

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 740 986**

51 Int. Cl.:

F03D 7/02 (2006.01)

F03D 7/04 (2006.01)

F03D 17/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.03.2013** **E 13160659 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.05.2019** **EP 2674616**

54 Título: **Equipamiento para el control de una instalación de energía eólica, y sistema para controlar un parque eólico**

30 Prioridad:

11.06.2012 DE 102012011357

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

07.02.2020

73 Titular/es:

**INNOGY SE (100.0%)
Opernplatz 1
45128 Essen, DE**

72 Inventor/es:

**KOCH, DR. FRIEDRICH;
SCHIERENBECK, OLAF y
SCHÖPPENTHAU, KAI**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 740 986 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

Equipamiento para el control de una instalación de energía eólica, y sistema para controlar un parque eólico

5 El objeto se refiere a un equipamiento para el control de una instalación de energía eólica con un equipamiento de regulación para emitir un valor de regulación que determina por lo menos un azimut de la instalación de energía eólica, como también a una instalación de energía eólica con un equipamiento de control de este tipo y asimismo a un sistema para el control de un parque eólico.

10 La obtención de energía a partir de fuentes regenerables es de elevado interés en vista del temible cambio climático. Si bien un suministro descentralizado de energía puede satisfacer parcialmente la demanda de energía, es sin embargo necesario poner a disposición además centrales eléctricas de gran potencia para cubrir las cargas de base. Debido a esto, se unifican con creciente frecuencia instalaciones de energía eólica en servicio en forma de parques eólicos y se las opera como centrales eléctricas de gran potencia.

15 Precisamente en los parques eólicos de gran potencia con instalaciones de energía eólica de elevada potencia, en especial en el campo de las aguas costeras, la optimización del rendimiento energético de las instalaciones de energía eólica es de elevada importancia. Las optimizaciones más pequeñas del rendimiento energético conducen a incrementos de rendimiento relevantes para cada instalación de energía individual. Para optimizar el rendimiento, las instalaciones de energía eólica se regulan al viento en función de por lo menos la dirección del viento, de manera tal que se optimiza el área sobre las palas de la instalación de energía eólica sobre la cual incide el viento. A tal efecto, en la actualidad, en cada instalación de energía eólica individual se instala por lo menos un anemómetro con cuya ayuda es posible regular el azimut de la góndola de la instalación de energía eólica. En función de cuál sea la dirección desde la cual sopla el viento, se regula el azimut de la góndola de la instalación de energía eólica. Sin embargo, el control puramente local de la azimut de la góndola depende del posicionamiento global de una instalación de energía eólica dentro de un parque eólico. Además, la determinación puramente local del azimut puede estar afectada de errores. Ambas posibilidades contribuyen a una disminución del rendimiento energético de cada instalación de energía eólica individual.

25 Del documento EP 2 169 218 A2, se conoce un procedimiento con cuya ayuda se optimiza la simulación de un campo eólico.

Del documento JP 2007-285214 A, se conoce un procedimiento para regular instalaciones de energía eólica en función de valores de medición externos.

30 Del documento EP 1 460 266 A2, se conoce un procedimiento con cuya ayuda se regula una instalación de energía eólica en función de valores de medición meteorológicos captados ópticamente.

Del documento US 2010/0078940 A1, se conoce un control central para instalaciones de energía eólica. En cuanto a las instalaciones de energía eólica descritas en dicho documento solamente se tienen en cuenta valores de medición actuales.

35 En base a estos antecedentes, el objeto de la invención era el de poner a disposición un equipamiento para el control de una instalación de energía eólica como también una instalación de energía eólica y asimismo un sistema para el control de una instalación de energía eólica, mediante los cuales se optimiza el rendimiento energético del parque eólico en su conjunto.

40 En concreto, el objeto se logra mediante un equipamiento de control según la reivindicación 1, mediante una instalación de energía eólica según la reivindicación 7, como también mediante un sistema para el control de un sistema de un parque eólica según la reivindicación 8.

En concreto, se propone que además de la supervisión local de los valores de medición también tenga lugar una supervisión, espacialmente remota con respecto a la instalación de energía eólica de los valores de medición meteorológicos.

45 Además, adicionalmente a la captación de valores de medición meteorológicos externos es posible captar una topología del parque eólico. Es posible captar valores de medición adicionales, tales como, por ejemplo, una altura de las olas. Adicionalmente, es posible captar pronósticos en cuanto a las velocidades del viento. Gracias a la separación por lo menos parcialmente espacial de la captación de los datos de medición meteorológicos con respecto a la correspondiente instalación de energía eólica es posible, por ejemplo, en el caso de un viento en ráfagas, captar una ráfaga de viento antes de que ésta llegue a la correspondiente instalación de energía eólica.

50 De esta manera, mediante los valores de medición meteorológicos captados externamente, es posible determinar valores de regulación óptimos para cada una de las góndolas individuales. A tal efecto se introducen los diversos valores de medición en un programa de simulación. En el programa de simulación, se imita también la topología del parque eólico con todas sus instalaciones de energía eólica. Con ayuda de programas de simulación, es posible simular, por ejemplo, los "efectos de sombras de viento o de sotavento" de las instalaciones de energía eólica entre sí, las corrientes de viento turbulentas, vientos de cizallamiento, y similares. De esta manera, es posible simular las

relaciones de viento para cada instalación de energía eólica individual. La simulación puede basarse en datos meteorológicos reales, o en datos meteorológicos simulados. En la simulación también pueden hacerse ingresar pronósticos meteorológicos.

5 En base a los valores de viento simulados en cada instalación de energía eólica que, por ejemplo, también tienen en cuenta la topología del parque eólico, es posible calcular un azimut óptimo para la góndola de cada instalación de energía eólica individual.

10 Además de lo anterior, y a partir de datos de medición obtenidos especialmente para una instalación de energía eólica individual, es posible determinar pronósticos en cuanto a una dirección del viento en la región de cada una de las instalaciones de energía eólica individual, para un intervalo de tiempo que abarca de unos pocos minutos hasta algunas horas. Dado que la regulación de la góndola de la instalación de energía eólica insume tiempo, puede regularse de manera preventiva el azimut de la góndola cuando en base a la simulación resulta que una góndola ha de apuntar en una dirección determinada en un instante de tiempo determinado, para optimizar su rendimiento energético.

15 Específicamente, por esta razón se propone que el equipamiento de regulación reciba desde fuera de la instalación de energía eólica, un valor teórico externo para el valor de regulación, determinado exteriormente a partir de por lo menos por lo menos un valor de medición meteorológico externo captado fuera de la instalación de energía eólica. Esto significa que el azimut de la góndola no es regulado, o no es regulado de manera exclusiva, por el valor de regulación captado localmente, sino en función de un valor teórico calculado externamente. Con ayuda de este valor teórico, es posible tener en cuenta eventuales influencias externas sobre el rendimiento energético de la instalación de energía eólica individual y optimizar el azimut de la góndola.

