

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 546 882**

51 Int. Cl.:

F03D 1/06 (2006.01)

F03D 9/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.04.2011** **E 11160969 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.06.2015** **EP 2508750**

54 Título: **Método de optimización de una construcción de parque eólico**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
29.09.2015

73 Titular/es:

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Wittelsbacherplatz 2
80333 München, DE

72 Inventor/es:

NIELSEN, SOEREN E.

74 Agente/Representante:

PÉREZ BARQUÍN, Eliana

ES 2 546 882 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).

MÉTODO DE OPTIMIZACIÓN DE UNA CONSTRUCCIÓN DE PARQUE EÓLICO**DESCRIPCIÓN**

5 La invención describe un método de optimización de una construcción de parque eólico. La invención describe además una turbina eólica para un parque eólico de este tipo y un parque eólico con turbinas eólicas de este tipo.

10 Una turbina eólica genera ruido acústico durante el funcionamiento. La aceptación de la energía eólica como fuente de energía puede depender del nivel percibido de molestias por ruido. Se conocen diversos métodos de optimización de un parque eólico antes de su construcción real, en los que se utiliza el conocimiento sobre los niveles de ruido que generarán las turbinas eólicas, junto con el conocimiento sobre áreas sensibles a ruido, para determinar posiciones y configuraciones aceptables de las turbinas eólicas del parque eólico, de modo que puedan cumplirse uno o más criterios. El documento US 201070138201 A1 por ejemplo da a conocer un método para mejorar el diseño de una planta eólica, que tiene en cuenta el ruido percibido en determinadas zonas en las proximidades del parque eólico, y/o para maximizar el rendimiento. Antes de construir realmente el parque eólico, por tanto, pueden determinarse de antemano el tamaño y la posición de cada turbina eólica.

20 Aunque puede percibirse que el ruido se origina del parque eólico en su conjunto, también puede identificarse que una turbina eólica específica contribuye al ruido percibido. Es un problema conocido que un diseño de pala de turbina eólica optimizado para un mayor rendimiento de la turbina también está asociado con un nivel indeseablemente alto de ruido acústico. Las emisiones de ruido de una turbina eólica pueden reducirse proporcionando a la turbina eólica un menor diámetro de pala de rotor, es decir utilizando palas más cortas. En otro enfoque puede utilizarse una menor velocidad rotacional. El ángulo de paso de las palas de la turbina eólica también puede cambiarse, por ejemplo, para enfrentarse al viento con un ángulo más agudo. Sin embargo, todas estas medidas están directamente relacionadas con una reducción de la eficiencia energética de una turbina eólica. El documento EP 1 314 885 A1 enseña el uso de un panel estriado largo unido al borde de salida de una pala para aumentar la eficiencia de la turbina eólica. Sin embargo, un panel estriado de este tipo puede aumentar el nivel de ruido generado por una turbina eólica de este tipo, de modo que un parque eólico que comprende una pluralidad de tales turbinas eólicas podría generar un nivel de ruido inaceptablemente alto.

30 Por tanto, es un objetivo de la invención proporcionar un método de optimización de una construcción de parque eólico para reducir las emisiones de ruido del parque eólico.

35 El objetivo de la invención se alcanza mediante un método de optimización de una construcción de parque eólico según la reivindicación 1, mediante una turbina eólica para un parque eólico de este tipo según la reivindicación 10 y mediante un parque eólico según la reivindicación 11.

40 Según la invención, un método de optimización de la construcción de un parque eólico, que comprende al menos una primera turbina eólica y una segunda turbina eólica, comprende las etapas de seleccionar una primera topología de pala para la primera turbina eólica basándose en un parámetro de optimización de ruido que se mide y/o predice en una posición de referencia a una distancia del parque eólico, estando la primera topología de pala asociada con bajas emisiones de ruido y una eficiencia energética correspondientemente baja; y seleccionar una segunda topología de pala para la segunda turbina eólica basándose en un parámetro de optimización de eficiencia energética de manera que la segunda turbina eólica tiene un mayor nivel de emisión de ruido que la primera turbina eólica.

