

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 950 726**

51 Int. Cl.:

**F03D 7/02**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.07.2019 PCT/DK2019/050229**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.02.2020 WO20025093**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.07.2019 E 19744622 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.07.2023 EP 3830414**

54 Título: **Reducción de ruido en un aerogenerador de palas articuladas**

30 Prioridad:

**01.08.2018 DK PA201870512**

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

**13.10.2023**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**NIELSEN, THOMAS S. BJERTRUP y  
ANDERSEN, PETER BJØRN**

74 Agente/Representante:

**ARIAS SANZ, Juan**

**ES 2 950 726 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**

Reducción de ruido en un aerogenerador de palas articuladas

**Campo de la invención**

5 La presente invención se refiere a un método para controlar un aerogenerador con una o más palas conectadas de manera pivotante a una estructura portante de palas. El método según la invención da como resultado un nivel de ruido reducido generado por el aerogenerador.

**Antecedentes de la invención**

10 Los aerogeneradores normalmente se controlan con el fin de proporcionar una salida de potencia deseada y con el fin de controlar las cargas en el aerogenerador. Para aerogeneradores de eje horizontal, es decir, aerogeneradores con un rotor que gira alrededor de un eje de rotación sustancialmente horizontal, esto se puede obtener controlando un ángulo de paso de las palas de aerogenerador. En este caso, el ángulo de ataque de las palas de aerogenerador con relación al viento entrante se ajusta girando las palas de aerogenerador alrededor de un eje longitudinal.

15 Como alternativa, véase, por ejemplo, el documento US 2 360 792 A, los aerogeneradores se pueden dotar con palas de aerogenerador que están conectadas a una estructura portante de palas a través de bisagras, permitiendo por ello que se varíe el ángulo de pivote definido entre las palas de aerogenerador y la estructura portante de palas. En tales aerogeneradores, el diámetro del rotor del aerogenerador y, por ello, el área barrida por el rotor, varía cuando se varía el ángulo de pivote.

20 El ruido generado por los aerogeneradores es una gran preocupación, y, por lo tanto, es deseable para minimizar este. El ruido generado aumenta significativamente a medida que aumenta la velocidad de punta del aerogenerador. Por lo tanto, una forma de reducir el ruido generado es disminuir la velocidad de punta. En los aerogeneradores tradicionales de paso controlado hay una correspondencia fija entre la velocidad de punta y la velocidad de rotación del aerogenerador, determinada por la longitud de las palas de aerogenerador. Por lo tanto una disminución de la velocidad de punta causa una disminución correspondiente de la velocidad de rotación y, por ello, una producción de energía reducida.

25 El documento US 4.632.637 describe un aerogenerador de eje horizontal a favor del viento de alta velocidad que tiene tres palas de peso ligero separadas circunferencialmente que tienen brazos de soporte internos dispuestos radialmente hacia fuera, los segmentos de pala que están conectados de manera pivotante a los brazos de soporte, para plegarse directamente a favor del viento bajo condiciones de viento elevado o velocidades de rotación altas.

**Descripción de la invención**

30 Es un objeto de las realizaciones de la invención proporcionar un método para controlar un aerogenerador de una manera que reduzca el ruido generado por el aerogenerador sin reducir significativamente la producción de energía del aerogenerador.

35 Según un primer aspecto, la invención proporciona un método según la reivindicación 1 para controlar un aerogenerador, el aerogenerador que comprende una torre, al menos una góndola montada en la torre a través de un sistema de guiñada, un buje montado de manera giratoria en cada góndola, cada buje que comprende una estructura portante de palas, y una o más palas de aerogenerador, cada pala de aerogenerador que está conectada a la estructura portante de palas a través de una bisagra en una posición de bisagra de la pala de aerogenerador, cada pala de aerogenerador que está dispuesta por ello para realizar movimientos de pivote con relación a la estructura portante de palas entre un ángulo de pivote mínimo y un ángulo de pivote máximo, el método que comprende los pasos de:

- 40 - recibir un valor de nivel de ruido máximo que representa un ruido máximo permisible a ser generado por el aerogenerador,
- derivar un par óptimo de velocidad de punta para el aerogenerador y la velocidad de rotación del aerogenerador, en base al valor de nivel de ruido máximo recibido, y
- 45 - ajustar el ángulo de pivote de las palas de aerogenerador a un ángulo de pivote que dé como resultado el par óptimo derivado de velocidad de punta y velocidad de rotación.

De este modo, según el primer aspecto, la invención proporciona un método para controlar un aerogenerador que comprende una torre con al menos una góndola montada sobre la misma, a través de un sistema de guiñada. El aerogenerador puede comprender solamente una góndola, en cuyo caso el aerogenerador es del tipo de un solo rotor. En este caso, la góndola típicamente se montará en la parte superior de la torre. Alternativamente, el aerogenerador puede comprender dos o más góndolas, en cuyo caso el aerogenerador es del tipo multirrotor. En este caso, al menos algunas de las góndolas se pueden montar directamente en la torre y/o al menos algunas de las góndolas se pueden montar en la torre a través de estructuras portantes de carga, por ejemplo, que comprenden brazos que se extienden en una dirección lejos del eje central de la torre. Cada góndola se puede montar en la torre

a través de un sistema de guiñada separado, o se pueden montar dos o más góndolas en la torre a través de un sistema de guiñada común, en cuyo caso estas góndolas se orientan juntas con relación a la torre.

5 En cualquier caso, dado que la góndola o góndolas están montadas en la torre a través de un sistema de guiñada, pueden girar alrededor de un eje de rotación sustancialmente vertical, con relación a la torre, con el fin de dirigir uno o más rotores del aerogenerador de acuerdo con el viento entrante. El sistema de guiñada puede ser un sistema de guiñada activo en el que la góndola se hace girar activamente por medio de un mecanismo de accionamiento de guiñada, por ejemplo, sobre la base de mediciones de la dirección del viento. Como alternativa, el sistema de guiñada puede ser un sistema de guiñada pasivo en el que la góndola gira automáticamente según la dirección del viento sin el uso de un mecanismo de accionamiento de guiñada. Como otra alternativa, el sistema de guiñada puede ser una combinación de un sistema de guiñada activo y un sistema de guiñada pasivo, en el sentido de que puede operar activamente bajo algunas circunstancias y pasivamente bajo otras circunstancias.

10 La góndola puede ser una góndola tradicional que tiene una pared externa que encierra el interior de la góndola, la góndola que aloja diversos componentes del aerogenerador, tales como un generador, un tren de transmisión, etc. Como alternativa, la góndola puede ser simplemente una estructura que es capaz de realizar movimientos de guiñada con relación a la torre. En este caso, algunos o todos los componentes descritos anteriormente se pueden disponer fuera de la góndola, por ejemplo, en una parte interior de la torre.

Un buje se monta de manera giratoria en cada góndola. El buje comprende una estructura portante de palas que tiene una o más palas de aerogenerador conectadas al mismo. Por consiguiente, las palas de aerogenerador giran junto con el buje y la estructura portante de palas con relación a la góndola.

20 El aerogenerador es preferiblemente un aerogenerador de eje horizontal.

Cada una de las palas de aerogenerador se conecta a la estructura portante de palas a través de una bisagra en una posición de bisagra de la pala de aerogenerador. Por ello, cada pala de aerogenerador está dispuesta para realizar movimientos de pivote con relación a la estructura portante de palas, a través de la bisagra. Se define por ello un ángulo de pivote entre cada pala de aerogenerador y la estructura portante de pala, dependiendo de la posición de la bisagra y, por ello, de la pala de aerogenerador con relación a la estructura portante de pala. Por consiguiente, el ángulo de pivote define la dirección a lo largo de la cual una pala de aerogenerador dada se extiende con relación a la estructura portante de palas y, por ello, con relación al buje. Esto, a su vez, determina el diámetro del rotor y, por ello, la capacidad del aerogenerador para extraer energía del viento.

30 No se descarta que cada pala de aerogenerador se pueda conectar a la estructura portante de palas a través de dos o más bisagras.

La bisagra puede ser o comprender un cojinete, por ejemplo, en forma de cojinete liso, cojinete de rodillos o cualquier otro tipo de cojinete adecuado.

El ángulo de pivote puede variar entre un ángulo de pivote mínimo, que define un diámetro del rotor máximo, y un ángulo de pivote máximo, que define un diámetro del rotor mínimo.

35 Según el método del primer aspecto de la invención, se recibe inicialmente un valor de nivel de ruido máximo. El valor de nivel de ruido máximo representa el ruido máximo permisible que se permite que genere el aerogenerador bajo las circunstancias dadas. El valor de nivel de ruido máximo puede ser un valor fijo que se establece con la consideración debida a la ubicación del aerogenerador, por ejemplo, cumplir los requisitos del gobierno local, teniendo en cuenta la distancia a los vecinos y la topografía del sitio, etc. Alternativamente, el valor de nivel de ruido máximo puede ser un valor dinámico que se puede variar según las condiciones ambientales predominantes actualmente en la ubicación del aerogenerador. Tales condiciones ambientales podrían incluir, por ejemplo, la velocidad del viento, la dirección del viento, las precipitaciones, la hora del día, etc.

45 Por ejemplo, a bajas velocidades del viento, el ruido de fondo generado por el viento es relativamente bajo. Por lo tanto, el ruido generado por los aerogeneradores puede ser muy audible, incluso a largas distancias, y, por lo tanto, el valor de nivel de ruido máximo permisible puede ser muy bajo en estas circunstancias. Por otra parte, a velocidades de viento más altas, el ruido de fondo generado por el viento normalmente será algo más alto y, por lo tanto, se puede proporcionar un valor de nivel de ruido máximo permisible más alto bajo estas circunstancias.

50 En el caso de que la dirección del viento sea en una dirección hacia los vecinos más cercanos, se puede proporcionar un valor de nivel de ruido máximo permisible que sea menor que el valor de nivel de ruido máximo permisible proporcionado cuando la dirección del viento está en una dirección lejos de los vecinos más cercanos.

Cuando está ocurriendo una precipitación, tal como lluvia o nieve, la precipitación genera un ruido de fondo, similar al ruido de fondo generado por el viento. De este modo, en el caso de que estén ocurriendo unas fuertes precipitaciones, se puede proporcionar un valor de nivel de ruido máximo permisible que sea más alto que un valor de nivel de ruido máximo permisible proporcionado cuando no hay precipitaciones.

De manera similar, en ubicaciones con ruido de fondo variable de, por ejemplo, tráfico denso, construcción o fábricas, también se puede proporcionar un nivel de ruido máximo permisible que sea más alto que un valor de nivel de ruido máximo permisible proporcionado durante periodos en los que hay menos ruido de fondo.

5 Finalmente, las restricciones de ruido pueden ser más estrictas durante la noche que durante el día. Por lo tanto, el valor de nivel de ruido máximo permisible puede ser más alto durante el día que durante la noche.

A continuación, se deriva un par óptimo de velocidad de punta para el aerogenerador y velocidad de rotación del aerogenerador, en base al valor de nivel de ruido máximo recibido.

10 En el presente contexto, el término 'velocidad de punta' se debería interpretar como la velocidad de las puntas de las palas de aerogenerador a medida que giran junto con el buje durante la operación del aerogenerador. En el presente contexto, el término 'velocidad de rotación' se debería interpretar que significa la velocidad angular a la que gira el buje durante su operación.

En el presente contexto, el término 'un par de velocidad de punta y velocidad de rotación' se debería interpretar que significa un valor de velocidad de punta y un valor de velocidad de rotación, que se han de aplicar al mismo tiempo durante la operación del aerogenerador.

15 El ruido aerodinámico de las palas de aerogenerador gobernado por la velocidad de punta típicamente es la fuente de ruido más dominante en el ruido total generado por el aerogenerador. De este modo, el ruido generado por un aerogenerador depende de la velocidad de punta según la siguiente ecuación:

$$SPL(dB(A)) \propto v_{punta}^{\alpha}$$

20 donde SPL denota el nivel de potencia sonora medido en decibelios,  $v_{punta}$  es la velocidad de punta y  $\alpha$  es un factor, que es mayor que 1, y típicamente mayor que 4, y que depende del perfil aerodinámico de la pala de aerogenerador. De este modo, el ruido total generado por el aerogenerador se puede reducir disminuyendo la velocidad de punta, y aumentar la velocidad de punta da como resultado un aumento del ruido que se genera por el aerogenerador. Naturalmente, otras fuentes de ruido, tales como el ruido de máquina de la góndola, generado, por ejemplo, por el engranaje, el generador o por sopladores o ventiladores, contribuyen al nivel de ruido de aerogenerador total, y se deberían tener en cuenta al tiempo que se reduce el ruido por debajo del valor de nivel de ruido máximo recibido.

