

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 607 610**

51 Int. Cl.:

F03D 80/00 (2006.01)

F03D 17/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.02.2012** **PCT/EP2012/052098**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.08.2012** **WO12107469**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.02.2012** **E 12704037 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.10.2016** **EP 2673503**

54 Título: **Procedimiento para la determinación de la enegía desaprovechada**

30 Prioridad:

08.02.2011 DE 102011003799

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

03.04.2017

73 Titular/es:

WOBEN PROPERTIES GMBH (100.0%)

Borsigstrasse 26

26607 Aurich, DE

72 Inventor/es:

BOHLEN, WERNER HINRICH;

BRAGA, NUNO y

SCHMITZ, ANDREAS

74 Agente/Representante:

ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María

ES 2 607 610 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

Procedimiento para la determinación de la energía desaprovechada.

- 5 La presente invención se refiere a un procedimiento para la determinación de la energía desaprovechada, que una instalación de energía eólica no puede extraer del viento durante una parada o un estrangulamiento, pero que habría podido extraer sin la parada o el estrangulamiento. Además, la invención se refiere al registro de los datos que se pueden usar para la determinación de la energía desaprovechada mencionada. Además, la presente invención se refiere a una instalación de energía eólica en la que se puede determinar una energía desaprovechada semejante.
- 10 Adicionalmente, la presente invención se refiere a un parque eólico en el que se puede determinar al menos la energía desaprovechada de una instalación de energía eólica.

En general se conocen instalaciones de energía eólica. Comprenden, por ejemplo, una torre con una góndola dispuesta sobre ella, la cual comprende un rotor con hojas de rotor que están dispuestas en un buje o un carenado, según está representado esto en la figura 1 en un ejemplo. El rotor, que comprende esencialmente las palas de rotor y el carenado, se pone en rotación por el viento predominante y acciona de este modo un generador que convierte esta energía cinética en energía eléctrica o referido a un valor instantáneo en potencia eléctrica. Esta potencia eléctrica o energía eléctrica se alimenta habitualmente a una red eléctrica de suministro y está a disposición conforme a los consumidores. Con frecuencia se colocan varias de tales u otras instalaciones de energía eólica de forma adyacente entre sí y así pueden formar un parque eólico. A este respecto, las instalaciones de energía eólica pueden estar colocadas alejadas, por ejemplo, algunos cientos de metros unas de otras. A este respecto, un parque eólico se destaca habitualmente, pero no necesariamente, por un punto de alimentación común. De este modo toda la respectiva potencia generada del parque eólico, es decir, la suma de todas las instalaciones de energía eólica del parque eólico se puede alimentar de forma central en un punto, a saber el punto de alimentación a la red eléctrica.

25 Ocasionalmente puede ocurrir que una instalación de energía se detenga o estrangule, aunque las relaciones de viento permitan un funcionamiento de la instalación de energía eólica, en particular un funcionamiento no estrangulado de la instalación de energía eólica. Una detención semejante de la instalación de energía eólica puede ser necesaria, por ejemplo, en el caso de trabajos de mantenimiento o en el caso de averías. También puede ocurrir que para el control de la red de suministro el operador de red, que opera la red de suministro, le prescriba a una instalación de energía eólica el alimentar una potencia estrangulada o incluso ninguna durante un intervalo de tiempo determinado. Un funcionamiento estrangulado también entra en consideración, por ejemplo, por motivos de protección frente a inmisiones, en particular para la limitación de las inmisiones de ruido mediante un funcionamiento con ruido reducido, o para evitar o reducir un sombreado. Otros ejemplos posibles para una reducción son especificaciones del operador de red, acumulación de hielo o una reducción o desconexión al transitar la instalación. Básicamente se pueden volver relevantes reducciones o desconexiones por motivos de seguridad, como por ejemplo, en caso de peligro por caída de hielo y/o por motivos de protección frente a inmisiones, como por ejemplo, para la reducción de ruido, y/o por motivos técnicos internos, como por ejemplo en el caso de un aumento excesivo de la temperatura, y/o por motivos técnicos externos, como por ejemplo, en el caso de sobretensión en la red de suministro conectada o cuando se reduce, por ejemplo, la aerodinámica debido a la acumulación de hielo.

En particular la detención de la instalación de energía eólica es indeseada en general por el operador de la instalación de energía eólica, ya que en este caso se originan caídas de retribución debido a la no alimentación de energía eléctrica en la red de suministro. Según el motivo de la desconexión o reducción se puede producir un derecho de retribución por la energía desaprovechada respecto a un tercero, como por ejemplo el operador de red. Por ello es importante determinar esta energía desaprovechada que representa básicamente un valor ficticio. A este respecto, es deseable que esta cantidad de energía se determine tan exactamente como sea posible, dado que en caso contrario no se puede determinar exactamente la retribución resultante y el operador de la instalación de energía eólica se vería perjudicado o favorecido.

50 La detección de una energía desaprovechada semejante también se designa como disponibilidad basada en la producción o disponibilidad energética, que se especifica habitualmente como valor porcentual, referido a la energía que se habría podido generar sin caída. Este término también se usa en delimitación del término de la disponibilidad basada en el tiempo, que especifica solo el intervalo de tiempo – por ejemplo porcentualmente referido a todo un año – en el que la instalación de energía estuvo detenida y por consiguiente no disponible.

Para la determinación de la disponibilidad basada en la producción o para la determinación de la energía desaprovechada para su cálculo se puede tomar por base, por ejemplo, la curva característica de funcionamiento de la instalación de energía eólica en cuestión. La curva característica de funcionamiento indica la potencia generada

en función de la velocidad del viento. Si la instalación de energía eólica se detiene o estrangula, entonces debido a la velocidad del viento predominante y conocida debido a una medición se puede leer a partir de esta curva característica de potencia la potencia asociada que habría entregado la instalación de energía eólica según esta curva característica de potencia. En este caso es problemático en particular que es difícil detectar de forma fiable y exacta la velocidad del viento predominante. A saber las instalaciones de energía eólica presentan habitualmente un equipo medidor del viento, como por ejemplo un anemómetro, pero uno tal realmente no se usa en general o sólo de forma muy limitada para el control de la instalación de energía eólica. El punto de funcionamiento de una instalación de energía eólica se ajusta, por ejemplo, en general en función de una velocidad de giro del rotor o de la aceleración del rotor, si la instalación de energía eólica dispone de un concepto variable respecto a la velocidad de giro o es una instalación de energía eólica variable respecto a la velocidad de giro. En otras palabras, la instalación de energía eólica o su rotor es el único sensor medidor del viento fiable, pero que no puede dar una información sobre la velocidad del viento durante la parada.

Otra posibilidad sería usar un mástil de medición para la medición de la velocidad del viento, a fin de usar la velocidad del viento medida con ello y determinar a través de la curva característica de potencia mencionada la potencia que se habría podido generar según la curva característica. Pero en este caso también es insegura la exactitud del mástil de medición. Se agrega que el mástil de medición de la instalación de energía eólica en cuestión está colocado espaciado y por ello se producen falseamientos entre la velocidad del viento en el mástil de medición y aquella en la instalación de energía eólica en cuestión. Se agrega que la velocidad del viento, aunque ésta sólo se considera en dicha curva característica de potencia, no puede caracterizar suficientemente el viento. Así el viento, por ejemplo, para un promedio – calculado – en función de si es muy uniforme o muy racheado, puede conducir a diferentes efectos en la instalación de energía eólica y correspondientemente a una generación de potencia diferente.

Ya se ha propuesto correlacionar un mástil de medición o un así denominado mástil meteorológico con una o varias estaciones meteorológicas, a fin de mejorar de este modo las informaciones respecto al estado del tiempo predominante, en particular respecto al viento predominante. En particular las mediciones del mástil meteorológico se vuelven de este modo menos propensas a las oscilaciones locales del viento

El documento US 2008/0079263 A1 se refiere a un procedimiento para el funcionamiento de un parque eólico con varias instalaciones de energía eólica, incluyendo un procedimiento para generar datos de disponibilidad para cada instalación de energía eólica.

