurado para determinar los respectivos ángulos de guiñada reales de la pluralidad de turbinas eólicas adyacentes basándose en las condiciones de estela entre la pluralidad de turbinas eólicas adyacentes.

En una realización, el segundo dispositivo de control está configurado para determinar los respectivos ángulos de guiñada reales de la pluralidad de turbinas eólicas adyacentes basándose en las condiciones de estela entre la pluralidad de turbinas eólicas adyacentes, de tal modo que la potencia total de salida del parque eólico se vuelve óptima.

En una realización, el primer y segundo dispositivos de control están integrados como una unidad o como dispositivos de control separados.

Según un tercer aspecto de la invención, se da a conocer un método para controlar una turbina eólica. La turbina eólica comprende una torre; una góndola que está montada de forma rotativa con respecto a la torre alrededor de un eje de guiñada de modo que la góndola esté orientada en un ángulo de guiñada real; un buje que está montado de forma rotativa con respecto a la góndola alrededor de un eje de rotación; al menos una cuchilla montada en el buje; y un generador dispuesto en la góndola y que comprende un rotor electromagnético conectado al buje, en donde el generador está configurado para convertir una energía de rotación del rotor electromagnético en una energía eléctrica. El método comprende las etapas de adquirir una desalineación de guiñada de la turbina eólica, desalineación de guiñada que es una diferencia entre el ángulo de guiñada real y la dirección del viento en la turbina eólica; y determinar al menos uno de un ángulo objetivo de cabeceo de la pala en función de la velocidad del viento entrante, una velocidad del rotor del buje y la desalineación de guiñada y el par objetivo del generador en función de la velocidad del rotor y la desalineación de guiñada para optimizar la potencia de salida de la turbina eólica.

En una realización, al menos uno del ángulo objetivo de cabeceo de la pala y el par objetivo del generador se determina teniendo en cuenta una tabla de consulta, en donde se almacena una relación entre la velocidad del viento entrante, la velocidad del rotor del buje y la desalineación de guiñada, y una relación entre el par objetivo y la velocidad del rotor y la desalineación de guiñada.

En una realización, al menos uno del ángulo objetivo de cabeceo de la pala y el par objetivo del generador se determina de tal modo que se establece una relación punta-velocidad, a la que el coeficiente de potencia de la turbina eólica se vuelve óptimo a la desalineación de guiñada determinada.

En una realización, se proporciona una pluralidad de turbinas eólicas adyacentes, y los respectivos ángulos de guiñada reales de la pluralidad de turbinas eólicas adyacentes se controlan basándose en las condiciones de estela entre la pluralidad de turbinas eólicas adyacentes.

En una realización, los respectivos ángulos de guiñada reales de la pluralidad de turbinas eólicas adyacentes se controlan basándose en las condiciones de estela entre la pluralidad de turbinas eólicas adyacentes, de modo que la potencia total de salida del parque eólico se vuelve óptima.

Hay que señalar que las realizaciones de la invención se han descrito con referencia a diferentes materias objeto. En particular, algunas realizaciones se han descrito con referencia a reivindicaciones de tipo de aparato, mientras que otras realizaciones se han descrito con referencia a reivindicaciones de tipo de método. Sin embargo, una persona experta en la técnica deducirá a partir de lo anterior y de la siguiente descripción que, a menos que se notifique lo contrario, además de cualquier combinación de características que pertenezcan a un tipo de materia objeto, también se considera descrita con esta solicitud cualquier combinación entre características relativas a diferentes materias objeto, en concreto, entre características de las reivindicaciones de tipo aparato y características de las reivindicaciones de tipo método.

Breve descripción de los dibujos

Los aspectos definidos anteriormente y otros aspectos de la presente invención se infieren 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 a continuación en la memoria haciendo referencia a ejemplos de realización, no estando la invención limitada a los mismos.

La Figura 1 muestra una turbina eólica y sus diferentes elementos;

la Figura 2 muestra una configuración esquemática de un sistema generador de turbina eólica (sistema WTG) según una realización; y

la Figura 3 muestra los puntos operativos según una realización en comparación con la técnica anterior en un gráfico de un coeficiente c_p de potencia aerodinámica frente a una relación punta-velocidad λ .