50 La construcción de un parque eólico comprende la instalación y/o planificación de un nuevo parque eólico o la modificación de un parque eólico ya operativo cuya emisión de ruido se sitúa por encima de un umbral, por ejemplo un umbral aceptable para las personas que viven dentro del área de alcance acústico del parque eólico. Con fines de planificación, el método según la invención puede usarse para simular las emisiones de ruido, por ejemplo en forma de software de simulación ejecutado en un ordenador. De este modo, el método según la invención hace posible descubrir o determinar un parque eólico optimizado con una disposición de turbinas eólicas del primer y el segundo tipo que mantiene las emisiones de ruido por debajo de un umbral.

55 Un parque eólico según la invención comprende al menos una primera turbina eólica y una segunda turbina eólica, en el que

60 - se selecciona una primera topología de pala para la primera turbina eólica dependiendo de un parámetro de optimización de ruido que se mide y/o predice en una posición de referencia a una distancia del parque eólico, y estando la primera topología de pala asociada con bajas emisiones de ruido y una eficiencia energética correspondientemente baja; y

65 - se selecciona una segunda topología de pala para la segunda turbina eólica dependiendo de un parámetro de optimización de eficiencia energética de manera que la segunda turbina eólica tiene un mayor nivel de emisión de ruido que la primera turbina eólica.

Por consiguiente, un parque eólico de este tipo comprende una pluralidad de primeras turbinas eólicas y segundas turbinas eólicas. El parque eólico está optimizado con respecto a la eficiencia energética al tiempo que se mantienen simultáneamente las emisiones de ruido por debajo de un umbral establecido. Esto significa que la eficiencia energética se maximiza hasta el punto permitido por o compatible con el umbral aceptable de ruido.

5 Realizaciones y características particularmente ventajosas de la invención se definen en reivindicaciones dependientes, tal como se exponen a continuación en el presente documento. Las características de las diversas realizaciones descritas pueden combinarse según resulte apropiado.

10 Un nuevo parque eólico que va a planificarse comprende una pluralidad de posiciones o emplazamientos para las turbinas eólicas. El parque eólico que va a planificarse puede estar equipado con dos tipos de turbinas eólicas, por ejemplo turbinas eólicas de un primer tipo (denominadas "primeras turbinas eólicas" en lo sucesivo) y turbinas eólicas de un segundo tipo (denominadas "segundas turbinas eólicas" en lo sucesivo). Las primeras turbinas eólicas están optimizadas con respecto a emisiones de ruido y sólo generan un bajo nivel de ruido. Por consiguiente, una
15 primera turbina eólica tiene una topología de pala asociada con bajas emisiones de ruido y una eficiencia energética correspondientemente baja. La segunda turbina eólica tiene una topología de pala que está optimizada con respecto a la eficiencia energética. Por consiguiente, la suma total de energía, por ejemplo la Producción de Energía Anual (AEP) se maximiza para la segunda turbina eólica. Una segunda turbina eólica tiene por tanto un mayor nivel de emisión de ruido que una primera turbina eólica.

20 Para cada una de las posiciones de turbinas eólicas del nuevo parque eólico se elige una de las primeras o segundas turbinas eólicas. Se selecciona el tipo de la primera turbina eólica si el nivel de ruido medido en un parque eólico ya operativo, o predicho en una simulación para un parque eólico planificado, supera un umbral escogido. El ruido se mide o predice con respecto a una posición de referencia a una distancia alejada del parque eólico. Esto
25 significa que la posición de referencia está fuera del parque eólico. La posición de referencia puede ser la ubicación de un área habitada, por ejemplo un pueblo o barrio periférico. Por consiguiente, la construcción de parque eólico estará optimizada con respecto a molestias por ruido en un área habitada próxima al parque eólico, por ejemplo manteniendo las molestias por ruido por debajo de un umbral aceptable para las personas que viven en esa área. De este modo se designan ubicaciones específicas del parque eólico para turbinas eólicas del primer tipo. Para el
30 resto de ubicaciones se seleccionan turbinas eólicas del segundo tipo. Esto llevará a un parque eólico con una mezcla de primeras y segundas turbinas eólicas optimizado con respecto a la eficiencia energética del parque eólico así como con respecto a la emisión de ruido, con lo cual las molestias por ruido se mantendrán por debajo del umbral aceptable en un área habitada en las proximidades.