La publicación para información de solicitud de patente europea EP 2 2006 917 A2 se refiere a un procedimiento y una disposición para la supervisión de una instalación de energía eólica. Allí debido a una desviación constatada entre los datos de estado y un valor de comparación correspondiente se determina una probabilidad de falla de la instalación de energía eólica.

La invención tiene por consiguiente el objetivo de remediar o reducir al menos uno de los problemas arriba mencionados, en particular se debe proponer una solución que cree una determinación más exacta de la energía desaprovechada o de la disponibilidad basada en la producción. Al menos se debe proponer una solución alternativa.

Según la invención se propone por consiguiente un procedimiento según la reivindicación 1 como también según la reivindicación 6.

Luego se propone un procedimiento para la elaboración de una base de datos. Esta base de datos comprende varios, en particular un gran número de factores de correlación que se usan para la determinación de la energía desaprovechada. A este respecto, la energía desaprovechada se detecta en particular según se reivindica en la reivindicación 6. Luego se contempla el caso en el que una primera instalación de energía eólica está parada o se hace funcionar de forma estrangulada.

Para la simplificación de la explicación se parte en primer lugar de una instalación de energía eólica que está parada. En este caso se detecta la potencia actual de al menos una instalación de energía eólica de referencia que trabaja en el funcionamiento no estrangulado. Básicamente también se puede partir de una instalación de energía eólica de referencia operada de forma estrangulada. No obstante, para la mejor explicación se parte en primer lugar de una instalación de energía eólica no estrangulada. Esta instalación de energía eólica operada de forma no estrangulada entrega una potencia que se puede medir o su valor está contenido de forma accesible en el control de esta instalación de energía eólica de referencia. A partir de esta potencia conocida se calcula ahora a través una

correlación registrada de antemano, en particular a través de un factor de correlación registrado de antemano, la potencia a esperar de la primera instalación de energía eólica que está parada actualmente. Si así se hace funcionar, por ejemplo, la instalación de energía eólica de referencia en el funcionamiento no estrangulado y a este respecto entrega la potencia de 1 MW y el factor de correlación es, por ejemplo, de 1,2, entonces la potencia a 5 esperar de la primera instalación de energía eólica que está parada actualmente se debería cuantificar en 1,2 MW. Bajo los valores actuales, como por ejemplo potencia o condiciones ambiente como la dirección del viento se pueden entender básicamente valores instantáneos o valores de condiciones predominantes de forma instantánea.

Este factor de correlación se registra para puntos de funcionamiento determinados y en este sentido se toma por 10 base no sólo un factor de correlación entre esta una instalación de energía eólica de referencia y la primera instalación de energía eólica, sino varios, en particular un gran número de factores de correlación. Básicamente una correlación entre la potencia de la instalación de energía eólica de referencia y la potencia de la primera instalación de energía eólica se puede describir de forma diferente que mediante un factor, como por ejemplo, mediante una 15 función de primer orden o superior. No obstante, el uso de los factores representa una solución proporcionalmente sencilla. La exactitud de la determinación de la potencia a esperar de la primera instalación de energía eólica a partir de la respectiva potencia actual de la instalación de energía eólica de referencia es posible mediante la determinación y uso conforme a muchos factores, que se usan para correspondientemente muchas situaciones y se registran correspondientemente anteriormente.

20 La invención se refiere por consiguiente tanto a la detección de la energía desaprovechada como también la detección de los factores de correlación necesarios para ello y por consiguiente la elaboración de una base de datos correspondiente.

Preferentemente estas correlaciones, que también se pueden designar como leyes de correlación, en particular los 25 factores de correlación, se detectan en función de las condiciones límite y se almacenan correspondientemente. A este respecto, se pueden registrar correlaciones entre la primera instalación de energía eólica y otra instalación de energía eólica de referencia u otras instalaciones de energía eólica de referencia.

Según una forma de realización se registran valores absolutos de potencia de puntos de funcionamiento 30 correspondientes, en particular en función de la velocidad del viento o de la dirección del viento. El registro se realiza preferiblemente para cada instalación de energía eólica, pero también se puede registrar alternativamente o adicionalmente como un valor para todo un parque eólico. Preferentemente estos valores se registran junto con los factores de correlación para cada instalación de energía eólica y depositan en una base de datos. Estos valores absolutos se usan luego cuando no está disponible de forma razonable una instalación de energía eólica de 35 referencia, en particular cuando todas las instalaciones de energía eólica se hacen funcionar de forma estrangulada en un parque eólico o se detienen. Este puede ser el caso, por ejemplo, durante la reducción de la potencia de salida de todo el parque eólico según una especificación por parte del operador de la red. En un caso semejante o similar, para cada instalación de energía eólica del parque eólico se lee la potencia a esperar, en función de la velocidad del viento y de la dirección del viento de la base de datos. A partir de ello se puede calcular en conjunto la 40 energía a esperar de la instalación de energía eólica en cuestión y también del parque eólico.

Debido a la medición y almacenamiento concreto de valores de potencia reales en función de la dirección del viento y velocidad del viento se crea una base muy exacta y reproducible adecuadamente para la determinación de la potencia a esperar. Se evita una elaboración y uso de modelos complejos. Para la determinación de la potencia total 45 a esperar de un parque eólico se adicionan, por ejemplo, las potencias individuales a esperar de las instalaciones de energía eólica o, por ejemplo, se lee una potencia total almacenada a esperar del parque eólico de una base de datos. La intensidad del viento y la dirección del viento se detectan, por ejemplo, en un punto central en el parque eólico, en particular en un mástil de medición. Por lo demás todos los aspectos, explicaciones y formas de realización que se mencionan en relación con los factores de correlación, también se refieren de forma razonable al 50 almacenamiento y uso de valores de potencia absolutos, en tanto que son aplicables.

Preferentemente se registran correlaciones entre todas las instalaciones de energía eólica de un parque eólico. Durante el almacenamiento, al usar varias instalaciones de energía eólica de referencia para las correlaciones correspondientes se almacenan la instalación de energía eólica de referencia en cuestión. Se pueden usar varias 55 instalaciones de energía eólica de referencia, por ejemplo, para seleccionar según condiciones límite adicionales al menos una instalación de energía eólica de referencia apropiada adecuadamente y/o se pueden usar varias instalaciones de energía eólica de referencia para determinar de forma redundante la potencia a esperar, a fin de realizar de este modo una comparación para la minimización de errores. También se pueden usar varias instalaciones de energía eólica de referencia para poder determinar también luego una potencia a esperar de la

primera instalación de energía eólica, cuando por motivos inesperados se cae una instalación de energía eólica de referencia.

Preferentemente la selección de una instalación de energía eólica de referencia se realiza en función de condiciones límite, como por ejemplo la dirección del viento. Así eventualmente en función de la dirección del viento, una instalación de energía eólica de referencia puede ser más o menos representativa del comportamiento de la primera instalación de energía eólica, a saber de la instalación de energía a examinar. Si, por ejemplo, se sitúa un obstáculo entre la primera instalación de energía eólica y la instalación de energía eólica de referencia seleccionada, esto puede conducir a un desacoplamiento al menos parcial de los comportamientos de ambas instalaciones de energía eólica, cuando el viento sopla de la instalación de energía eólica de referencia hacia la primera instalación de energía eólica o a la inversa. Pero si el viento es tal que desde la perspectiva de la dirección del viento las dos instalaciones de energía eólica están una junto a otra, la influencia de un obstáculo semejante es baja.

A este respecto, una instalación de energía eólica de referencia es – lo que es comprensible por el especialista – una instalación de energía eólica de referencia colocada cerca de la primera instalación de energía eólica. A este respecto, esta proximidad puede ser una distancia de varios cientos de metros o incluso uno o varios kilómetros, en tanto que el comportamiento de la instalación de energía eólica de referencia todavía permite esperar una relación suficiente en su comportamiento respecto a la primera instalación de energía eólica. Esto puede depender de las circunstancias concretas, como por ejemplo el terreno. Cuanto más uniforme es el terreno y cuantos menos obstáculos presenta el terreno, tanto más probable es esperar que también una instalación de energía eólica de referencia colocada más espaciada establezca todavía una relación suficiente con la primera instalación de energía eólica.