Descripción detallada

Las ilustraciones de los dibujos son esquemáticas. Se señala que en diferentes figuras, los elementos similares o idénticos están provistos de los mismos signos de referencia.

La Figura 1 muestra una turbina eólica 1. La turbina eólica 1 comprende una góndola 3 y una torre 2. La góndola 3 está montada en la parte superior de la torre 2. La góndola 3 está montada de forma rotativa en relación con la torre 2 alrededor de un eje 10 de guiñada mediante un cojinete de guiñada.

La turbina eólica 1 también comprende un buje 4 con tres palas 6 de rotor (de las cuales, en la Figura 1 se representan dos palas 6 de rotor). El buje 4 está montado de forma rotativa en relación con la góndola 3 mediante un cojinete principal 7. El buje 4 está montado de forma rotativa alrededor de un eje de rotación 8 del rotor.

La turbina eólica 1 comprende además un generador 5. El generador 5 comprende a su vez un rotor electromagnético que conecta el generador 5 con el buje 4. Si el buje 4 está conectado directamente al generador 5, la turbina eólica 1 se denomina turbina eólica sin engranajes de accionamiento directo. Un generador 5 de este tipo se denomina generador 5 de accionamiento directo. Como una alternativa, el buje 4 también puede estar conectado al generador 5 a través de una caja 9 de engranajes (véase Figura 2). Este tipo de turbina eólica 1 se denomina turbina eólica de engranajes. La presente invención es apta para ambos tipos de turbina eólica 1.

El generador 5 está alojado dentro de la góndola 3. El generador 5 está dispuesto y preparado para convertir la energía de rotación desde el buje 4 en energía eléctrica en forma de energía de CA.

La operación de la turbina eólica 1 se controla mediante un primer dispositivo de control (no mostrado). El primer dispositivo de control puede estar integrado en la turbina eólica 1 o en un dispositivo de control remoto. Por ejemplo, el primer dispositivo de control como dispositivo de control remoto puede configurarse para controlar una pluralidad de turbinas eólicas 1 adyacentes de un parque eólico. El dispositivo de control remoto está conectado preferiblemente a las turbinas eólicas 1 del parque eólico de manera inalámbrica.

La **Figura 2** muestra una configuración esquemática de un sistema generador de turbina eólica (WTG) según una realización. El viento que tiene una velocidad U del viento impulsa las palas 6 y el buje 4 que está conectado al rotor electromagnético del generador 5 a través de una caja 9 de engranajes. El buje 4 rota con una velocidad ω_{rot} del rotor. Las palas 6 se ajustan para tener un ángulo objetivo β de cabeceo (preferiblemente común), que es una orientación de las palas 6 alrededor de los ejes longitudinales de las palas 6 respectivas. El viento hace girar el buje 4 mediante una potencia aerodinámica P_{wario} y un par aerodinámico T_{aero} . El primer dispositivo de control determina un punto de consigna del par objetivo T_{Ctrl} del generador 5. La eficiencia mecánica de un sistema que consiste en las palas 6, el buje 4 y la caja 9 de engranajes se designa con el signo η_{mech} de referencia.

El primer dispositivo de control está configurado para adquirir una desalineación y de guiñada de la turbina eólica 1, desalineación y de guiñada que es una diferencia entre un ángulo de guiñada real de la góndola 3 y el buje 4, y una dirección del viento en la turbina eólica 1. El primer dispositivo de control puede configurarse para medir directamente la dirección del viento o para recibir información sobre la dirección del viento desde un dispositivo remoto (por ejemplo, desde un segundo dispositivo de control para controlar una pluralidad de turbinas eólicas 1 en un parque eólico).