20 Por ejemplo, puede haberse montado un mástil de medición meteorológico a una distancia de algunos kilómetros con respecto a un parque eólico y/o con respecto a una instalación de energía eólica en particular. Este mástil de medición puede medir la velocidad del viento a diferentes alturas. Por ejemplo, cuando se detecte una ráfaga de viento es posible captar una ráfaga antes de que la misma incida sobre la correspondiente instalación de energía eólica y/o en el parque eólico. Con ayuda del programa de simulación puede simularse si es posible incrementar el rendimiento energético posicionando la o las instalaciones de energía eólica en la dirección de esta ráfaga. Si éste es el caso, es posible comunicar un valor teórico a la o a las correspondientes instalaciones de energía eólica, de manera tal que el azimut de sus góndolas ya esté regulado de antemano en la dirección que conduce a un incremento energético, es decir, en la dirección de la que procede la ráfaga. Si a continuación la ráfaga incide sobre la instalación de energía eólica, en tal caso la góndola ya está regulada de manera correcta, por lo que es posible lograr un rendimiento energético optimizado. Si la instalación de energía eólica estuviese regulada solamente de modo local, no podría reaccionar frente a una ráfaga, ya que ésta sería detectada recién en el momento de su impacto y ya no sería posible regular el azimut en tiempo oportuno para elevar el rendimiento energético.

35 Al efectuarse el cálculo de si realmente tiene lugar o no un cambio del azimut de la góndola, puede tenerse en cuenta que el cambio de posición de la góndola también requiere energía. La elevación del rendimiento energético mediante un cambio de la posición de la góndola debe superar por lo menos el consumo energético para el cambio de posición. Además, puede tenerse en cuenta el aumento del desgaste causado por el cambio de posición de la góndola. La ganancia obtenida en el rendimiento energético también ha de compensar el mayor desgaste del motor. En caso contrario, puede prescindirse de una regulación del azimut.

40 Otro ejemplo para la determinación de un valor teórico externo puede consistir en un efecto de sombra entre las instalaciones de energía eólica individuales. El efecto de sombra para determinadas relaciones de viento, por ejemplo en el caso de vientos descendentes o ascendentes, como también los vientos de cizallamiento pueden ser diferentes. Estos efectos de sombra pueden calcularse mediante el programa de simulación y tenerse en cuenta para la determinación del azimut óptimo para cada instalación de energía eólica en particular. Por intermedio del valor teórico externo, se introduce el azimut calculado en la instalación de energía eólica y el motor de la góndola es accionado de manera correspondiente para ajustar la góndola posicionándola en el azimut correspondiente.

50 También es posible que, por ejemplo, el anemómetro local esté defectuoso y muestre, por ejemplo, una dirección errónea del viento o una velocidad errónea del viento. En este caso, de utilizarse un control local, se regularía la instalación de energía eólica en función del anemómetro local y se regularía un azimut erróneo, lo que ocasionaría una disminución del rendimiento energético. Gracias a la captación de valores de medición meteorológicos externos, es posible reducir la influencia de las mediciones erróneas realizadas por anemómetros locales, de manera tal que, gracias a una pluralidad de valores de medición, se obtiene una mayor tolerancia frente a los errores. Esto significa que en el caso de mediciones defectuosas de anemómetros individuales, el conjunto de los valores de medición es suficientemente bueno para operar las instalaciones de energía eólica de manera óptima.

55 De acuerdo con un ejemplo de realización ventajoso, se propone que el equipamiento de regulación calcule un valor teórico local en función de por lo menos un valor de medición meteorológico local captado por al menos un anemómetro dispuesto en la instalación de energía eólica. Como se explicó en lo que precede, es posible determinar localmente un valor meteorológico medido mediante, por ejemplo, un anemómetro u otro aparato medidor del tiempo y/o del viento. Este valor meteorológico medido local puede servir para calcular un valor teórico local. De manera

convencional, se utilizaría el valor teórico local para regular el azimut de la góndola.

Sin embargo, se propone que el valor teórico local sea solamente calculado. En tal caso, un control tiene un lugar en función de un valor teórico externo sobre el que el valor teórico local calculado puede tener una influencia o no. Sin embargo, el control local no es completamente dependiente del valor teórico local.

5 Según un ejemplo de realización ventajoso, se propone que el equipamiento de regulación esté instalado de manera tal que el valor teórico externo se desvíe del valor teórico local y que el valor de regulación sea emitido en función del valor teórico externo. De esa manera, con ayuda de un control central para cada aerogenerador individual (instalación de energía eólica, generador de energía eólica, turbina eólica), es posible prefijar un valor teórico externo y comunicarlo a la instalación de energía eólica. El equipamiento para el control de la instalación de energía eólica recibe este valor nominal exterior y emite el valor de regulación en función del mismo. Esto significa que la
10 regulación del azimut de la góndola de la instalación de energía eólica depende de un valor nominal exterior calculado. En este valor nominal exterior, pueden concurrir tanto valores de medición meteorológicos externos captados como también valores de medición meteorológicos locales captados y también valores nominales calculados locales.

15 Sin embargo, es importante que no exclusivamente el valor nominal local sea responsable del valor de regulación, sino que el valor nominal local sea reemplazado por el valor nominal exterior. El valor nominal local calculado puede ser calculado por el equipamiento para el control de la instalación de energía eólica y ser seguidamente transmitido a un equipamiento central de control. En el equipamiento central de control, pueden concurrir todos los valores nominales locales calculados. Además, pueden concurrir todos los valores de medición meteorológicos medidos
20 localmente. Adicionalmente a los valores de medición meteorológicos medidos en las instalaciones de energía eólica, los mástiles de medición meteorológicos pueden captar valores de medición meteorológicos. Los mástiles pueden comprender, por ejemplo, medidores del viento dispuestos a diversas alturas. Además, pueden haberse previsto boyas en las que es posible medir la altura de las olas, que, por ejemplo, puede tener una influencia sobre los torbellinos en la región de sombra de una instalación de energía eólica. Además, en el equipamiento central de
25 control, pueden ingresar informaciones relacionadas con el pronóstico meteorológico que tienen como efecto que los valores nominales pueden regularse con anticipación a una condición climática previsible, de manera tal que, en cuanto incida viento sobre las instalaciones de energía eólica, las mismas ya estén correctamente reguladas.

Aun cuando cada instalación de energía eólica individual sea operada por semana 10 minutos adicionales al viento, como éste podría ser el caso con un control local, a lo largo de la vida útil de un aerogenerador, esto conduce a un
30 incremento considerable del rendimiento y a una mayor rentabilidad para cada instalación de energía eólica individual.

Como se mencionó anteriormente, de acuerdo con un ejemplo de realización ventajoso, se propone que el equipamiento de regulación emita un valor nominal local. De esta manera, es posible que en el equipamiento central de control se reciba cada valor nominal local individual y éste pueda ingresar en el cálculo de un valor nominal
35 externo optimizado.