35 Además, el método también puede usarse para actualizar o modificar parques eólicos ya operativos que tienen una emisión de ruido que supera un umbral aceptable. Puede suponerse a continuación que un parque eólico ya operativo de este tipo comprende esencialmente sólo turbinas eólicas del segundo tipo, es decir turbinas eólicas que se han optimizado con respecto a su rendimiento, de modo que el parque eólico ya en funcionamiento sólo está optimizado con respecto a la eficiencia energética. La actualización puede incluir una etapa de planificación o
40 simulación antes de llevar a cabo cualquier modificación real en las turbinas eólicas del parque eólico, con el fin de determinar cuáles de las segundas turbinas eólicas han de sustituirse por primeras turbinas eólicas. En la actualización de un parque eólico de este tipo, algunas segundas turbinas eólicas se identifican según su efecto acústico sobre el área habitada y se sustituyen por turbinas eólicas del primer tipo.

45 Una turbina eólica para un parque eólico según la invención comprende varias palas con bordes de salida que pueden optimizarse según al menos una primera topología de pala y una segunda topología de pala, haciendo referencia la primera topología de pala a un parámetro de optimización de ruido que se mide y/o predice en una posición de referencia a una distancia del parque eólico, y haciendo referencia la segunda topología de pala a un parámetro de optimización de eficiencia energética. Por consiguiente, las primeras turbinas eólicas y las segundas
50 turbinas eólicas difieren unas de otras únicamente con respecto a sus topologías de pala. Por tanto, es posible transformar una turbina eólica del segundo tipo a una turbina eólica del primer tipo, y viceversa, simplemente modificando o cambiando la topología de pala.

55 Una realización preferida de la turbina eólica según la invención se caracteriza porque la primera topología de pala define una primera forma de un borde de salida de una pala de la primera turbina eólica y la segunda topología de pala define una segunda forma de un borde de salida de una pala de la segunda turbina eólica. Por consiguiente, sólo se cambiarán las formas de los bordes de salida de las palas, con lo cual las demás partes de las palas y la turbina eólica se mantendrán sin cambios.

60 La emisión de ruido de una turbina eólica puede reducirse mediante un diseño de pala estriado. Por ejemplo, el borde de salida puede realizarse con un borde exterior estriado, y/o una estructura de relieve de superficie estriada. El diseño estriado podría ubicarse en el lado de sotavento de la pala. El diseño estriado podría comprender un borde exterior en zigzag por esa parte del borde de salida en combinación con un patrón de relieve estriado sobre la superficie de esa parte del borde de salida. El diseño o patrón estriado puede extenderse a lo largo de toda la
65 longitud de la pala. En una realización preferida, sin embargo, el borde de salida está estriado sólo por una primera parte. Un diseño estriado parcial de este tipo puede ser suficiente para reducir las emisiones de ruido por debajo de

un nivel umbral, al tiempo que sólo se disminuye la eficiencia energética de la turbina en una medida relativamente pequeña. Por tanto, no es necesario usar palas con bordes de salida estriados por la totalidad de sus longitudes o superficies. Ventajosamente, por tanto, la eficiencia energética sólo se ve afectada mínimamente por la optimización en cuanto al ruido de las palas.