Para los aerogeneradores de paso controlado tradicionales, existe una relación fija entre la velocidad de punta para el aerogenerador y la velocidad de rotación del aerogenerador, debido al diámetro del rotor fijo. Por lo tanto, en tales aerogeneradores la disminución de la velocidad de punta da como resultado inevitablemente una disminución de la velocidad de rotación y, por ello, una disminución de la producción de energía del aerogenerador.

30 No obstante, para aerogeneradores con palas de aerogenerador articuladas, el diámetro del rotor es variable y, por lo tanto, la velocidad de punta se puede variar sin variar la velocidad de rotación, y viceversa, debido al ángulo de pivote variable de las palas de aerogenerador y, por ello, al diámetro del rotor variable. Por consiguiente, es posible seleccionar un par de velocidad de punta y velocidad de rotación que cumpla con diversos criterios deseables, tales como bajo nivel de ruido, alta producción de energía, bajas cargas mecánicas en el aerogenerador, etc.

35 Dado que el par óptimo de velocidad de punta y velocidad de rotación se deriva en base al valor de nivel de ruido máximo recibido, se asegura que la velocidad de punta y la velocidad de rotación se seleccionen de tal manera que no se exceda el valor de nivel de ruido máximo. Además, el par derivado de velocidad de punta y velocidad de rotación puede ser óptimo en el sentido de que se cumplan otros criterios, tales como la producción de energía máxima y/o carga mínima. Esto es posible porque las palas de aerogenerador articuladas permiten que se varíe el diámetro del rotor y, por ello, la velocidad de punta, por ejemplo, se puede disminuir, disminuyendo por ello el ruido generado por el aerogenerador, sin disminuir la velocidad de rotación y, por ello, la producción de energía. Esta es una gran ventaja.

45 Finalmente, el ángulo de pivote de las palas de aerogenerador se ajusta a un ángulo de pivote que da como resultado el par óptimo derivado de velocidad de punta y velocidad de rotación. Por ello, el aerogenerador se opera con una velocidad de punta que es igual a la velocidad de punta del par derivado, y con una velocidad de rotación que es igual a la velocidad de rotación del par derivado. Como consecuencia, el ruido generado por el aerogenerador se mantiene por debajo del valor de nivel de ruido máximo, mientras que se cumplen otros criterios, tales como la producción de energía máxima y/o la carga mínima.

50 Como se describió anteriormente, esto es posible porque las palas articuladas permiten que se varíe el diámetro del rotor, desacoplado por ello la velocidad de punta para el aerogenerador y la velocidad de rotación del aerogenerador. Por consiguiente, un bajo nivel de ruido se puede obtener sin disminuir la producción de energía del aerogenerador.

Las palas de aerogenerador puede definir, cada una, un extremo de punta interno y un extremo de punta externo que forman una extremidad de la pala de aerogenerador que se dispone más cerca del buje y una extremidad de la pala de aerogenerador que se dispone más lejos del buje, respectivamente.

5 La posición de bisagra se puede disponer a una distancia del extremo de punta interno y a una distancia del extremo de punta externo. En este caso, la pala de aerogenerador está articulada a la estructura portante de palas en una posición que no está en el extremo de la pala de aerogenerador. Las palas de aerogenerador pueden tener entonces un centro de masa para la pala de aerogenerador en reposo que se coloca entre la posición de bisagra y el extremo de punta interno de la pala de aerogenerador. En este caso, el centro de masa para la pala de aerogenerador está  
10 dispuesto en una parte de la pala de aerogenerador que está dispuesta más cerca del buje que la posición de bisagra. Cuando el buje gira con relación a la góndola, una fuerza centrífuga actúa sobre cada una de las palas de aerogenerador, en la posición del centro de masa. Por ello, la fuerza centrífuga tenderá a empujar la parte de la pala de aerogenerador dispuesta entre la posición de bisagra y el extremo de punta interno, es decir, la parte de la pala de aerogenerador donde está dispuesto el centro de masa, en una dirección hacia fuera. Esto hará que las palas de aerogenerador pivoten a través de las bisagras de tal manera que las palas de aerogenerador giren hacia una  
15 posición en la que la dirección longitudinal de las palas de aerogenerador se disponga sustancialmente paralela al eje de rotación del buje. Por ello, las palas de aerogenerador se pivotan de tal manera que el ángulo de pivote se aumente y el diámetro del rotor se reduzca. Cuanto mayor sea la velocidad de rotación, más se pivotarán las palas de aerogenerador hacia esta posición.

20 De este modo, según esta realización, el diámetro del rotor se reduce automáticamente a medida que aumenta la velocidad de rotación del buje. Por consiguiente, el diámetro del rotor y, por ello, la capacidad del aerogenerador para extraer energía del viento, se ajusta automáticamente según la velocidad del viento predominante, sin que se requieran algoritmos de control o mantenimiento complicados que requieran piezas mecánicas, tales como mecanismos de paso, etc.

25 Alternativamente o además, las fuerzas aerodinámicas que actúan sobre los perfiles aerodinámicos de las palas de aerogenerador pueden hacer que las palas de aerogenerador pivoten de tal manera que el diámetro del rotor se reduzca a medida que aumenta la velocidad del viento. En una realización preferida, la fuerza centrífuga y las fuerzas aerodinámicas cooperan en la reducción del diámetro del rotor a medida que aumenta la velocidad del viento, es decir, no se contrarrestan entre sí. Esto, por ejemplo, se podría obtener cuando el centro de masa de las palas de aerogenerador está dispuesto entre el extremo de punta interno de las palas de aerogenerador y la posición de bisagra, como se describió anteriormente. Para algunos aerogeneradores, por ejemplo, pequeños aerogeneradores, la fuerza centrífuga puede ser el factor dominante con respecto a asegurar que las palas de aerogenerador se pivoten hacia un diámetro del rotor más pequeño. Para otros aerogeneradores, por ejemplo, aerogeneradores más grandes, las fuerzas aerodinámicas pueden ser el factor dominante.

30 En otras realizaciones, el centro de masa de las palas de aerogenerador se puede disponer en la posición de bisagra o entre la posición de bisagra y el extremo de punta externo de la pala de aerogenerador. Esto da como resultado o bien fuerzas centrífugas neutras o bien fuerzas centrífugas que actúan para mover la pala de aerogenerador hacia una posición que define un ángulo de pivote mínimo a medida que aumenta la velocidad de rotación.

40 Como alternativa, la posición de bisagra se puede disponer en el extremo de punta interno. En este caso, se puede requerir un mecanismo activo con el fin de pivotar las palas de aerogenerador. No obstante, las fuerzas aerodinámicas que actúan sobre las palas de aerogenerador pueden ayudar a pivotar las palas de aerogenerador.

El paso de derivar un par óptimo de velocidad de punta para el aerogenerador y velocidad de rotación del aerogenerador puede comprender los pasos de:

- derivar una referencia de velocidad de punta para el aerogenerador, en base al nivel de ruido máximo, y
- 45 - derivar un par óptimo del diámetro del rotor y la velocidad de rotación del aerogenerador que da como resultado una velocidad de punta del aerogenerador que es igual a la referencia de velocidad de punta derivada,

y el paso de ajustar el ángulo de pivote de las palas de aerogenerador puede comprender ajustar el ángulo de pivote de las palas de aerogenerador a un ángulo de pivote que da como resultado el diámetro del rotor derivado.

50 Según esta realización, el par óptimo de velocidad de punta y velocidad de rotación se deriva de la siguiente manera. Se deriva una referencia de velocidad de punta, en base al nivel de ruido máximo. Como se describió anteriormente, el ruido generado por el aerogenerador depende en gran medida de la velocidad de punta para el aerogenerador. Por lo tanto, cuando se conoce el tipo de aerogenerador en cuestión, incluyendo las propiedades aerodinámicas de las palas de aerogenerador, es posible derivar una velocidad de punta que dará como resultado un ruido generado que está por debajo del nivel de ruido máximo, pero preferiblemente cercano al mismo.

55 A continuación, se deriva un par óptimo de diámetro del rotor y velocidad de rotación del aerogenerador que da como resultado una velocidad de punta del aerogenerador que es igual a la referencia de velocidad de punta derivada. Como se describió anteriormente, para un diámetro del rotor dado, la velocidad de punta se da por la

5 velocidad de rotación del aerogenerador. No obstante, dado que el diámetro del rotor del aerogenerador que se controla de acuerdo con la invención es variable, se puede obtener una velocidad de punta dada mediante un número infinito de combinaciones de diámetro del rotor y velocidad de rotación del aerogenerador. Entre estas combinaciones, se selecciona la que es óptima con respecto a uno o más criterios apropiados, tales como la producción de energía máxima, la carga mínima, el desgaste mínimo, etc. El par óptimo de diámetro del rotor y velocidad de rotación puede ser variable dependiendo de la velocidad del viento. En este caso, el ángulo de pivote se puede cambiar dinámicamente, mientras que todavía se aseguran velocidades de punta por debajo del valor de velocidad de punta máximo, en función de la velocidad del viento. Se debería señalar además que, de vez en cuando, se puede seleccionar un nuevo par óptimo de diámetro del rotor y velocidad de rotación del aerogenerador, por ejemplo, dependiendo de diversas condiciones de operación.

10 Finalmente, el ángulo de pivote de las palas de aerogenerador se ajusta a un ángulo de pivote lo que da como resultado el diámetro del rotor derivado. De este modo, si el aerogenerador se opera además de tal manera que la velocidad de rotación del aerogenerador sea igual a la velocidad de rotación del par óptimo de diámetro del rotor y velocidad de rotación, entonces se obtiene una velocidad de punta del aerogenerador que es igual a la referencia de velocidad de punta derivada anteriormente. Por consiguiente, se asegura que el ruido generado por el aerogenerador se mantenga por debajo del nivel de ruido máximo.

15 El paso de derivar un par óptimo de diámetro del rotor y velocidad de rotación del aerogenerador puede comprender derivar un diámetro del rotor que da como resultado una velocidad de punta del aerogenerador que es igual a la referencia de velocidad de punta derivada, dado que se mantiene la velocidad de rotación actual del aerogenerador. Según esta realización, se mantiene la velocidad de rotación del aerogenerador en el tiempo en que se recibe el valor de nivel de ruido máximo y, por ello, también se mantiene la producción de energía del aerogenerador. En cambio, la generación de ruido limitada del aerogenerador se obtiene únicamente ajustando el diámetro del rotor del aerogenerador hasta que se obtiene una velocidad de punta que asegure que el ruido generado por el aerogenerador está por debajo del valor de nivel de ruido máximo. Por consiguiente, el ruido generado por el aerogenerador se puede reducir sin reducir la producción de energía del aerogenerador, o con una reducción menor de producción de energía.

20 El paso de derivar un par óptimo de velocidad de punta y velocidad de rotación del aerogenerador puede comprender maximizar la producción de energía del aerogenerador. Esto, por ejemplo, se podría obtener de la manera descrita anteriormente, es decir, manteniendo la velocidad de rotación del aerogenerador y ajustando el ruido generado por el aerogenerador simplemente ajustando el diámetro del rotor del aerogenerador. La velocidad de rotación del aerogenerador, y, por ello, la producción de energía del aerogenerador, incluso se puede aumentar, siempre que se seleccione una velocidad de punta que dé como resultado que el ruido generado esté por debajo del valor de nivel de ruido máximo.

25 El método comprende además el paso de aplicar una fuerza de desviación a las palas de aerogenerador que desvía las palas de aerogenerador hacia una posición que define un ángulo de pivote mínimo, y el paso de ajustar el ángulo de pivote de las palas de aerogeneradores pueden comprender ajustar la fuerza de desviación aplicada a las palas de aerogenerador.

30 Según esta realización, las palas de aerogenerador se desvían hacia una posición que define un ángulo de pivote mínimo y, por ello, un diámetro del rotor máximo. Se permite que las palas de aerogenerador pivoten como se describió anteriormente, pero los movimientos de pivote hacia una posición que define un ángulo de pivote máximo se realizan en contra de la fuerza de desviación aplicada. En el caso de que las palas de aerogenerador sean de un tipo en el que el ángulo de pivote se ajusta automáticamente en respuesta a la velocidad de rotación del aerogenerador, la fuerza de desviación aplicada define la posición de equilibrio y, por ello, el ángulo de pivote, para una velocidad de rotación dada.

35 Cuando se requiere un ajuste del ángulo de pivote con el fin de ajustar el ruido generado por el aerogenerador, se ajusta la fuerza de desviación aplicada a las palas de aerogenerador. En el caso de que se requiera un diámetro del rotor más pequeño para una velocidad de rotación dada, entonces se reduce la fuerza de desviación aplicada a las palas de aerogenerador. Por ello, las palas de aerogenerador se desvían hacia el ángulo de pivote mínimo con una fuerza menor, y llega a ser más fácil mover las palas de aerogenerador hacia el ángulo de pivote máximo. Por consiguiente, la posición de equilibrio para una velocidad de rotación dada cambia de tal manera que un diámetro del rotor más pequeño se obtenga a una velocidad de rotación dada.