De acuerdo con un ejemplo de realización ventajoso, se propone que el valor de regulación determine adicionalmente el pitch de la instalación de energía eólica y que el valor nominal local y el valor nominal externo definan determinen adicionalmente el pitch. El pitch puede significar la regulación de la pala del rotor. Durante la
40 regulación del pitch, es posible optimizarlo en función de la velocidad del viento, de manera tal que se optimice la velocidad de rotación del aerogenerador. También es posible que, durante una rotación individual de un aerogenerador, se modifique el pitch, de manera tal que, por ejemplo, en el caso de vientos de cizallamiento o de vientos de ascendentes/descendentes, sea posible optimizar el rendimiento energético. Sin embargo, es preferible que el pitch sea regulado para una duración de más de una rotación.

Otro aspecto de la invención se refiere a una instalación de energía eólica con un equipamiento para el control de la
45 instalación de energía eólica, arriba descrito.

Además, otro aspecto se refiere a un sistema de control de un parque eólico con por lo menos dos estaciones de medición meteorológicas dispuestas separadas en especial con respecto una instalación de energía eólica, un ordenador central de control y por lo menos una instalación de energía eólica, en donde la estación de medición meteorológica transmite datos de medición meteorológicos al ordenador central de control, el ordenador central de
50 control determina, a partir de por lo menos los datos de medición meteorológicos recibidos procedentes de las estaciones de medición meteorológicas, un valor nominal para un azimut de una góndola de la estación de energía eólica, y la instalación de energía eólica ajusta el azimut de su góndola en función del valor nominal.

Al respecto, el sistema para el control del parque eólico se opera preferiblemente de manera tal que se reciban los datos de medición meteorológicos, que por lo menos con ayuda de los datos de medición meteorológicos recibidos
55 se calcula un valor nominal externo para una correspondiente instalación de energía eólica y que el valor nominal externo sea transmitido a la correspondiente instalación de energía eólica, de manera tal que la correspondiente instalación de energía eólica regula el azimut de su góndola en función del valor nominal externo.

En un cálculo del valor nominal externo puede tenerse en cuenta un valor nominal local calculado en la instalación

de energía eólica. También es posible tener en cuenta un valor de medición meteorológico que ha sido determinado localmente en una instalación de energía eólica. Sin embargo, el valor nominal para la regulación de la góndola no depende exclusivamente de los valores de medición y nominales locales, sino que también depende de los valores de medición y nominales externos.

5 Para calcular el azimut óptimo para cada instalación de energía eólica individual, es posible introducir en un programa de simulación una topología de un parque eólico con una pluralidad de instalaciones de energía eólica, por ejemplo, más de dos instalaciones de energía eólica, preferentemente más de 20 instalaciones de energía eólica. Mediante un cálculo con elementos finitos, es posible calcular el flujo del viento dentro de un parque eólico en cada punto individual. Para el cálculo del comportamiento de las corrientes, es posible recurrir a datos externos, tales como las velocidades del viento captadas fuera del parque eólico. También es posible simular datos externos, de manera tal que es posible calcular anticipadamente las corrientes del parque eólico. A continuación, y utilizando los valores de medición medidos momentáneamente como también de los pronósticos de tiempo meteorológico momentáneos, puede tener lugar una optimización de cada azimut individual, para lo cual se calcula bajo cuál azimut cada una de las instalaciones de energía eólica individuales del parque eólico produce un rendimiento energético óptimo, teniéndose en cuenta el efecto de sombra, dirección del viento, velocidad del viento y similares del parque eólico en su conjunto. Con ayuda del valor nominal así determinado, es posible regular en cada instalación de energía eólica individual el azimut de la góndola. Esto significa que, mediante el programa de simulación, se calcula para cada instalación de energía eólica individual un azimut optimizado que se transmite como valor nominal externo a la instalación de energía eólica.

20 Mediante el procedimiento descrito es posible compensar errores de medición locales e impedir que los errores de medición locales conduzcan a un menor rendimiento energético en una instalación de energía eólica en particular. Las mediciones locales pueden influir en el valor nominal externo, pero no son los únicos en determinarlo. Si en una instalación de energía eólica individual se lleva a cabo una medición errónea, es posible compensar esta medición errónea mediante mediciones en otras instalaciones de energía eólica, de manera que el rendimiento energético de una instalación de energía eólica individual o bien del parque eólico está optimizado a partir de alguna medición local errónea.

Según un ejemplo de realización ventajoso, se propone que el equipamiento central de control reciba datos de medición meteorológicos procedentes de la instalación de energía eólica y adicionalmente determine los valores nominales en función de los datos de medición meteorológicos de la instalación de energía eólica. Como ya se explicó en lo que precede, es posible utilizar los datos de medición locales para determinar el valor nominal externo. Sin embargo, dado que una pluralidad de valores de mediciones locales intervienen en la determinación del valor nominal externo, se minimiza la probabilidad de errores para determinar un valor nominal.

De acuerdo con un ejemplo de realización, se propone que la estación de medición meteorológica comprenda por lo menos un anemómetro y/o un equipamiento para la medición de la altura de las olas.

35 De acuerdo con la invención, se propone que el equipamiento central de control reciba pronósticos meteorológicos y calcule adicionalmente el valor nominal en función del pronóstico. Un pronóstico puede ser ilustrativamente que, en por ejemplo, una hora se prevén vientos en una determinada dirección de vientos. Sin embargo, en caso de amainar el viento, las instalaciones de energía eólica están orientadas aleatoriamente en una determinada dirección. Ahora bien, si se prevé que viene viento desde una determinada dirección, es posible regular de manera preventiva el azimut de la góndola de modo tal que el mismo esté regulado óptimamente para la dirección prevista del viento. Si el pronóstico también contiene la velocidad del viento, también es posible regular correctamente el pitch de la instalación de energía eólica. Si a continuación se presenta el viento previsto, en tal caso la instalación de energía eólica ha sido ya ajustada de manera óptima y es posible lograr inmediatamente un rendimiento energético.

45 Distinto sería el caso para una medición local, ya que, por lo pronto, sería necesario ajustar la instalación de energía eólica en su azimut correcto, lo que puede tardar algunos minutos. Estos pocos minutos conducen a una reducción del rendimiento energético y con ello a una reducción de la rentabilidad económica de cada una de las instalaciones de energía eólica individuales como también del parque eólico.

Si se comparan los pronósticos meteorológicos con valores de medición meteorológicos, captados por las estaciones de medición meteorológicas montadas externamente con respecto a las instalaciones de energía eólica, es preventivamente posible mejorar aún más el azimut. Así, mediante mástiles de medición meteorológicos montados separados en algunos kilómetros con respecto al parque eólico, es posible captar valores de medición que permiten determinar si los pronósticos son acertados y si realmente se presenta el viento previsto. En el caso en que se mide el viento en el mástil meteorológico, puede tener lugar un ajuste fino del azimut como también del pitch, por el hecho de que mediante el programa de simulación se calcula un pitch optimizado y un azimut optimizado. La instalación de energía eólica ya puede ser regulada de manera óptima por lo que, cuando el viento incide sobre la correspondiente instalación de energía eólica, la misma ya ha habré sido regulada con el azimut óptimo y con el pitch óptimo.

De acuerdo con un ejemplo de realización ventajoso, se propone que el equipamiento central de control capte un número de señales defectuosas de una correspondiente instalación de energía eólica y que en caso de que la

cantidad de señales defectuosas supere un valor umbral, emita una señal de advertencia. Con ayuda de esta señal de advertencia, es posible detectar más fácilmente mediciones locales erróneas.