5 Para 'convertir' una turbina eólica del segundo tipo al primer tipo, o viceversa, las palas de la turbina eólica pueden desmontarse, retirarse y sustituirse por palas del otro tipo. Sin embargo, un procedimiento de este tipo puede ser largo y costoso. Por tanto, en una realización particularmente preferida de la invención, el borde de salida de una pala comprende una primera parte y una segunda parte. Por ejemplo, una pala de una turbina eólica del segundo tipo puede comprender una parte de sustitución que forma una parte del borde de salida. La parte de sustitución está montada de manera desmontable en la pala. Esta parte de la pala puede retirarse y sustituirse por una parte de sustitución estriada, con un diseño estriado según se describió anteriormente, que genera menos emisiones de ruido que la parte original esencialmente lisa o no estriada. Un diseño de pala de este tipo permite transformar una turbina eólica de un segundo tipo a un primer tipo, y viceversa, simplemente intercambiando las partes de sustitución de los bordes de salida de la pala. Por tanto no es necesario un desmantelamiento de toda la turbina eólica y la construcción de otra. Tampoco es necesario desmontar toda una pala del buje, ya que sólo ha de desmontarse e intercambiarse la parte de sustitución de la pala. Por tanto, una modificación de un parque eólico existente para que cumpla con los requisitos modificados con respecto a umbrales de ruido puede llevarse a cabo de manera poco complicada y económica.

20 La eficiencia energética de una turbina eólica aumentará con una mayor relación sustentación-resistencia aerodinámica. La relación sustentación-resistencia aerodinámica se expresa como el esfuerzo necesario para hacer girar las palas de rotor de la turbina eólica dividido entre la resistencia aerodinámica creada por las palas a medida que se mueven atravesando el aire.

25 En una realización adicional preferida de la invención, por tanto, la primera parte de la pala está ubicada en una región en el extremo más exterior de la pala. Por consiguiente, las estriaciones se encuentran en la región de la punta de pala. La velocidad de una pala es máxima en su punta, y por tanto la mayor parte del ruido lo genera la punta. Por tanto, disponiendo las estriaciones próximas a las puntas de las palas, el ruido generado por esa turbina eólica puede reducirse de la manera más eficaz sin empeorar indebidamente la relación sustentación-resistencia aerodinámica.

30 En una realización adicional preferida, la primera parte se extiende como mucho por un tercio de la longitud total de la pala. Se trata de un equilibrio optimizado entre minimizar la generación de ruido en la región de las puntas de pala y maximizar la eficiencia energética de la turbina eólica.

35 Todas las partes de una pala pueden tener el mismo grado de rigidez. Generalmente se prefiere una pala rígida si la turbina eólica va a optimizarse con respecto a su eficiencia energética. Sin embargo, una región de borde de salida rígida puede asociarse con un nivel de ruido superior. Por tanto, en una realización adicional preferida, la primera parte es más flexible que la segunda parte. La primera parte puede ser la región de la punta de pala. En este caso, la punta de pala puede tener un cierto grado de libertad, por ejemplo libertad para oscilar. Esto reduce el ruido generado en las puntas de pala.

40 Otros objetos y características de la invención resultarán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada considerada junto con los dibujos adjuntos. Ha de entenderse, sin embargo, que los dibujos se han diseñado únicamente con fines de ilustración y no como definición de limitaciones de la invención.

45 La figura 1 muestra una representación esquemática de una realización de un parque eólico según la invención;
 50 la figura 2 muestra una representación esquemática de una realización de una turbina eólica del primer tipo,
 la figura 3 muestra una representación esquemática de una realización de una turbina eólica del segundo,
 55 la figura 4 muestra una representación esquemática de una realización de una pala de turbina eólica del primer tipo,
 y
 la figura 5 muestra una representación esquemática de una realización de una pala de turbina eólica del segundo.

60 En los dibujos, los mismos números de referencia se refieren a los mismos objetos a lo largo de todo el documento. Los objetos en los dibujos no están dibujados necesariamente a escala.

65 La figura 1 muestra una realización de un parque 2 eólico según la presente invención. El parque 2 eólico comprende cuatro turbinas 4, 6, 6' eólicas de dos tipos. La primera turbina 4 eólica del primer tipo está optimizada con respecto a bajas emisiones de ruido, con lo cual las otras segundas turbinas 6, 6' eólicas del segundo tipo están optimizadas con respecto a eficiencia energética. Esto significa que las segundas tres turbinas 6, 6' eólicas tienen una relación sustentación-resistencia aerodinámica optimizada. Una relación sustentación-resistencia aerodinámica

superior aumenta la eficiencia energética de una turbina eólica.