40 De manera similar, en el caso de que se requiera un diámetro del rotor mayor para una velocidad de rotación dada, entonces se aumenta la fuerza de desviación aplicada a las palas de aerogenerador. Por ello, las palas de aerogenerador se desvían hacia el ángulo de pivote mínimo con una fuerza mayor y llega a ser más difícil mover las palas de aerogenerador hacia el ángulo de pivote máximo. Por consiguiente, la posición de equilibrio para una velocidad de rotación dada cambia de tal manera que se obtenga un diámetro del rotor mayor a una velocidad de rotación dada.

45 La fuerza de desviación, por ejemplo, se podría aplicar por medio de cables unidos a una parte interna de las palas de aerogenerador, que tiran de las palas de aerogenerador hacia fuera, es decir, hacia el ángulo de pivote mínimo y

- 5 el diámetro del rotor máximo. En este caso, la fuerza de desviación se puede ajustar ajustando la fuerza de tracción aplicada por los cables. Como alternativa, la fuerza de desviación se podría aplicar por medio de uno o más resortes que actúan sobre las palas de aerogenerador, por ejemplo, resortes comprimibles dispuestos para tirar de o empujar las palas de aerogenerador hacia el ángulo de pivote mínimo y el diámetro del rotor máximo. En este caso, la fuerza de desviación, por ejemplo, se puede ajustar por medio de poleas o actuadores hidráulicos montados en el buje, en la estructura portante de palas, en la pala de aerogenerador en sí misma, en la góndola o en la torre.
- 10 Como otra alternativa, la fuerza de desviación podría ser en forma de un momento. En este caso la fuerza de desviación se podría aplicar por medio de un resorte de torsión dispuesto en la bisagra que tira de o empuja las palas de aerogenerador hacia el ángulo de pivote mínimo y el diámetro del rotor máximo. En este caso, la fuerza de desviación se puede ajustar variando el momento de torsión, por ejemplo, por medio de poleas o actuadores hidráulicos montados en el buje, en la estructura portante de palas, en la pala de aerogenerador en sí misma, en la góndola o en la torre.
- 15 Como otra alternativa, la fuerza de desviación se podría aplicar por medio de mecanismos hidráulicos conectados a las palas de aerogenerador y que están dispuestos para tirar de o empujar las palas de aerogenerador hacia el ángulo de pivote mínimo y el diámetro del rotor máximo. En este caso, la fuerza de desviación se puede ajustar ajustando la presión en los mecanismos hidráulicos.
- 20 Como alternativa que no forma parte de la invención reivindicada, el paso de ajustar el ángulo de pivote de las palas de aerogenerador puede comprender ajustar una fuerza aplicada a las palas de aerogenerador que hace que las palas de aerogenerador se muevan hacia una posición que aumenta el ángulo de pivote.
- 25 Según esta alternativa, en lugar de desviar las palas de aerogenerador hacia una posición que define un ángulo de pivote mínimo, se puede aplicar una fuerza a las palas de aerogenerador que las mueve en la dirección opuesta, es decir, hacia una posición que define un ángulo de pivote máximo y, por ello, un diámetro del rotor mínimo. El mecanismo que proporciona los movimientos de pivote de las palas de aerogenerador, en este caso, pueden ser ventajosamente un mecanismo activo, que mueve las palas de aerogenerador a un ángulo de pivote específico, por ejemplo, en respuesta a una señal de control adecuada.
- 30 Cuando se requiere un ajuste del ángulo de pivote con el fin de ajustar el ruido generado por el aerogenerador, se ajusta la fuerza aplicada. En el caso de que se requiera un diámetro del rotor más pequeño para una velocidad de rotación dada, entonces se aumenta la fuerza aplicada, y en el caso de que se requiera un diámetro del rotor más grande para una velocidad de rotación dada, entonces se disminuye la fuerza aplicada.
- 35 La fuerza, por ejemplo, se podría aplicar por medio de cables unidos a la parte externa de las palas de aerogenerador, que tiran de las palas de aerogenerador hacia el interior, es decir, hacia el ángulo de pivote máximo y el diámetro del rotor mínimo. En este caso, la fuerza se puede ajustar ajustando la fuerza de tracción aplicada por los cables.
- Como alternativa, la fuerza se podría aplicar por medio de uno o más resortes que actúan sobre las palas de aerogenerador, por ejemplo, resortes comprimibles dispuestos para tirar de o empujar las palas de aerogenerador hacia el ángulo de pivote máximo y el diámetro del rotor mínimo. En este caso, la fuerza se puede ajustar, por ejemplo, por medio de poleas o actuadores hidráulicos montados en el buje, en la estructura portante de palas, en la pala de aerogenerador en sí misma, en la góndola o en la torre.
- 40 Como otra alternativa, la fuerza podría ser en forma de un momento. En este caso la fuerza de desviación se podría aplicar por medio de un resorte de torsión dispuesto en la bisagra que tira de o empuja las palas de aerogenerador hacia el ángulo de pivote máximo y el diámetro del rotor mínimo. En este caso, la fuerza se puede ajustar variando el momento de torsión, por ejemplo, por medio de poleas o actuadores hidráulicos montados en el buje, en la estructura portante de palas, en la pala de aerogenerador en sí misma, en la góndola o en la torre.
- 45 Como otra alternativa, la fuerza se podría aplicar por medio de mecanismos hidráulicos conectados a las palas de aerogenerador y que están dispuestos para tirar de o empujar las palas de aerogenerador hacia el ángulo de pivote máximo y diámetro del rotor mínimo. En este caso, la fuerza se puede ajustar ajustando la presión en los mecanismos hidráulicos.
- 50 El método puede comprender además el paso de ajustar un par de generador del aerogenerador con el fin de alcanzar el par óptimo derivado de velocidad de punta y velocidad de rotación. Ajustar el par de generador da como resultado un cambio en la velocidad de rotación del aerogenerador. Por ello, también se cambia la velocidad de punta para un diámetro del rotor dado. Por consiguiente, ajustando el par de generador, por ejemplo, ajustando la corriente en el generador a través de un convertidor de frecuencia, se puede obtener un cambio en la velocidad de punta y, por ello, en el ruido generado por el aerogenerador sin cambiar el diámetro del rotor y, por ello, el área barrida por el rotor.
- 55 El valor de nivel de ruido máximo se puede recibir de un controlador central. El controlador central podría ser, por ejemplo, un controlador de parque eólico de un parque eólico en el que se sitúa el aerogenerador. Alternativamente,

el controlador central se podría disponer en un centro de monitorización central que monitoriza y controla el nivel de ruido de una pluralidad de aerogeneradores.

Como alternativa, el valor de nivel de ruido máximo se puede generar por el controlador del aerogenerador, por ejemplo, en base a la hora del día, la época del año, la velocidad del viento, la dirección del viento, etc.

5 El método según el primer aspecto de la invención se puede usar además para reducir la erosión de las palas de aerogenerador, en particular la erosión del borde de ataque. Tal erosión, por ejemplo, se puede causar por fuertes precipitaciones, por ejemplo, en forma de lluvia, granizo, nieve, etc., tormentas de arena/tierra, enjambres de insectos o similares. Las tormentas de arena/tierra y los enjambres de insectos pueden conducir además al ensuciamiento de las palas de aerogenerador, lo que a su vez puede conducir a cambios indeseados en las propiedades aerodinámicas de las palas de aerogenerador.

10 En base a la detección de fuertes lluvias, granizo, nieve, tormentas de arena/tierra, enjambres de insectos o similares, la velocidad de punta del aerogenerador se puede reducir de una manera similar a la que se describió anteriormente. No obstante, en estos casos la velocidad de punta normalmente se reduciría más que cuando el método se aplica con el propósito de reducir el ruido. Por ello, se reduce el desarrollo de la erosión del borde de ataque a lo largo del tiempo. Además, en el caso de tormentas de arena/tierra o enjambres de insectos, se puede reducir el ensuciamiento de las palas de aerogenerador.

15 En situaciones con inspecciones de servicio y palas donde se encuentra que cierto nivel de erosión del borde de ataque se encuentra en las palas de aerogenerador, la referencia de velocidad de punta, por ejemplo, se puede reducir a un nivel de velocidad de punta más bajo durante un período hasta que los bordes de ataque de las palas de aerogenerador se hayan reparado en un servicio de palas planificado.

20 El método se puede usar además para proteger el aerogenerador en el caso de condiciones meteorológicas adversas. En este caso, si se recibe un pronóstico meteorológico que predice condiciones meteorológicas adversas, tales como altas velocidades de viento, condiciones de viento racheado, fuertes precipitaciones, etc., el aerogenerador se puede operar con una velocidad de punta reducida para evitar daños o cargas excesivas en el aerogenerador, debido a las condiciones meteorológicas adversas.

25 Según un segundo aspecto, la invención proporciona un método según la reivindicación 7 para controlar un aerogenerador, el aerogenerador que comprende una torre, al menos una góndola montada en la torre a través de un sistema de guiñada, un buje montado de manera giratoria en cada góndola, cada buje que comprende una estructura portante de palas, y una o más palas de aerogenerador, cada pala de aerogenerador que se conecta a la estructura portante de palas a través de una bisagra en una posición de bisagra de la pala de aerogenerador, cada pala de aerogenerador que está dispuesta por ello para realizar movimientos de pivote con relación a la estructura portante de palas entre un ángulo de pivote mínimo y un ángulo de pivote máximo, el método que comprende los pasos de:

30 - recibir un valor de velocidad de punta máximo que representa una velocidad de punta máxima permisible del aerogenerador, en base a un nivel de erosión del borde de ataque y/o riesgo de desarrollo de erosión del borde de ataque,

- derivar un par óptimo de diámetro del rotor y velocidad de rotación del aerogenerador que da como resultado una velocidad de punta del aerogenerador que es igual o menor que el valor de velocidad de punta máximo, y

35 - ajustar el ángulo de pivote de las palas de aerogenerador a un ángulo de pivote que dé como resultado el diámetro del rotor derivado.

40 El método según el segundo aspecto de la invención es muy similar al método según el primer aspecto de la invención. Los comentarios expuestos anteriormente con referencia al primer aspecto de la invención son, por lo tanto, igualmente aplicables aquí.

45 No obstante, mientras que el método según el primer aspecto de la invención aspira a reducir el ruido generado por el aerogenerador, el método según el segundo aspecto de la invención aspira a reducir el riesgo de erosión de las palas de aerogenerador, en particular la erosión del borde de ataque. El riesgo de desarrollo de erosión del borde de ataque aumenta con el aumento de la velocidad de punta. Por lo tanto, en el caso de que se detecte erosión del borde de ataque y/o si ocurren circunstancias que aumentan el riesgo de desarrollo de erosión del borde de ataque, la velocidad de punta del aerogenerador se puede limitar a un nivel que reduzca el riesgo de desarrollo de erosiones (adicionales) del borde de ataque. Tales circunstancias podrían ser, por ejemplo, fuertes precipitaciones, por ejemplo, en forma de nieve, lluvia, granizo, etc., la presencia de aves o enjambres de insectos, tormentas de tierra o arena, etc.

50 De este modo, según el método del segundo aspecto de la invención, se recibe inicialmente un valor de velocidad de punta máximo. El valor de velocidad de punta máximo representa una velocidad de punta máxima permisible del aerogenerador, en base a un nivel de erosión del borde de ataque y/o riesgo de desarrollo de erosión del borde de ataque, como se describió anteriormente.

A continuación, se deriva un par óptimo de diámetro del rotor y velocidad de rotación del aerogenerador. El par óptimo de diámetro del rotor y velocidad de rotación da como resultado una velocidad de punta del aerogenerador que es igual o menor que el valor de velocidad de punta máximo. Esto se puede hacer de la manera descrita anteriormente con referencia al primer aspecto de la invención.

5 Finalmente, el ángulo de pivote de las palas de aerogenerador se ajusta a un ángulo de pivote que da como resultado el diámetro del rotor derivado. Por ello, se asegura que el aerogenerador se opera a una velocidad de punta que es igual o menor que el valor de velocidad de punta máximo. Por consiguiente, el aerogenerador se opera de una manera que reduce el riesgo de erosión en las palas de aerogenerador.

