

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 700 729**

51 Int. Cl.:

F03D 7/02 (2006.01)

F03D 7/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.07.2014 PCT/DK2014/050224**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.02.2015 WO15014368**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.07.2014 E 14742460 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.10.2018 EP 3027897**

54 Título: **Simulación de una producción de potencia máxima de una turbina eólica**

30 Prioridad:

29.07.2013 DK 201370417

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

19.02.2019

73 Titular/es:

VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)

Hedeager 42

8200 Aarhus N, DK

72 Inventor/es:

SPRUCE, CHRIS y

HALES, KELVIN

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 700 729 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

Simulación de una producción de potencia máxima de una turbina eólica

5 La presente invención se refiere a Niveles de Potencia Máxima para turbinas eólicas y, en particular, a establecer un Nivel de Potencia Máxima Tipo de Turbina Eólica y un Nivel de Potencia Máxima de Turbina Eólica Individual para el control de la sobreexplotación.

10 Las turbinas eólicas generan electricidad mediante la conversión de la energía cinética del viento en energía eléctrica por medio de un generador. La cantidad de energía eléctrica generada por una turbina eólica típicamente estará determinada por el valor de potencia nominal o nivel de potencia de diseño de la turbina eólica y las condiciones del viento en el emplazamiento donde está situada la turbina eólica (por ejemplo, terreno, velocidades del viento, etc.). Frecuentemente se sitúan múltiples turbinas eólicas en una planta de generación eólica para generar una energía eléctrica suficiente para alimentar una red.

15 La Producción Energética Anual (AEP) de una planta de generación eólica se refiere a la productividad de las turbinas eólicas que forman la planta de generación eólica y depende típicamente de las velocidades del viento anuales en la localización de la planta de generación eólica. Cuanto mayor sea la AEP para una planta de generación eólica dada mayor será el beneficio para el operador de la planta de generación eólica y mayor la cantidad de energía eléctrica suministrada la red.

Por tanto, los fabricantes de turbinas eólicas y operadores de plantas de generación eólica están intentando constantemente incrementar la AEP para una planta de generación eólica dada.

25 Uno de dichos métodos puede ser sobreexplotar las turbinas eólicas bajo ciertas condiciones, en otras palabras, permitir que las turbinas eólicas funcionen hasta un nivel de potencia que esté por encima del nivel de potencia de diseño o de placa de las turbinas eólicas durante un período de tiempo, para generar más energía eléctrica cuando los vientos son fuertes y en consecuencia incrementar la AEP de una planta de generación eólica.

30 Sin embargo, hay varios problemas e inconvenientes asociados con la sobreexplotación de turbinas eólicas. Las turbinas eólicas se diseñan típicamente para funcionar con un nivel de potencia de diseño nominal o nivel de potencia de placa y para funcionar durante un número dado de años, por ejemplo, 20 años. Por lo tanto, si la turbina eólica es sobreexplotada entonces puede reducirse la vida útil de la turbina eólica.

35 El documento WO2013/032077A1 describe un sistema y un método de simulación de una turbina eólica. El documento EP2482053A1 describe un sistema de evaluación global y un método de evaluación global de la vibración y carga de un conjunto de generación eólico. El documento KR20080028605A describe un simulador en tiempo real para un sistema de generación eólico. El documento WO2011/095519A2 describe un método de operación de una planta de generación eólica. El documento EP2444659A1 describe un método para el ajuste de un parámetro de potencia de una turbina eólica.

La presente invención busca acometer, al menos en parte, algunos o todos los problemas e inconvenientes descritos anteriormente en el presente documento.

45 De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención se proporciona un método de acuerdo con lo reivindicado en la reivindicación 1. De acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención se proporciona un método de acuerdo con lo reivindicado en la reivindicación 2. De acuerdo con un tercer aspecto de la presente invención se proporciona un aparato de acuerdo con lo reivindicado en la reivindicación 14. De acuerdo con un cuarto aspecto de la presente invención se proporciona un aparato de acuerdo con lo reivindicado en la reivindicación 15. De acuerdo con un quinto aspecto de la presente invención se proporciona un producto programa informático de acuerdo con lo reivindicado en la reivindicación 27.

55 Se proporciona un método para establecer un Nivel de Potencia Máxima Tipo de Turbina Eólica para un tipo de turbina eólica que comprende: simular un espectro de carga para dos o más niveles de potencia de ensayo para determinar una carga sobre el tipo de turbina eólica para cada uno de los dos o más niveles de potencia de ensayo; comparar la carga determinada para cada nivel de potencia de ensayo con una carga de diseño para el tipo de turbina eólica; y establecer el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica para el tipo de la turbina eólica como el nivel de potencia de ensayo máximo en el que la carga determinada no excede la carga de diseño para el tipo de turbina eólica.

60 Por consiguiente, puede determinarse un Nivel de Potencia Máxima Tipo de Turbina Eólica para uno o más tipos de turbinas eólicas.

65 Un tipo de turbina eólica puede entenderse como una turbina eólica con el mismo sistema eléctrico, sistema mecánico, generador, caja de engranajes, palas de turbina, longitud de pala de turbina, altura del buje, y así sucesivamente. Por consiguiente, cualquier diferencia con la estructura o componentes principales de una turbina

5 eólica puede generar efectivamente un nuevo tipo de turbina eólica. Por ejemplo, la misma turbina eólica excepto por diferentes alturas de buje (por ejemplo, alturas de torre) pueden considerarse dos tipos diferentes de turbina eólica. De manera similar, la misma turbina eólica excepto por longitudes de pala de turbina diferentes pueden considerarse también dos tipos diferentes de turbina eólica. También, unas turbinas eólicas para 50 Hz y 60 Hz pueden considerarse tipos diferentes de turbina eólica, así como lo son turbinas eólicas diseñadas para clima frío y clima cálido.

10 El tipo de turbina eólica no corresponde por tanto necesariamente a la clase de turbina eólica de la Comisión Electrotécnica (IEC) dado que diferentes tipos de turbina pueden estar en la misma clase IEC de turbina eólica en las que cada tipo de turbina eólica puede tener un nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica diferente basándose en el diseño de, y componentes en, la turbina eólica.

15 El nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica puede determinarse comparando las cargas esperadas para un nivel de potencia dado con las cargas de diseño para ese tipo dado de turbina eólica e identificar el mayor nivel de potencia que no provoca cargas sobre la turbina eólica que excedan las cargas de diseño. Las cargas pueden ser cargas mecánicas, cargas de fatiga o cualesquiera otras cargas que puedan determinarse para una turbina eólica en un nivel de potencia dado.

20 Determinar la carga sobre el tipo de turbina eólica puede incluir determinar la carga para uno o más componentes mecánicos del tipo de turbina eólica. Las cargas pueden determinarse para todos los componentes mecánicos en el tipo de turbina eólica o para uno o más de los componentes mecánicos principales o críticos.

25 El método puede comprender adicionalmente establecer un primer nivel de potencia de ensayo, en el que el primer nivel de potencia de ensayo es mayor que un nivel de potencia de placa nominal para el tipo de turbina eólica en un primer valor predeterminado; e incrementar dicho nivel de potencia de ensayo posteriormente en un segundo valor predeterminado. El primer nivel de potencia de ensayo puede fijarse inicialmente en un valor mayor que el valor de placa nominal, por ejemplo, 5 kW, 10 kW, 15 kW, 20 kW, 30 kW, 50 kW, y así sucesivamente, o por un porcentaje del valor de placa nominal, por ejemplo, 1 %, 2 %, 5 %, y así sucesivamente. Las etapas incrementales pueden ser cualquier adecuada para la finalidad de identificar el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica, por ejemplo, 30 5 kW, 10 kW, 15 kW, 20 kW, 30 kW, 50 kW, y así sucesivamente, o incrementarlo en un porcentaje del nivel de potencia de ensayo, por ejemplo, incrementos del 1 %, incrementos del 2 %, incrementos del 5 %, y así sucesivamente.

35 El método puede comprender adicionalmente establecer un primer nivel de potencia de ensayo, en el que el primer nivel de potencia de ensayo es mayor que un nivel de potencia de placa nominal para el tipo de turbina eólica en un tercer valor predeterminado; y disminuir cada nivel de potencia de ensayo posterior en un cuarto del valor predeterminado. Por lo tanto, el primer nivel de potencia de ensayo puede fijarse inicialmente en un valor sustancialmente más alto que el valor de placa nominal, por ejemplo, 500kW, 400 kW, 300 kW, 200 kW, 100 kW, 40 50 kW, y así sucesivamente, o por un porcentaje del valor de placa nominal, por ejemplo, 20%, 15%, 10%, y así sucesivamente. Las etapas de incrementadas pueden ser cualquiera adecuada para la finalidad de identificar el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica, por ejemplo, 5 kW, 10 kW, 15 kW, 20 kW, 30 kW, 50 kW, y así sucesivamente, o disminuir en un porcentaje del nivel de potencia ensayo, por ejemplo, incrementos del 1 %, incrementos del 2 %, incrementos del 5 %, y así sucesivamente.

45 La etapa de simular el espectro de carga para los dos o más niveles de potencia de ensayo puede realizarse simultáneamente o puede realizarse para cada uno de los dos o más niveles de potencial de ensayo por turnos.

50 La etapa de comparar la carga determinada para cada uno de los dos o más niveles de potencia de ensayo con las cargas de diseño para el tipo de turbina eólica puede realizarse simultáneamente, o puede realizarse para cada uno de los dos o más niveles de potenciales de ensayo por turnos.

55 Si la carga determinada excede la carga de diseño, entonces el método puede comprender además identificar uno o más de los componentes mecánicos para los que la carga determinada excede la carga de diseño de los uno o más componentes mecánicos; y analizar los uno o más componentes mecánicos para identificar si puede incrementarse la carga de diseño para los uno o más componentes mecánicos. Pueden incorporarse en el diseño del tipo dado de turbina eólica holguras o márgenes de seguridad que pueden analizarse para ver si fueron conservadores y por lo tanto pudieran incrementarse los límites de diseño de los componentes mecánicos.