5 Si el valor nominal localmente medido se desvía de manera irregular con respecto al valor nominal externo, en tal caso esto puede significar una medición errónea con el anemómetro local. En este caso, puede aceptarse una desviación cuando la diferencia de los valores sobrepasa una magnitud mínima o cuando la desviación porcentual supera el valor en una medida mínima. Si una desviación de ese tipo se presenta con frecuencia, esto es un indicio de que localmente se presenta una medición errónea. Con ayuda de la señal de advertencia, es posible originar un mantenimiento del anemómetro local, a efectos de contrarrestar las mediciones locales erróneas.

10 El procedimiento arriba mencionado también puede implementarse como programa informático o como un programa informático almacenado en un medio de memoria. Al respecto, es posible programar de manera adecuada en el lado de la instalación de energía eólica o en el lado central un microprocesador para llevar a cabo las correspondientes etapas de procedimiento mediante un programa informático.

15 Las características del procedimiento y los dispositivos pueden combinarse libremente entre sí. En especial, según la invención, las características y características parciales de la memoria descriptiva y/o de las reivindicaciones, tanto dependientes como independientes, pueden utilizarse de modo independiente entre sí o combinarse libremente entre sí, también prescindiendo de las características o de las características parciales de las reivindicaciones independientes.

A continuación, se explica la invención con mayor detenimiento con ayuda de un dibujo representativo de un ejemplo de representación. En el dibujo:

20 la Figura 1 es una vista superior esquemática de una instalación de energía eólica;

la Figura 2 es una vista lateral esquemática de una instalación de energía eólica;

la Figura 3 es una vista superior esquemática de la topología de un parque el eólico;

la Figura 4 representa una simulación de una región de sombra dentro de un parque eólico;

la Figura 5 es la representación de una regulación preventiva de un azimut;

25 la Figura 6 es una representación del error local dentro de un parque eólico; y

la Figura 7 es una representación esquemática de un equipamiento para el control de una instalación de energía eólica.

30 La Figura 1 muestra una vista superior esquemática sobre la góndola de una instalación de energía eólica 2. En la góndola, se han dispuesto las palas de rotor 4a, 4b. Además, en la Figura 1, se muestra que la góndola de la instalación de energía eólica 2 está dispuesta de manera giratoria en 360° alrededor del ángulo 6. El ángulo 6 también puede llevar la denominación de azimut 6 de la instalación de energía eólica 2. Por ejemplo, el ángulo 6 puede representar un ángulo de giro con respecto al punto cardinal Norte. En tal caso, un azimut 6 de 180° significa, por ejemplo, que la instalación de energía eólica 2 estaría orientada en dirección sur.

35 La Figura 2 muestra la góndola 2a de la instalación de energía eólica 2 y en la que están dispuestas las palas de rotor 4. Puede reconocerse que cada pala de rotor 4 puede ser girada en un ángulo 8 que corresponde al pitch de la pala de rotor 4. Con ayuda del ángulo 8, es posible regular el pitch de la pala de rotor 4 y con ello influir sobre el área de acometida del viento sobre la pala de rotor 4.

40 El rendimiento energético de una instalación de energía eólica 2 es el óptimo, cuando el azimut 6 y el pitch 8 han sido regulados para las condiciones de viento predominantes en la instalación. Es ventajoso que el azimut 6 apunte en la dirección del viento y que el pitch 8 esté regulado en función de la velocidad del viento.

En un parque eólico, representado por ejemplo en la Figura 3, se halla dispuesta una pluralidad de instalaciones de energía eólica 2. La disposición mostrada es meramente esquemática.

45 Alrededor de las instalaciones de energía eólica 2, pueden hallarse dispuestos mástiles de medición meteorológicos 10. Los mismos están preferiblemente dispuestos a una distancia de algunos centenares de metros hasta algunos kilómetros con respecto a las instalaciones de energía eólica 2 dispuestas en el borde exterior del parque eólico. Además, pueden haberse previsto boyas de medición 12, que también pueden estar dispuestas alejadas de las instalaciones de energía eólica 2 o también dentro de las instalaciones de energía eólica 2.

50 Cada instalación de energía eólica 2 individual, mide mediante un medidor del viento local, por ejemplo, un anemómetro, la dirección local como también la velocidad local del viento. Estos datos de medición meteorológicos locales son transmitidos por la instalación de energía eólica 2 a un equipamiento central de control 14. Además, en cada instalación de energía eólica individual 2, puede calcularse con ayuda de los datos de medición meteorológicos locales, un valor nominal para el valor de regulación del azimut 6 y del pitch 8. También estos valores nominales

calculados localmente pueden ser transmitidos desde cada instalación de energía eólica 2 al equipamiento central de control 14. Al respecto, una transmisión puede tener lugar mediante telefonía móvil, radioenlace dirigido, Ethernet o similares.

5 Además de los datos de medición meteorológicos locales, medidos en las correspondientes instalaciones de energía eólica 2, cada mástil de medición meteorológico 10 mide también datos de medición meteorológicos, por ejemplo, la velocidad del viento y la dirección del viento. Esto puede tener lugar a diferentes alturas, por ejemplo, a alturas de 10, 20, 50, 100 y 200 m. Esta indicación de alturas se da meramente como ejemplo.

Los datos de medición meteorológicos captados en los mástiles de medición meteorológicos 10 correspondientes son también comunicados al equipamiento central de control 14.

10 A continuación, pueden transmitirse informaciones sobre las olas, determinadas mediante las boyas 12, también como datos de medición meteorológicos, al equipamiento central de control 14.

15 En el equipamiento central de control 14, es posible calcular mediante los datos de medición meteorológicos recibidos cómo son las relaciones de viento en cada instalación de energía eólica individual 2. Al respecto, en el equipamiento central de control 14 pueden simularse las relaciones de corriente dentro del parque eólico. En cuanto a dicha simulación, pueden utilizarse no solamente los datos de medición meteorológicos, sino también la topología del parque eólico, en especial el posicionamiento de las instalaciones de energía eólica individuales 2 entre sí. También pueden tenerse en cuenta las características geográficas dentro del parque eólico. En cuanto a la simulación, es posible calcular las relaciones de viento en cada instalación de energía eólica 2.

20 Este cálculo se basa en la pluralidad de los datos de medición meteorológicos. Con ayuda del patrón de corrientes simulado en cada instalación de energía eólica 2, puede calcularse en el equipamiento central de control 14 un valor nominal externo para el azimut 6 y para el pitch 8, para cada instalación de energía eólica individual 2.

25 También es posible simular cómo varían las relaciones de viento cuando se modifican los valores nominales de las instalaciones de energía eólica 2. Esto permite calcular los valores de regulación óptimos que conducen a un rendimiento energético máximo del parque eólico. Estos valores nominales se transmiten seguidamente como valores nominales externos a las correspondientes instalaciones de energía eólica 2.