Preferentemente la potencia actual de la instalación de energía eólica de referencia, la dirección del viento actual y/o la velocidad del viento actual constituyen respectivamente una condición límite, en función de la cual se registra y almacena la correlación. A continuación se explica el procedimiento en relación con los factores de correlación. Las explicaciones también se pueden transferir básicamente a otras correlaciones. Preferentemente la dirección del viento actual y la velocidad del viento actual constituyen respectivamente una condición límite. Luego se registra un factor de correlación entre la primera instalación de energía eólica y la instalación de energía eólica de referencia en cuestión tanto en función de la velocidad del viento como también en función de la dirección del viento. Así puede reinar, por ejemplo, un factor de correlación de 1,2 en el caso de una velocidad del viento de 7 m/s y una dirección del viento del norte, mientras que con la misma velocidad del viento pero una dirección del viento del sur se detecta, por ejemplo, un factor de correlación de 1,4. Si la velocidad del viento – para mencionar otro ejemplo – se sitúa con la misma dirección del viento en el caso de sólo 6 m/s, el factor de correlación podría ser por ejemplo de 1. Todos estos valores se registran y depositan en una base de datos. En el ejemplo con la dirección del viento y la velocidad del viento respectivamente como una condición límite se produce un campo bidimensional de la base de datos para cada instalación de energía eólica de referencia. Si estos valores se registran para varias instalaciones de energía eólica de referencia, se produce – hablando gráficamente – un campo tridimensional de datos con la identificación de la instalación de energía eólica de referencia como otra magnitud variable. El tipo del almacenamiento o de la estructura de la base de datos también puede estar configurado de modo que para todas las instalaciones de energía eólica de un parque eólico se registran factores de correlación y se almacenan en una matriz y para cada valor de una condición límite se registra una matriz semejante.

Alternativamente o adicionalmente la potencia actual de la instalación de energía eólica de referencia se puede usar como condición límite. Esta potencia se podría tomar por base, por ejemplo, en lugar de la velocidad del viento. Luego se determinaría así en primer lugar como condición límite la dirección del viento predominante, por ejemplo viento del norte, y la potencia predominante, por ejemplo 1 MW. Luego se determina la relación entre la potencia de la primera instalación de energía eólica y la instalación de energía eólica de referencia y para estas condiciones, a saber viento del norte y potencia generada de 1 MW se deposita en la base de datos para esta primera instalación de energía eólica de referencia. Si ahora se detiene la primera instalación de energía eólica, por ejemplo, para un mantenimiento, así se puede determinar su potencia a esperar. Para ello se lee el factor de correlación para las condiciones límite, es decir, por ejemplo el factor de correlación para el viento del norte en el caso de una velocidad del viento de 7 m/s de la base de datos, o alternativamente cuando se aplica correspondientemente la base de datos o el juego de la base de datos, se lee el factor de correlación para la condición límite del viento del norte y potencia generada de 1 MW de la base de datos. Este factor de correlación se multiplica luego en ambos casos expuestos con la potencia generada de la instalación de energía eólica de referencia para determinar la potencia a esperar de la primera instalación de energía eólica.

En la segunda alternativa expuesta la potencia generada instantánea de la instalación de energía eólica de

referencia tiene por consiguiente una función doble. En primer lugar se usa para leer el factor de correlación asociado de la base de datos y luego se usa para calcular la potencia a esperar de la primera instalación de energía eólica con el factor de correlación leído.

- 5 Preferentemente la potencia actual de la instalación de energía eólica de referencia, en todo caso en tanto que se usa como condición límite, la dirección del viento actual y/o la velocidad del viento actual se dividen en rangos discretos. De este modo se puede limitar la magnitud de la base de datos. Si, por ejemplo, la potencia de la instalación de energía eólica de referencia se subdivide en pasos del 1% referido a su potencia nominal, para una instalación de energía eólica con una potencia nominal de 2 MW se produce así una división en rangos o pasos de 10 20 kW. Pero esto sólo se refiere a la potencia en tanto que se usa como condición límite, es decir, en tanto que se usa para depositar el factor de correlación en la base de datos o leer de la base de datos. Pero para el cálculo concreto de la potencia a esperar de la primera instalación de energía eólica se multiplica el factor de correlación con la potencia real, no dividida en rangos discretos. Naturalmente también se podría efectuar una multiplicación con la potencia dividida en los rangos discretos, en particular luego cuando los rangos discretos se sitúan en el orden de 15 magnitud de la exactitud de la medición de potencia.

La velocidad del viento se puede dividir, por ejemplo, en pasos o rangos de 0,1 m/s y la dirección del viento se puede dividir, por ejemplo, en sectores de 30°.

- 20 Si, por ejemplo, para una instalación de energía eólica de referencia con una velocidad del viento de arranque o una así denominada velocidad del viento "cut-in" de 5 m/s y una velocidad del viento nominal de 25 m/s se efectúa una discretización de las velocidades del viento en sectores de 30° y una discretización de la velocidad del viento en pasos de 0,1 m/s, así se produce un campo de datos de 360 grados / 30 grados = 12 sectores de la velocidad del viento por $(20 \text{ m/s}) / (0,1 \text{ m/s}) = 200$ pasos de velocidades del viento y por consiguiente un campo de datos con 2400 25 campos, es decir 2400 factores de correlación para esta instalación de energía eólica de referencia a modo de ejemplo.

- Preferentemente los factores de correlación se registran y almacenan durante el funcionamiento normal para llenar la base de datos de este modo sucesivamente con los factores de correlación. Opcionalmente y/o en función de la 30 necesidad, los factores de correlación que todavía no se pudieron determinar mediante mediciones, se pueden calcular, en particular interpolar o extrapolar, a partir de los factores de correlación ya presentes. También al usar otra ley de correlación como un factor de correlación, por ejemplo una función de correlación de 1^{er} orden se puede realizar una interpolación o extrapolación, por ejemplo mediante interpolación o extrapolación de los coeficientes de una función de correlación semejante. Por consiguiente, se propone que la primera instalación de energía eólica y al 35 menos una instalación de energía eólica de referencia se hace funcionar a pesar de una necesidad de la determinación de factores de correlación. En este caso se ajusta forzosamente – siempre y cuando se hacen funcionar las instalaciones principalmente – un punto de funcionamiento determinado y por consiguiente condiciones límite correspondientes, como la dirección del viento y velocidad del viento. Para ello se registra un factor de correlación y se almacena en la base de datos considerando las condiciones límite predominantes. Preferentemente 40 esto se realiza para todas las instalaciones de energía eólica del parque eólico entre sí. Si se modifica el punto de funcionamiento y por consiguiente la condición límite, se calcula de nuevo un factor de correlación y se almacena bajo las nuevas condiciones límite y por consiguiente en otra dirección de la base de datos.

- De este modo la base de datos sólo comprende los factores de correlación para las condiciones límite bajo las que 45 ya se ha hecho funcionar la instalación de energía eólica. Si ahora se desconecta la primera instalación de energía eólica y se ajusta un punto de funcionamiento para la instalación de energía eólica para el que no se ha registrado un factor de correlación hasta ahora, éste se puede calcular a partir de los factores de correlación adyacentes, ya almacenados, es decir, a partir de factores de correlación que ya se han registrado respecto a condiciones límite similares. Por ejemplo, el factor de correlación para una dirección del viento del sector 0 a 30° y la velocidad del 50 viento de 10 m/s se puede interpolar de dos factores de correlación, de los que uno se ha registrado para el sector de la dirección del viento de 330 a 360 grados con una velocidad del viento de 9,9 m/s y el otro se ha registrado en un sector de la velocidad del viento de 30 a 60° con una velocidad del viento de 10,1 m/s. Esto sólo es un ejemplo sencillo para un cálculo mediante interpolación. Asimismo se puede recurrir a varios factores de correlación para el cálculo o estimación de un factor de correlación que falta.