60 Si la carga determinada excede la carga de diseño, el método puede comprender además identificar uno o más de los componentes mecánicos para los que la carga determinada excede la carga de diseño de los uno o más componentes mecánicos; identificar un control y/o hardware para permitir que los uno o más componentes mecánicos funcionen con una carga mayor que la carga de diseño para los uno o más componentes mecánicos; e implementar el control y/o hardware identificados en el tipo de turbina eólica. Por lo tanto, puede ser que los límites de diseño de los uno o más componentes mecánicos pudieran incrementarse mediante la adición de 65 hardware/software de control adicional a la turbina eólica. Por ejemplo, el software de control podría incluir umbrales adicionales que pudieran impedir la sobreexplotación bajo ciertas condiciones que pudieran significar que durante al

menos un período de tiempo el componente mecánico podría funcionar por encima de sus límites de diseño. El hardware podría incluir la adición de sensores de temperatura al componente mecánico para medir la temperatura y permitir que el componente mecánico funcione por encima de sus limitaciones de diseño mientras la temperatura esté por debajo de un umbral. Como se apreciará, puede haber diferentes controles y/o hardware o una combinación de los dos que pueda permitir que los componentes mecánicos funcionen con un nivel de potencia mayor que los límites de diseño para los componentes mecánicos.

El método puede comprender adicionalmente determinar para el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica si uno o más componentes eléctricos del tipo de turbina eólica están dentro de los límites de diseño. Los componentes eléctricos principales pueden incluir, por ejemplo, el generador, transformador, cables internos, contactores, o cualquier otro componente eléctrico en el tipo de turbina eólica. Basándose en simulaciones y/o cálculos puede determinarse si los componentes eléctricos principales pueden funcionar en el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica previamente determinado.

Si los límites de diseño para uno o más componentes eléctricos se exceden en el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica, el método puede comprender además comprobar la determinación de conservadurismo para identificar si los límites de diseño de uno o más componentes eléctricos pueden incrementarse de modo que para el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica los uno o más componentes eléctricos están dentro de los límites de diseño incrementados. El diseño de los componentes eléctricos puede haber incorporado conservadurismo, holguras o márgenes de seguridad que pueden analizarse para comprobar si los límites de diseño para los componentes eléctricos pueden incrementarse en tanto que aún sean capaces de funcionar con seguridad. Dado que la sobreexplotación solo puede realizarse en ciertos momentos y/o bajo ciertas condiciones entonces los componentes eléctricos pueden ser capaces de funcionar con un nivel de potencia más alto durante un cierto periodo de tiempo permitiendo que los límites de diseño se incrementen con la finalidad de sobreexplotación.

Si los límites de diseño para uno o más componentes eléctricos se exceden en el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica, el método puede comprender además identificar un control y/o hardware para permitir que los uno o más componentes eléctricos funcionen en el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica; e implementar el control y/o hardware identificados en el tipo de turbina eólica. Por ejemplo, si la temperatura del componente eléctrico es clave para su límite de diseño entonces podrían implementarse sensores de temperatura adicionales en la turbina eólica para asegurar que la temperatura no excede su máximo mientras la turbina eólica puede sobreexplotarse. De manera similar, pueden incluirse controles adicionales en términos de implementar umbrales adicionales, por ejemplo, para cancelar o impedir la sobreexplotación si la temperatura se incrementa por encima del umbral, lo que puede permitir por lo tanto que el componente eléctrico funcione por encima de sus límites de diseño durante al menos un período de tiempo. Como se apreciará, puede haber cualquier hardware adecuado, software de control o cualquier combinación de los dos que pueda implementarse para permitir que uno o más componentes eléctricos funcionen con un nivel de potencia más alto que el límite de diseño, durante al menos un período de tiempo para sobreexplotación.

Si los límites de diseño para uno o más componentes eléctricos se exceden en el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica, el método puede comprender además disminuir el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica en un quinto valor predeterminado; determinar para el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica disminuido si uno o más componentes eléctricos del tipo de turbina eólica están dentro de los límites de diseño; y establecer el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica en un primer nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica disminuido para el que los uno o más componentes eléctricos del tipo de turbina eólica están dentro de los límites de diseño.

Por lo tanto, si no hay lugar para incrementar el límite de diseño de los uno o más componentes eléctricos entonces puede determinarse un nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica más bajo disminuyendo el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica en un valor predeterminado y determinar a continuación si los componentes eléctricos pueden funcionar dentro de los límites de diseño en el nivel disminuido. El valor predeterminado por el que el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica puede disminuirse puede ser cualquiera adecuado para la finalidad de identificar el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica, por ejemplo, 5 kW, 10 kW, 15 kW, 20 kW, 30 kW, 50 kW, y así sucesivamente, o por un porcentaje, por ejemplo, 1 %, 2 %, 5 %, y así sucesivamente.

El método puede comprender además determinar un nivel de potencia máxima individual para una o más turbinas eólicas basándose en el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica, en el que el nivel de potencia máxima individual se usa en el control de sobreexplotación de las una o más turbinas eólicas. Por consiguiente, el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica determinado puede usarse a continuación para determinar un nivel de potencia máxima individual para una turbina eólica dada del tipo de turbina eólica.

El nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica puede establecerse para uno o más tipos de turbina eólica.

El método puede comprender además aplicar un factor de conservadurismo para el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica. Por lo tanto, para incorporar un margen de seguridad para la turbina eólica puede incluirse un factor de conservadurismo, por ejemplo, para reducir el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica en, por ejemplo, 5 kW, 10 kW, 15 kW, 20 kW, 30 kW, 50 kW, y así sucesivamente, o por un porcentaje, por ejemplo, 1 %, 2 %, 5 %, y

así sucesivamente.

El nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica puede incluir, o definir, uno o más de un par de generador máximo, una corriente de generador máxima, una velocidad de generador máxima y una velocidad de rotor máxima.

5 Se proporciona un aparato para establecer un Nivel de Potencia Máxima Tipo de Turbina Eólica para un tipo de turbina eólica que comprende un primer procesador adaptado para simular un espectro de carga para dos o más niveles de potencia de ensayo para determinar una carga sobre el tipo de turbina eólica para cada uno de los uno o más niveles de potencial ensayo; un segundo procesador adaptado para comparar la carga determinada para cada nivel de potencia de ensayo con una carga de diseño para el tipo de turbina eólica; y un tercer procesador adaptado para establecer el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica para el tipo de la turbina eólica como el nivel de potencia de ensayo máximo en el que la carga determinada no excede la carga de diseño para el tipo de turbina eólica.

15 Se proporciona un aparato para establecer un Nivel de Potencia Máxima Tipo de Turbina Eólica para un tipo de turbina eólica en el que el aparato está adaptado o configurado para simular un espectro de carga para dos o más niveles de potencia de ensayo para determinar una carga sobre el tipo de turbina eólica para cada uno de los dos o más niveles de potencial ensayo; comparar la carga determinada para cada nivel de potencia de ensayo con una carga de diseño para el tipo de turbina eólica; y establecer el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica para el tipo de la turbina eólica como el nivel de potencia de ensayo máximo en el que la carga determinada no excede la carga de diseño para el tipo de turbina eólica.

El primer procesador puede adaptarse además para determinar la carga para uno o más componentes mecánicos del tipo de turbina eólica.

25 El aparato comprende además un cuarto procesador adaptado para establecer un primer nivel de potencia del ensayo, en el que el primer nivel de potencia de ensayo puede ser mayor que un nivel de potencia de placa nominal para el tipo de turbina eólica en un primer valor predeterminado; y el cuarto procesador puede adaptarse además para incrementar cada nivel de potencia de ensayo posterior en un segundo valor predeterminado.

30 El aparato puede comprender además un quinto procesador adaptado para establecer un primer nivel de potencia del ensayo, en el que el primer nivel de potencia de ensayo puede ser mayor que un nivel de potencia de placa nominal para el tipo de turbina eólica en un tercer valor predeterminado; y el quinto procesador puede adaptarse además para disminuir cada nivel de potencia de ensayo posterior en un cuarto valor predeterminado.

35 El primer procesador puede adaptarse para simular el espectro de carga para los dos o más niveles de potencia de ensayo simultáneamente, o puede adaptarse para simular el espectro de carga para cada uno de los dos o más niveles de potencia de ensayo por turnos.

40 El segundo procesador puede adaptarse para comparar la carga determinada para cada uno de los dos o más niveles de potencia de ensayo con las cargas de diseño para el tipo de turbina eólica simultáneamente, o puede adaptarse para comparar la carga determinada para cada uno de los dos o más niveles de potencia de ensayo con las cargas de diseño para el tipo de turbina eólica por turnos.

45 El aparato puede comprender además un sexto procesador adaptado para identificar uno o más de los componentes mecánicos para los que la carga determinadas excede la carga de diseño de los uno o más componentes mecánicos; y analizar los uno o más componentes mecánicos para identificar si puede incrementarse la carga de diseño para los uno o más componentes mecánicos.

50 El aparato puede comprender además un octavo procesador adaptado para identificar uno o más de los componentes mecánicos para los que la carga determinada excede la carga de diseño de los uno o más componentes mecánicos; e identificar un control y/o hardware para permitir que los uno o más componentes mecánicos funcionen con una carga mayor que la carga de diseño para los uno o más componentes mecánicos.

55 El aparato puede comprender además un noveno procesador adaptado para determinar para el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica si uno o más componentes eléctricos del tipo de turbina eólica están dentro de los límites de diseño.

60 Si el noveno procesador determina que los límites de diseño para uno o más componentes eléctricos se exceden en el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica, entonces el noveno procesador puede adaptarse además para comprobar la determinación de conservadurismo para identificar si pueden incrementarse los límites de diseño de uno o más componentes eléctricos de modo que para el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica los uno o más componentes eléctricos estén dentro de los límites de diseño incrementados.

65 Si el noveno procesador determina que los límites de diseño para uno o más componentes eléctricos se exceden en el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica, entonces el noveno procesador puede adaptarse además para

identificar un control y/o hardware para permitir que los uno o más componentes eléctricos funcionen en el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica; de modo que puede implementarse el control y/o hardware identificados en el tipo de turbina eólica.