30 Gracias a la utilización de la pluralidad de los datos meteorológicos, la simulación 14 es por lo general insensible frente a errores tales como una determinación puramente local de un valor nominal de un azimut 6 y de un pitch 8. Si un valor de medición local es deficiente, por ejemplo, debido a un error de medición, un valor nominal calculado de manera puramente local se basaría solamente sobre este valor de medición defectuoso y tanto el pitch 8 como también el azimut 6 en la correspondiente instalación de energía eólica 2 no serían muy probablemente los óptimos. Además, una determinación local del azimut 6 y del pitch 8, no puede tener en cuenta la topología del parque eólico, en especial no puede tener en cuenta los fenómenos de sombra de las instalaciones de energía eólica 2 entre sí, que también dependen de la correspondiente dirección del viento.

35 Los valores nominales calculados en el equipamiento central de control 14 son transmitidos para cada instalación de energía eólica 2 a éste. El azimut 6 y el pitch 8 de cada instalación de energía eólica 2 individual son seguidamente regulados en base a los valores nominales externos calculados en el equipamiento central de control 14.

40 Además de los valores de medición meteorológicos, en el equipamiento central de control 14, puede llevarse a cabo un pronóstico meteorológico a partir de un banco de datos meteorológicos. Con ayuda del pronóstico meteorológico, es posible calcular los valores nominales para el azimut 6 y para el pitch 8 de manera que, en un momento correspondiente al pronóstico, tanto el azimut 6 como el pitch 8 de la correspondiente instalación de energía eólica 2 estén ajustados de modo óptimo.

45 A tal efecto, una optimización del pitch 8 como también del azimut 6 tiene lugar maximizando el rendimiento energético de una instalación de energía eólica 2 individual y/o del conjunto del parque eólico de la pluralidad de instalaciones de energía eólica 2. De esta manera, con ayuda de un programa de simulación, puede calcularse cómo se modifica el rendimiento energético en caso de variar el azimut 6 y el pitch 8 de cada instalación de energía eólica 2 individual. De esta manera, es posible calcular cuándo se ha llegado al valor máximo del rendimiento energético, es decir, bajo qué regulación de azimut 6 y de pitch 8 de cada instalación de energía eólica 2 se ha alcanzado dicho valor. Los correspondientes valores nominales externos son seguidamente transmitidos a las correspondientes instalaciones de energía eólica 2.

50 La Figura 4 muestra ilustrativamente el efecto de sombra de las instalaciones de energía eólica 2 individuales en una determinada dirección del viento. Puede reconocerse que el viento está incidiendo sobre el parque eólico desde la dirección "Oeste" 18 de viento. Al respecto puede reconocerse que cada una de las instalaciones de energía eólica 2 dispuestas en la columna izquierda arroja una sombra del viento que eventualmente tiene como efecto un sombreado de las instalaciones de energía eólica 2 dispuestas en la columna central. En la Figura 4, esto ha sido representado mediante las regiones de sombreado 20 marcadas en la sombra de viento de las instalaciones de energía eólica 2

Las regiones de sombreado 20 pueden calcularse en el programa de simulación. Dichas regiones no solamente dependen de la dirección del viento, sino también de la intensidad del viento como también, por ejemplo, de un fuerte oleaje o también de vientos crecientes o decrecientes, como también de los vientos de cizallamiento. Todos estos factores contribuyen a que la región de sombreado 20 pueda ser distinta de un caso a otro. Además, cambian las regiones de sombreado 20 para distintas regulaciones de azimut 6 y de pitch 8.

Gracias al cálculo concretamente externo del valor nominal, es posible tener en cuenta las regiones de sombreado 20 para la regulación del azimut 6 y del pitch 8, de manera tal que cada instalación de energía eólica individual 2 sea regulada con un valor óptimo para el azimut 6 y para el pitch 8, de manera tal que el rendimiento energético del parque eólico sea el máximo para las relaciones meteorológicas dadas.

En el ejemplo mostrado, las instalaciones de energía eólica 2 dispuestas en la columna central están sombreadas de manera prácticamente completa por las instalaciones de energía eólica 2 dispuestas en la columna izquierda. Con ayuda del programa de simulación, es posible simular si las regiones de sombreado 20 de las instalaciones de energía eólica 2 situadas en la columna izquierda pueden experimentar una influencia tal de que estas últimas ya no recubren por completo las instalaciones de energía eólica 2 situadas en la columna central. Así, puede concebirse, por ejemplo, que en el caso de una ligera rotación de 20 a 40° de las instalaciones de energía eólica 2 situadas en la columna izquierda en el sentido de las agujas del reloj, modifican las regiones de sombreado 20 y de manera que las instalaciones de energía eólica 2 situadas en la columna central sean rodeadas por completo por las corrientes de viento. Esto conduciría a un incremento del rendimiento energético del parque eólico en su conjunto, aun si las instalaciones de energía eólica 2 situadas en la columna izquierda tuvieron un rendimiento un tanto menor.

Con ayuda del procedimiento de la presente, es posible simular para cuál regulación para cada instalación de energía eólica 2 el parque eólico en su conjunto puede obtener un rendimiento energético óptimo.

La Figura 5 muestra la utilización de un mástil de medición para optimizar el rendimiento energético. Cabe observar que por ejemplo las instalaciones de energía eólica 2 presentan, todas ellas, una misma orientación en un instante determinado. Esto ha sido señalado mediante líneas continuas para las palas de rotor 4. Cuando mediante un mástil de medición meteorológico 10 se capte una ráfaga de viento 22, es posible calcular de antemano, es decir, antes de que la ráfaga de viento 22 incida sobre las instalaciones de energía eólica 2, cómo debe ajustarse el azimut 6 como también el pitch 8 de las instalaciones de energía 2, para "cosechar" la correspondiente ráfaga de viento 22.

La posible regulación ha sido representada, por ejemplo, por la línea de puntos de las palas de rotor 4 en las instalaciones de energía eólica 2. Hasta el momento en el que la ráfaga 22 incide sobre las instalaciones de energía eólica 2, pueden transcurrir algunos minutos, dado que el mástil de medición meteorológico 10 ha sido preferentemente instalado a algunos kilómetros fuera del parque eólico. Por lo tanto, el azimut 6 de las instalaciones de energía eólica 2 puede regularse de manera tal que se regule su azimut 6, como se indica mediante las líneas de puntos de las palas de rotor 4. Si a continuación incide la ráfaga de viento 22 sobre las instalaciones de energía eólica 2, las mismas ya están reguladas de manera óptima y pueden generar corriente eléctrica de inmediato.

La Figura 6 muestra un ejemplo en el que una determinación local de un valor nominal para el azimut 6 puede conducir a una regulación errónea de una instalación de energía eólica. Puede reconocerse que la instalación de energía eólica 2 de arriba a la izquierda está orientada en una dirección distinta de la del resto de las instalaciones de energía eólica 2. Esta orientación errónea puede deberse a que, en dicha instalación de energía eólica 2 erróneamente orientada, ha tenido lugar una medición local errónea de la dirección del viento.

Con ayuda del valor nominal externo, es posible modificar el azimut 6 de la instalación de energía eólica 2 situada por arriba a la izquierda de manera que las palas de rotor 4, representadas mediante líneas de puntos, sean reguladas. De esta manera, es posible anular un error de medición local y es posible mejorar la tolerancia del sistema en conjunto contra los errores.