10 El método según el segundo aspecto de la invención, por ejemplo, se podría aplicar en el caso de que se detecte erosión del borde de ataque en las palas de aerogenerador. Entonces puede ser necesario operar el aerogenerador en un modo protegido, lo que asegura algo de producción de energía sin causar erosión adicional, hasta que se pueda planificar una sesión de mantenimiento. Alternativamente o además, el método se puede aplicar en el caso de que estén ocurriendo circunstancias que aumenten el riesgo de erosión del borde de ataque de las palas de aerogenerador. En este caso, puede ser necesario operar el aerogenerador en un modo protegido hasta que las  
15 circunstancias hayan cambiado, con el fin de evitar una erosión indebida.

Según un tercer aspecto, la invención proporciona un aerogenerador según la reivindicación 8 que comprende una torre, al menos una góndola montada en la torre a través de un sistema de guiñada, un buje montado de manera giratoria en cada góndola, cada buje que comprende una estructura portante de palas, y una o más palas de aerogenerador, cada pala de aerogenerador que está conectada a la estructura portante de palas a través de una  
20 bisagra en una posición de bisagra de la pala de aerogenerador, cada pala de aerogenerador que está dispuesta por ello para realizar movimientos de pivote con relación a la estructura portante de palas entre un ángulo de pivote mínimo y un ángulo de pivote máximo,

en donde el aerogenerador comprende además un mecanismo dispuesto para ajustar el ángulo de pivote de las palas de aerogenerador en respuesta a un valor de nivel de ruido máximo que representa un ruido máximo  
25 permisible a ser generado por el aerogenerador.

El aerogenerador según el tercer aspecto de la invención se puede controlar por medio del método según el primer aspecto de la invención y/o por medio de un método según el segundo aspecto de la invención. Por lo tanto, el experto comprendería fácilmente que cualquier característica descrita en combinación con el primer o segundo aspecto de la invención también se podría combinar con el tercer aspecto de la invención, y viceversa. Por  
30 consiguiente, las observaciones expuestas anteriormente con referencia al primer y segundo aspectos de la invención son igualmente aplicables aquí.

El aerogenerador comprende además un mecanismo de desviación dispuesto para aplicar una fuerza de desviación a las palas de aerogenerador que desvía las palas de aerogenerador hacia una posición que define un ángulo de pivote mínimo, y el mecanismo dispuesto para ajustar el ángulo de pivote de las palas de aerogenerador se puede  
35 disponer para ajustar la fuerza de desviación aplicada. Esto ya se ha descrito anteriormente con referencia al primer aspecto de la invención.

El aerogenerador puede ser un aerogenerador a favor del viento. Según esta realización, el rotor se orienta lejos del viento entrante, es decir, el viento alcanza a las palas de aerogenerador después de haber pasado la góndola. Los aerogeneradores a favor del viento son muy adecuados para aplicar sistemas de guiñada pasivos, es decir, sistemas de guiñada que dirigen automáticamente el rotor del aerogenerador hacia el viento entrante sin el uso de unidades de guiñada y sistemas de control. Además, en los aerogeneradores a favor del viento, se puede disponer un sistema de enfriamiento pasivo contra el viento con respecto al rotor, permitiendo por ello mejorar el enfriamiento de diversos componentes del aerogenerador.

45 Como alternativa, el aerogenerador puede ser un aerogenerador contra el viento, en cuyo caso el rotor se orienta hacia el viento entrante.

El aerogenerador podría estar dotado además con características adicionales para reducir el ruido, tales como bordes dentados del borde de salida, cinta en zigzag y/o aletas en las palas de aerogenerador.

### Breve descripción de los dibujos

La invención se describirá ahora con más detalle con referencia a los dibujos que se acompañan en los que

50 la Fig. 1 es una vista frontal de un aerogenerador según una realización de la invención,

las Figs. 2 y 3 son vistas laterales del aerogenerador de la Fig. 1 con las palas de aerogenerador en dos ángulos de pivote diferentes,

las Figs. 4 y 5 muestran detalles de un mecanismo para ajustar un ángulo de pivote de las palas de aerogenerador de un aerogenerador según una realización de la invención,

la Fig. 6 ilustra un aerogenerador según una realización de la invención con las palas de aerogenerador en tres posiciones diferentes.

las Figs. 7-9 ilustran diversos mecanismos para ajustar un ángulo de pivote de palas de aerogenerador de aerogeneradores según realizaciones de la invención,

5 la Fig. 10 es un gráfico que ilustra la velocidad de punta en función de la velocidad del viento para un aerogenerador tradicional y para un aerogenerador operado de acuerdo con un método según una realización de la invención, respectivamente,

10 la Fig. 11 es un gráfico que ilustra la producción de energía en función de la velocidad del viento para un aerogenerador tradicional y para un aerogenerador operado de acuerdo con un método según una realización de la invención, respectivamente,

la Fig. 12 es un gráfico que ilustra la velocidad de rotación en función de la velocidad del viento para un aerogenerador tradicional y para un aerogenerador operado de acuerdo con un método según una realización de la invención, respectivamente,

15 la Fig. 13 es un gráfico que ilustra el nivel de ruido generado en función del diámetro del rotor para un aerogenerador tradicional y para un aerogenerador operado de acuerdo con un método según una realización de la invención, respectivamente, y

las Figs. 14 y 15 son gráficos que ilustran la velocidad de punta en función de la velocidad del viento para un aerogenerador tradicional y para un aerogenerador operado de acuerdo con un método según dos realizaciones alternativas de la invención.

20 **Descripción detallada de los dibujos**

La Fig. 1 es una vista frontal de un aerogenerador 1 según una realización de la invención. El aerogenerador 1 comprende una torre 2 y una góndola (no visible) montada en la torre 2. Un buje 3 está montado de manera giratoria en la góndola, el buje 3 que comprende una estructura portante de palas 4 con tres brazos. Una pala de aerogenerador 5 está conectada a cada uno de los brazos de la estructura portante de palas 4 a través de una bisagra 6. De este modo, las palas de aerogenerador 5 giran junto con el buje 3, con relación a la góndola, y las palas de aerogenerador 5 pueden realizar movimientos de pivote con relación a la estructura portante de palas 4, a través de las bisagras 6.

30 Cada pala de aerogenerador 5 define un perfil aerodinámico que se extiende a lo largo de la longitud de la pala de aerogenerador 5 entre un extremo de punta interno 5a y un extremo de punta externo 5b. La bisagra 6 está dispuesta en una posición de bisagra de la pala de aerogenerador 5, la posición de bisagra que está a una distancia del extremo de punta interno 5a así como a una distancia del extremo de punta externo 5b.

La Fig. 2 es una vista lateral del aerogenerador 1 de la Fig. 1 con las palas de aerogenerador 5 colocadas en un ángulo de pivote mínimo, es decir, un ángulo de pivote que da como resultado un diámetro del rotor máximo del aerogenerador 1. En la Fig. 2 se puede ver la góndola 7. Las palas de aerogenerador 5 se desvían hacia esta posición por medio de un cable unido a la parte interna de las palas de aerogenerador 5, es decir, en una posición entre la bisagra 6 y el extremo de punta interno 5a. Esto se describirá con más detalle a continuación con referencia a las Figs. 4 y 5.

La Fig. 3 es una vista lateral del aerogenerador 1 de las Figs. 1 y 2. En la Fig. 3, las palas de aerogenerador 5 están colocadas con un ángulo de pivote mayor que el ángulo de pivote mínimo de la Fig. 2. Por ello, el diámetro del rotor del aerogenerador 1 es menor en la situación ilustrada en la Fig. 3 que en la situación ilustrada en la Fig. 2. Suponiendo que la velocidad de rotación del aerogenerador 1 es la misma en las dos situaciones, la velocidad de punta será menor en la situación ilustrada en la Fig. 3 que en la situación ilustrada en la Fig. 2. Dado que el ruido generado por el aerogenerador 1 depende en gran medida de la velocidad de punta, el ruido generado por el aerogenerador 1 es por ello inferior en la situación ilustrada en la Fig. 3 que en la situación ilustrada en la Fig. 2. En la Fig. 3 se puede ver una parte de los cables 8 tirando de las palas de aerogenerador 5 hacia la posición de ángulo de pivote mínimo.

El aerogenerador 1 de las Figs. 1-3 se puede operar de la siguiente manera. Inicialmente se opera el aerogenerador 1 de una manera ordinaria, extrayendo tanta energía como sea posible del viento, sin considerar el ruido generado por el aerogenerador 1. Los cables 8 desvían las palas de aerogenerador 5 hacia la posición de ángulo de pivote mínimo, mientras que las fuerzas centrífugas que actúan sobre las palas de aerogenerador 5 y posiblemente las fuerzas aerodinámicas que actúan sobre las palas de aerogenerador 5 intentan mover las palas de aerogenerador 5 hacia ángulos de pivote más grandes de tal manera que cuanto mayor sea la velocidad de rotación del aerogenerador 1, mayor será la fuerza centrífuga y aerodinámica combinada. De este modo, para una velocidad de viento dada, y por ello una velocidad de rotación dada del aerogenerador 1, se obtiene un equilibrio que coloca las palas de aerogenerador 5 en un cierto ángulo de pivote.

En un cierto punto de tiempo, se recibe un valor de nivel de ruido máximo. El valor de nivel de ruido máximo representa un ruido máximo permisible a ser generado por el aerogenerador 1. Por consiguiente, el valor de nivel de ruido máximo indica un límite superior para el ruido que se permite al aerogenerador 1 que genere bajo las circunstancias dadas. El valor de nivel de ruido máximo puede ser un valor fijo, que representa un nivel de ruido que no se debería exceder en ningún momento. Alternativamente, el nivel de ruido máximo puede ser un valor dinámico que varíe según las condiciones predominantes, tales como la hora del día, la época del año, la velocidad del viento, la dirección del viento, etc.

En base al valor de nivel de ruido máximo recibido, se deriva un par óptimo de velocidad de punta para el aerogenerador 1 y velocidad de rotación del aerogenerador 1. De este modo, operando el aerogenerador 1 a la velocidad de punta y la velocidad de rotación del par óptimo derivado da como resultado un ruido que se genera por el aerogenerador 1 que está por debajo del valor de nivel de ruido máximo. Además, el par derivado de velocidad de punta y velocidad de rotación es óptimo en el sentido de que se tienen en cuenta otras consideraciones, tales como la producción de energía del aerogenerador 1, las cargas en el aerogenerador 1, etc. El par óptimo de velocidad de punta y velocidad de rotación, por ejemplo, se podría derivar derivando una referencia de velocidad de punta que asegure que no se exceda el valor de nivel de ruido máximo, y derivando un par óptimo de diámetro del rotor y velocidad de rotación del aerogenerador que dé como resultado una velocidad de punta del aerogenerador 1 que sea igual a la referencia de velocidad de punta derivada. El par óptimo de velocidad de punta y velocidad de rotación es entonces la referencia de velocidad de punta y la velocidad de rotación del par óptimo de diámetro del rotor y velocidad de rotación.

Luego, el ángulo de pivote de las palas de aerogenerador 5 se ajusta a un ángulo de pivote que da como resultado el par óptimo derivado de velocidad de punta y velocidad de rotación. Operar el aerogenerador 1 con las palas de aerogenerador 5 dispuestas en este ángulo de pivote, por consiguiente, tendrá la consecuencia que no se exceda el valor de nivel de ruido máximo.

El ángulo de pivote de las palas de aerogenerador 5 se puede ajustar de la siguiente manera. Como se describió anteriormente, los cables 8 tiran de las palas de aerogenerador 5 hacia una posición que define un ángulo de pivote mínimo y, por ello, un diámetro del rotor máximo del aerogenerador 1. En el caso de que sea necesario reducir la velocidad de punta con el fin de disminuir el nivel de ruido, se reduce la fuerza de tracción aplicada a las palas de aerogenerador 5 por los cables 8. Esto permite que las palas de aerogenerador 5 se muevan más fácilmente hacia un ángulo de pivote mayor y, por ello, hacia un diámetro del rotor más pequeño. Por lo tanto, se obtiene una nueva posición de equilibrio para el ángulo de pivote a una velocidad de rotación dada, con un ángulo de pivote mayor. Por consiguiente, el aerogenerador 1 se operará con un diámetro del rotor más pequeño y, por ello, con una velocidad de punta más baja. Esto reduce el ruido generado por el aerogenerador 1.

El aerogenerador 1 ilustrado en la Fig. 2 se opera con el diámetro del rotor máximo, por ejemplo, con una fuerza máxima aplicada a las palas de aerogenerador 5 por los cables 8. En el aerogenerador 1 de la Fig. 3, la fuerza aplicada a las palas de aerogenerador 5 por los cables 8 se ha disminuido, dando como resultado un ángulo de pivote aumentado, un diámetro del rotor disminuido, una velocidad de punta reducida y, por ello, un nivel de ruido reducido generado por el aerogenerador 1.