- 5 Si el noveno procesador determina que los límites de diseño para uno o más componentes eléctricos se exceden en el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica, entonces el noveno procesador puede adaptarse además para disminuir el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica en un quinto valor predeterminado; determinar para el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica disminuido si uno o más componentes eléctricos del tipo de turbina eólica están dentro de los límites de diseño; y establecer el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica en un primer nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica disminuido para el que los uno o más componentes eléctricos del tipo de turbina eólica están dentro de los límites de diseño.

15 El aparato puede comprender además un décimo procesador adaptado para determinar un nivel de potencia máxima individual para una o más turbinas eólicas basándose en el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica, en el que el nivel de potencia máxima individual puede usarse en el control de sobreexplotación de las una o más turbinas eólicas.

El nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica puede establecerse para uno o más tipos de turbina eólica.

- 20 El aparato puede comprender además un undécimo procesador adaptado para aplicar un factor de conservadurismo para el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica.

El nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica puede incluir, o definir, uno o más de un par de generador máximo, una corriente de generador máxima, una velocidad de generador máxima y una velocidad de rotor máxima.

- 25 Del primer procesador al undécimo procesador pueden ser el mismo procesador, diferentes procesadores, o cualquier combinación de los mismos. El procesador puede incluir o ser uno cualquiera o más de un controlador, memoria, entradas, salidas, y así sucesivamente, para permitir al procesador realizar las funciones o características necesarias del aspecto de la invención.

- 30 El aparato puede adaptarse, o configurarse, para realizar las funciones y características del aspecto de la invención mediante hardware, software, o cualquier combinación de los mismos.

- 35 Se proporciona un producto de programa informático que comprende código ejecutable legible por ordenador para implementar una cualquiera o todas las funciones y prestaciones del aspecto de la presente invención.

- 40 En un ejemplo dado por referencia solamente un método para determinar un nivel de potencia máxima individual para una o más turbinas eólicas en una planta de generación eólica, comprende: almacenar un nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica para uno o más tipos de turbina eólica; almacenar uno o más valores de carga de fatiga con relación a un intervalo de niveles de potencia para cada uno de los uno o más tipos de turbina eólica; almacenar uno o más parámetros con relación a las condiciones del emplazamiento para el emplazamiento en el que se localiza la planta de generación eólica; y determinar para cada turbina eólica de un tipo de turbina eólica, basándose en al menos los niveles de carga de fatiga almacenados para el tipo de turbina eólica y los parámetros almacenados con relación a las condiciones del emplazamiento, el nivel de potencia máxima individual.

- 45 Por consiguiente, basándose en el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica, niveles de carga de fatiga y condiciones del emplazamiento, puede determinarse un nivel de potencia máxima individual y establecerse para cada turbina eólica individual en una Planta de Generación Eólica. Esto permite ventajosamente que cada turbina eólica funcione y/o se sobreexplota a su potencia máxima en su localización en una Planta de Generación Eólica lo que puede incrementar la producción energética anual de la turbina eólica individual y/o de la Planta de Generación Eólica.

- 50 Determinar el nivel de potencia máxima individual para cada turbina eólica de un tipo de turbina eólica puede comprender además determinar para un nivel de potencia de ensayo, en el que el nivel de potencia de ensayo se establece inicialmente en el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica para el tipo de la turbina eólica, si cada turbina eólica puede funcionar en el nivel de potencia de ensayo basándose en los valores de carga de fatiga y los parámetros relativos a las condiciones del emplazamiento de localización de cada turbina eólica; si la determinación es positiva para una o más turbinas eólicas entonces fijar las una o más turbinas eólicas en un nivel de potencia máxima individual igual al nivel de potencia de ensayo; si la determinación es negativa para una o más turbinas eólicas entonces generar un nivel de potencia de ensayo posterior disminuyendo el nivel de potencia de ensayo en un valor predeterminado; e iterativamente realizar la determinación para cada uno de los niveles de potencia de ensayo posteriores hasta que se establezca el nivel de potencia máxima individual para cada turbina eólica.

- 65 Por lo tanto, pueden comprobarse los niveles de potencia comenzando con el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica para cada turbina eólica individual de ese tipo de turbina eólica para determinar o identificar, basándose en las condiciones en cada turbina eólica individual el nivel de potencia máxima al que la turbina eólica

individual puede sobreexplotarse. Las turbinas eólicas pueden sobreexplotarse a cualquier nivel de potencia hasta el nivel de potencia máxima posible para cada turbina eólica lo que puede incrementar la efectividad y producción energética anual de la turbina eólica individual.

5 El método puede comprender además determinar los valores de carga de fatiga para cada nivel de potencia en el intervalo de niveles de potencia mediante la simulación de uno o más casos de carga a través de un intervalo de velocidades y condiciones del viento.

10 El método puede comprender además determinar las una o más turbinas eólicas que han estado en operación; almacenar datos con relación a la operación histórica de las una o más turbinas eólicas; y alterar los valores de carga de fatiga basándose en los datos relativos a la operación histórica de las una o más turbinas eólicas.

15 Si una turbina eólica ha estado en operación entonces puede haber usado una vida útil efectiva de la turbina eólica significando que no puede ser sobreexplotada a un nivel de potencia más alta de lo que pudiera haber sido. De manera similar, si la turbina eólica ha estado operando por debajo de su capacidad entonces puede tener capacidad de reserva para ser sobreexplotada a un nivel de potencia más alta.

20 El método puede comprender además establecer un nivel de potencia máxima individual en la turbina eólica individual correspondiente.

El método puede comprender además establecer un nivel de potencia máxima individual determinado más bajo en una o más turbinas eólicas individuales.

25 El nivel de potencia máxima individual puede incluir, o definir, uno o más de entre un par de generador máximo individual, una corriente de generador máxima individual, una velocidad de generador máxima individual y una velocidad de rotor máxima individual.

30 En un ejemplo dado solamente para referencia, un aparato para determinar un nivel de potencia máxima individual para una o más turbinas eólicas en una planta de generación eólica, comprende: una memoria adaptada para almacenar un nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica para uno o más tipos de turbina eólica; la memoria está adaptada además para almacenar uno o más valores de carga de fatiga con relación a un intervalo de niveles de potencia para cada uno de los uno o más tipos de turbina eólica; la memoria está adaptada además para almacenar uno o más parámetros con relación a las condiciones del emplazamiento para el emplazamiento en el que se localiza la planta de generación eólica; y un primer procesador adaptado para determinar para cada turbina eólica de un tipo de turbina eólica, basándose en al menos los niveles de carga de fatiga almacenados para el tipo de turbina eólica y los parámetros almacenados con relación a las condiciones del emplazamiento, el nivel de potencia máxima individual.

40 En un ejemplo dado solamente como referencia, un aparato dotado para, o configurado para, almacenar un nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica para uno o más tipos de turbina eólica; almacenar uno o más valores de carga de fatiga con relación a un intervalo de niveles de potencia para cada uno de los uno o más tipos de turbina eólica; almacenar uno o más parámetros con relación a las condiciones del emplazamiento para el emplazamiento en el que se localiza la planta de generación eólica; y determinar para cada turbina eólica de un tipo de turbina eólica, basándose en al menos los niveles de carga de fatiga almacenados para el tipo de turbina eólica y los parámetros almacenados con relación a las condiciones del emplazamiento, el nivel de potencia máxima individual.

50 El primer procesador puede estar adicionalmente adaptado para determinar para un nivel de potencia de ensayo, en el que el nivel de potencia de ensayo se establece inicialmente en el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica para el tipo de la turbina eólica, si cada turbina eólica puede funcionar en el nivel de potencia de ensayo basándose en los valores de carga de fatiga y los parámetros relativos a las condiciones del emplazamiento de localización de cada turbina eólica; si la determinación por el primer procesador es positiva para una o más turbinas eólicas entonces un segundo procesador está adaptado para establecer las una o más turbinas eólicas con un nivel de potencia máxima individual igual al nivel de potencia de ensayo; si la determinación por el primer procesador es negativa para una o más turbinas eólicas entonces el primer procesador está adaptado además para generar un nivel de potencia de ensayo posterior disminuyendo el nivel de potencia de ensayo en un valor predeterminado; y el primer procesador está adaptado además para iterativamente realizar la determinación para cada uno de los niveles de potencia de ensayo posteriores hasta que se establezca el nivel de potencia máxima individual para cada turbina eólica.

60 El aparato puede comprender además un tercer procesador adaptado para determinar los valores de carga de fatiga para cada nivel de potencia en el intervalo de niveles de potencia mediante la simulación de uno o más casos de carga a través de un intervalo de velocidades y condiciones del viento.

65 El aparato puede comprender además un cuarto procesador adaptado para determinar las una o más turbinas eólicas que han estado en operación; estando la memoria adaptada además para almacenar datos con relación a la operación histórica de las una o más turbinas eólicas; y un quinto procesador adaptado para alterar los valores de

carga de fatiga basándose en los datos relativos a la operación histórica de las una o más turbinas eólicas.

El aparato puede comprender además un sexto procesador adaptado para establecer un nivel de potencia máxima individual en la turbina eólica individual correspondiente.

5 El aparato puede comprender además un séptimo procesador adaptado para establecer un nivel de potencia máxima individual determinado más bajo en una o más turbinas eólicas individuales.

10 El nivel de potencia máxima individual puede incluir, o definir, uno o más de entre un par de generador máximo individual, una corriente de generador máxima individual, una velocidad de generador máxima individual y una velocidad de rotor máxima individual.

15 Del primer procesador al séptimo procesador pueden ser el mismo procesador, diferentes procesadores, o cualquier combinación de los mismos. Los procesadores pueden incluir uno o más de entre controladores, memoria, entradas, salidas, y así sucesivamente, para permitir a los procesadores realizar las funciones y características del aspecto de la invención.

El aparato puede adaptarse, o configurarse, mediante hardware, software, o cualquier combinación de los mismos.

20 Se proporciona un producto de programa informático que comprende código ejecutable legible por ordenador para implementar una o más de las funciones o características del aspecto de la presente invención.