La Figura 7 muestra un equipamiento para el control de una instalación de energía eólica 24. En el equipamiento de control 24 se halla acoplado un anemómetro 26, que preferentemente está dispuesto en la punta de la torre de cada una de las instalaciones de energía eólica 2. Este anemómetro 26 proporciona valores de medición locales acerca de la velocidad del viento y de la dirección del viento a la interfaz 28. Los valores de medición locales se utilizan para calcular en el microprocesador 30 un valor nominal local para un valor de regulación del azimut 6 de la góndola 2a. Sin embargo, en la presente, este valor nominal local se transmite de manera inmediata por intermedio de la interfaz 32 al ordenador central de control 14.

Por intermedio de la interfaz 32, se recibe un valor nominal externo procedente del ordenador central de control 14. Este valor nominal externo se transfiere al equipamiento de regulación 34. El equipamiento de regulación 34 emite un valor de regulación a un motor 36 de la góndola 2a de la instalación de energía eólica 2. El valor regulado determina cómo se controla el motor 36 para ajustar el azimut 6 de la góndola 2a en el valor nominal. Una regulación no representada del pitch 8 también puede tener lugar por intermedio del equipamiento de regulación 34 mediante la emisión de un valor de regulación correspondiente.

Con ayuda del control mostrado de un parque eólico, es posible mejorar su rendimiento energético. Por el hecho de tener en cuenta la topología del parque eólico como también datos de medición meteorológicos externos, es posible

lograr para cada aerogenerador una regulación optimizada de azimut y de pitch. La tolerancia a los errores, frente a los errores de medición locales, aumenta, por cuanto se tiene en cuenta una pluralidad de valores de medición para la determinación del valor nominal.

REIVINDICACIONES

1. Equipamiento para el control de una instalación de energía eólica, con:
 - un equipamiento de regulación (34) para emitir un valor de regulación que determina por lo menos un azimut de una góndola (2a) de la instalación de energía eólica (2),
- 5 caracterizado por que
 - el equipamiento de regulación (34) recibe, de fuera de la instalación de energía eólica (2), un valor nominal externo determinado en función de por lo menos un valor de medición meteorológico externo captado fuera de una instalación de energía eólica (2) y un pronóstico meteorológico para el valor de regulación.
2. Equipamiento para el control de una instalación de energía eólica según la reivindicación 1,
- 10 caracterizado por que el equipamiento de regulación (24) calcula un valor nominal local en función de un valor de medición meteorológico local captado por al menos un aparato medidor del viento (26) dispuesto en la instalación de energía eólica (2), en especial, un anemómetro.
3. Equipamiento para el control de una instalación de energía eólica según la reivindicación 2,
- 15 caracterizado por que el equipamiento de regulación (34) está instalado de manera tal que el valor nominal externo anula el valor nominal local y se emite el valor de regulación en función del valor nominal externo.
4. Equipamiento para el control de una instalación de energía eólica según una de las reivindicaciones 2 o 3, caracterizado por que el equipamiento de regulación (34) capta una desviación del valor nominal local con respecto al valor nominal externo y emite una señal de error función de la desviación.
5. Equipamiento para el control de una instalación de energía eólica según una de las reivindicaciones 2 a 4, caracterizado por que el equipamiento de control (34) emite el valor nominal local.
- 20 6. Equipamiento para el control de una instalación de energía eólica según una de las reivindicaciones 2 a 5, caracterizado por que el valor de regulación (34) determina adicionalmente el pitch de la instalación de energía eólica (2) y por que el valor nominal local y externo determinan adicionalmente el pitch.
7. Instalación de energía eólica (2) con un equipamiento para el control de la instalación de energía eólica (24) según la reivindicación 1.
- 25 8. Sistema para el control de un parque eólico con
 - por lo menos dos estaciones de medición meteorológicas (10) dispuestas espacialmente separadas con respecto a una instalación de energía eólica (2),
 - un ordenador central de control (14) y
- 30 - por lo menos una instalación de energía eólica según la reivindicación 7, en donde:
 - las estaciones de medición meteorológicas (10) transmiten datos de medición meteorológicos al ordenador central de control (14),
 - el ordenador central de control (14), a partir de por lo menos los datos de medición meteorológicos captados por las estaciones de medición meteorológicas y de un pronóstico meteorológico, determina un valor nominal para un
- 35 azimut de una góndola de la instalación de energía eólica (2); y
 - la instalación de energía eólica (2) regula el azimut de su góndola en función del valor nominal.
9. Sistema para el control de un parque eólico según la reivindicación 8, caracterizado por que el ordenador central de control (14) recibe datos de medición meteorológicos procedentes de la instalación de energía eólica (2) y determina adicionalmente el valor nominal en función de los datos de medición meteorológicos de la instalación de
- 40 energía eólica (2).
10. Sistema para el control de un parque eólico según la reivindicación 8 o 9, caracterizado por que las estaciones de medición meteorológicas (10) comprenden por lo menos un anemómetro o un equipamiento para medir la altura de las olas.
11. Sistema para el control de un parque eólico según una de las reivindicaciones 8 a 10, caracterizado por que el equipamiento central de control (14) capta una pluralidad de señales de error de una correspondiente instalación de energía eólica (2) y en caso de sobrepasarse un valor umbral debido a la cantidad de las señales de error emite una
- 45 señal de advertencia.

12. Procedimiento para operar una instalación de energía eólica con un equipamiento para el control de la instalación de energía eólica según una de las reivindicaciones 1-6, que comprende:

- 5
- recepción de un valor nominal externo determinado en función de por lo menos un valor de medición meteorológico externo captado fuera de una instalación de energía eólica (2) y un pronóstico meteorológico para un valor de regulación para un azimut de la góndola de fuera de la instalación de energía eólica (2),
 - ajuste de por lo menos el azimut de la góndola (2a) de la instalación de energía eólica (2) en función del valor de regulación.