Las Figs. 4 y 5 muestran detalles de un mecanismo para ajustar un ángulo de pivote de las palas de aerogenerador 5 según una realización de la invención. El aerogenerador podría ser, por ejemplo, el aerogenerador 1 de las Figs. 1-3.

La Fig. 4 muestra una parte de una estructura portante de palas 4 y una parte de una pala de aerogenerador 5. La pala de aerogenerador 5 está montada de manera pivotante en la estructura portante de palas 4 a través de una bisagra (no mostrada). Un cable 8 está conectado a la pala de aerogenerador 5 en una posición entre un extremo de punta interno 5a de la pala de aerogenerador 5 y la posición de la bisagra. El cable 8 se extiende desde la posición de conexión en la pala de aerogenerador 5, a través de una polea 9 y a lo largo de la estructura portante de palas 4 hacia un buje (no mostrado).

Una fuerza de tracción aplicada por medio del cable 8 tira de la pala de aerogenerador 5 hacia una posición que define un ángulo de pivote mínimo. En la Fig. 4, la pala de aerogenerador está dispuesta en el ángulo de pivote mínimo. La reducción de la fuerza de tracción aplicada por medio del cable 8 permitirá que la pala de aerogenerador 5 pivote más fácilmente hacia ángulos de pivote mayores, de la manera descrita anteriormente con referencia a las Figs. 1-3.

La Fig. 5 es una vista en sección transversal de parte de un buje 3 y parte de una góndola 7. Los brazos de una estructura portante de palas 4 están montados en el buje 3. Los cables 8 que también se ilustran en la Fig. 4 están conectados a los mecanismos de cabrestante 10 dispuestos en el buje 3. Por ello, la fuerza de tracción aplicada por medio de los cables 8 se puede ajustar girando los mecanismos de cabrestante 10, ajustando por ello la longitud de los cables 8.

La Fig. 6 ilustra un aerogenerador 1 según una realización de la invención con las palas de aerogenerador 5 dispuestas en tres ángulos de pivote diferentes. El aerogenerador 1 podría ser, por ejemplo, el aerogenerador de las Figs. 1-3.

5 El dibujo de más a la izquierda muestra el aerogenerador 1 con las palas de aerogenerador 5 colocadas con un ángulo de pivote mínimo y, por ello, con un diámetro del rotor máximo.

10 El dibujo intermedio muestra el aerogenerador 1 con las palas de aerogenerador 5 colocadas en un ángulo de pivote que es mayor que el ángulo de pivote del dibujo de más a la izquierda. Por consiguiente, el diámetro del rotor del aerogenerador 1 del dibujo intermedio es más pequeño que el diámetro del rotor del aerogenerador 1 del dibujo de más a la izquierda. Por ello, la velocidad de punta del aerogenerador 1 del dibujo intermedio es menor que la velocidad de punta del aerogenerador 1 del dibujo de más a la izquierda, conduciendo a una menor generación de ruido del aerogenerador.

15 El dibujo de más a la derecha muestra el aerogenerador 1 con las palas de aerogenerador 5 colocadas en un ángulo de pivote aún mayor, dando como resultado un diámetro del rotor muy pequeño, una velocidad de punta incluso más baja y, por ello, una generación de ruido incluso más baja del aerogenerador 1. Se puede ver que las palas de aerogenerador 5 están dispuestas sustancialmente paralelas a un eje de rotación del buje 3. Se hace referencia algunas veces a esta posición como 'modo de barril'.

La Fig. 7 es una vista esquemática que ilustra un aerogenerador 1 según una segunda realización de la invención. El aerogenerador 1 de la Fig. 7 es muy similar al aerogenerador 1 de las Figs. 1-3, y, por lo tanto, no se describirá en detalle aquí.

20 El aerogenerador 1 de la Fig. 7 no está dotado con los cables ilustrados en las Figs. 1-3. En su lugar, las palas de aerogenerador 5 se desvían hacia una posición que define un ángulo de pivote mínimo y, por ello, un diámetro del rotor máximo, por medio de un mecanismo hidráulico 11 conectado entre la estructura portante de palas 4 y la pala de aerogenerador 5, en una posición entre el extremo de punta interno 5a de la pala de aerogenerador 5 y la bisagra 6. El mecanismo hidráulico 11 aplica una fuerza de desviación a las palas de aerogenerador 5 que tira de las palas de aerogenerador 5 hacia la posición que define un ángulo de pivote mínimo. La fuerza de desviación aplicada se puede ajustar ajustando una presión del mecanismo hidráulico 11.

La Fig. 8 es una vista esquemática que ilustra un aerogenerador 1 según una tercera realización de la invención. El aerogenerador 1 de la Fig. 8 es muy similar a los aerogeneradores 1 de las Figs. 1-3 y 7, y, por lo tanto, no se describirá en detalle aquí.

30 En el aerogenerador 1 de la Fig. 8, las palas de aerogenerador 5 están conectadas a la estructura portante de palas 4 a través de una bisagra 6 en el extremo de punta interno 5a de la pala de aerogenerador 5. Además, el aerogenerador 1 de la Fig. 8 está no dotado con medios de desviación que desvían las palas de aerogenerador 5 hacia una posición que defina un ángulo de pivote mínimo y, por ello, un diámetro del rotor máximo. En su lugar, un mecanismo hidráulico 12 está conectado entre la estructura portante de palas 4 y la pala de aerogenerador 5, y se pueden tirar de las palas de aerogenerador 5 hacia una posición que define el ángulo de pivote máximo y, por ello, el diámetro del rotor mínimo por medio del mecanismo hidráulico 12. Por consiguiente, el mecanismo hidráulico 12 aplica una fuerza a las palas de aerogenerador 5 que las hace moverse en esta dirección.

35 En el caso de que se requiera un ajuste del ángulo de pivote de las palas de aerogenerador 5, esto se puede obtener ajustando la fuerza aplicada a las palas de aerogenerador 5. En el aerogenerador 1 de la Fig. 8, esto se puede obtener ajustando la presión del mecanismo hidráulico 12.

La Fig. 9 es una vista esquemática que ilustra un aerogenerador 1 según una cuarta realización de la invención. El aerogenerador 1 de la Fig. 9 es muy similar a los aerogeneradores de las Figs. 1-3, 7 y 8, y por lo tanto no se describirá en detalle aquí.

45 De manera similar al aerogenerador 1 de la Fig. 8, las palas de aerogenerador 5 del aerogenerador 1 de la Fig. 9 están conectadas a la estructura portante de palas 4 a través de una bisagra 6 en el extremo de punta interno 5a de las palas de aerogenerador 5. No obstante, en el aerogenerador 1 de la Fig. 9, la fuerza aplicada a las palas de aerogenerador 5 las hace que se muevan hacia una posición que define el ángulo de pivote máximo y, por ello, el diámetro del rotor mínimo, se proporciona por medio de los cables 13 conectados a cabrestantes 14 montados en la estructura portante de palas 4. En el caso de que se requiera un ajuste del ángulo de pivote de las palas de aerogenerador 5, esto se puede obtener operando los cabrestantes 14, ajustando por ello la longitud de los cables 13 y, por consiguiente, la fuerza de tracción aplicada.

50 La Fig. 10 es un gráfico que ilustra la velocidad de punta en función de la velocidad del viento al nivel del buje de un aerogenerador. Las líneas no marcadas 15, 16 representan un aerogenerador que se controla de acuerdo con un método de la técnica anterior, mientras que las líneas marcadas con 'X' 17 y 'X +' 18 representan un aerogenerador que se controla de acuerdo con un método según una primera realización de la invención.

55

La línea 15 representa el método de control de la técnica anterior durante la operación sin restricciones de ruido, la línea 16 representa el método de control de la técnica anterior durante la operación con restricciones de ruido, la línea 17 representa el método de control según la primera realización de la invención durante la operación sin restricciones de ruido, y la línea 18 representa el método de control según la primera realización de la invención durante la operación con restricciones de ruido.

5

Se puede ver que para velocidades de viento bajas, la velocidad de punta en los cuatro casos descritos anteriormente es idéntica. Por consiguiente, a bajas velocidades del viento, el aerogenerador se opera para obtener la misma velocidad de punta, independientemente de si se aplica el método de control de la técnica anterior o el método según la invención, e independientemente de si están aplicándose o no restricciones de ruido.

10 Para velocidades de viento altas, el aerogenerador que se controla de acuerdo con el método de la técnica anterior se opera con una velocidad de punta significativamente más baja cuando están aplicándose restricciones de ruido, ilustrado por la línea 16, que cuando no hay restricciones de ruido, ilustrado por la línea 15. Como se describió anteriormente, esto se debe a que el ruido generado por el aerogenerador depende en gran medida de la velocidad de punta.

15 No obstante, el aerogenerador que se controla de acuerdo con un método según la primera realización de la invención se opera a velocidades de punta casi idénticas cuando no hay restricciones de ruido, ilustrado por la línea 17, y cuando están aplicándose restricciones de ruido, ilustrado por la línea 18. Se debería señalar que en el caso de que el método se aplicase con el fin de reducir la erosión, la velocidad de punta se reduciría en mayor medida, es decir, la línea 18 estaría dispuesta a una velocidad de punta más baja y la diferencia entre las líneas 17 y 18 sería mayor.

20

La Fig. 11 es un gráfico que ilustra la producción de energía en función de la velocidad del viento. La línea continua 19 y la línea discontinua 20 representan un aerogenerador que se controla de acuerdo con un método de la técnica anterior, mientras que las líneas marcadas con 'X' 21 y 'X +' 22 representan un aerogenerador que se controla de acuerdo con un método según una realización de la invención.

25 La línea 19 representa el método de control de la técnica anterior durante una operación sin restricciones de ruido, la línea 20 representa el método de control de la técnica anterior durante una operación con restricciones de ruido, la línea 21 representa el método de control según la invención durante una operación sin restricciones de ruido, y la línea 22 representa el método de control según la invención durante una operación con restricciones de ruido.

30 Se puede ver que para velocidades de viento bajas, la producción de energía en los cuatro casos descritos anteriormente es idéntica. Por consiguiente, a velocidades de viento bajas, la producción de energía del aerogenerador es la misma, independientemente de si se aplica el método de control de la técnica anterior o el método según la invención, e independientemente de si están aplicándose o no restricciones de ruido.

35 Para velocidades de viento altas, la producción de energía del aerogenerador que se controla de acuerdo con el método de control de la técnica anterior se reduce significativamente cuando están aplicándose restricciones de ruido, ilustrado por la línea 20, en comparación con cuando no hay restricciones de ruido, ilustrado por la línea 19. De este modo, en este caso se obtiene una reducción de ruido, pero la consecuencia es una reducción en la energía producida por el aerogenerador. Esto se debe a que la reducción de ruido se obtiene reduciendo la velocidad de punta, y la velocidad de punta solamente se puede reducir reduciendo también la velocidad de rotación del aerogenerador y, por ello, la producción de energía.

40 No obstante, como se puede ver a partir de las líneas 21 y 22, la producción de energía del aerogenerador que se controla de acuerdo con el método según la invención se mantiene casi al nivel del método de control de la técnica anterior sin restricciones de ruido, ilustrado por la línea 19, independientemente de si están aplicándose o no restricciones de ruido. La producción de energía solamente se reduce ligeramente en una pequeña región alrededor de la velocidad del viento nominal. Esto se debe a que la velocidad de punta se puede reducir, reduciendo por ello el ruido generado por el aerogenerador, sin reducir la velocidad de rotación, y por ello la producción de energía del aerogenerador, porque el diámetro del rotor es ajustable.

45

De este modo, operando el aerogenerador de acuerdo con un método según la invención, es posible reducir el ruido generado por el aerogenerador, esencialmente sin reducir la producción de energía del aerogenerador.

50 La Fig. 12 es un gráfico que ilustra la velocidad de rotación en función de la velocidad del viento. La línea continua 23 y la línea discontinua 24 representan un aerogenerador que se controla de acuerdo con un método de la técnica anterior, mientras que las líneas marcadas con 'X' 25 y 'X +' 26 representan un aerogenerador que se controla de acuerdo con un método según una realización de la invención.

55 La línea 23 representa el método de control de la técnica anterior durante una operación sin restricciones de ruido, la línea 24 representa el método de control de la técnica anterior durante una operación con restricciones de ruido, la línea 25 representa el método de control según la invención durante una operación sin restricciones de ruido, y la línea 26 representa el método de control según la invención durante una operación con restricciones de ruido.

Se puede ver que para velocidades del viento bajas, la velocidad de rotación en los cuatro casos descritos anteriormente es idéntica. Por consiguiente, a velocidades del viento bajas, la velocidad de rotación del aerogenerador es la misma, independientemente de si se aplica el método de control de la técnica anterior o el método según la invención, e independientemente de si están aplicándose o no restricciones de ruido.