25 En un ejemplo dado solamente como referencia, un método que comprende: simular un espectro de carga para dos o más niveles de potencia de ensayo para determinar una carga sobre un tipo de turbina eólica para cada uno de los dos o más niveles de potencia de ensayo; comparar la carga determinada para cada nivel de potencia de ensayo con una carga de diseño para el tipo de turbina eólica; establecer un nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica para el tipo de la turbina eólica como el nivel de potencia de ensayo máximo en el que la carga determinada no excede la carga de diseño para el tipo de turbina eólica; almacenar uno o más valores de carga de fatiga con relación a un intervalo de niveles de potencia para el tipo de turbina eólica; almacenar uno o más parámetros con relación a las condiciones del emplazamiento para el emplazamiento en el que se localiza una planta de generación eólica; y determinar para cada turbina eólica del tipo de turbina eólica en la planta de generación eólica, basándose en al menos los niveles de carga de fatiga almacenados para el tipo de turbina eólica y los parámetros almacenados con relación a las condiciones del emplazamiento, un nivel de potencia máxima individual.

35 Las funciones y características de los diversos aspectos y realizaciones de la presente invención pueden estar separados o combinarse en cualquier forma para permitir que la presente invención se implemente y realice.

Se describirán ahora realizaciones de la presente invención, solamente a modo de ejemplo, y con referencia a los dibujos adjuntos, en el que:

40 La Figura 1 muestra una vista esquemática de una turbina eólica de acuerdo con muchas de las realizaciones de la presente invención.

45 La Figura 2 muestra una vista esquemática de una planta de generación eólica de acuerdo con muchas de las realizaciones de la presente invención.

La Figura 3 muestra un diagrama de flujo de acuerdo con muchas de las realizaciones de la presente invención.

50 Con referencia a la Figura 1, una turbina eólica 101 incluye típicamente cimentaciones 102 a las que se fija una torre 103, para que la torre 103 se pueda mantener con seguridad y establemente en su localización. En la turbina eólica 101 de ejemplo mostrada en la Figura 1, la turbina eólica 101 se localiza en tierra y como tal las cimentaciones 102 son típicamente cimentaciones de hormigón para fijar la turbina eólica 101 al terreno.

55 Sin embargo, como se apreciará, las cimentaciones 102 pueden ser cualquier cimentación adecuada para mantener con seguridad y establemente la turbina eólica 101 en su localización. Las cimentaciones pueden incluir por lo tanto una plataforma, una plataforma flotante para turbinas eólicas marinas, cables de anclaje, y así sucesivamente.

60 En la parte superior de la torre 103 se localiza una góndola 104, en la que la góndola aloja típicamente muchos sistemas eléctricos, sistemas mecánicos, y sistemas hidráulicos (no mostrados por facilidad de ilustración) para controlar la turbina eólica 101 y permitir la generación de energía eléctrica.

65 Se conecta un buje 105 a la góndola 104. El buje 105 se fija típicamente a un árbol de accionamiento (no mostrado por facilidad de ilustración) que acciona un generador (no mostrado por facilidad de ilustración) en la góndola 104 para generar energía eléctrica.

Fijadas al buje 105 hay un número de palas de turbina 106, que giran bajo la influencia del viento que impacta para

hacer girar el árbol de accionamiento que se conecta al generador. En el ejemplo mostrado en la Figura 1, la turbina eólica 101 comprende tres palas de turbina 106 pero, como se apreciará, puede haber cualquier número de palas de turbina adecuado para la finalidad de la turbina eólica 101. Por otra parte, la turbina eólica 101 de ejemplo mostrada en la Figura 1 es una Turbina Eólica de Eje Horizontal, pero como se apreciará, la turbina eólica 101 puede ser una Turbina Eólica de Eje Vertical.

Con referencia a la Figura 2, se muestra un esquema de una planta de generación eólica (WPP) 201 que comprende cinco turbinas eólicas 202. Como se apreciará, puede haber cualquier número de turbinas eólicas 202 en una WPP 201 dependiendo de la cantidad requerida de energía eléctrica, el tamaño de la localización de la WPP 201, y otros similares. Puede haber decenas, centenares o incluso millares de turbinas eólicas 202 que pueden formar una WPP 201.

Las turbinas eólicas 202 se conectan típicamente operativamente a un controlador de la planta de generación eólica (WPPC) 203. El WPPC 203 controla típicamente la WPP, por ejemplo, el WPPC puede controlar selectivamente turbinas eólicas individuales para reducir su producción de electricidad, o cesar la producción completamente, para regular la cantidad total de electricidad que se está generando por la WPP. Cada turbina eólica 202 comprende típicamente un controlador de turbina eólica (o serie de controladores) para controlar la operación de la turbina eólica 202 y el WPPC 203 típicamente coopera con los controladores de la turbina eólica 204 para gestionar y controlar la WPP 201.

El WPPC 203 puede localizarse conjuntamente con las turbinas eólicas 202 en la WPP 201 o puede localizarse externamente a la WPP 201. El WPPC 203 puede incluir un único controlador/procesador 206 para implementar la funcionalidad del WPPC o puede incluir dos o más controladores/procesadores 206 que cooperan para implementar la funcionalidad del WPPC 203.

Puede haber sistemas de control y/o sistemas de ordenador 205, que pueden asociarse con la WPP 201 o utilizarse para controlar la WPP 201, plan y/o puesta en servicio de la WPP 201, o proporcionar cualquier soporte adecuado para la operación de la WPP 201. Los sistemas de control y sistemas de ordenador 205 adicionales pueden incluir uno o más controladores/procesadores 207 para implementar la funcionalidad de los sistemas de control y/o sistemas de ordenador 205 adicionales.

Con referencia a la Figura 3, que muestra un diagrama de flujo, se describirá el control de la sobreexplotación de acuerdo con muchas realizaciones.

En la etapa 301, se determina un nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica para uno o más tipos de turbinas eólicas. En este ejemplo, se utiliza un sistema de ordenador fuera de línea para determinar el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica. Sin embargo, como se apreciará, la funcionalidad para determinar el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica puede implementarse por un sistema de ordenador en línea, o cualquier otro software y/o hardware asociado con las turbinas eólicas y/o la WPP.

El nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica es el nivel de potencia máxima que un tipo dado de turbina eólica tiene permitido producir cuando el viento es adecuadamente fuerte si ha de ser operada en el límite de las cargas de diseño de los componentes de la turbina eólica. El nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica es aplicable efectivamente para la vida útil de diseño de la turbina. Por lo tanto, el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica será típicamente más alto que el valor de placa nominal para ese tipo de turbina eólica dado que el valor de placa nominal es típicamente un valor más conservador.

Un tipo de turbina eólica, tal como se usa en los ejemplos y realizaciones siguientes, puede entenderse como una turbina eólica con el mismo sistema eléctrico, sistema mecánico, generador, caja de engranajes, palas de turbina, longitud de pala de turbina, altura del buje, y así sucesivamente. Por consiguiente, cualquier diferencia con la estructura o componentes principales de una turbina eólica genera efectivamente un nuevo tipo de turbina eólica, para la finalidad de las realizaciones de la presente invención. Por ejemplo, la misma turbina eólica excepto por diferentes alturas de buje (por ejemplo, alturas de torre) serían dos tipos diferentes de turbina eólica. De manera similar, la misma turbina eólica excepto por longitudes de pala de turbina diferentes serían consideradas también dos tipos diferentes de turbina eólica. También, unas turbinas eólicas para 50 Hz y 60 Hz se consideran tipos diferentes de turbina eólica, así como lo son turbinas eólicas diseñadas para clima frío y clima cálido.

El tipo de turbina eólica no corresponde por tanto necesariamente a la clase de turbina eólica de la Comisión Electrotécnica (IEC) dado que diferentes tipos de turbina pueden estar en la misma clase IEC de turbina eólica en las que cada tipo de turbina eólica puede tener un nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica diferente basándose en el diseño de, y componentes en, la turbina eólica.

En el ejemplo que sigue, la turbina eólica se clasifica como un nivel de potencia de valor de placa nominal de 1,65 MW (1650 kW), con una altura de buje de 78 metros y diseñada para servicio en las condiciones de una Clase Eólica IEC específica.

El nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica puede determinarse a continuación para este tipo de turbina eólica simulando un espectro de carga para un primer nivel de potencia de sobreexplotación de ensayo para identificar las cargas sobre el tipo de turbina eólica para ese primer nivel de potencia. Las cargas pueden ser cargas mecánicas, cargas de fatiga, cualesquiera otras cargas que puedan experimentarse por la turbina eólica, o cualquier combinación de diferentes cargas. En este ejemplo, se consideran sin embargo las cargas mecánicas, como se apreciará, otras cargas, por ejemplo, cargas de fatiga podrían tenerse también en cuenta. El proceso de simular el espectro de carga puede incluir también o ser una extrapolación u otra forma de análisis que pueda realizarse para determinar la carga sobre el tipo de turbina eólica.

Un espectro de carga incluye típicamente un intervalo de diferentes casos de ensayo que pueden ejecutarse en una simulación en ordenador de una turbina eólica. Por ejemplo, el espectro de carga puede incluir casos de ensayo para vientos a 8 m/s durante una duración de 10 minutos, para 10 m/s durante 10 minutos, para diferentes direcciones del viento, para diferentes turbulencias del viento, para el arranque de la turbina eólica, para la parada de la turbina eólica, y otros similares. Como se apreciará, hay muchas diferentes velocidades del viento, condiciones del viento, condiciones de operación de la turbina eólica, y/o condiciones de falta para las que hay casos de ensayo a ser ejecutados en la simulación de la turbina eólica del espectro de carga. Los casos de ensayo pueden incluir datos auténticos, datos reales o datos artificiales (por ejemplo, para ráfagas durante 50 años que se definen en las normas relativas a las turbinas eólicas). La simulación del espectro de carga puede determinar las fuerzas y cargas que afectan a la turbina eólica para todos los casos de ensayo en el espectro de carga. Esta simulación puede estimar o determinar también el número de veces que el evento del caso de ensayo puede tener lugar, por ejemplo, un caso de ensayo de viento de 10 m/s durante una duración de 10 minutos puede esperarse que ocurra 2000 veces durante la vida útil de 20 años de la turbina eólica y por lo tanto puede calcularse la fatiga sobre la turbina eólica durante la vida útil de la turbina eólica. La simulación puede calcular o determinar también los daños de fatiga o carga en que se podría incurrir por los diversos componentes en la turbina eólica basándose en las cargas determinadas que afectan a la turbina eólica.