- 55 Si todavía no están registrados muchos factores de correlación, ya que por ejemplo las instalaciones de energía eólica en cuestión no están en funcionamiento desde hace mucho tiempo, en particular en el primer año del funcionamiento de un parque eólico, el cálculo de la energía desaprovechada se puede realizar con efecto retroactivo para el intervalo de tiempo pasado, como por ejemplo el año pasado. Para ello se almacenan los datos

de la potencia generada de las instalaciones de referencia. Al final del intervalo de tiempo determinante se puede calcular luego la potencia desaprovechada a partir de los datos de potencia almacenados y de los factores de correlación detectados entre tanto. Esto tiene la ventaja de que hasta entonces se pudieron registrar más factores de correlación y por consiguiente se necesitan menos interpolaciones o extrapolaciones o incluso pueden no tener lugar.

Como condiciones límite se pueden registrar, por ejemplo, condiciones ambiente como temperatura, presión del aire, humedad del aire y densidad del aire. Estas condiciones límite mencionadas a modo de ejemplo, que están relacionadas parcialmente físicamente, pueden influir en el funcionamiento de la instalación de energía eólica y se plasman correspondientemente en el factor de correlación en cuestión. La consideración de varias condiciones límite puede conducir a una base de datos multidimensional para los factores de correlación.

Sin embargo, el procedimiento según la invención para la detección de la energía desaprovechada es tolerante con respecto a variaciones de las condiciones límite y en particular también con respecto a inexactitudes de las mediciones, como la velocidad del viento. El procedimiento propuesto presenta a saber al menos un concepto de dos etapas.

En la primera etapa, se selecciona un factor de correlación en función de las condiciones límite. Debido a la consideración de las condiciones límite este factor de correlación reproduce una correlación muy exacta y en particular fiable.

En la segunda etapa, se multiplica el factor de correlación correspondiente con la potencia de la instalación de energía eólica de referencia. De este modo se pueden considerar los factores de influencia, como la densidad del aire, sin que éstos se tengan que registrar. Si, por ejemplo, la densidad del aire no se considera como condición límite en la selección del factor de correlación, pero ésta influye indirectamente, sin medición expresa, en la potencia de la instalación de energía eólica de referencia. En el caso de una densidad del aire se produce así una potencia correspondientemente elevada de la instalación de energía eólica, ya que el aire con densidad elevada contiene más energía cinética. Mediante la multiplicación con el factor de correlación – independiente de la densidad del viento – se produce por consiguiente en el caso de potencia más elevada de la instalación de energía eólica también una potencia más elevada calculada a esperar de la primera instalación de energía eólica. En el caso de una determinación de la potencia a esperar de la primera instalación de energía eólica a través de una medición de la velocidad del viento y la curva característica de potencia de la primera instalación de energía eólica, la densidad del viento quedaría de forma no considerada – para perseverar en este ejemplo –. Se produce una potencia a esperar, calculada correspondientemente de forma errónea de la instalación de energía eólica.

El procedimiento también es, por ejemplo, tolerante respecto a una medición inexacta de la velocidad del viento. Esto ya es importante en sí, ya que precisamente es difícil de medir la velocidad del viento y está sujeta a grandes errores. Pero en el procedimiento propuesto la velocidad del viento sólo entra en la determinación del factor de correlación, si entra en realidad. Si la velocidad del viento medida se sitúa, por ejemplo, en aproximadamente el 10% por encima de la velocidad del viento real, entonces esto entra por un lado en la determinación y almacenamiento correspondiente del factor de correlación en cuestión, pero también se plasma por otro lado en la nueva lectura del factor de correlación cuando esto se realiza en función de la velocidad del viento. Pero este error sistemático mencionado a modo de ejemplo se elimina de este modo. En otras palabras, en este caso la velocidad del viento sólo sirve para el nuevo reconocimiento aproximado del punto de funcionamiento que sirve de base. En qué medida es erróneo el valor absoluto de la velocidad del viento no se plasma en tanto que el mismo se ha reproducido de nuevo.

Si durante la medición de la velocidad del viento aparece un error aleatorio, lo que habitualmente no se debe esperar sin embargo en gran medida, esto puede conducir en todo caso a una lectura del factor de correlación equivocado. Sin embargo, en este caso se debería leer al menos un factor de correlación de una velocidad del viento similar, que debería variar en menor medida que la misma velocidad del viento. Por consiguiente en este caso el procedimiento también resultar ser tolerante respecto a los errores.

El procedimiento descrito hasta ahora para el caso de una parada de la primera instalación de energía eólica también se debe transmitir básicamente al caso de un estrangulamiento de la primera instalación de energía eólica. Si, por ejemplo, para la reducción del ruido se estrangula la primera instalación de energía eólica, mientras que no se estrangula una instalación de energía eólica de referencia, ya que es por ejemplo menor y básicamente está construida con menos ruido, o está colocada a una mayor distancia de una población que la primera instalación de energía eólica, del modo y manera arriba descritos se puede determinar la potencia a esperar de la primera

instalación de energía eólica en el funcionamiento no estrangulado. La energía desaprovechada surge a partir de la diferencia de la potencia en el estado estrangulado y la potencia calculada a esperar en el funcionamiento no estrangulado. Para completar se indica todavía que para el especialista está claro que la energía desaprovechada se produce a partir de la potencia desaprovechada, integrada sobre el lapso de tiempo relevante. En el caso más sencillo o simplificado esto significa una multiplicación de la potencia desaprovechada con un lapso de tiempo correspondiente.

Preferentemente se propone que para la determinación de la potencia a esperar de la primera instalación de energía eólica se usen varias instalaciones de energía eólica de referencia. En la detección de los factores de correlación u otras correlaciones se puede predeterminar individualmente para cada instalación de energía eólica de referencia, según se describe, de modo que se produce un juego de datos para cada instalación de energía eólica de referencia. También se pueden registrar al mismo tiempo las correlaciones entre todas las instalaciones de energía eólica observada y se pueden escribir respectivamente en una matriz. Si luego durante la parada de la primera instalación de energía eólica se calcula su potencia a esperar, entonces esto se puede realizar respectivamente con la ayuda de cada una de las instalaciones de energía eólica de referencia, en tanto que se lee respectivamente un factor de correlación respecto a esta instalación de energía eólica de referencia y se multiplica con su potencia instantánea, a fin de calcular la potencia a esperar de la primera instalación de energía eólica. En el caso ideal se produce aquí a partir de cada instalación de energía eólica de referencia la misma potencia a esperar de la primera instalación de energía eólica. Si se consigue este resultado ideal, entonces esto confirma la calidad del cálculo de la potencia a esperar. Pero si se producen desviaciones, entonces se pueden usar las potencias a esperar, determinadas varias veces y por consiguiente de forma redundante, para calcular de este modo una única potencia a esperar. Para ello se puede formar, por ejemplo, un promedio sencillo, en tanto que así se suman todas las potencias determinadas y se dividen por el número. Pero eventualmente una instalación de energía eólica de referencia se puede clasificar como relevante y el valor determinado por ella se puede considerar más intensamente a través de una ponderación. Otra posibilidad consiste en el uso del método de mínimos cuadrados de errores. Así se determina un valor de potencia conjunta a esperar, en el que los cuadrados de cada desviación respecto a las potencias a esperar determinadas individualmente producen en suma el menor valor.