El primer dispositivo de control está configurado además para determinar al menos uno de entre un ángulo objetivo β de cabeceo de la pala 6 y el par objetivo TCtrl del generador 5 basándose en la desalineación y de guiñada para optimizar la salida de potencia de la turbina eólica 1. Por ejemplo, el primer dispositivo de control puede configurarse para determinar al menos uno del ángulo objetivo β de cabeceo de la pala 6 y el par objetivo TCtrl del generador 5 basándose en la desalineación y de guiñada para maximizar la potencia de salida de la turbina eólica 1. La potencia de salida de la turbina eólica 1 es la cantidad de energía eléctrica de salida por unidad de tiempo. En detalle, el primer dispositivo de control está configurado para determinar al menos uno del ángulo objetivo β de cabeceo de la pala 6 y el par objetivo TCtrl del generador 5 calculando el ángulo objetivo β de cabeceo de la pala 6 en función de la velocidad U del viento entrante, la velocidad ω_{rot} del rotor del buje 4 y la desalineación y de guiñada, y calculando el par objetivo TCtrl en función de la velocidad ω_{rot} del rotor y la desalineación y de guiñada. Por ejemplo, el par objetivo TCtrl se puede calcular como $T_{Ctrl} = f(\omega_{rot}) * X(\gamma)$.

Preferiblemente, el primer dispositivo de control puede configurarse para determinar al menos uno del ángulo objetivo β de cabeceo de la pala 6 y el par objetivo TCtrl del generador 5 teniendo en cuenta una tabla de consulta, en donde se almacena una relación entre la velocidad U del viento entrante, la velocidad ω_{rot} del rotor del buje 4 y la desalineación y de guiñada, y/o una relación entre el par objetivo TCtrl y la velocidad ω_{rot} del rotor y la desalineación y de guiñada.

La **Figura 3** muestra los puntos operativos 21, 210 según una realización en comparación con la técnica anterior en los gráficos 20, 200, que representan un coeficiente c_p de potencia aerodinámica frente a una relación punta-velocidad (TSR) λ , respectivamente. La relación punta-velocidad λ es una relación entre la velocidad tangencial de la punta de una pala 6 y la velocidad real U del viento. Ambos gráficos 20, 200 se trazan con una desalineación y de guiñada determinada. El signo 200 de referencia designa un gráfico de la técnica anterior, en donde se establece un punto operativo 210, que no considera la desalineación y de guiñada. El signo 20 de referencia designa un gráfico según una realización de la presente invención, en donde se establece un punto operativo 21, que considera la desalineación y de guiñada. De la Figura 3 se deduce que el punto operativo 21 de la presente invención es un punto operativo óptimo, mientras que el punto operativo 210 de la técnica anterior es un punto operativo 21 subóptimo. En otras palabras, el primer dispositivo de control está configurado para determinar al menos uno del ángulo objetivo β de cabeceo de la pala 6 y el par objetivo TCtrl del generador 5, de tal modo que se establece una relación punta-velocidad λ , a la que el coeficiente c_p de potencia de la turbina eólica 1 se vuelve óptimo a la desalineación y de guiñada determinada.

Si el algoritmo de control no tuviera en cuenta la desalineación y de guiñada, la turbina eólica 1 convergería al punto operativo subóptimo 210. Sin embargo, al tener en cuenta la desalineación y de guiñada, se elimina la pérdida de eficiencia y se optimiza el rendimiento de la turbina eólica.

En la Figura 3, los gráficos 200, 210 del coeficiente c_p de potencia aerodinámica frente a la relación punta-velocidad λ son los mismos para la técnica anterior y para la presente invención; sin embargo, los gráficos 200, 210 del coeficiente c_p de potencia aerodinámica frente a la relación punta-velocidad λ de la técnica anterior y la presente invención pueden ser diferentes entre sí.