En este ejemplo, el primer nivel de potencia de ensayo puede ser 1700 kW dado que este es mayor que el nivel de potencia del valor de placa nominal para el tipo de turbina eólica que se está considerando en este ejemplo. El espectro de carga puede simularse entonces para el tipo dado de turbina eólica para determinar si el tipo de turbina eólica puede funcionar en ese primer nivel de potencia de ensayo sin exceder las cargas de diseño últimas de los componentes mecánicos del tipo de turbina eólica. Si la simulación identifica que el tipo de turbina eólica puede funcionar en el primer nivel de potencia de ensayo entonces puede repetirse el mismo proceso para un segundo nivel de potencia de ensayo. Por ejemplo, el segundo nivel de potencia de ensayo, en este ejemplo, puede ser 1725 kW. El espectro de carga se simula entonces para el tipo dado de turbina eólica para identificar si ese tipo de turbina eólica puede funcionar en ese segundo nivel de potencia de ensayo sin exceder las cargas de diseño últimas de los componentes mecánicos.

Si las cargas de diseño últimas de los componentes mecánicos no se exceden entonces el proceso de simular el espectro de carga para niveles de potencia de ensayo adicionales puede realizarse iterativamente. En este ejemplo, los niveles de potencia de ensayo se incrementan en etapas de 25 kW, sin embargo, como se apreciará, las etapas incrementales pueden ser cualquiera adecuadas para la finalidad de identificar el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica, por ejemplo, 5 kW, 10 kW, 15 kW, 20 kW, 30 kW, 50 kW, y así sucesivamente, o incrementarlo en un porcentaje del nivel de potencia de ensayo, por ejemplo, incrementos del 1 %, incrementos del 2 %, incrementos del 5 %, y así sucesivamente. Como alternativa, el proceso comienza en un primer nivel alto de potencia de ensayo y para cada iteración se incrementa el nivel de potencia de ensayo en una cantidad adecuada hasta que se identifique el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica, es decir el primer nivel de potencia de ensayo en el que el tipo de turbina eólica puede funcionar sin exceder las limitaciones de diseño últimas.

En este ejemplo, el tipo dado de turbina eólica se identifica como capaz de funcionar con niveles de potencia de ensayo adicionales de 1750 kW, 1775 kW y 1800 kW antes de que se exceda una limitación de diseño de uno o más componentes mecánicos a 1825 kW.

Por tanto, el proceso identifica que el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica para este tipo de turbina es 1800 kW.

En realizaciones adicionales, dado que el tipo de turbina eólica no excedía las cargas de diseño finales para los componentes mecánicos a 1800 kW pero excedía las cargas de diseño finales para los componentes mecánicos a 1825 kW entonces el proceso podría incrementar iterativamente de modo adicional los niveles de potencia de ensayo con incrementos más pequeños, por ejemplo, 5 kW para identificar si la turbina eólica podría funcionar sin exceder las cargas de diseño finales mecánicas con un nivel de potencia entre 1800 kW y 1825 kW. Sin embargo, en el ejemplo actual, el nivel de potencia de 1800 kW se toma como del nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica para este tipo de turbina eólica.

En realizaciones adicionales, pueden realizarse análisis adicionales una vez se alcanza un nivel de potencia de ensayo en el que el tipo de turbina eólica excede las cargas de diseño últimas de uno o más de los componentes mecánicos. Por ejemplo, si el componente mecánico para el que la carga de diseño final se excedía en un nivel de

potencia de ensayo dado es, por ejemplo, una caja de engranajes, entonces podría realizarse un análisis para el componente mecánico, por ejemplo, una caja de engranajes. Por ejemplo, si el par final de la caja de engranajes excedía las limitaciones de diseño entonces podría realizarse un análisis de los componentes específicos de la caja de engranajes para identificar los puntos débiles. Los puntos débiles en este caso pueden ser, por ejemplo, la carcasa y los brazos de par, y por lo tanto mediante el análisis de estos puntos débiles puede identificarse que las cargas incrementadas al nivel de potencia de ensayo no incrementarían de hecho las cargas sobre los puntos débiles más allá de la carga de diseño final del componente en los puntos débiles identificados, debido a factores de seguridad presentes en esos componentes. Por lo tanto, después de analizar los componentes de la caja de engranajes puede identificarse que de hecho la caja de engranajes podría funcionar en el nivel de potencia de ensayo dado. Asimismo, podría realizarse también un análisis de elementos finitos (FE) sobre uno o más componentes que exceden las cargas de diseño finales.

En realizaciones adicionales, una vez se ha determinado el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica para un tipo dado de turbina eólica puede ser adecuado aplicar un factor conservador al nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica. Por ejemplo, si el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica determinado puede reducirse en una cantidad predeterminada, por ejemplo, 1 %, 2 %, 5%, 10 kW, 25 kW, 50 kW, y así sucesivamente, como el factor conservador. Este factor conservador puede aplicarse para asegurar que no puede excederse en ninguna circunstancia el nivel absoluto de potencia máxima tipo de turbina eólica.

Sin embargo, en la presente realización dicho análisis adicional no se realiza ni es un factor conservador aplicado y el nivel de potencia máxima tipo de la turbina eólica se identifica o determina como 1800 kW a partir del proceso de nivel de potencia de ensayo incremental descrito en el presente documento anteriormente.

El proceso de determinar el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica puede realizarse entonces para cualquier tipo adicional de turbina eólica que haya de ser analizada.

En la etapa 302 de la Figura 3, pueden considerarse o evaluarse las limitaciones de diseño para los componentes eléctricos en el tipo de turbina eólica para el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica previamente determinado. Como se ha descrito anteriormente en el presente documento, el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica para el tipo de turbina eólica que se está analizando en esta realización se determinó en el presente documento anteriormente como 1800 kW con relación a sus componentes mecánicos.

Por lo tanto, en la etapa 302, se consideran los componentes eléctricos principales para asegurar que el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica determinado no excede las limitaciones de diseño para los componentes eléctricos principales del tipo de turbina eólica que se está analizando. Los componentes eléctricos principales pueden incluir, por ejemplo, el generador, transformador, cables internos, contactores, o cualquier otro componente eléctrico en el tipo de turbina eólica.

Basándose en simulaciones y/o cálculos se determina entonces si los componentes eléctricos principales pueden funcionar en el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica previamente determinado. Por ejemplo, la operación en el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica determinado puede provocar que se incremente la temperatura de uno o más cables eléctricos dentro de la turbina eólica y reducir de ese modo la capacidad de transporte de corriente eléctrica de los cables eléctricos, que se determina por el tamaño de conductor del cable y las condiciones de disipación térmica. Por lo tanto, la capacidad de transporte de corriente se calcularía para las nuevas condiciones de temperatura para determinar si los cables eléctricos son capaces de funcionar a niveles de potencia hasta el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica. Pueden tenerse en cuenta consideraciones similares para otros componentes eléctricos, por ejemplo, la temperatura de los componentes, capacidad de los componentes y otros similares, para identificar si los componentes eléctricos pueden funcionar a niveles de potencia hasta el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica.

Si se determina o identifica que los componentes eléctricos pueden funcionar a nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica previamente determinado con relación a los componentes mecánicos entonces, en la etapa 303 de la Figura 3, para el tipo dado de turbina eólica entonces se establece o registra el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica como del nivel de potencia máxima para el tipo dado de turbina eólica.

Sin embargo, si uno o más de los componentes eléctricos no tienen capacidad para funcionar en el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica previamente determinado entonces pueden seguirse una o más de tres opciones.

En primer lugar, pueden analizarse los cálculos o simulaciones utilizados para identificar los uno o más componentes eléctricos que no pueden funcionar en el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica previamente determinado para identificar si se incorporó cualquier conservadurismo en los cálculos/simulaciones. Basándose en el análisis, puede identificarse que uno o más componentes eléctricos pueden, de hecho, tener capacidad para funcionar en el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica previamente determinado debido al conservadurismo de los cálculos/simulaciones usadas. En ese caso, entonces, en la etapa 303 de la Figura 3, puede establecerse el nivel de potencia máxima para el tipo dado turbina eólica en el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica previamente determinado. Por ejemplo, la corriente eléctrica que resultaría del nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica

previamente determinado puede depender de, al menos en parte, la tensión de la red a la que se conecta la WPP. En algunos emplazamientos de generación eólica la tensión en la red puede ser menos estable y variar más que en otros emplazamientos eólicos. En donde puede determinarse que la variación de tensión sobre un emplazamiento eólico individual dado será menor que la variación para la que se han diseñado los componentes eléctricos entonces puede permitirse que la turbina funcione a una potencia más alta.

En segundo lugar, el diseño de los componentes eléctricos y/o componentes mecánicos a los que pueden asociarse los componentes eléctricos, puede analizarse para identificar si puede implementarse una solución de control por software y/o control por hardware para permitir que el tipo dado de turbina eólica funcione con el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica previamente determinado. Por ejemplo, la solución de control (por hardware y/o software) puede permitir que la turbina eólica funcione con el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica durante un período de tiempo antes de impedir o cancelar la operación de la turbina eólica en el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica hasta que sea capaz de hacerlo de nuevo. Un ejemplo de esto puede ser que los cálculos/simulaciones indiquen que un componente eléctrico, por ejemplo, la caja de terminales del generador, puede sobrecalentarse en el nivel de potencia máxima tipo de la turbina eólica. Sin embargo, tras el análisis de ese componente eléctrico puede identificarse que podrían implementarse sensores adicionales, por ejemplo, sensores de temperatura, en o cerca del componente eléctrico de modo que el funcionamiento de la turbina eólica pueda controlarse para cancelar o impedir el funcionamiento en el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica si las mediciones de temperatura desde los sensores de temperatura son mayores que un umbral. Si la condición que puede provocar que el cálculo/simulación de los componentes eléctricos fallen puede resolverse o compensarse a través de control por software y/o control por hardware en la etapa 303 de la Figura 3, puede establecerse o registrarse el nivel de potencia máxima para el tipo dado de turbina eólica como del nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica previamente determinado.