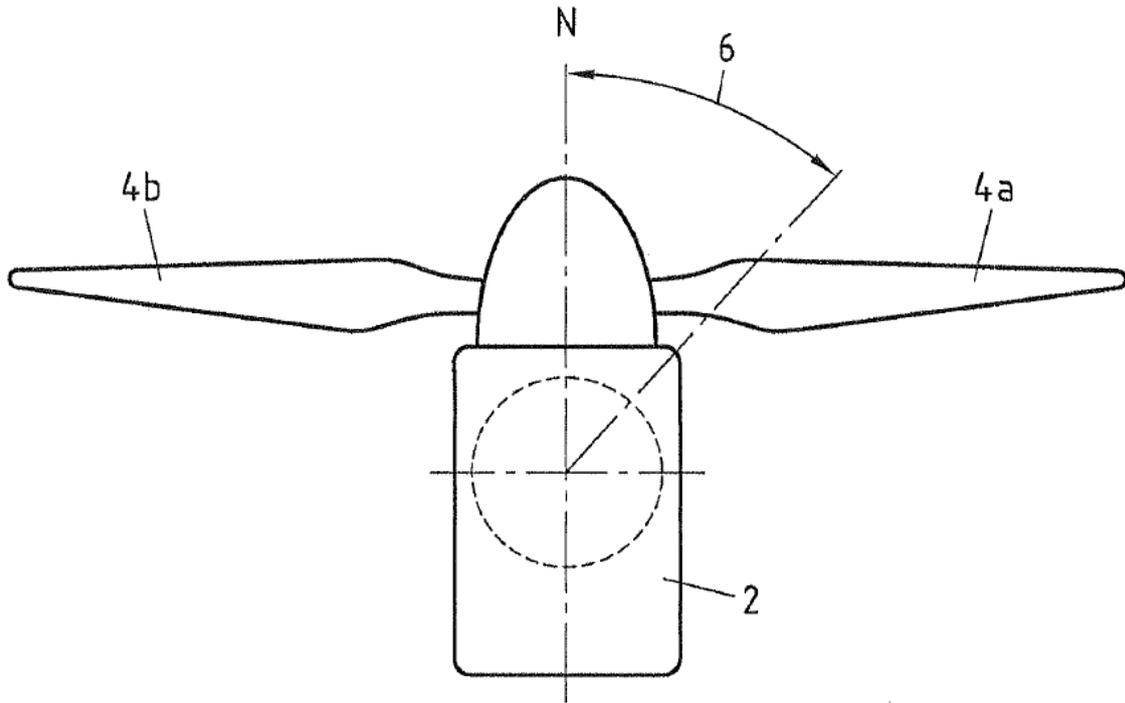


Fig.1

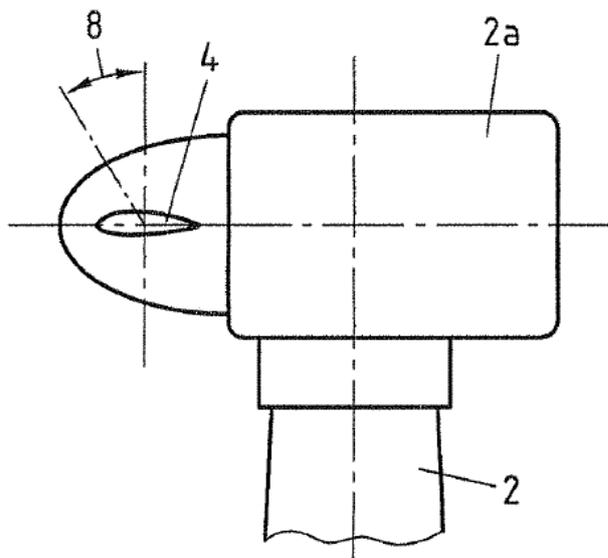


Fig.2

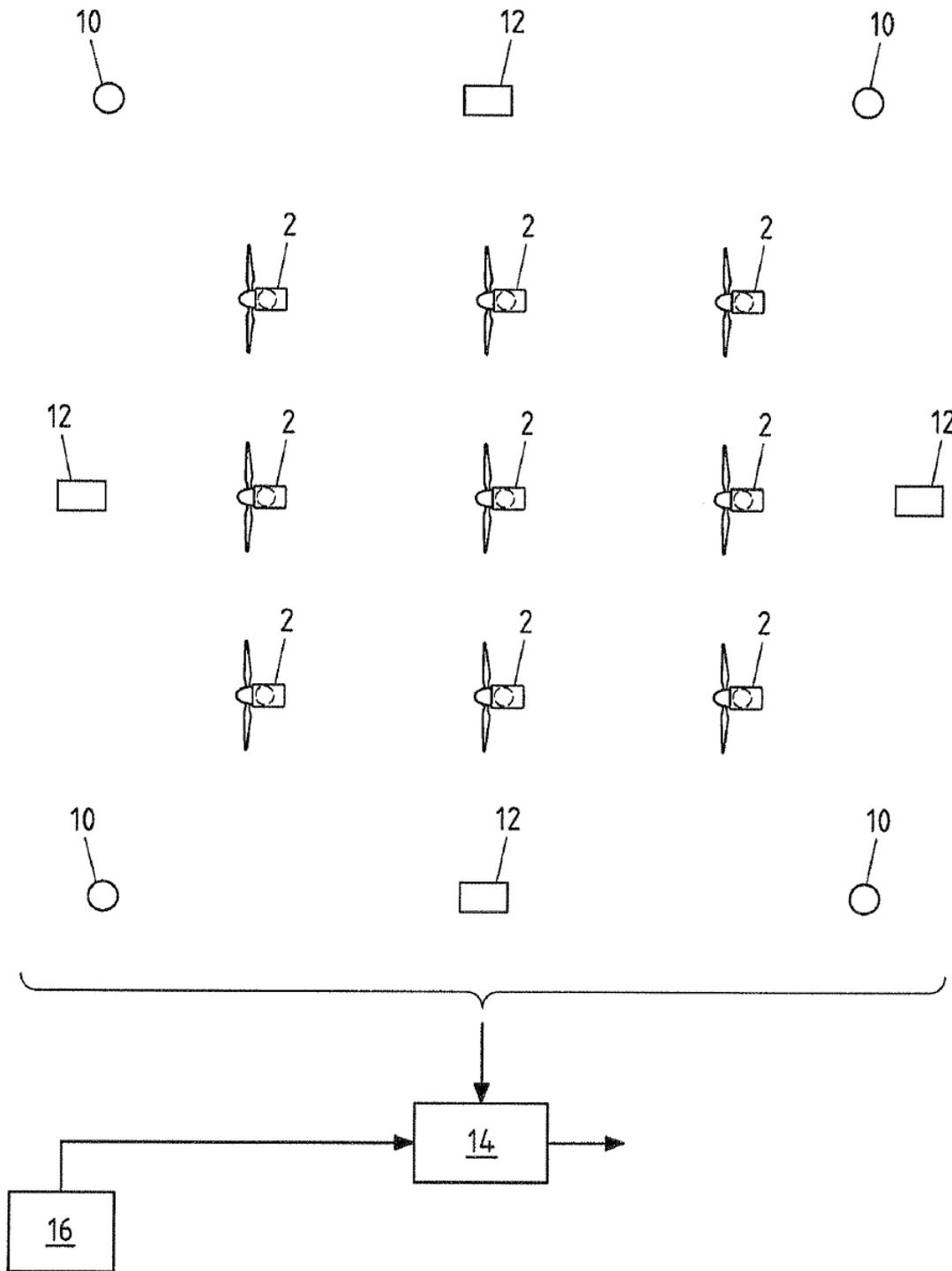