Fuera del parque 2 eólico hay un área habitada indicada mediante una casa 24. Como puede observarse en la figura 1, la primera turbina 4 eólica está en la posición más próxima con respecto a la casa 24. Por consiguiente, en la posición más próxima a la casa 24 se dispone una primera turbina 4 eólica optimizada con respecto a bajo ruido. Esto mantiene las emisiones de ruido, percibidas en el área habitada, por debajo de un umbral aceptable para las personas que viven allí. Las demás segundas turbinas 6, 6' eólicas están optimizadas en cuanto a energía. Por tanto, el rendimiento del parque 2 eólico es también lo más alto posible ya que sólo una de las turbinas 4, 6, 6' eólicas es una primera turbina 4 eólica.

En el caso de un nuevo parque 2 eólico que va a planificarse, la planificación puede comenzar con un parque 2 eólico virtual que comprende sólo segundas turbinas 6, 6' eólicas en todas las posiciones. Entonces se estimará el ruido, por ejemplo mediante simulación, con respecto a un área 24 habitada. En una etapa siguiente, se identifica una de las segundas turbinas 6, 6' eólicas según su distancia con respecto al área 24 habitada y se sustituirá por una primera turbina 4 eólica según se muestra en la figura 1. A continuación puede estimarse el nivel de ruido modificado. Estas etapas de 'sustituir' una o más turbinas eólicas ruidosas por turbinas eólicas menos ruidosas pueden repetirse hasta que se estime que el nivel de ruido en el área 24 habitada se sitúa por debajo del nivel umbral.

Puede resultar necesaria una modificación o un cambio de un parque 2 eólico si se construye una segunda área habitada o casa 24' cerca del parque 2 eólico, por ejemplo. Para determinar cualquier modificación necesaria, se mide el ruido en la nueva casa 24'. Si el ruido medido está por encima de un umbral aceptable, pueden adoptarse medidas adecuadas. Por ejemplo, la segunda turbina 6' eólica más próxima a la nueva casa 24' puede cambiarse a una turbina eólica del primer tipo.

A continuación se describen en detalle los dos tipos de turbinas 4, 6 eólicas y las etapas para su transformación.

La figura 2 muestra una realización de la primera turbina 4 eólica según la presente invención.

La primera turbina 4 eólica comprende una torre 28, una góndola 30 soportada por la torre 28 y un buje 32 soportado por la góndola 30. Unas palas 12 están dispuestas en y fijadas al buje 32. Los detalles en relación con el funcionamiento normal de una turbina eólica no son objeto de la invención y por tanto no se describirán en detalle a continuación en el presente documento. Sólo se explicarán en la siguiente descripción aquellos aspectos, elementos y sistemas que son relevantes para la invención. La torre 28, la góndola 30 y el buje 32 son elementos convencionales de la primera turbina 4 eólica y por tanto no se ilustrarán en más detalle a continuación en el presente documento.

Las palas 12 tienen bordes 26 de entrada y bordes 8 de salida. Los bordes 12 de entrada están orientados en la dirección A del flujo de aire por delante de los bordes 8 de salida.

La figura 3 muestra una realización de la segunda turbina 6, 6' eólica según la presente invención. La segunda turbina 6, 6' eólica de la figura 3 tiene la misma torre 28, góndola 30 y buje 32 de la figura 1. Sólo las palas 14 de la segunda turbina 6, 6' eólica son diferentes de la primera turbina 4 eólica de la figura 2.

Las palas 14 tienen bordes 26 de entrada y bordes 10 de salida según se describió anteriormente.

Las palas 12 de la primera turbina 4 eólica tienen una primera topología 44 de pala que define la forma de bordes 8 de salida. Las palas 14 de la segunda turbina 6, 6' eólica tienen una segunda topología 46 de pala que define la forma de bordes 10 de salida.

Las diferencias de las palas 12 de la primera turbina 4 eólica y de las palas 10 de la segunda turbina 6 eólica se explican ahora en detalle con referencia a las figuras 4 y 5.

A partir de las figuras 4 y 5 puede observarse que ambas palas 12, 14 tienen un primer extremo 40 con el que se montan las palas 12, 14 en el buje 32. Una punta 42 de pala se encuentra en el extremo opuesto o más exterior de la pala 26.