- 5 A altas velocidades del viento, la velocidad del rotor del aerogenerador que se controla de acuerdo con el método de la técnica anterior se reduce significativamente cuando están aplicándose restricciones de ruido, ilustrado por la línea 24, en comparación con cuando no hay restricciones de ruido, ilustrado por la línea 23.

Para el aerogenerador que se controla de acuerdo con un método según la invención, la velocidad de rotación también se reduce cuando están aplicándose restricciones de ruido, ilustrado por la línea 26, en comparación con cuando no hay restricciones de ruido, ilustrado por la línea 25. No obstante, la reducción en la velocidad de rotación es menor que la reducción para el aerogenerador que se controla de acuerdo con el método de la técnica anterior. Además, la velocidad de rotación del aerogenerador que se controla de acuerdo con un método según la invención es mayor que la velocidad de rotación del aerogenerador que se controla según el método de la técnica anterior sin restricciones de ruido, también cuando están aplicándose restricciones de ruido.

15 La Fig. 13 es un gráfico que ilustra los niveles de ruido generados en función de los diámetros del rotor para una serie de aerogeneradores con diferentes diámetros del rotor que se controlan según un método de la técnica anterior, ilustrado por la línea 27, y para un aerogenerador que se controla de acuerdo con un método según la invención, ilustrado por el punto 28, donde se usa el diámetro del rotor máximo correspondiente al ángulo de pivote mínimo. Se puede ver que para un diámetro del rotor máximo dado el nivel de ruido generado por un aerogenerador que se opera de acuerdo con un método según la invención es menor en comparación con la técnica anterior, lo que es un beneficio significativo.

Las Figs. 14 y 15 son gráficos que ilustran la velocidad de punta en función de la velocidad del viento al nivel del buje de un aerogenerador, similar a la Fig. 10. No obstante, las Figs. 14 y 15 ilustran dos realizaciones alternativas de la invención.

25 En la Fig. 14, las líneas sin marcar 15, 16 representan un aerogenerador que se controla de acuerdo con un método de la técnica anterior, como se describió anteriormente con referencia a la Fig. 10. Las líneas marcadas con 'X' 29 y 'X +' 30 representan un aerogenerador que se controla de acuerdo con un método según una segunda realización de la invención. La línea 29 representa el método de control según la segunda realización de la invención durante la operación sin restricciones de ruido, y la línea 30 representa el método de control según la segunda realización de la invención durante la operación con restricciones de ruido.

35 Se puede ver que para velocidades de viento bajas, la velocidad de punta cuando no se aplican restricciones de ruido, representado por la línea 29, y la velocidad de punta cuando se aplican restricciones de ruido, representado por la línea 30, son idénticas. Se puede ver además que la velocidad de punta, en ambos casos 29, 30, aumenta en función del aumento de la velocidad del viento hasta una cierta velocidad del viento, donde ocurre una velocidad de punta máxima. La velocidad de punta máxima es menor cuando se aplican restricciones de ruido, representado por la línea 30, que cuando no se aplican restricciones de ruido, representado por la línea 29. A velocidades del viento más altas, se reduce la velocidad de punta. En particular, la velocidad de punta a velocidades del viento más altas es significativamente menor que las velocidades de punta en el escenario de la técnica anterior, representado por las líneas 15 y 16.

40 De este modo, en la realización ilustrada en la Fig. 14, la velocidad de punta y, por ello, el nivel de ruido, del aerogenerador es significativamente menor que la velocidad de punta y, por ello, el nivel de ruido, del aerogenerador de la técnica anterior, representado por las líneas 15 y 16. Además, se minimiza la cantidad de tiempo en que el aerogenerador se opera a la velocidad de punta máxima. Esto da como resultado una erosión del borde de ataque reducida de las palas de aerogenerador.

45 En la Fig. 15, las líneas no marcadas 15, 16 también representan un aerogenerador que se controla de acuerdo con un método de la técnica anterior, como se describió anteriormente con referencia a la Fig. 10. Las líneas marcadas con 'X' 31 y 'X +' 32 representan un aerogenerador que se controla de acuerdo con un método según una tercera realización de la invención. La línea 31 representa el método de control según la tercera realización de la invención durante su operación sin restricciones de ruido, y la línea 32 representa el método de control según la tercera realización de la invención durante una operación con restricciones de ruido.

55 De manera similar a la segunda realización ilustrada en la Fig. 14, la velocidad de punta cuando no se aplican restricciones de ruido, representado por la línea 31, y la velocidad de punta cuando se aplican restricciones de ruido, representado por la línea 32, son idénticas a bajas velocidades del viento, y la velocidad de punta, en ambos casos 31, 32, aumenta en función del aumento de la velocidad del viento hasta una cierta velocidad del viento, donde ocurre una velocidad de punta máxima.

A velocidades de viento más altas, la velocidad de punta se reduce de tal manera que la velocidad de punta se reduce más cuando se aplican restricciones de ruido, representado por la línea 32, que cuando no se aplican restricciones de ruido, representado por la línea 31.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para controlar un aerogenerador (1), el aerogenerador (1) que comprende una torre (2), al menos una góndola (7) montada en la torre (2) a través de un sistema de guiñada, un buje (3) montado de manera giratoria en cada góndola (7), cada buje (3) que comprende una estructura portante de palas (4), y una o más palas de aerogenerador (5), cada pala de aerogenerador (5) que está conectada a la estructura portante de palas (4) a través de una bisagra (6) en una posición de bisagra de la pala de aerogenerador (5), cada pala de aerogenerador (5) que está dispuesta para realizar movimientos de pivote con relación a la estructura portante de pala (4) entre un ángulo de pivote mínimo y un ángulo de pivote máximo, el método que se caracteriza por los pasos de:
- 5
- recibir un valor de nivel de ruido máximo que representa un ruido máximo permisible a ser generado por el aerogenerador (1),
  - derivar un par óptimo de velocidad de punta para el aerogenerador (1) y velocidad de rotación del aerogenerador (1), en base al valor de nivel de ruido máximo recibido, y
  - ajustar el ángulo de pivote de las palas de aerogenerador (5) a un ángulo de pivote que dé como resultado el par óptimo derivado de velocidad de punta y velocidad de rotación,
- 10
- 15 en donde el método comprende además el paso de aplicar una fuerza de desviación ajustable a las palas de aerogenerador (5) que desvía las palas de aerogenerador (5) hacia una posición que define un ángulo de pivote mínimo, y en donde el paso de ajustar el ángulo de pivote de las palas de aerogenerador (5) comprende ajustar la fuerza de desviación aplicada a las palas de aerogenerador (5).
2. Un método según la reivindicación 1, en donde el paso de derivar un par óptimo de velocidad de punta para el aerogenerador (1) y velocidad de rotación del aerogenerador (1) comprende los pasos de:
- 20
- derivar una referencia de velocidad de punta para el aerogenerador (1), en base al nivel de ruido máximo, y
  - derivar un par óptimo de diámetro del rotor y velocidad de rotación del aerogenerador (1) que da como resultado una velocidad de punta del aerogenerador (1) que es igual a la referencia de velocidad de punta derivada,
- 25 y en donde el paso de ajustar el ángulo de pivote de las palas de aerogenerador (5) comprende ajustar el ángulo de pivote de las palas de aerogenerador (5) a un ángulo de pivote que da como resultado el diámetro del rotor derivado.
3. Un método según la reivindicación 2, en donde el paso de derivar un par óptimo de diámetro del rotor y velocidad de rotación del aerogenerador (1) comprende derivar un diámetro del rotor que da como resultado una velocidad de punta del aerogenerador (1) que es igual a la referencia de velocidad de punta derivada, dado que se mantiene la velocidad de rotación actual del aerogenerador (1).
- 30
4. Un método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el paso de derivar un par óptimo de velocidad de punta y velocidad de rotación del aerogenerador (1) comprende maximizar la producción de energía del aerogenerador (1).
5. Un método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además el paso de ajustar un par de generador del aerogenerador (1) con el fin de alcanzar el par óptimo derivado de velocidad de punta y velocidad de rotación.
- 35
6. Un método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el valor de nivel de ruido máximo se recibe desde un controlador central.
7. Un método para controlar un aerogenerador, el aerogenerador (1) que comprende una torre (2), al menos una góndola (7) montada en la torre (2) a través de un sistema de guiñada, un buje (3) montado de manera giratoria en cada góndola (7), cada buje (3) que comprende una estructura portante de palas (4), y una o más palas de aerogenerador (5), cada pala de aerogenerador (5) que se conecta a la estructura portante de palas (4) a través de una bisagra (6) en una posición de bisagra de la pala de aerogenerador (5), cada pala de aerogenerador (5) que está dispuesta para realizar movimientos de pivote con relación a la estructura portante de pala (4) entre un ángulo de pivote mínimo y un ángulo de pivote máximo, el método que se caracteriza por los pasos de:
- 40
- recibir un valor de velocidad de punta máxima que representa una velocidad de punta máxima permisible del aerogenerador (1), en base a un nivel de erosión del borde de ataque y/o riesgo de desarrollo de erosión del borde de ataque,
  - derivar un par óptimo de diámetro del rotor y velocidad de rotación del aerogenerador (1) que da como resultado una velocidad de punta del aerogenerador (1) que es igual o menor que el valor de velocidad de punta máxima, y
  - ajustar el ángulo de pivote de las palas de aerogenerador (5) a un ángulo de pivote que dé como resultado el diámetro del rotor derivado,
- 45
- 50

en donde el método comprende además el paso de aplicar una fuerza de desviación ajustable a las palas de aerogenerador (5) que desvía las palas de aerogenerador (5) hacia una posición que define un ángulo de pivote mínimo, y en donde el paso de ajustar el ángulo de pivote de las palas de aerogenerador (5) comprende ajustar la fuerza de desviación aplicada a las palas de aerogenerador (5).

- 5 8. Un aerogenerador (1) que comprende una torre (2), al menos una góndola (7) montada en la torre (2) a través de un sistema de guiñada, un buje (3) montado de manera giratoria en cada góndola (7), cada buje (3) que comprende una estructura portante de palas (4), y una o más palas de aerogenerador (5), cada pala de aerogenerador (5) que se conecta a la estructura portante de palas (4) a través de una bisagra (6) en una posición de bisagra de la pala de aerogenerador (5), cada pala de aerogenerador (5) que está dispuesta, por ello, para realizar movimientos de pivote  
10 con relación a la estructura portante de palas (4) entre un ángulo de pivote mínimo y un ángulo de pivote máximo,

en donde el aerogenerador (1) se caracteriza por un mecanismo (8, 10, 11, 12, 13, 14) dispuesto para ajustar el ángulo de pivote de las palas de aerogenerador (5) en respuesta a un valor de nivel de ruido máximo que representa un ruido máximo permisible a ser generado por el aerogenerador (1),

- 15 en donde el aerogenerador (1) comprende además un mecanismo de desviación (8, 10, 11) dispuesto para aplicar una fuerza de desviación ajustable a las palas de aerogenerador (5) que desvía las palas de aerogenerador (5) hacia una posición que define un ángulo de pivote mínimo, y en donde el mecanismo (8, 10, 11) dispuesto para ajustar el ángulo de pivote de las palas de aerogenerador (5) está dispuesto para ajustar la fuerza de desviación aplicada.

- 20 9. Un aerogenerador (1) según la reivindicación 8, en donde el aerogenerador (1) es un aerogenerador a favor del viento.