Preferentemente se detecta la dirección del viento actual y/o la velocidad del viento actual en la instalación de energía eólica de referencia, en la primera instalación de energía eólica y/o en otro punto de medición, en particular un mástil de medición. Cuando la primera instalación de energía eólica está parada, no obstante, todavía puede estar en funcionamiento una parte de la técnica de medición, como por ejemplo, la evaluación del anemómetro de la góndola y por consiguiente en cualquier caso puede determinar la velocidad del viento aproximada de la primera instalación de energía eólica y se toma por base para el procedimiento posterior. Pero puede ser ventajoso usar la velocidad del viento de una instalación de energía eólica de referencia, ya que de este modo se puede esperar una elevada correlación respecto a la potencia de esta instalación de energía eólica de referencia. A este respecto, se debería medir a ser posible durante la detección de los factores de correlación y la lectura de los mismos en respectivamente el mismo lugar. El uso de un mástil de medición puede ser favorable, ya que aquí es posible con frecuencia una mejor medición de la velocidad del viento. En particular una medición de la velocidad del viento en un mástil de viento no se perturba por sombreados breves por parte de las palas de rotor, tal y como es el caso en general en los anemómetros de la góndola de una instalación de energía eólica en funcionamiento. Además, el mástil de medición puede representar un punto neutral para la medición, cuando se usan varias instalaciones de energía eólica como instalaciones de energía eólica de referencia. Puede ser ventajoso usar un mástil de medición que está colocado en y para un parque eólico y proporciona una magnitud medida representativa para el parque eólico en conjunto. El uso de los valores de una estación meteorológica próxima, es como valores directos o para la comparación de la velocidad del viento medida con un mástil de medición o una instalación de energía eólica, puede ser ventajoso y mejorar la calidad de los resultados de la medición.

Según la invención una instalación de energía eólica está dotada de un procedimiento descrito para la detección de las leyes de correlación, en particular de los valores de correlación, y/o de un procedimiento para la determinación de una energía desaprovechada.

Según la invención se propone además un parque eólico que está dotado de al menos uno de los procedimientos arriba descritos. En un parque eólico semejante – pero no sólo en una tal – puede estar preparado un intercambio de datos entre las instalaciones de energía eólica, por ejemplo, a través de un sistema SCADA. Un sistema de intercambio de datos semejante también se puede usar para intercambiar los datos necesarios para los procedimientos descritos.

Por consiguiente se propone una solución, a saber los procedimientos correspondientes, como también una

instalación de energía eólica o un parque eólico, con la que se puede calcular la energía desaprovechada. Para ello se calcula la potencia de una instalación de energía eólica parada u operada de forma estrangulada y durante el tiempo tomado por base se puede determinar luego la energía desaprovechada, es decir, la energía que se podría generar, proporcionar y correspondientemente retribuir según el cálculo. En este caso se trata básicamente de una potencia ficticia o energía ficticia, que se debe determinar correspondientemente exactamente, para tener en cuenta lo más justamente posible tanto el interés de aquel que espera una retribución, como también aquel que debe realizar una retribución semejante.

Por consiguiente se puede calcular una disponibilidad basada en la producción de la instalación de energía eólica. Una disponibilidad basada en la producción semejante, que también se acorta como PBA "production based availability" en base al término inglés, se indica con frecuencia como cociente de la energía generada medida ("measured energy production", MEP) dividido por la energía generada esperada ("expected energy production", EEP), tomándose por base un intervalo de tiempo anual o un intervalo de tiempo mensual. Para la disponibilidad basada en la producción PBA se considera por ejemplo un cálculo según la fórmula siguiente:

$$PBA = MEP / EEP$$

La PBA se puede definir diferentemente y correspondientemente se pueden usar otras fórmulas. También se pueden definir diferentemente los parámetros de la fórmula anterior. A continuación se explica una posibilidad para los parámetros de la fórmula anterior.

La energía producida realmente del año (MEP) se puede registrar mediante una unidad de medición correspondiente durante el año, como por ejemplo un contador de corriente o contador de energía. Una medición semejante de la energía producida está preparada habitualmente en una instalación de energía eólica y se puede acceder a los datos.

La producción de energía esperada, es decir, la conversión esperada de energía eólica en energía eléctrica (EEP) es por consiguiente la suma de la energía generada realmente (MEP) y la energía desaprovechada, cuyo cálculo o determinación se efectúa según la invención, en particular se mejora. Según la invención se propone un procedimiento en el que se correlacionan las salidas de potencia entre instalaciones de energía en particular de un parque eólico. Una variante preferida consiste en generar una matriz que contiene respectivamente un factor de correlación entre cada instalación de energía eólica observada para ello, es decir, en particular entre cada instalación de energía eólica de un parque. Una matriz semejante se ilustra a continuación a modo de ejemplo para una instalación de energía eólica, que se designan como WEC1, WEC2, WEC3, WEC4 a WECn en esta matriz. Los valores apuntados sólo son valores a modo de ejemplo.

Tabla 1

Correlación de producción	WEC1	WEC2	WEC3	WEC4	...	WECn
Absoluta	1,2 MW	1,3 MW	1,4 MW	1 MW	...	0,9 MW
WEC1	1	-	-	-		-
WEC2	1,15	1	-	-		-
WEC3	0,84	1,24	1	-		-
WEC4	0,98	0,78	1,01	1		-
...	...	...	...		1	-
WECn	1,02	1,06	1,08	0,98	...	1

Esta matriz se puede considerar como correlación de la producción de referencia del parque eólico. Esta matriz contiene, por ejemplo, los factores para una velocidad del viento de 8 m/s y una dirección el viento de 30° lo que puede designar, por ejemplo, un rango de 0-30°. Además, están contenidos valores absolutos que se pueden usar

eventualmente cuando también están paradas o estranguladas las otras instalaciones de referencia.

Si ahora está parada una instalación de energía eólica o se hace funcionar de forma estrangulada, su potencia esperada y por consiguiente la energía generada esperada se puede calcular a partir de al menos una potencia real o energía real de una otra instalación de energía eólica a través del factor de correlación.

Al final de un periodo acordado, como por ejemplo anualmente o mensualmente, se puede calcular por consiguiente la disponibilidad basada en la producción (PBA). Preferentemente se toman por base como datos de referencia sólo aquellos datos que se han registrado durante el funcionamiento no estrangulado. Cuanto más tiempo se ha hecho funcionar el parque eólico ya en el funcionamiento no estrangulado – aquí pueden situarse en medio los periodos en los que no fue el caso – tanto más completa y eventualmente mejor puede ser la base de datos.

La tabla mostrada arriba se puede registrar además para diferentes direcciones del viento y diferentes velocidades del viento o también otras condiciones límite, de modo que para un parque eólico u otra reunión de instalaciones de energía eólica están presentes muchas tablas semejantes o forman conjuntamente una base de datos.

A continuación la invención se explica a modo de ejemplo mediante formas de realización en referencia a los dibujos adjuntos.

Figura 1 muestra una instalación de energía eólica conocida.

Figura 2 muestra un diagrama de flujo para la detección de los coeficientes de correlación.

Figura 3 muestra un programa operativo para la determinación de la energía desaprovechada.

Según la figura 2 se registran los parámetros de correlación para la relación de varias instalaciones de energía eólica entre sí. En particular esto está dirigido a la correlación de algunas o todas las instalaciones de energía eólica de un parque eólico. En el bloque de medición 200 se mide la potencia de cada una de las instalaciones de energía eólica. Esto significa habitualmente que la potencia disponible de todos modos en cada instalación de energía eólica se usa o se proporciona para las siguientes etapas. Esta facilitación de la potencia como también de los otros datos necesarios a intercambiar se puede realizar, por ejemplo, a través de un así denominado sistema SCADA.

En el bloque de cálculo 202 se calculan los factores de correlación entre las potencias registradas respectivamente en el bloque de medición 200. La fórmula para ello es:

$$K_{ij} = \frac{P_i}{P_j}$$

El factor K_{ij} representa la correlación entre la potencia P_i de la instalación de energía eólica i y la potencia P_j de la instalación de energía eólica j . Los índices i y j son por consiguiente variables en curso enteras.

Los factores de correlación K_{ij} así calculados se almacenan luego en una matriz en la siguiente etapa en el bloque de almacenamiento 204. La matriz se corresponde, por ejemplo, con la tabla 1.