Una pala 12, 14 está dividida en su borde 8, 10 de salida en una primera parte 20, 36 y una segunda parte 22. La primera parte 20, 36 se extiende como mucho por un tercio de la longitud total de la pala 12, 14, por ejemplo desde el primer extremo 40 hasta la punta 42 de pala. Por consiguiente, la segunda parte 22 se extiende por dos tercios de la longitud de las palas 12, 14.

La primera parte 20 de la pala 12 en la figura 4 tiene un diseño estriado, en este ejemplo un borde en diente de sierra, que se extiende en parte a lo largo de la longitud de la pala 12. Este patrón 16 en diente de sierra reduce la generación de ruido en el extremo 18 más exterior de la pala 12 cerca de la punta 42 de pala donde la generación de ruido es alta debido a la alta velocidad de la pala 14 en la punta 42 de pala.

En la primera parte 20, el borde 8 de salida de la primera turbina 4 eólica está formado por una parte 38 de sustitución estriada con un diseño 16 en diente de sierra. La parte 38 de sustitución estriada está montada de manera desmontable en la pala 8.

5 Además, el borde 8 de salida en la primera parte 20 de la pala 12 es más flexible en comparación con el borde de salida a lo largo de la segunda parte 22 de la pala. Por tanto, esta parte de la pala 12 puede oscilar con la punta 42 de pala para reducir adicionalmente el ruido generado por esa pala durante el funcionamiento de la turbina eólica.

10 Por el contrario, la pala 14 de la segunda turbina 6, 6' eólica comprende una parte 36 de sustitución sin un diseño 16 estriado o en diente de sierra de este tipo. La parte 36 de sustitución esencialmente lisa está montada de manera desmontable en la pala 10. La parte 36 de sustitución está asociada con una relación sustentación-resistencia aerodinámica favorablemente alta y puede usarse por tanto para optimizar la eficiencia energética de la turbina eólica, aunque dará como resultado un nivel de ruido relativamente alto.

15 El montaje desmontable de la parte 36 de sustitución permite retirar la parte 36 de sustitución de la pala 12 de la segunda turbina 6, 6' eólica e insertar la parte 36 de sustitución estriada en su lugar, transformando la pala 12 en una pala 10. De este modo, una turbina eólica del segundo tipo puede transformarse rápidamente y de manera económica en una turbina eólica del primer tipo.

20 Aunque la presente invención se ha dado a conocer en forma de realizaciones preferidas y variaciones de las mismas, se entenderá que pueden realizarse numerosas modificaciones y variaciones adicionales en las mismas sin apartarse del alcance de la invención. Por motivos de claridad, ha de entenderse que el uso de "un" o "una" a lo largo de esta solicitud no excluye una pluralidad, y "que comprende/comprendiendo" no excluye otras etapas o
25 elementos.