La presente invención es particularmente útil para controlar el parque eólico, donde se proporciona una pluralidad de turbinas 1 eólicas adyacentes. Normalmente, una turbina eólica 1 produce un efecto de estela en una turbina eólica adyacente 1 situada corriente abajo, cuyo efecto de estela podría afectar a la potencia de salida de la turbina eólica adyacente 1 situada corriente abajo y, por lo tanto, a la eficiencia de todo el parque eólico. Para evitar dicha pérdida de eficiencia, se proporciona un segundo dispositivo de control (no mostrado) que minimiza la pérdida de eficiencia al minimizar el efecto de activación. Esto se logra estableciendo una desalineación y de guiñada de una turbina eólica específica 1 para desviar la estela alejándola de otras turbinas eólicas 1. La expresión desalineación y de guiñada se refiere en la presente memoria a una diferencia deseada entre la dirección del viento en la turbina eólica 1 y el ángulo de guiñada real (y deseado) ajustado. Por un lado, la turbina eólica específica 1 tendrá una potencia de salida reducida, pero por otro lado, se minimizan los efectos de estela en otras turbinas eólicas 1, lo que a su vez mejora la eficiencia general de todo el parque eólico.

Por lo tanto, el segundo dispositivo de control está configurado para determinar los respectivos ángulos de guiñada reales de la pluralidad de turbinas 1 eólicas adyacentes basándose en las condiciones de estela entre la pluralidad de turbinas 1 eólicas adyacentes. Preferiblemente, la potencia total de salida del parque eólico se vuelve óptima. Por ejemplo, se maximiza la potencia total de salida del parque eólico.

El primer y segundo dispositivos de control pueden estar integrados como una unidad o como dispositivos de control separados.

El alcance de la invención se define por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema que comprende una turbina eólica (1) y un primer dispositivo de control, en donde

la turbina eólica (1), comprende:

una torre (2);
una góndola (3) que está montada de forma rotativa con respecto a la torre (2) alrededor de un eje (10) de guiñada de modo que la góndola (3) esté orientada en un ángulo de guiñada real;
un buje (4) que está montado de forma rotativa con respecto a la góndola (3) alrededor de un eje (8) de rotación;
al menos una pala (6) montada en el buje (4); y
un generador (5) dispuesto en la góndola (3) y que comprende un rotor electromagnético conectado al buje (4), en donde el generador (5) está configurado para convertir una energía de rotación del rotor electromagnético en una energía eléctrica; y

el primer dispositivo de control está configurado para:

adquirir una desalineación (γ) de guiñada de la turbina eólica (1), desalineación (γ) de guiñada que es una diferencia entre el ángulo de guiñada real y la dirección del viento en la turbina eólica (1); y
determinar un ángulo objetivo (β) de cabeceo de la pala (6) calculando el ángulo objetivo (β) de cabeceo de la pala (6) en función de la velocidad (U) del viento entrante, la velocidad (w_{rot}) del rotor del buje (4) y la desalineación (γ) de guiñada para optimizar la potencia de salida de la turbina eólica (1), o un par objetivo (TCtrl) del generador (5) calculando el par objetivo (TCtrl) en función de la velocidad (w_{rot}) del rotor y la desalineación (γ) de guiñada para optimizar la potencia de salida de la turbina eólica (1).

2. El sistema según la reivindicación anterior, en donde el primer dispositivo de control está configurado para determinar al menos uno del ángulo objetivo (β) de cabeceo de la pala (6) y el par objetivo (TCtrl) del generador (5) teniendo en cuenta una tabla de consulta, en la que se almacena una relación entre la velocidad (U) del viento entrante, la velocidad (w_{rot}) del rotor del buje (4) y la desalineación (γ) de guiñada, y/o una relación entre el par objetivo (TCtrl) y la velocidad (w_{rot}) del rotor y la desalineación (γ) de guiñada.

3. El sistema según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el primer dispositivo de control está integrado en la turbina eólica (1) o en un dispositivo de control remoto.

4. El sistema según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el primer dispositivo de control está configurado para determinar al menos uno del ángulo objetivo (β) de cabeceo de la pala (6) y el par objetivo (TCtrl) del generador (5), de tal modo que se establece una relación punta-velocidad (λ), a la que el coeficiente (c_p) de potencia de la turbina eólica (1) se vuelve óptimo a la desalineación (γ) de guiñada determinada.

5. Un parque eólico que comprende el sistema según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde se proporciona una pluralidad de turbinas (1) eólicas adyacentes, y el parque eólico comprende un segundo dispositivo de control que está configurado para determinar los respectivos ángulos de guiñada reales de la pluralidad de turbinas (1) eólicas adyacentes basándose en las condiciones de estela entre la pluralidad de turbinas (1) eólicas adyacentes.