En este desarrollo simplificado según los bloques 200, 202 y 204 se registran y almacenan todos los factores de correlación entre todas las instalaciones de energía eólica del parque en respectivamente las mismas condiciones límite. Según las condiciones se selecciona la matriz correspondiente que está ligada por consiguiente con las condiciones límite correspondientes como dirección del viento y velocidad del viento. El desarrollo bosquejado presupone en primer lugar que todas las instalaciones de energía eólica están en el funcionamiento normal, es decir, funcionan de forma no estrangulada. Eventualmente también se pueden considerar las instalaciones de energía eólica estranguladas, o la potencia de las instalaciones de energía eólica estranguladas no se considera y correspondientemente tampoco se calculan los factores de correlación en cuestión. Luego quedan libres las entradas correspondientes en la matriz.

A través del bloque de repetición 206 se repite sucesivamente el procedimiento representado. Para ello se puede fijar, por ejemplo, un tiempo de repetición T que puede ser, por ejemplo, de 10 min. El proceso representado de la figura 2 se realizaría luego cada 10 min.

Si en el caso de repetición se determina un factor de correlación o varios factores de correlación para los que ya están almacenados valores, entonces el respectivo factor de correlación recién determinado se puede desechar, puede sustituir el factor de correlación ya presente en su lugar o se puede mejorar el factor de correlación almacenado, en tanto que por ejemplo se forma una promediación de todos los valores registrados hasta ahora de este factor de correlación. También puede estar previsto considerar sólo algunos, como por ejemplo los últimos 10 valores y formar correspondientemente un valor promedio.

La figura 3 muestra un procedimiento que observa en primer lugar sólo dos instalaciones de energía eólica, a saber, una instalación de energía eólica de referencia y una primera instalación de energía eólica. El procedimiento de la figura 3 se puede extender a diversas instalaciones de energía eólica o pares de instalaciones de energía eólica, hasta que se han considerado todas las instalaciones de energía eólica del parque eólico. A este respecto, el procedimiento mostrado también se puede realizar varias veces en paralelo respecto a diferentes instalaciones de energía eólica. Aquí el cálculo y/o transmisión de datos necesaria también se puede realizar con la ayuda de un sistema SCADA.

La figura 3 muestra en primer lugar un primer bloque de consulta 300, en el que se examina si la instalación de energía eólica de referencia seleccionada trabaja en el funcionamiento normal, es decir no estrangulado. Si este no es el caso, entonces se puede seleccionar otra instalación de energía eólica como instalación de energía eólica de referencia según el bloque de cambio 302. Con esta siguiente instalación de energía eólica se comenzará en primer lugar de nuevo en el primer bloque de consulta 300.

Además, la instalación de energía eólica de referencia recién examinada, que no está en el funcionamiento normal, en particular está parada, se puede seleccionar como primera instalación de energía eólica. Esto también se muestra mediante el bloque de selección 304. La primera instalación de energía eólica es en este caso aquella para la que se puede determinar la potencia desaprovechada o energía desaprovechada, para la que se debe calcular entonces la potencia o energía a esperar.

En cuanto una instalación de energía eólica de referencia seleccionada trabaja de forma no estrangulada, el primer bloque de consulta 300 se ramifica en el segundo bloque de consulta 306. El segundo bloque de consulta 306 examina básicamente lo mismo que también ha examinado el primer bloque de consulta 300, no obstante, para la primera instalación de energía eólica. Si la primera instalación de energía eólica trabaja de forma no estrangulada, es decir, en el funcionamiento normal, entonces el segundo bloque de consulta 306 se sigue ramificando en el bloque de cálculo 308. En el bloque de cálculo 308 se calcula el factor de correlación K a partir de los coeficientes de la potencia de la primera instalación de energía eólica y de la potencia de la instalación de energía eólica de referencia. En el bloque de almacenamiento 310 adyacente se almacena este factor de correlación K en una base de datos. A este respecto, se registran preferentemente las condiciones límite, como las direcciones del viento y velocidades del viento predominantes. Finalmente el procedimiento regresa de nuevo después del bloque de almacenamiento 310 al segundo bloque de consulta 306, y los bloques 306, 308 y 310 se recorren de nuevo, posiblemente tras un retardo temporal de por ejemplo 10 minutos. Si el procedimiento trabaja en este bucle de estos tres bloques 306, 308 y 310, entonces tiene lugar básicamente una adquisición de los factores de correlación K especialmente para estas dos instalaciones de energía eólica, a saber una instalación de energía eólica de referencia y la primera instalación de energía eólica. Las instalaciones de energía eólica se sitúan entonces en el funcionamiento normal y a este respecto elaboran poco a poco la base de datos que se necesita para el funcionamiento no normal.

Si en el segundo bloque de consulta 306 se constata que la primera instalación de energía eólica no se sitúa en el funcionamiento normal, es decir, trabaja de forma estrangulada o está parada, entonces se ramifica al bloque de lectura 312. En este bloque se lee ahora el factor de correlación K conforme a la base de datos elaborada anteriormente, en particular considerando las condiciones límite como la velocidad del viento y dirección del viento predominantes. Si el factor de correlación en cuestión no está almacenado en la base de datos, entonces se puede interpolar eventualmente a partir de otros factores de correlación ya presentes.

Con el factor de correlación K leído se puede determinar luego en el bloque de determinación 314 a partir de la potencia de referencia P_{Ref} de la instalación de energía eólica de referencia la potencia esperada de la primera instalación de energía eólica. Esta potencia se designa aquí como P_{1S} .

En el bloque de determinación de la energía 316 se realiza luego la determinación de la energía asociada a través de la integración de la potencia P_{1S} estimada o esperada durante el tiempo correspondiente. Dado que aquí se parte de forma simplificada de una potencia constante P_{1S} para el lapso de tiempo en cuestión, la energía se calcula

mediante la multiplicación de P_{1S} con el valor de tiempo T correspondiente. Esta energía se puede adicionar a la energía E_S ya calculada anteriormente para sumar la energía en cuestión a esperar durante un periodo de observación, como por ejemplo un mes o un año.

- 5 El factor de tiempo T del bloque de determinación de energía 316 se puede corresponder con el factor de tiempo T del bloque de repetición 206 de la figura 2. Pero esto no es una conducción previa forzosa. En particular puede ser que cada 10 minutos se repitan las etapas descritas y se determina una potencia estimada en el bloque de determinación 314. Pero a este respecto la primera instalación de energía eólica puede no estar en el funcionamiento normal posiblemente por ejemplo 5 min. Esta información está a disposición del procedimiento
- 10 mostrado y, en este ejemplo, pese a un periodo de repetición de 10 min tomaría por base el cálculo de energía sólo el periodo de tiempo de 5 min.

Después de que se ha determinado o añadido la energía en el bloque de determinación de energía 316, comienza el procedimiento de nuevo en el segundo bloque de consulta 306 según se ha descrito.