REIVINDICACIONES

1. Método de optimización de una construcción de parque eólico, parque (2) eólico que comprende al menos una primera turbina (4) eólica y una segunda turbina (6, 6') eólica, caracterizado porque
 - 5 - se selecciona una primera topología (44) de pala para la primera turbina (4) eólica dependiendo de un parámetro de optimización de ruido que se mide y/o predice en una posición (24) de referencia a una distancia (D) del parque (2) eólico, estando la primera topología (44) de pala asociada con bajas emisiones de ruido y una eficiencia energética correspondientemente baja; y
 - 10 - se selecciona una segunda topología (46) de pala para la segunda turbina (6, 6') eólica dependiendo de un parámetro de optimización de eficiencia energética, de manera que la segunda turbina (6, 6') eólica tiene un mayor nivel de emisión de ruido que la primera turbina (4) eólica.
- 15 2. Método según la reivindicación 1, en el que la primera topología (44) de pala define una primera forma de un borde (8, 10) de salida de una pala (12) de la primera turbina (4) eólica y la segunda topología (46) de pala define una segunda forma de un borde (8, 10) de salida de una pala (14) de la segunda turbina (4) eólica.
- 20 3. Método según la reivindicación 1 ó 2, en el que al menos el borde (8) de salida de la primera turbina (4) eólica comprende una primera parte (20) y una segunda parte (22).
4. Método según la reivindicación 3, en el que el borde (8) de salida está estriado por la primera parte (20).
- 25 5. Método según la reivindicación 4, en el que la primera parte (20) está ubicada en una región en el extremo (18) más exterior de la pala (12).
6. Método según la reivindicación 5, en el que la primera parte (20) se extiende por casi un tercio de la longitud total de la pala (12).
- 30 7. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 3 a 6, en el que la primera parte (20) es más flexible que la segunda parte (22).
- 35 8. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 7, que comprende una etapa de sustituir una parte no optimizada por una parte (36, 38) de sustitución, que está optimizada según la primera o la segunda topología.
9. Método según la reivindicación 8, en el que la parte (38) de sustitución comprende un patrón (16) de diente de sierra.
- 40 10. Parque (2) eólico que comprende al menos una primera turbina (4) eólica y una segunda turbina (6, 6') eólica, en el que
 - 45 - se selecciona una primera topología (44) de pala para la primera turbina (4) eólica dependiendo de un parámetro de optimización de ruido que se mide y/o predice en una posición (24) de referencia a una distancia (D) del parque (2) eólico, y estando la primera topología (44) de pala asociada con bajas emisiones de ruido y una eficiencia energética correspondientemente baja; y
 - 50 - se selecciona una segunda topología (46) de pala para la segunda turbina (6, 6') eólica dependiendo de un parámetro de optimización de eficiencia energética de manera que la segunda turbina (6, 6') eólica tiene un mayor nivel de emisión de ruido que la primera turbina (4) eólica.