En tercer lugar, si los cálculos/simulaciones identifican uno o más componentes eléctricos que no pueden funcionar en el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica previamente determinado y no es posible una solución para el fallo de los uno o más componentes eléctricos, entonces puede determinarse a continuación un nuevo nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica para el tipo de turbina eólica dado. Por ejemplo, el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica previamente determinado puede disminuirse en una cantidad predefinida (ejemplo 25 kW, 50 kW, 1 %, 2 %, y así sucesivamente), y los cálculos/simulación realizarse de nuevo sobre los componentes eléctricos. Los cálculos/simulaciones se realizan en niveles de potencia de ensayo disminuida hasta que se determina un nivel de potencia de ensayo en el que no se exceden las capacidades de diseño de los componentes eléctricos. El nivel de potencia de ensayo nuevamente determinado puede entonces, en la etapa 303 de la Figura 3, establecerse o registrarse como el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica para ese tipo dado de turbina eólica.

En esta realización, se determina a partir del análisis de los componentes eléctricos que, para el tipo dado de turbina eólica, los componentes eléctricos son capaces de funcionar en el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica previamente determinado de 1800 kW. Por tanto, en la etapa 303 de la Figura 3, el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica para este tipo de turbina eólica se establece en o registra como 1800 kW.

En las realizaciones descritas anteriormente, las etapas de identificar el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica a la que los componentes mecánicos principales y los componentes eléctricos principales de un tipo dado turbina eólica son capaces de funcionar se realiza por separado. Sin embargo, como se apreciará, las etapas pueden realizarse conjuntamente, por ejemplo, un análisis de componentes mecánicos y componentes eléctricos combinado. En las realizaciones anteriormente descritas los componentes mecánicos principales se analizan previamente a los componentes eléctricos principales, sin embargo, como se apreciará, estas etapas son intercambiables para determinar el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica para el tipo dado de turbina eólica.

El proceso anteriormente descrito puede realizarse a continuación para tipos adicionales de turbinas eólicas, de modo que se determine y registre el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica para todos los tipos diferentes de turbinas eólicas.

Una vez se ha determinado el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica para cada tipo de turbina eólica entonces puede utilizarse este parámetro para determinar o identificar el nivel de potencia máxima en el que una turbina eólica podría sobreexplotarse bajo ciertas condiciones y en su localización en una WPP. Como se ha descrito anteriormente en el presente documento, el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica determinado para un tipo dado de turbina eólica es el nivel de potencia máxima en que el tipo de turbina eólica podría sobreexplotarse, o ser capaz de funcionar, sin exceder las cargas de diseño finales y/o limitaciones del tipo dado de turbina eólica.

Sin embargo, las condiciones en la localización o emplazamiento de la WPP pueden impedir que el tipo de turbina eólica pueda ser sobreexplotada en el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica determinado. O, las condiciones a las que se enfrentan algunas de las turbinas eólicas en la WPP pueden impedir que esas turbinas eólicas sean sobreexplotadas en el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica determinado para ese tipo de turbina eólica.

Por lo tanto, es preferible que se determine un nivel de potencia máxima individual, por ejemplo, el nivel de potencia de sobreexplotación máxima, para cada turbina eólica en una WPP, o un nivel de potencia máxima de la WPP, por ejemplo, el nivel de potencia máxima de sobreexplotación, se determina para una WPP como conjunto.

5 Es ventajoso tener niveles de potencia máxima individuales para cada turbina eólica en una WPP dado que las condiciones en una WPP pueden variar a lo largo del emplazamiento de la WPP. Por lo tanto, puede darse el caso de que una turbina eólica en una localización en la WPP pueda enfrentarse a condiciones diferentes a otra turbina eólica del mismo tipo en una localización diferente en la WPP. Por consiguiente, las dos turbinas eólicas del mismo tipo pueden requerir niveles de potencia máxima individual diferentes, o puede aplicarse el nivel de potencia máxima individual más bajo a todas las turbinas eólicas de ese tipo en la WPP dependiendo de la implementación preferida.

10 En esta realización se determinará un nivel de potencia máxima individual específico de la turbina eólica. Por consiguiente, se analiza la WPP para determinar o identificar el nivel de potencia máxima individual para cada turbina eólica en la WPP, en la que la WPP puede incluir uno o más tipos diferentes de turbina eólica.

15 El análisis puede realizarse usando un sistema de ordenador que esté en línea o fuera de línea con relación a la operación y control de la WPP. La herramienta para realizar este análisis puede ser la misma que o diferente del sistema utilizado para determinar el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica para cada tipo de turbina eólica, como se ha descrito en el presente documento anteriormente. En el ejemplo que sigue, se utiliza una herramienta de comprobación del emplazamiento (SC) fuera de línea separada de la usada para determinar el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica para analizar la WPP y para determinar el nivel de potencia máxima individual para cada turbina eólica/la WPP.

20 En primer lugar, se configura o fija la herramienta SC para ser capaz de determinar un nivel de potencia máxima individual para cada turbina eólica en una WPP dada.

25 En la etapa 304 de la Figura 3, la herramienta SC se rellena con el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica previamente determinado para cada tipo de turbina eólica y se rellena con los valores de carga de fatiga para un intervalo de niveles de potencia diferentes para cada tipo de turbina eólica en la WPP.

30 Los valores de carga de fatiga pueden calcularse fuera de línea y pueden calcularse por la herramienta SC o por el sistema fuera de línea que determinó el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica para cada tipo de turbina eólica. En esta realización, el sistema fuera de línea que determinó el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica calcula los valores de carga de fatiga para cada tipo de turbina eólica.

35 El intervalo de niveles de potencia para el que los valores de carga de fatiga se calculan depende del tipo de turbina eólica y su nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica, previamente determinado o identificado. En el ejemplo descrito anteriormente, el tipo de turbina eólica que se está analizando tenía un valor de placa nominal de 1650 kW y se determinó que tenía un nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica de 1800 kW. Por lo tanto, el intervalo de niveles de potencia para el que se calculan los valores de carga de fatiga puede ser desde el valor de la placa nominal de 1650 kW al nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica de 1800 kW. El intervalo de niveles de potencia puede comenzar por lo tanto a 1650 kW e incrementarse en etapas de 20 kW, 25 kW, 40 kW, 50 kW, y así sucesivamente, o en términos de porcentaje, por ejemplo, 1 %, 2 %, 5 %, y así sucesivamente, hasta que se alcance el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica para el tipo dado de turbina eólica.

40 Como se apreciará, diferentes tipos de turbina eólica tendrán diferentes valores de placa nominales y diferentes niveles de potencia máxima tipo de turbina eólica determinados.

45 Puede ser útil también considerar los valores de carga de fatiga para niveles de potencia disminuidos del tipo de turbina eólica o para cada turbina eólica individual. Por ejemplo, en este caso en el que el tipo de turbina eólica tiene un valor de placa nominal de 1650 kW entonces el intervalo de niveles de potencia para el que los valores de carga de fatiga se calculan puede iniciarse en su lugar en, por ejemplo, 1400 kW hasta el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica para incluir los niveles de potencia reducidos para la turbina eólica.

50 La ventaja de incluir niveles de potencia reducidos es que, de media, puede conseguirse un nivel de potencia máxima individual más alto, debido a que la reducción esperada o real de la turbina eólica proporcionará más capacidad de fatiga de reserva en los componentes.

55 Los valores de carga de fatiga se usan para todo el espectro de condiciones de operación e intervalos de nivel de potencia, dado que los daños de fatiga se acumulan en todas las condiciones de operación y niveles de potencia, pero a diferentes ritmos. En consecuencia, puede ser beneficioso utilizar en el cálculo el tiempo esperado o real que una turbina eólica puede emplear en cada nivel de potencia de operación, incluyendo niveles de potencia tanto de sobreexplotación como no sobreexplotación, para determinar la cantidad de fatiga y o daño a los componentes de la turbina eólica.

60 Sin embargo, en esta realización los valores de carga de fatiga solo se calcularán para cada tipo de turbina eólica a

partir de los valores de placa nominales hasta el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica determinado.

5 El sistema fuera de línea determina los valores de carga de fatiga para cada nivel de potencia en el intervalo mediante la ejecución o simulación de casos de carga a través de un intervalo de velocidades del viento (por ejemplo, 4 m/s a 20 m/s) con duraciones de 5 o 10 minutos. Por consiguiente, se calcula y genera un número significativo de niveles de carga de fatiga para cada nivel de potencia en el intervalo de niveles de potencia. La simulación de casos de carga puede incluir también la extrapolación o cualquier otro análisis que pudiera realizarse para calcular o generar los niveles de carga de fatiga.

10 Asimismo, el sistema fuera de línea puede calcular también los valores de carga de fatiga basándose en uno o más intervalos de otras variables, tales como velocidad del viento, turbulencias, densidad del aire, y otros similares.

La herramienta de SC se rellena con al menos los valores de carga de fatiga calculados pertinentes para el tipo o tipos de turbinas eólicas en una WPP dada que se está analizando.

15 En la etapa 305 de la Figura 3, la herramienta de SC se rellena con información o parámetros con relación a la topografía, terreno, condiciones del viento, y otros similares del emplazamiento de la WPP dada. La información de topografía y terreno puede proporcionarse por inspecciones del emplazamiento y/o a partir del conocimiento del emplazamiento de la WPP, que puede incluir detalles de pendientes, barrancos, ángulos del flujo de entrada para cada turbina en la WPP, y otros similares. Las condiciones del viento, por ejemplo, velocidades del viento (estacionales, anuales, etc.), intensidad de turbulencia (estacionales, anuales, etc.), densidad del aire (estacionales, anuales, etc.), temperatura (estacionales, anuales, etc.), y otros similares, pueden proporcionarse a partir de datos de Met Mast y/o condiciones del viento experimentadas y registradas por las turbinas eólicas y/o el WPPC en la localización de la WPP.