6. El parque eólico según la reivindicación anterior, en donde el segundo dispositivo de control está configurado para determinar los respectivos ángulos de guiñada reales de la pluralidad de turbinas (1) eólicas adyacentes basándose en las condiciones de estela entre la pluralidad de turbinas (1) eólicas adyacentes, de tal modo que la potencia total de salida del parque eólico se vuelve óptima.

7. El parque eólico según una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 6, en donde el primer y segundo dispositivos de control están integrados como una unidad o como dispositivos de control separados.

8. Un método de control de una turbina eólica (1), comprendiendo la turbina eólica (1) una torre (2); una góndola (3) que está montada de forma rotativa con respecto a la torre (2) alrededor de un eje (10) de guiñada de modo que la góndola (3) esté orientada en un ángulo de guiñada real; un buje (4) que está montado de forma rotativa con respecto a la góndola (3) alrededor de un eje (8) de rotación; al menos una pala (6) montada en el buje (4); y un generador (5) dispuesto en la góndola (3) y que comprende un rotor electromagnético

conectado al buje (4), en donde el generador (5) está configurado para convertir una energía de rotación del rotor electromagnético en una energía eléctrica;
en donde el método comprende las etapas de:

- 5 adquirir una desalineación (γ) de guiñada de la turbina eólica (1), desalineación (γ) de guiñada que es una diferencia entre el ángulo de guiñada real y la dirección del viento en la turbina eólica (1); y
- 10 determinar un ángulo objetivo (β) de cabeceo de la pala (6) calculando el ángulo objetivo (β) de cabeceo de la pala (6) en función de la velocidad (U) del viento entrante, la velocidad (ω_{rot}) del rotor del buje (4) y la desalineación (γ) de guiñada para optimizar la potencia de salida de la turbina eólica (1), o un par objetivo (T_{Ctrl}) del generador (5) calculando el par objetivo (T_{Ctrl}) en función de la velocidad (ω_{rot}) del rotor y la desalineación (γ) de guiñada para optimizar la potencia de salida de la turbina eólica (1).
- 15 9. El método según la reivindicación anterior, en donde el al menos uno del ángulo objetivo (β) de cabeceo de la pala (6) y el par objetivo (T_{Ctrl}) del generador (5) se determinan teniendo en cuenta una tabla de consulta, en donde se almacena una relación entre la velocidad (U) del viento entrante, la velocidad (ω_{rot}) del rotor del buje (4) y la desalineación (γ) de guiñada, y una relación entre el par objetivo (T_{Ctrl}) y la velocidad (ω_{rot}) del rotor y la desalineación (γ) de guiñada.
- 20 10. El método según una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 9, en donde el al menos uno del ángulo objetivo (β) de cabeceo de la pala (6) y el par objetivo (T_{Ctrl}) del generador (5) se determina, de tal modo que se establece una relación punta-velocidad (λ), en donde el coeficiente (c_p) de potencia de la turbina eólica (1) se vuelve óptimo a la desalineación (γ) de guiñada determinada.
- 25 11. El método según una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, en donde se proporciona una pluralidad de turbinas (1) eólicas adyacentes, y los respectivos ángulos de guiñada reales de la pluralidad de turbinas (1) eólicas adyacentes se controlan basándose en las condiciones de estela entre la pluralidad de turbinas (1) eólicas adyacentes.
- 30 12. El método según una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 11, en donde los respectivos ángulos de guiñada reales de la pluralidad de turbinas (1) eólicas adyacentes se controlan basándose en las condiciones de estela entre la pluralidad de turbinas (1) eólicas adyacentes, de modo que la potencia total de salida del parque eólico se vuelve óptima.