FIG 1

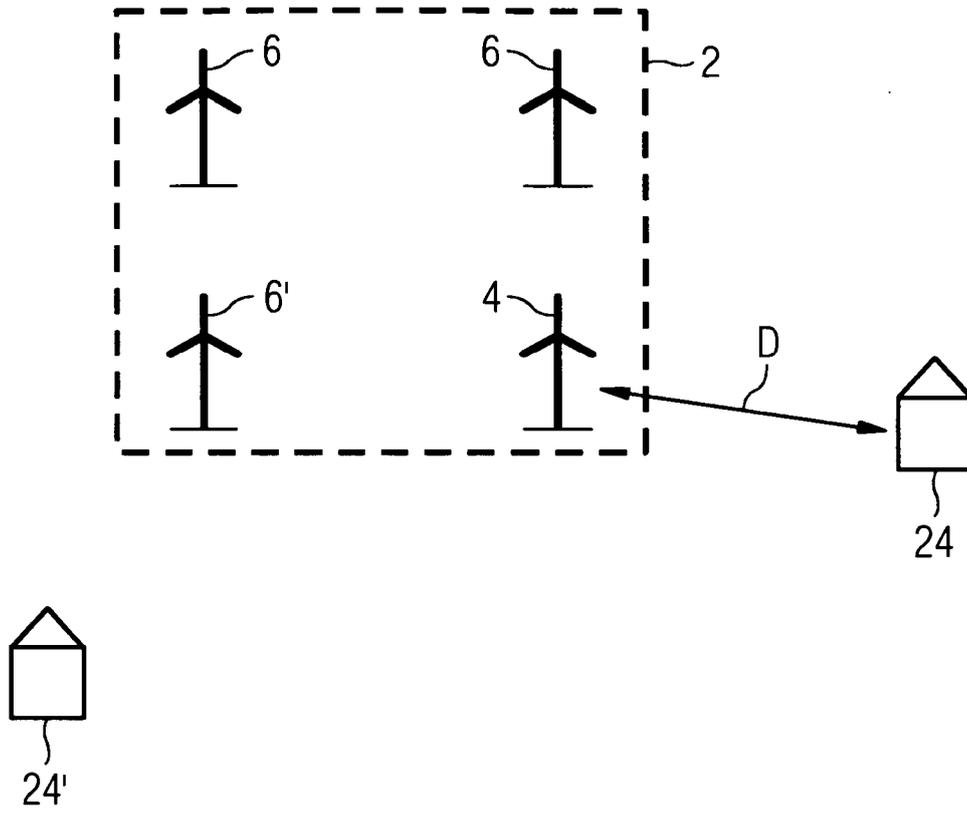


FIG 2

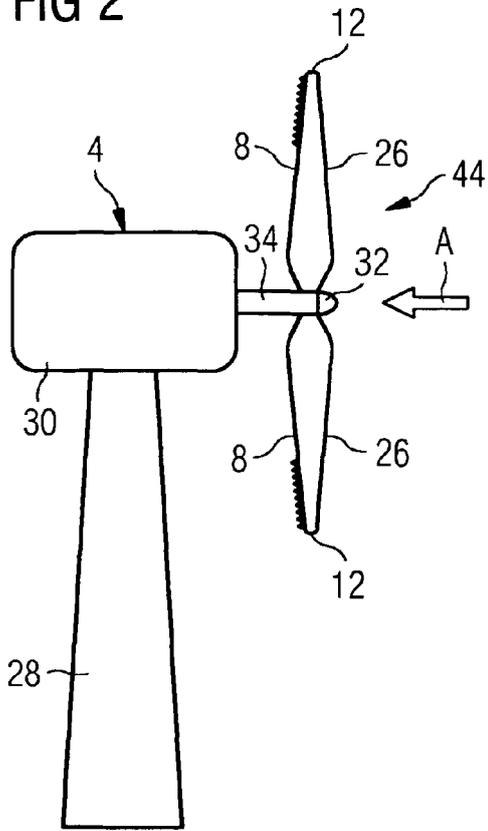


FIG 3

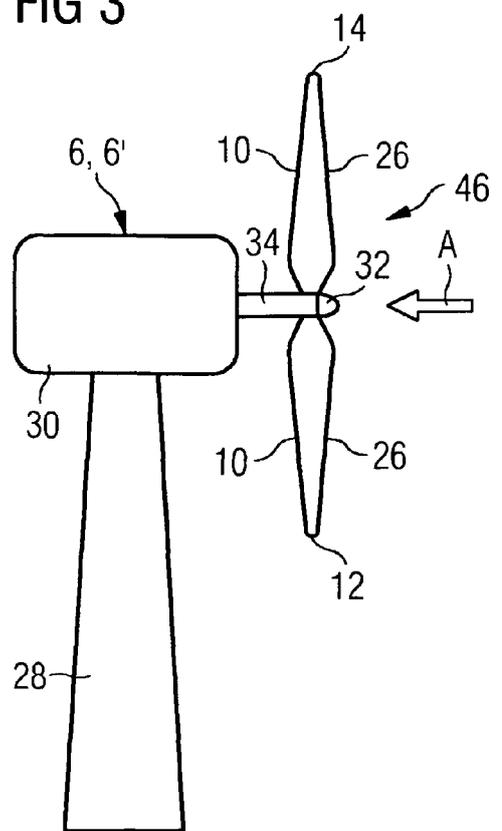


FIG 4

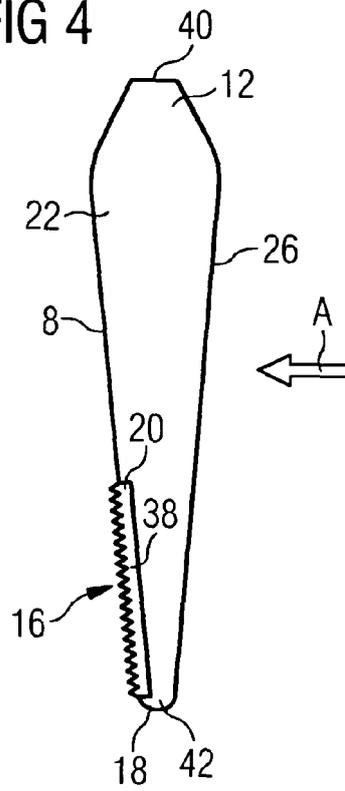


FIG 5