Fig.3

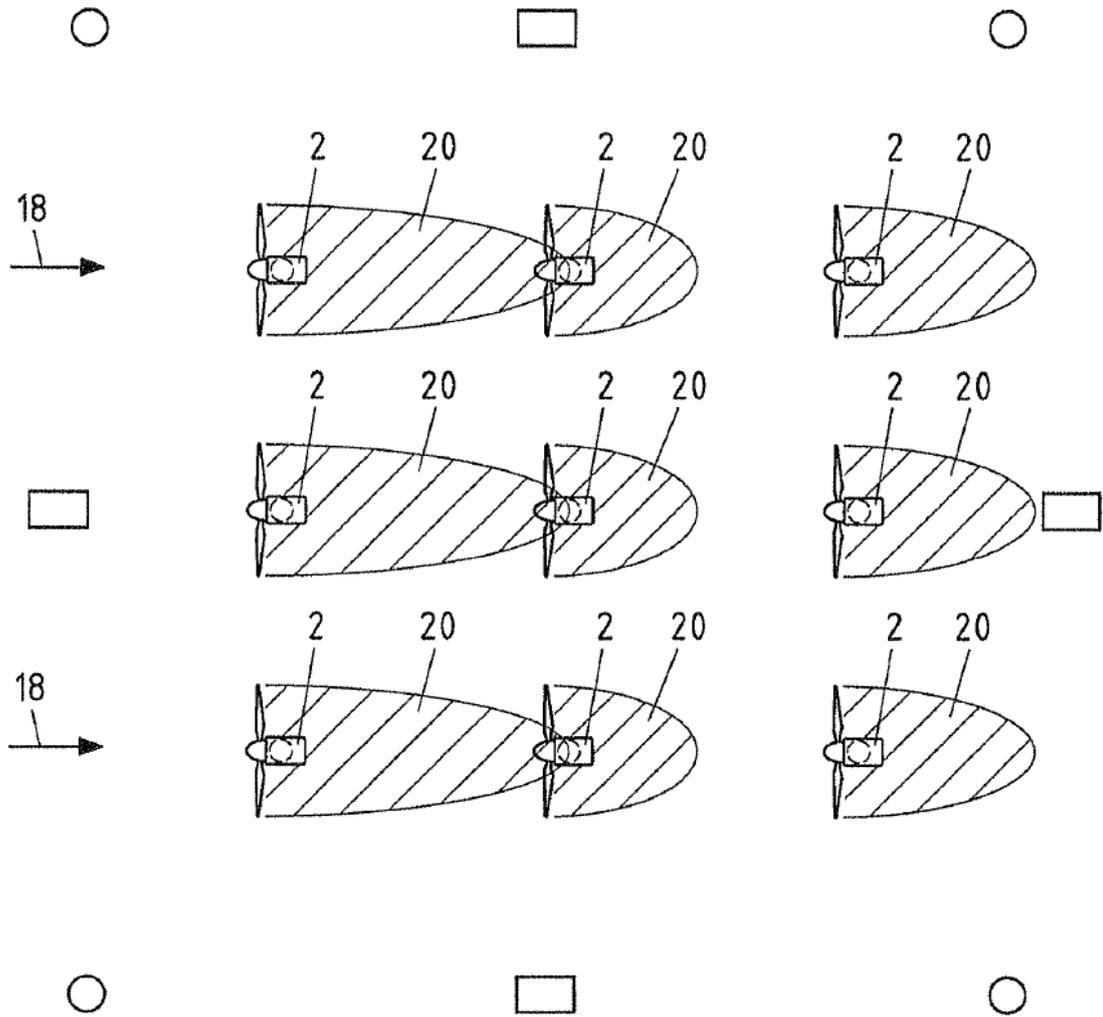


Fig.4

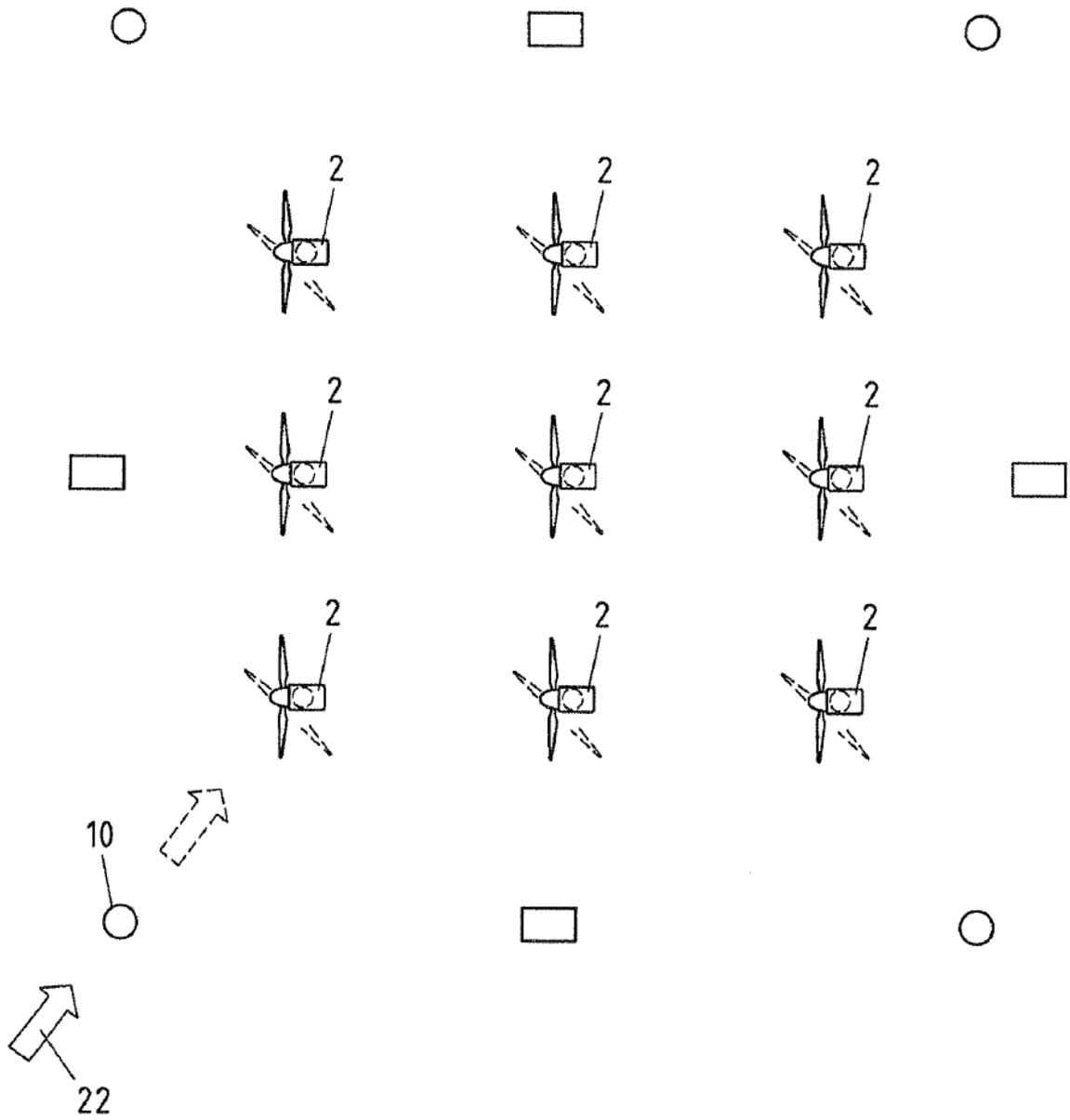


Fig.5