25 La herramienta de SC puede comprender una o más memorias, bases de datos, u otras estructuras de datos, para almacenar y mantener los valores de carga de fatiga para cada tipo de turbina eólica, niveles de potencia máxima tipo de turbina eólica para cada tipo de turbina eólica, e información y/o parámetros con relación a las condiciones del emplazamiento de la WPP.

30 Una vez se ha rellenado la herramienta de SC con los datos pertinentes entonces puede determinarse el nivel de potencia de sobreexplotación para cada turbina eólica.

35 En la etapa 306 de la Figura 3, puede identificarse si el proceso para determinar el nivel de potencia máxima individual específico de la turbina eólica (o específico de la WPP) de nivel de potencia de sobreexplotación se está aplicando a una WPP (por ejemplo, como una renovación) o se está aplicando a una WPP nueva, o recientemente instalada.

40 En el caso en el que la determinación del nivel de potencia máxima individual específico de turbina eólica (por ejemplo, el nivel de potencia de sobreexplotación máximo posible para la turbina eólica individual) se esté aplicando a una WPP existente que ha estado en operación durante un cierto tiempo (por ejemplo, un año o más) entonces el método puede trasladarse a la etapa 307 de la Figura 3. Como alternativa, podría ignorarse cualquier operación histórica de la WPP y/o de las turbinas eólicas y la WPP existente ser considerada efectivamente como una nueva WPP para la finalidad de determinar el nivel de potencia máxima individual para cada turbina eólica/ WPP específica.

45 En este caso, el proceso proseguirá a la etapa 308 de la Figura 3.

En el caso en el que la determinación del nivel de potencia máxima individual específico de turbina eólica se esté aplicando a una nueva WPP o a una WPP que ha estado en operación durante un corto período de tiempo (por ejemplo, menos de un año) entonces el método de las realizaciones se traslada a la etapa 308 de la Figura 3.

50 Volviendo a la etapa 307, en el caso de que el proceso se esté aplicando a una WPP existente, la herramienta de SC puede rellenarse adicionalmente con información histórica o datos relativos a la operación de la WPP y/o de cada operación de la turbina eólica hasta la fecha. Los datos históricos pueden incluir, por ejemplo, el número de años de operación hasta la fecha, los niveles de operación de las turbinas eólicas, temperaturas y otras condiciones medidas en la turbina que pudieran provocar potencialmente que el sistema de control limite la sobreexplotación si dichas condiciones fueran a ocurrir en la operación futura, y así sucesivamente.

60 Mediante la utilización de datos existentes o históricos sobre la operación de la WPP y/o para cada una de las turbinas eólicas entonces puede determinarse un nivel de potencia máxima individual más efectivo. Por ejemplo, si los datos de operación históricos muestran que las condiciones del viento han estado por debajo del régimen de diseño para las turbinas eólicas entonces podría haber efectivamente una "capacidad de reserva" adicional en la fatiga de componentes. En otras palabras, Si la WPP ha visto velocidades de viento más bajas que las esperadas entonces las turbinas eólicas no habrán sido operadas a su capacidad más completa y como tales no habrán sido sometidas a tanta fatiga de componentes como esperado y por lo tanto pueden permitir que se consiga un nivel más alto de sobreexplotación. De manera similar, si la WPP ha visto velocidades de viento mayores que las esperadas entonces el nivel de sobreexplotación podría reducirse para asegurar que los componentes de la turbina eólica

alcanzan su vida útil esperada (típicamente 20 años).

Los datos históricos con relación a la operación de la WPP y/o de las turbinas eólicas en la WPP pueden usarse para alterar o corregir los valores de carga de fatiga calculados en la etapa previa, de modo que se tengan en cuenta datos históricos de operación cuando se determina el nivel de potencia de sobreexplotación para cada turbina eólica específica.

Por ejemplo, puede ser necesario limitar la sobreexplotación en días cálidos cuando las temperaturas críticas se aproximan a sus límites de operación incluso aunque las condiciones de viento fuerte pudieran permitir en caso contrario que se genere más potencia. Los datos históricos permitirán que se estime la duración de dichos periodos y se usarán para corregir las predicciones basadas en el viento de cuánta operación en sobreexplotación es probable que tenga lugar en el futuro. Teniendo en cuenta periodos de restricción en la sobreexplotación que surgen de condiciones distintas que la disponibilidad de condiciones del viento adecuadas dará como resultado una estimación menor de la carga de fatiga futura de la que se calcularía en caso contrario permitiendo así que se calcule un límite superior más alto de la potencia de sobreexplotación, y por lo tanto un nivel de potencia máxima individual.

El proceso puede continuar entonces a la etapa 308 de la Figura 3 para determinar los niveles de potencia máxima individuales específicos de cada turbina eólica en la WPP.

En la etapa 308 de la Figura 3, los niveles de potencia máxima individuales específicos de la turbina eólica pueden determinarse por la herramienta de SC basándose en, al menos parte, la información y datos con la que se ha rellenado la herramienta de SC en las etapas precedentes descritas en el presente documento anteriormente.

La herramienta de SC puede considerar cada turbina eólica por turnos, puede considerar todas las turbinas eólicas en la WPP para cada tipo de turbina eólica por turnos o puede considerar todas las turbinas eólicas de todos los tipos en la WPP juntas para determinar el nivel de potencia máxima individual específico de la turbina eólica para cada turbina eólica en la WPP.

En esta realización, la herramienta de SC considerará todas las turbinas eólicas en la WPP del mismo tipo por turnos.

Como se ha descrito anteriormente en el presente documento, la herramienta de SC se rellena con el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica para cada tipo de turbina eólica, los valores de carga de fatiga para cada tipo de turbina eólica para al menos un intervalo de niveles de potencia (que pueden o no haber sido corregidos o alterados por datos de operación históricos si la WPP ha estado en operación durante un año o más), y las condiciones del emplazamiento de la WPP (que pueden incluir el terreno y condiciones que pueden afectar a cada turbina eólica en la WPP).

En los ejemplos dados en el presente documento anteriormente, se consideró un tipo de turbina eólica y se determinó el nivel de potencia máxima como 1800 kW. Por lo tanto, en este ejemplo la herramienta de SC puede determinar un nivel de potencia máxima individual específica de la turbina eólica para cada una de las turbinas eólicas de este tipo.

La herramienta de SC puede comenzar en el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica para el tipo de turbina eólica, por ejemplo, 1800 kW en este ejemplo, y comprobar los valores de carga de fatiga para cada turbina basándose en una o más de las condiciones a las que se enfrenta cada una de las turbinas eólicas en su localización específica o posición en la WPP.

Si una turbina eólica específica del tipo dado de turbina eólica es capaz de funcionar a 1800 kW, basándose en los valores de carga de fatiga determinados por el nivel de potencia de 1800 kW y dadas las condiciones del emplazamiento a las que se enfrenta esa turbina eólica (por ejemplo, condiciones del viento esperadas, condiciones del terreno, etc.) entonces el nivel de potencia máxima individual para sobreexplotación de esa turbina eólica particular puede establecerse en 1800 kW.

Se controlan todas las turbinas eólicas del tipo dado con relación a si son capaces de funcionar a 1800 kW en su localización en la WPP. Todas las turbinas eólicas que son capaces de funcionar a 1800 kW se registran o marcan como que tienen un nivel de potencia máxima individual de 1800 kW.

Si hay turbinas eólicas del tipo dado de turbina eólica que no son capaces de funcionar a 1800 kW, debido a las condiciones del emplazamiento en su localización en la WPP, entonces la herramienta de SC hace una comprobación para ver cuál de las turbinas eólicas restantes del tipo dado son capaces de funcionar con un nivel de potencia menor o disminuido. La cantidad en la que se disminuye el nivel de potencia se refiere al intervalo de nivel de potencia para el que los niveles de carga de fatiga se calcularon previamente. En este ejemplo, la herramienta de SC comprobará si las turbinas eólicas restantes del tipo dado son capaces de funcionar a 1780 kW.

Por lo tanto, para cada una de las turbinas eólicas restantes del tipo dado de turbina eólica se comprueba si cada turbina eólica específica, basándose en los niveles de carga de fatiga para 1780 kW y las condiciones del emplazamiento esperadas para cada una de las turbinas eólicas restantes, se determina o identifica cuál de las turbinas eólicas restantes son capaces de funcionar con un nivel de potencia de sobreexplotación de 1780 kW.

5 Aquellas turbinas eólicas que son capaces de funcionar a 1780 kW se registran o marcan entonces como que tienen un nivel de potencia máxima individual de 1780 kW.

El proceso se repite iterativamente para todos los niveles de potencia disminuidos posteriores hasta que se identifica o registra un nivel de potencia máxima individual para todas las turbinas eólicas del tipo dado en la WPP.

10 El mismo proceso se repite entonces para todos los otros tipos de turbina eólica que están presentes en la WPP de modo que se identifique o registre un nivel de potencia máxima individual para todas las turbinas eólicas presentes en la WPP.

15 Por consiguiente, al final de la etapa 308 de la Figura 3, se habrá identificado o registrado un nivel de potencia máxima individual que es específico de la turbina eólica para todas las turbinas eólicas presentes en la WPP.

20 En el ejemplo anterior, el proceso determinó un nivel de potencia máxima individual para cada turbina eólica de un tipo dado mediante la identificación de qué turbinas eólicas son capaces de funcionar en el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica determinado previamente y disminuyendo posteriormente a continuación el nivel de potencia hasta que todas las turbinas eólicas del tipo dado tuvieron un nivel de potencia máxima individual.

25 Como alternativa, el proceso podría verse iniciado con el nivel de potencia del valor de placa nominal e incrementar los niveles de potencia hasta que se identificara y registrara un nivel de potencia máxima individual para cada turbina eólica individual.

30 Como una alternativa adicional, podría haberse identificado un único nivel de potencia máxima de la WPP como el nivel de potencia máxima individual más bajo para una cualquiera de las turbinas eólicas, bien usando procesos de nivel de potencia creciente o bien decreciente.