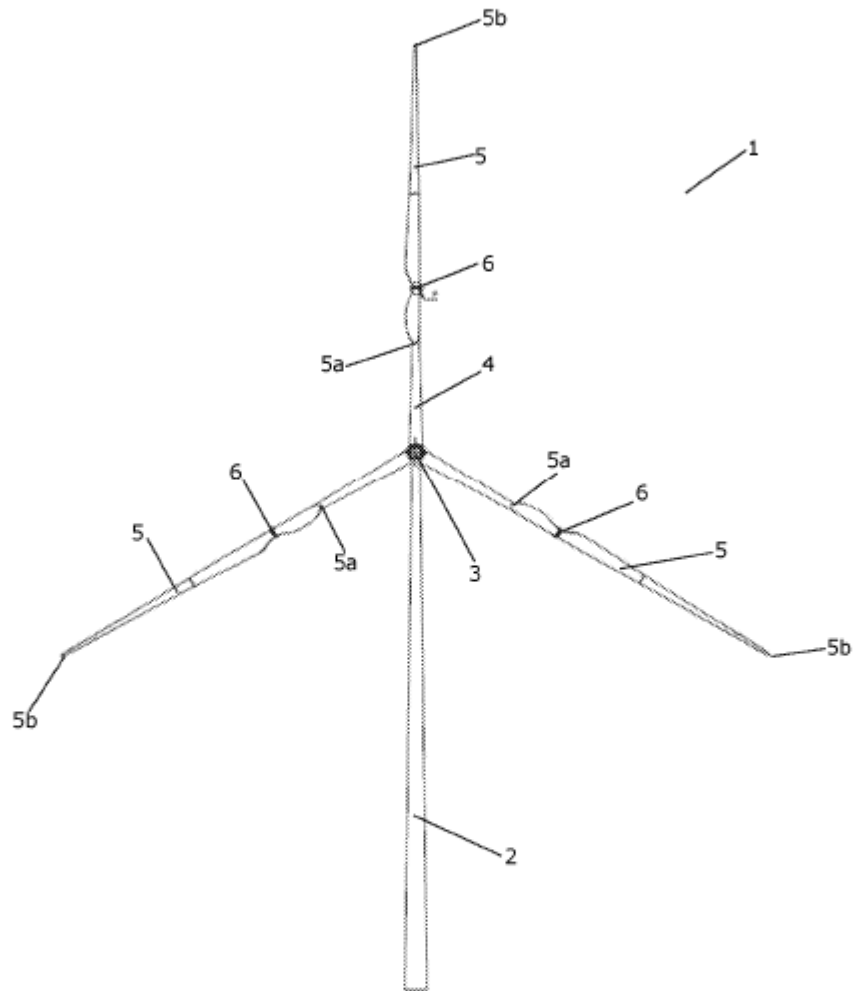


Fig. 1

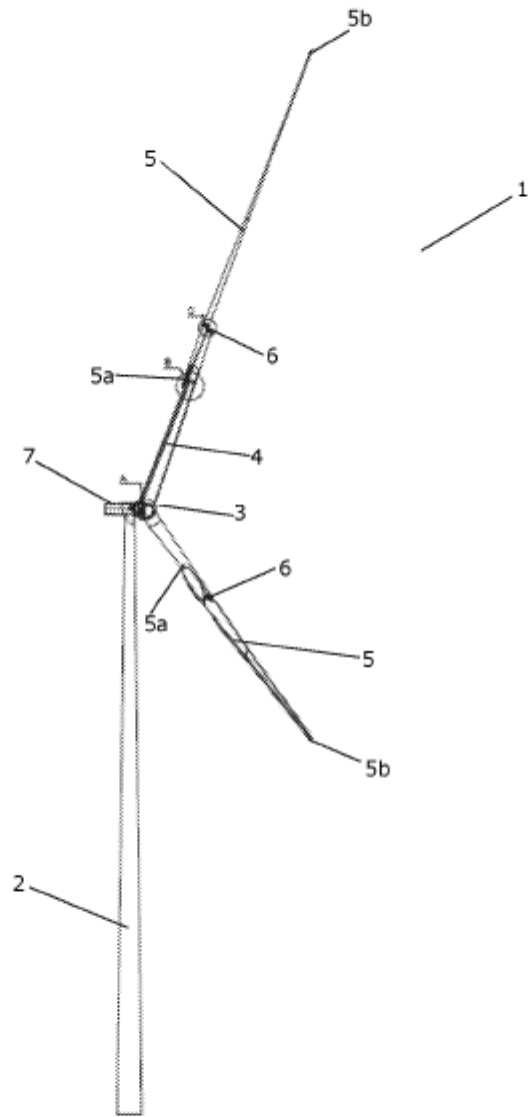


Fig. 2

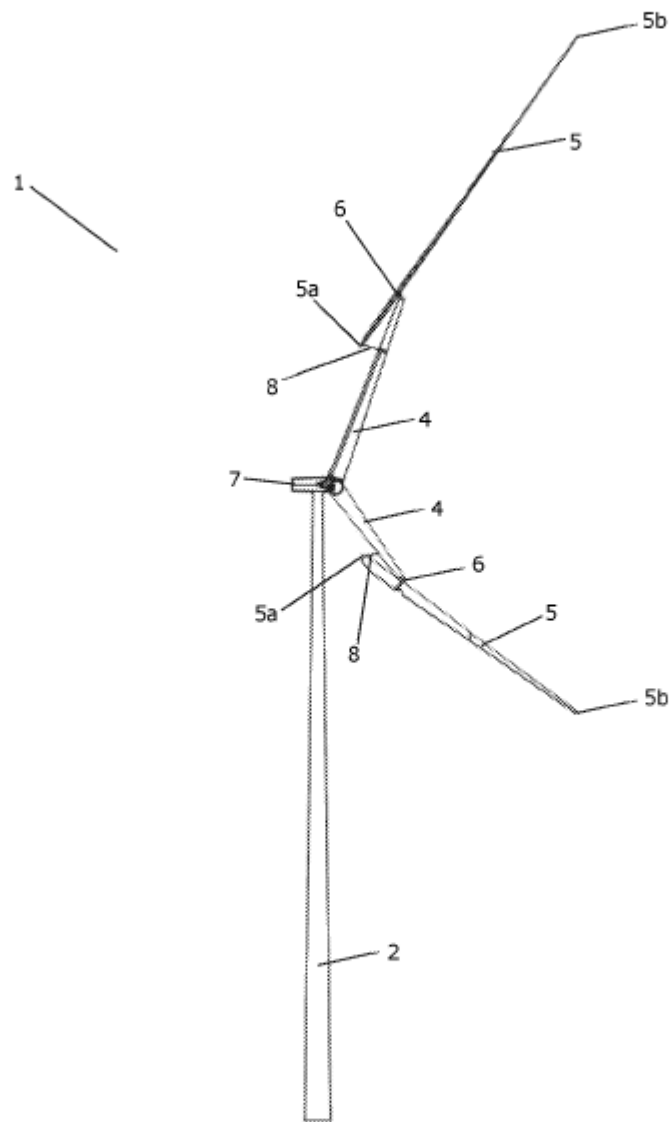


Fig. 3

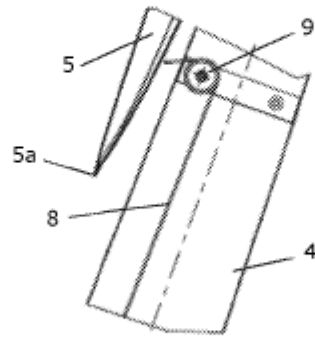


Fig. 4

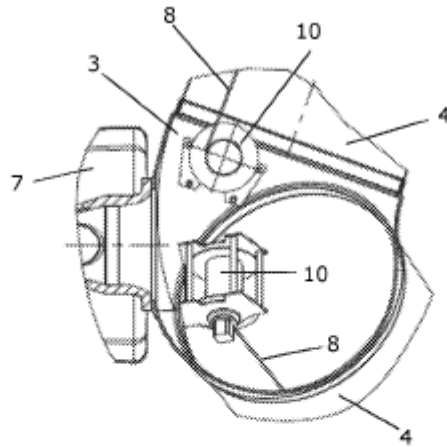


Fig. 5

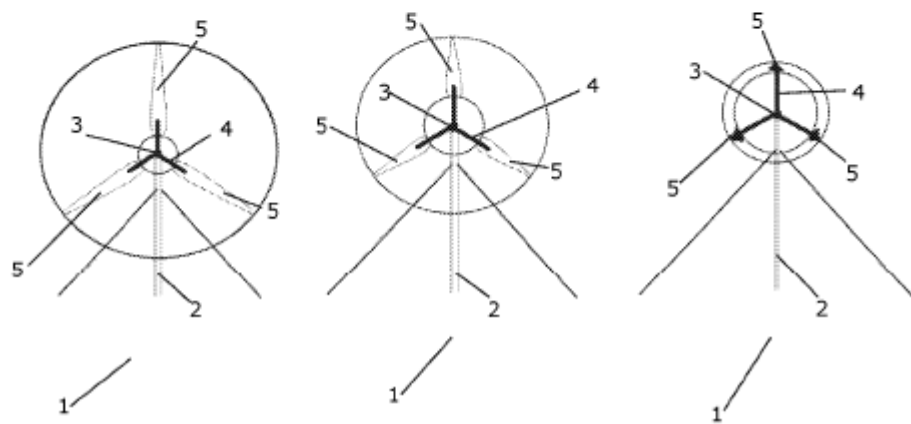


Fig. 6

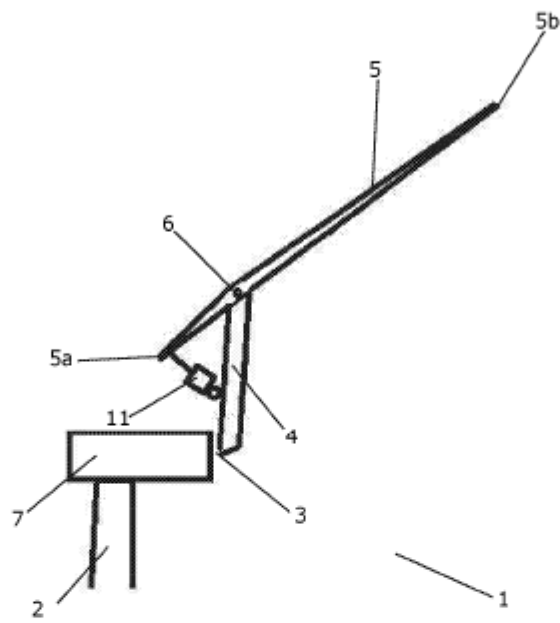


Fig. 7

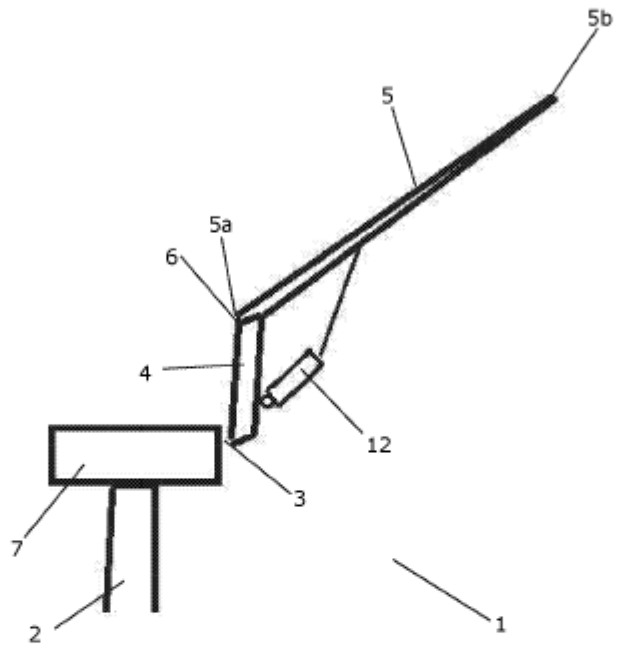