15

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la elaboración de una base de datos que comprende varias leyes de correlación, en particular factores de correlación, para la determinación de la energía desaprovechada, que durante una parada o un estrangulamiento de una primera instalación de energía eólica no se puede convertir en energía eléctrica por ésta, a partir de la potencia registrada de al menos una instalación de energía eólica de referencia operada de forma estrangulada o no estrangulada, que comprende las etapas:
detección simultánea de la potencia instantánea de la primera instalación de energía eólica y de al menos una instalación de energía eólica de referencia durante el funcionamiento estrangulado o no estrangulado,
determinación respectivamente de una ley de correlación, en particular factor de correlación, que describe una relación entre la potencia de la primera instalación de energía eólica y la potencia de la al menos una instalación de energía eólica de referencia y
almacenamiento de al menos una ley de correlación o factor de correlación en función de al menos una condición límite.
2. Procedimiento para la elaboración de una base de datos según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la al menos una condición límite está seleccionada de la lista que comprende
- la dirección del viento actual,
- la velocidad del viento actual,
- la potencia actual de la instalación de energía eólica de referencia,
- la temperatura exterior actual y
- la densidad del aire actual
y/o **porque** para la primera instalación de energía eólica, la instalación de energía eólica de referencia y/o para otras instalaciones de energía eólica se almacena la potencia instantánea **en función de** al menos una condición límite.
3. Procedimiento para la elaboración de una base de datos según la reivindicación 2, **caracterizado porque**
- la dirección del viento actual,
- la velocidad del viento actual,
- la potencia actual de la instalación de energía eólica de referencia,
- la temperatura exterior actual y/o
- la densidad del aire actual
se subdivide en rangos discretos para el uso como condición límite.
4. Procedimiento para la elaboración de una base de datos según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** las leyes de correlación o factores de correlación se registran y almacenan durante el funcionamiento normal para llenar la base de datos de este modo sucesivamente con los factores de correlación y **porque** opcionalmente y/o en función de la necesidad se calculan las leyes de correlación o factores de correlación todavía no determinados mediante medición, en particular se interpolan o extrapolan.
5. Procedimiento para la elaboración de una base de datos según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** para diferentes valores o diferentes combinaciones de valores de una o varias condiciones límite se registra respectivamente un juego de leyes de correlación o un juego de factores de correlación para tres o más instalaciones de energía eólica, describiendo aquí respectivamente una ley de correlación o factor de

correlación la correlación respectivamente de dos instalaciones de energía eólica.

6. Procedimiento para la detección de la energía desaprovechada, que debido a la parada o el estrangulamiento de una primera instalación de energía eólica no se puede convertir en energía eléctrica por ésta, que comprende las etapas:

- detección de la potencia actual de al menos una instalación de energía eólica de referencia durante el funcionamiento estrangulado o no estrangulado,

10 - cálculo de la potencia a esperar de la primera instalación de energía eólica a partir de la potencia de al menos una instalación de energía eólica de referencia y una ley de correlación registrada de antemano, en particular un factor de correlación registrado de antemano, que para este punto de funcionamiento indica una correlación entre la potencia de la instalación de energía eólica de referencia correspondiente y una potencia a esperar de la primera instalación de energía eólica, y

15 - cálculo de la energía desaprovechada a partir de la potencia calculada a esperar y un lapso de tiempo asociado, en el que

se usa la ley de correlación registrada de antemano o el factor de correlación registrado de antemano de una base de datos elaborada de antemano, y

la base de datos se ha elaborado por un procedimiento que comprende las etapas

25 detección simultánea de la potencia instantánea de la primera instalación de energía eólica y de al menos una instalación de energía eólica de referencia durante el funcionamiento estrangulado o no estrangulado,

determinación respectivamente de una ley de correlación, en particular factor de correlación, que describe una relación entre la potencia de la primera instalación de energía eólica y la potencia de la al menos una instalación de energía eólica de referencia y

30 almacenamiento de al menos una ley de correlación o factor de correlación en función de al menos una condición límite.

7. Procedimiento para la detección de la energía desaprovechada según la reivindicación 6, **caracterizado porque** se selecciona uno o el factor de correlación a partir de varios factores de correlación almacenados, en función de

- la dirección del viento actual,

40 - la velocidad del viento actual,

- la potencia actual de la instalación de energía eólica de referencia,

- la temperatura exterior actual y/o

45 - la densidad del aire actual.

8. Procedimiento para la detección de la energía desaprovechada según una de las reivindicaciones 6 o 7, **caracterizado porque** la al menos una instalación de energía eólica de referencia se selecciona en función de la dirección del viento predominante actualmente y/o **porque** varias instalaciones de energía eólica se seleccionan y usan como instalaciones de energía eólica de referencia para calcular respectivamente una potencia a esperar, de modo que se calculan varias potencias a esperar y se calcula una potencia media a esperar a partir de varias potencias a esperar, en particular mediante promediación o a través del método de mínimos cuadrados de errores.

55 9. Procedimiento para la detección de la energía desaprovechada según una de las reivindicaciones 6 o 8, **caracterizado porque** la dirección del viento actual y/o la velocidad del viento actual se detecta en la instalación de energía eólica de referencia, en la primera instalación de energía eólica y/o en otro punto de medición, en particular un mástil de medición.

10. Procedimiento para la detección de la energía desaprovechada según una de las reivindicaciones 6 o 9, **caracterizado porque** se usa al menos uno o el al menos un factor de correlación de una base de datos elaborada según una de las reivindicaciones 1 a 5.
- 5 11. Instalación de energía eólica para la conversión de la energía cinética del viento en energía eléctrica, en particular un control que está preparado para realizar un procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores.
12. Parque eólico, que comprende varias instalaciones de energía eólica, y un control que está preparado
10 para realizar un procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 10 para una instalación de energía eólica como primera instalación de energía eólica y considerando al menos otra instalación de energía eólica del parque eólico como instalación de energía eólica de referencia.
13. Parque eólico según la reivindicación 12, que comprende un mástil de medición para la detección de
15 las condiciones ambiente, en particular para la detección de una velocidad del viento predominante en el parque eólico.
14. Parque eólico según la reivindicación 12 o 13, **caracterizado porque** el control está previsto en una de las instalaciones de energía eólica y/o en un o el mástil de medición y/o **porque** el control está preparado para
20 calcular la energía desaprovechada opcionalmente para respectivamente cada instalación de energía eólica del parque eólico como primera instalación de energía eólica.