FIG 1

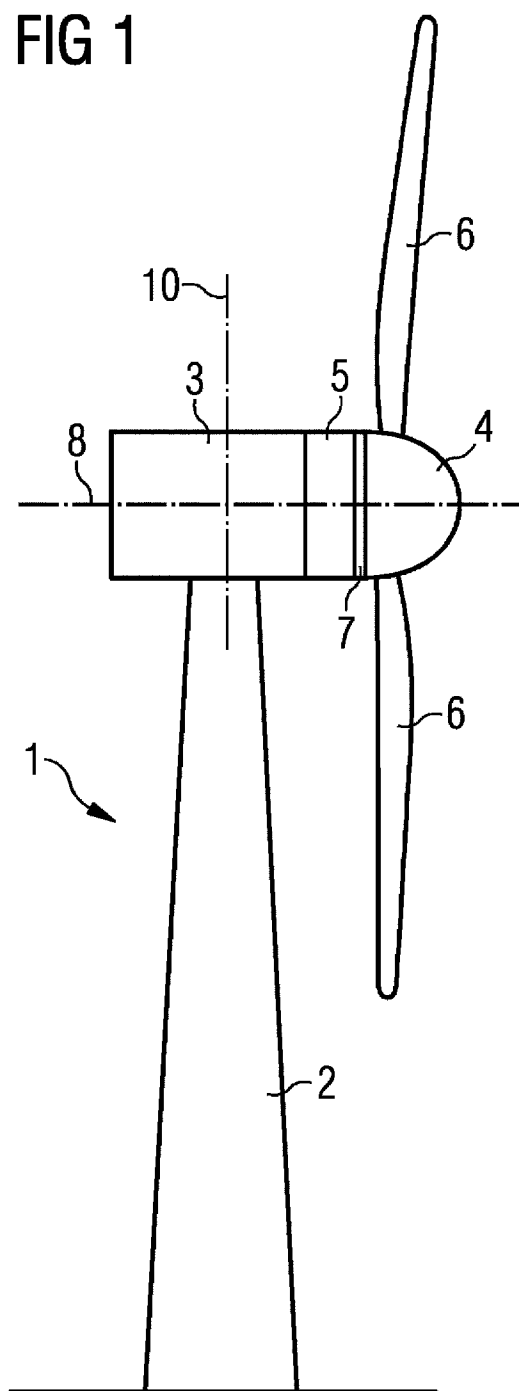


FIG 2

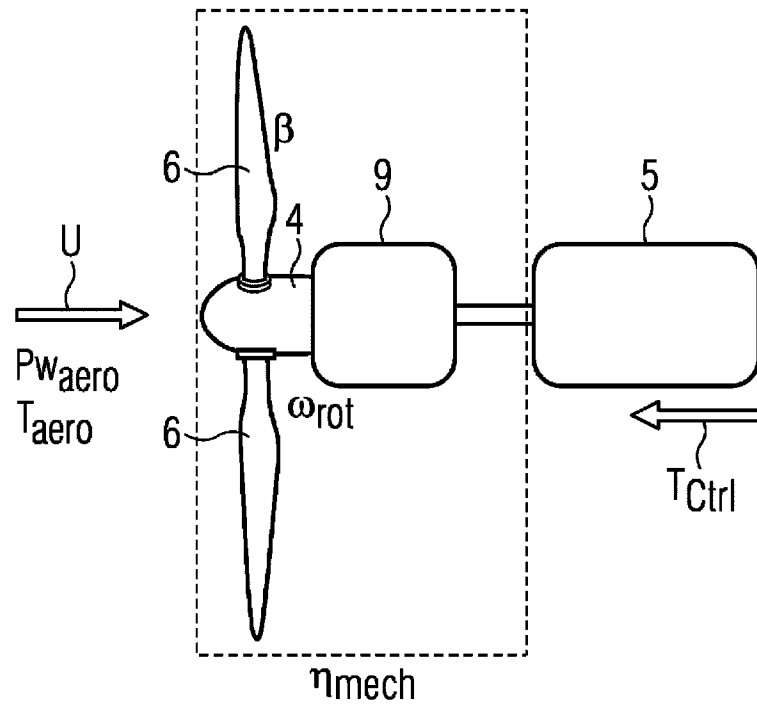


FIG 3