Fig. 8

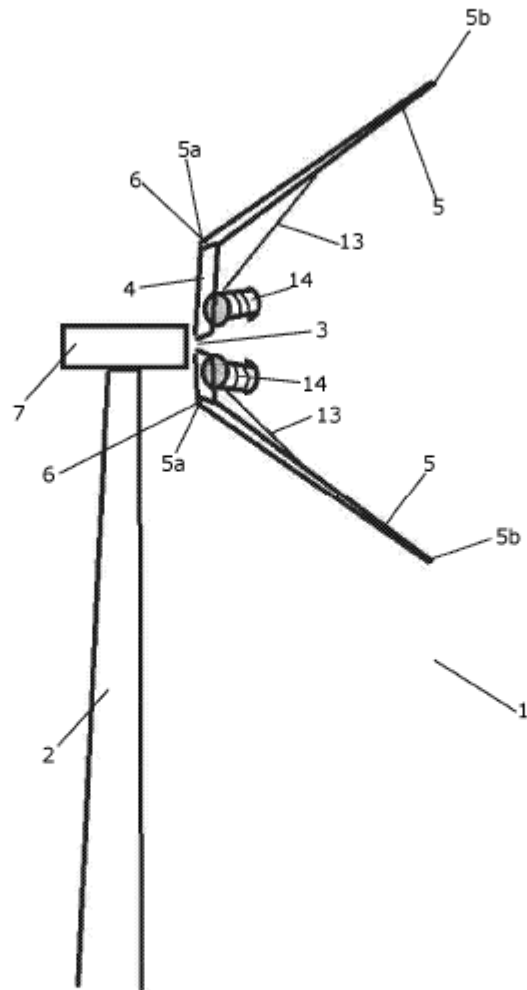


Fig. 9

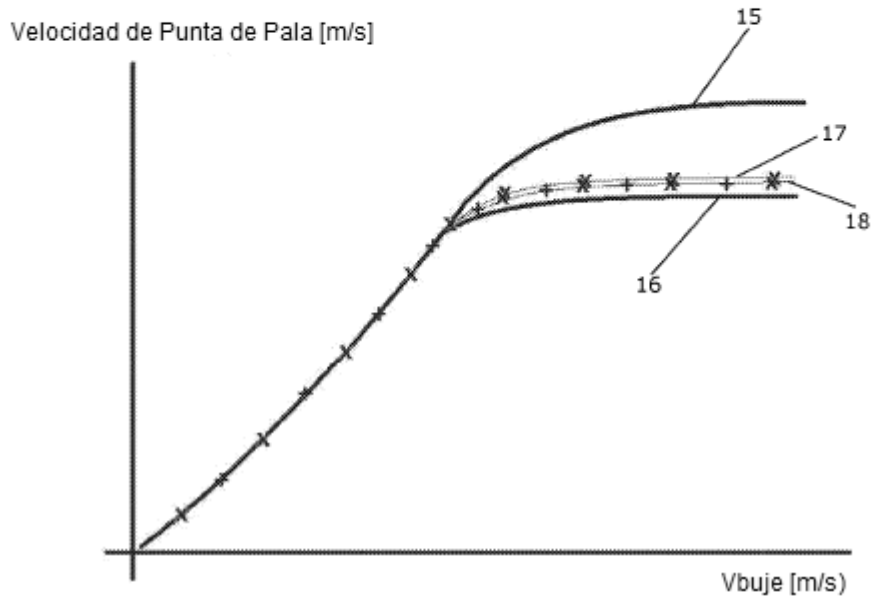


Fig. 10

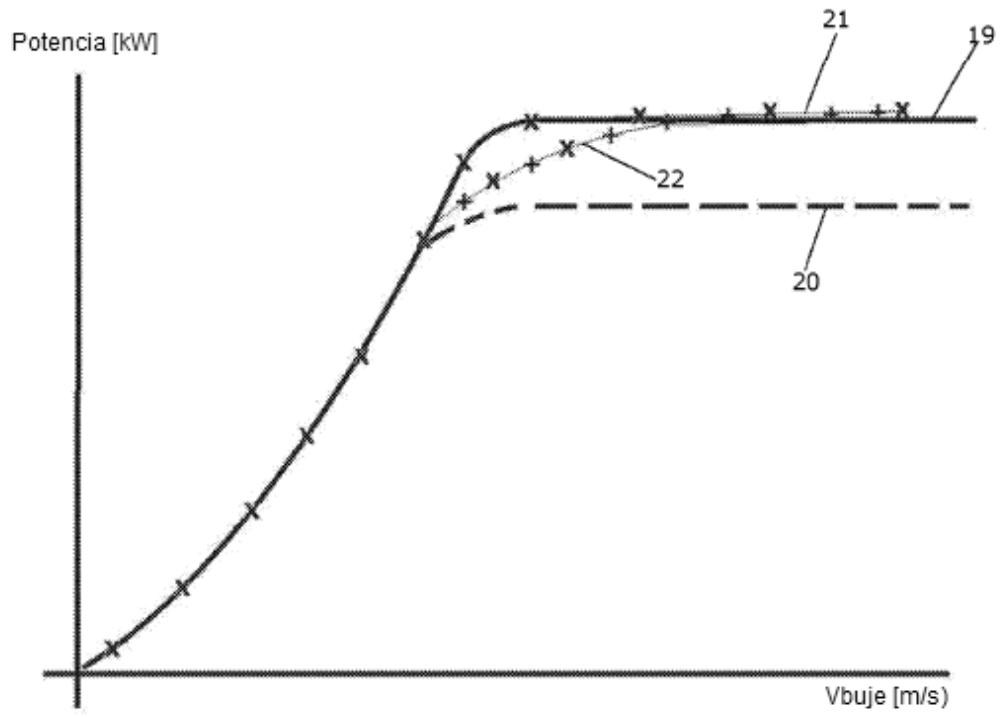


Fig. 11

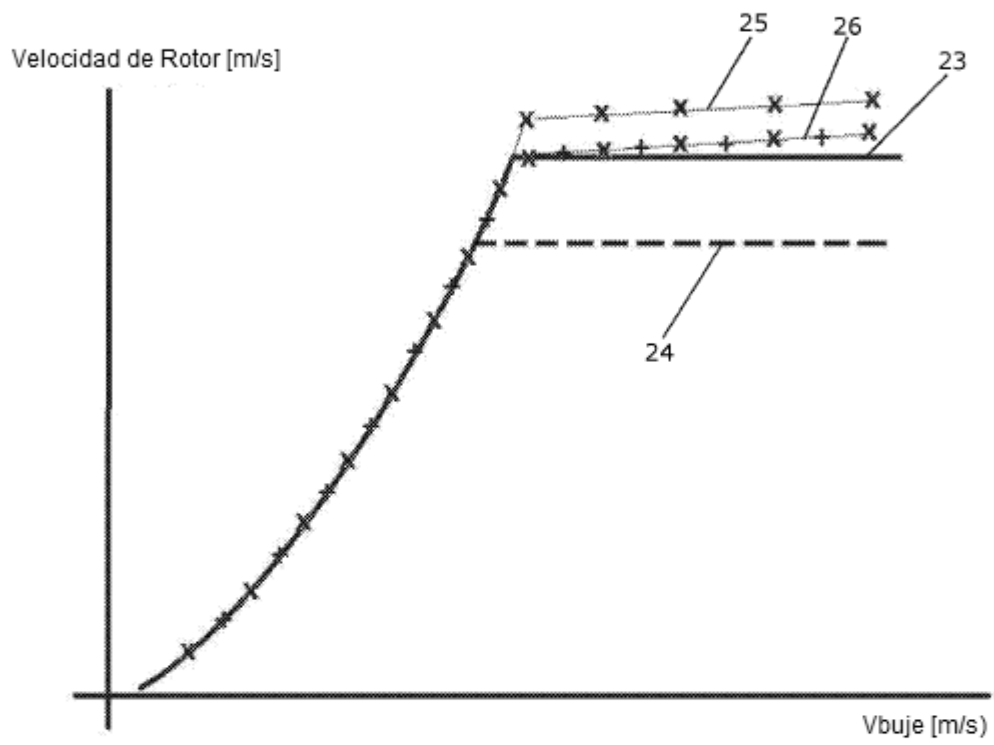


Fig. 12

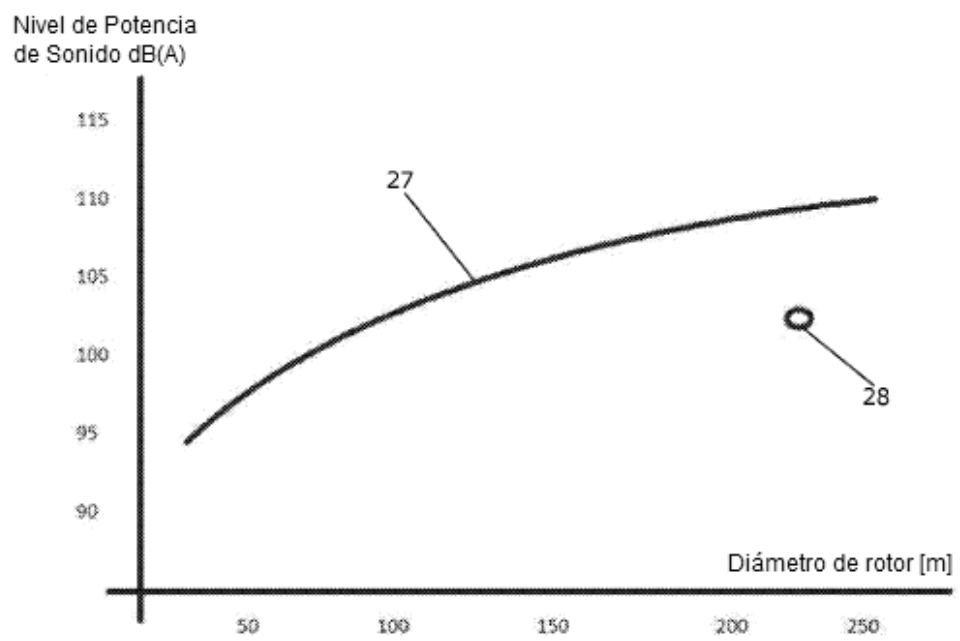


Fig. 13

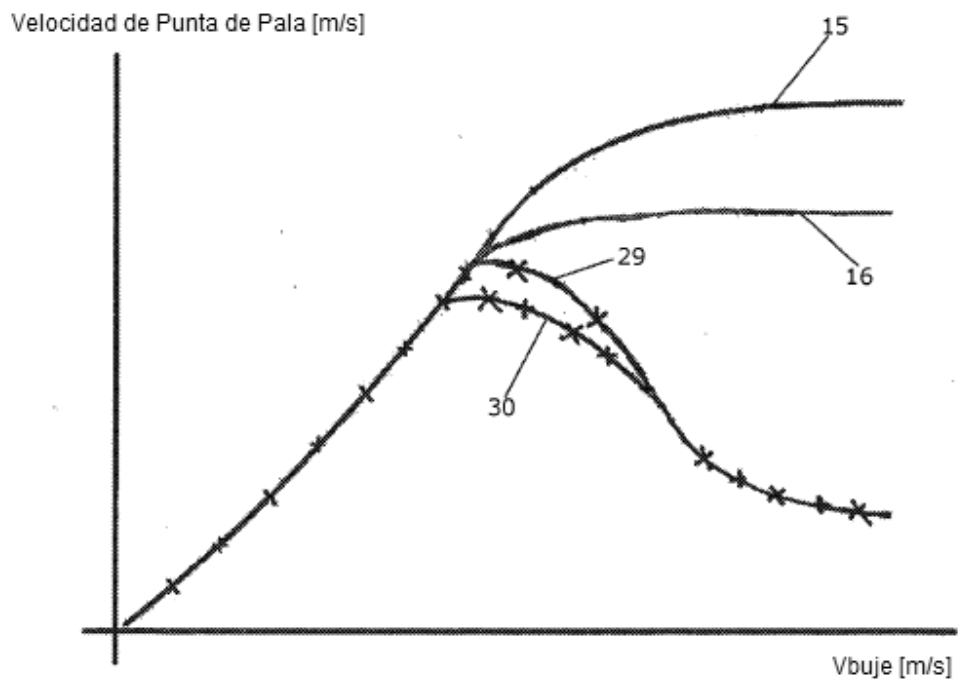


Fig. 14

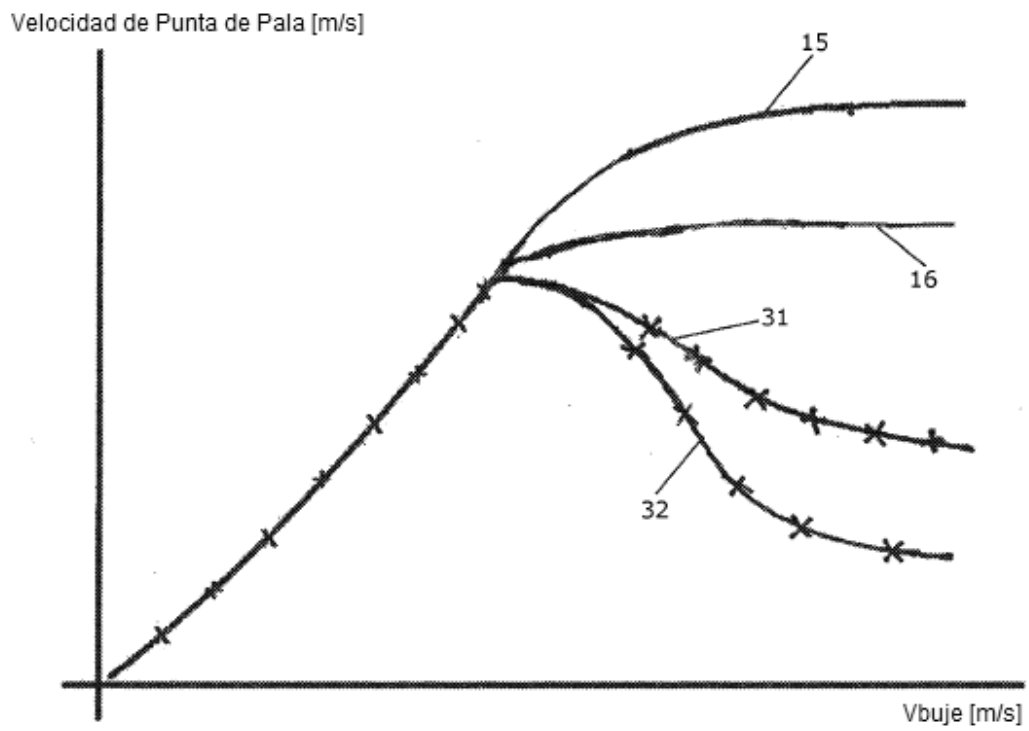


Fig. 15