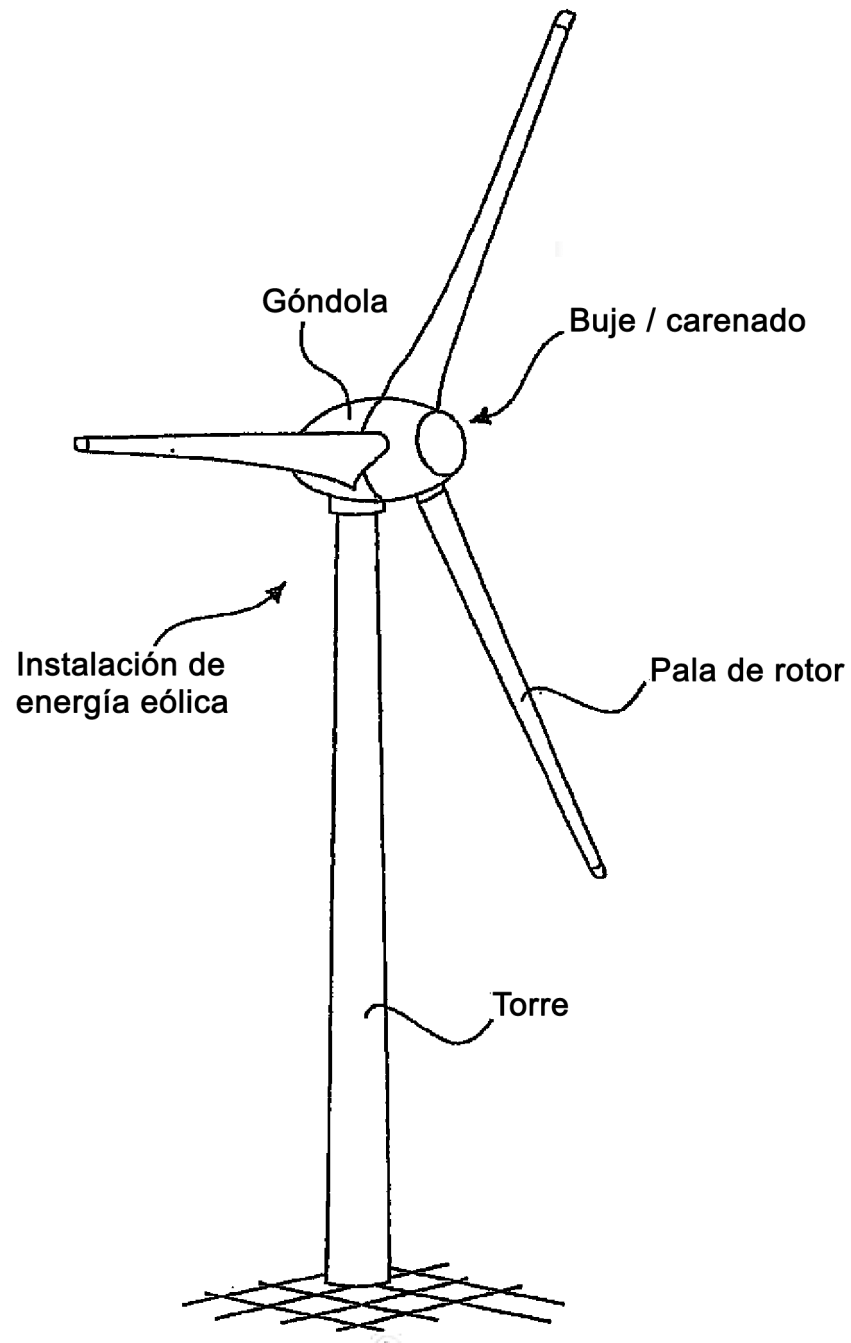


Fig. 1

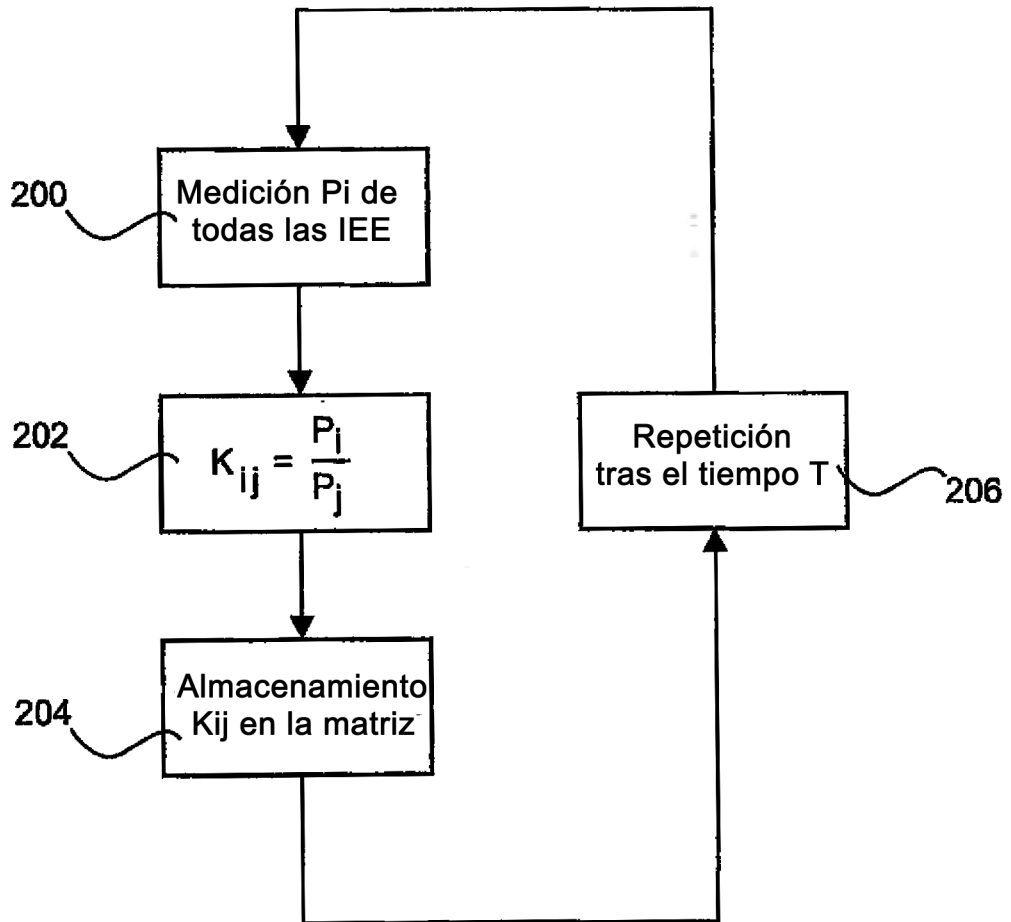


Fig. 2

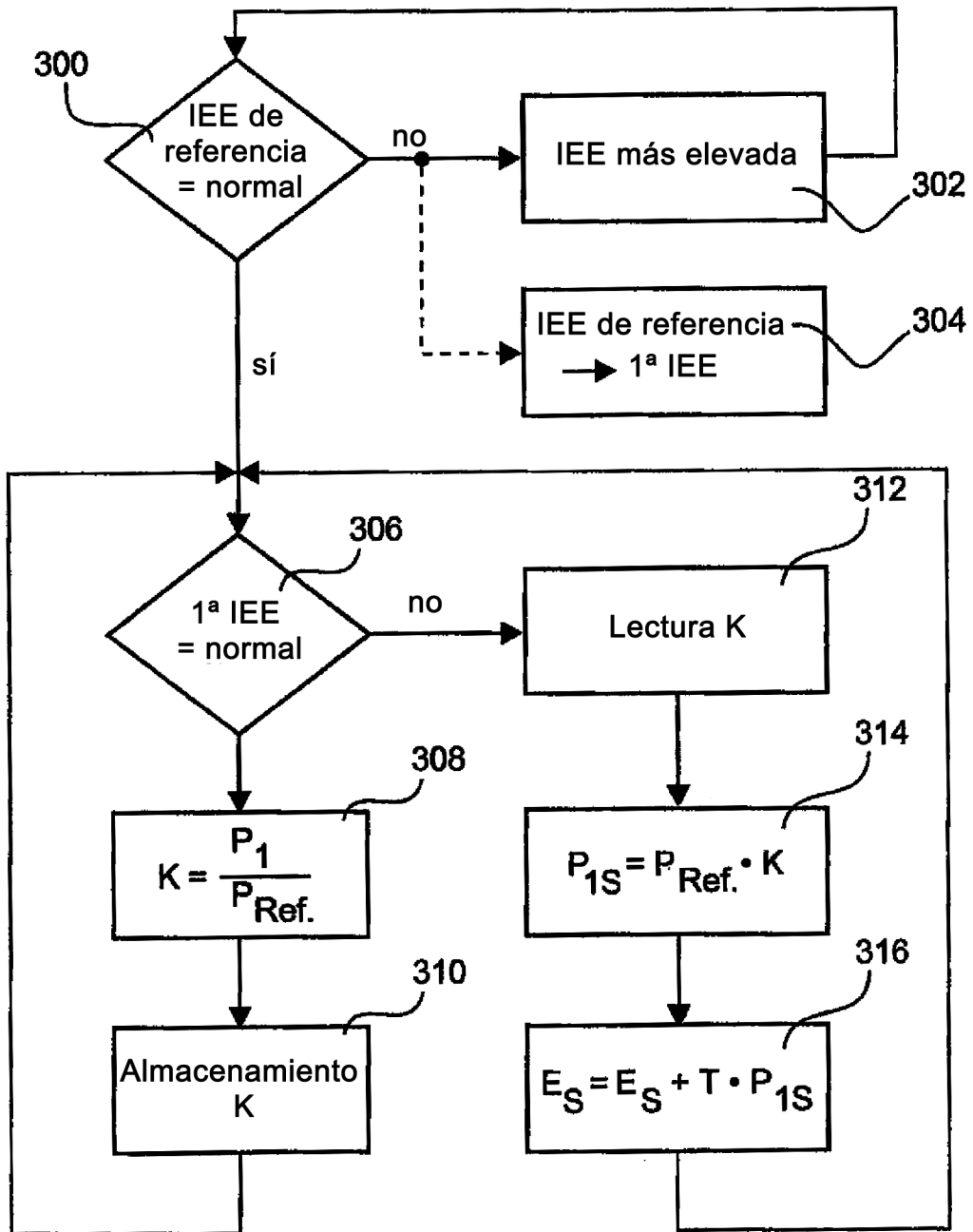


Fig. 3