35 Se ha identificado que incluso si la turbina eólica es capaz de funcionar con un nivel de potencia máxima individual determinado particular puede haber otras limitaciones, por ejemplo, debidas a cableado externo, requerimientos de la red, requerimientos del operador, requerimientos del cliente, y otros similares. Por lo tanto, en la etapa 309 de la Figura 3, puede comprobarse si existen otras limitaciones que puedan impedir que la turbina eólica funcione con su nivel de potencia máxima individual determinado.

40 Si existen cualesquiera limitaciones adicionales que puedan afectar al nivel de potencia máxima individual para una o más turbinas eólicas en la WPP entonces puede ajustarse en consecuencia el nivel de potencia máxima individual para esas turbinas eólicas.

45 En la etapa 310 de la Figura 3, cada turbina eólica se establece en su nivel de potencia máxima individual. El WPPC puede informar o establecer los niveles de potencia máxima individuales en cada turbina eólica individual o cualquier otro sistema puede comunicar los niveles de potencia máxima individual a cada una de las turbinas eólicas en la WPP.

50 Como alternativa, en la etapa 311 de la Figura 3, se usa un único nivel de potencia máxima de la WPP para la WPP o un nivel de potencia máxima para un tipo dado de turbina eólica (por ejemplo, el nivel de potencia máxima individual más bajo identificado para la WPP o el nivel de potencia máxima individual más bajo identificado para un tipo dado de turbina eólica en la WPP) y cada turbina eólica se establece en el nivel de potencia máxima individual apropiado.

Por consiguiente, cada turbina eólica es entonces capaz de funcionar en uno o más niveles de potencia hasta su nivel de potencia máxima individual establecido individualmente.

55 Por consiguiente, las realizaciones descritas en el presente documento a continuación permiten ventajosamente que se determine un nivel de potencia máxima individual y se fije en el sistema de control de cada turbina eólica individual en una WPP. La determinación del nivel de potencia máxima individual puede tener en consideración el nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica determinado junto con uno o más de diversos factores y condiciones que pueden afectar, o haber afectado, a las turbinas eólicas individuales, por ejemplo, las condiciones del viento en el emplazamiento de la WPP, las condiciones del terreno y topografía, y otros similares. Esto asegura una capacidad más eficiente y efectiva para controlar la sobreexplotación de las turbinas eólicas individuales y asegura una producción energética anual (AEP) más eficiente para cada WPP.

65 En las realizaciones y ejemplos anteriores, se determinó un nivel de potencia máxima individual para cada turbina eólica en una WPP. Alternativa o adicionalmente, pueden determinarse niveles de potencia máxima de sector eólico individuales para control de sobreexplotación para diferentes sectores de dirección del viento para cada turbina

eólica. Típicamente, el horizonte de 360 grados de una turbina eólica se divide en 12 sectores, cada uno de 30 grados, y por lo tanto puede determinarse un nivel de potencia máxima de sector individual para cada uno de los 12 sectores para cada una de las turbinas eólicas. Esto puede proporcionar una AEP mayor dado que el sector puede ser un sector de baja turbulencia y como tal puede tener un campo mayor para sobreexplotación y por ello un primer nivel de potencia máxima de sector individual mayor que uno o más de otros sectores. De modo similar un sector de alta turbulencia puede tener un campo inferior para sobreexplotación y por ello un segundo nivel de potencia de sector individual más bajo que uno o más de otros sectores.

5
10
15
20

Para determinar el nivel de potencia máxima de sector eólico individual para control de sobreexplotación en cada sector para cada turbina eólica, entonces la etapa 308 de la Figura 3 puede incluir además determinar el nivel de potencia máxima de sector individual para cada sector basándose en las condiciones de viento y/o del emplazamiento correspondientes o relativas a cada sector de cada turbina eólica en la WPP. Por ejemplo, en la etapa 308 en lugar de determinar un nivel de potencia máxima individual para una turbina eólica específica de un tipo dado, el proceso puede determinar un nivel de potencia máxima de sector individual para cada sector de cada turbina eólica basándose en los niveles de carga de fatiga y las condiciones de viento/emplazamiento en cada sector. Para permitir un nivel de potencia de sobreexplotación basada en el sector entonces la herramienta de SC puede rellenarse adicionalmente con datos basados en el sector para cada turbina eólica. Alternativa, o adicionalmente, podría ajustarse un algoritmo de optimización de los niveles de potencia máxima en cada sector, con la intención de ser el AEP estimado posible más alto de la turbina, sometido a una restricción de que la vida útil de la turbina eólica no debe ser menor que la vida útil de diseño.

25
30
35

En los ejemplos y realizaciones anteriores, los diferentes niveles de potencia máxima para control de sobreexplotación se determinaron y usaron posteriormente para controlar la operación de cada turbina eólica individual. Sin embargo, alternativa o adicionalmente los niveles de potencias máximas (para tipo de turbina eólica y/o turbina eólica individual) pueden, en una o más de las realizaciones o en realizaciones alternativas, incluir, indicar o definir una o más de entre una velocidad del rotor máxima, una velocidad de generador máxima, un par de generador máximo, y una demanda de corriente de generador máxima. Por ejemplo, pueden determinarse una o más de entre una velocidad del rotor máxima, una velocidad de generador máxima, un par de generador máximo y una demanda de corriente de generador máxima para cada tipo de turbina eólica y a continuación podría determinarse posteriormente una o más de una velocidad de rotor máxima, una velocidad de generador máxima, un par de generador máximo, y una demanda de corriente de generador máxima para cada turbina eólica de ese tipo de turbina eólica y usarlo para controlar la operación de sobreexplotación en cada turbina eólica en la WPP. El proceso sería muy similar al descrito en el presente documento anteriormente con relación a la determinación de los niveles de potencia máxima de sobreexplotación.

40

Por ejemplo, podría usarse un algoritmo de optimización para determinar los valores de velocidad del rotor máxima y/o corriente de generador máxima para una turbina dada lo que daría la AEP máxima limitada a que la vida útil de la turbina no sea menor que la vida útil de diseño.

40

Las realizaciones anteriormente descritas no son exclusivas y una o más de las características pueden combinarse o cooperar para conseguir el control de sobreexplotación mejorado a través del establecimiento de niveles de potencia máxima para cada turbina eólica en una planta de generación eólica que tenga en cuenta las condiciones ambientales y en el emplazamiento a las que se enfrentan o que afectan a la turbina eólica.

45

Aunque se han mostrado y descrito realizaciones de la invención, se entenderá que dichas realizaciones se describen solamente a modo de ejemplo. Se les ocurrirán a los expertos en la materia numerosas variaciones, cambios y sustituciones sin apartarse del alcance de la presente invención tal como se define por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un método para establecer un Nivel de Potencia Máxima Tipo de Turbina Eólica (301) para un tipo de turbina eólica que comprende:
 - 5 simular un espectro de carga para dos o más niveles de potencia de ensayo para determinar una carga sobre dicho tipo de turbina eólica para cada uno de dichos dos o más niveles de potencia de ensayo;
 - comparar dicha carga determinada para cada nivel de potencia de ensayo con una carga de diseño para dicho tipo de turbina eólica;
 - establecer dicho nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica (303) para dicho tipo de turbina eólica como el
 10 nivel de potencia de ensayo máximo en el que dicha carga determinada no excede dicha carga de diseño para dicho tipo de turbina eólica; caracterizado por que el método comprende además:
 - establecer un primer nivel de potencia de ensayo, en el que dicho primer nivel de potencia de ensayo es mayor que un nivel de potencia de placa nominal para dicho tipo de turbina eólica en un primer valor predeterminado; e
 - incrementar cada nivel de potencia de ensayo posterior en un segundo valor predeterminado.

2. Un método para establecer un Nivel de Potencia Máxima Tipo de Turbina Eólica (301) para un tipo de turbina eólica que comprende:
 - 20 simular un espectro de carga para dos o más niveles de potencia de ensayo para determinar una carga sobre dicho tipo de turbina eólica para cada uno de dichos dos o más niveles de potencia de ensayo;
 - comparar dicha carga determinada para cada nivel de potencia de ensayo con una carga de diseño para dicho tipo de turbina eólica;
 - establecer dicho nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica para dicho tipo de turbina eólica (303) como el
 25 nivel de potencia de ensayo máximo en el que dicha carga determinada no excede dicha carga de diseño para dicho tipo de turbina eólica; caracterizado por que el método comprende además:
 - establecer un primer nivel de potencia de ensayo, en el que dicho primer nivel de potencia de ensayo es mayor que un nivel de potencia de placa nominal para dicho tipo de turbina eólica en un primer valor predeterminado; y
 - disminuir cada nivel de potencia de ensayo posterior en un segundo valor predeterminado.

- 30 3. El método según la reivindicación 1 o 2, en el que determinar dicha carga sobre dicho tipo de turbina eólica incluye determinar dicha carga para uno o más componentes mecánicos de dicho tipo de turbina eólica.

4. El método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que dicha etapa de simular dicho espectro de carga para dichos dos o más niveles de potencia de ensayo y/o dicha etapa de comparar dicha carga
 35 determinada para cada uno de dichos dos o más niveles de potencia de ensayo con dichas cargas de diseño para dicho tipo de turbina eólica se realizan simultáneamente o se realizan para cada uno de dichos dos o más niveles de potencia de ensayo por turnos.

5. El método según la reivindicación 3 o 4, en el que si dicha carga determinada excede dicha carga de diseño, dicho
 40 método comprende además:
 - identificar uno o más de dichos componentes mecánicos para los que dicha carga determinada excede dicha carga de diseño de dichos uno o más componentes mecánicos; y
 - analizar dichos uno o más componentes mecánicos para identificar si puede incrementarse dicha carga de
 45 diseño para dichos uno o más componentes mecánicos.

6. El método según una cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5, en el que si dicha carga determinada excede dicha
 50 carga de diseño, dicho método comprende además:
 - identificar uno o más de dichos componentes mecánicos para los que dicha carga determinada excede dicha carga de diseño de dichos uno o más componentes mecánicos;
 - identificar un control y/o hardware para permitir que dichos uno o más componentes mecánicos funcionen con
 una carga mayor que dicha carga de diseño para dichos uno o más componentes mecánicos; e
 - implementar dicho control y/o hardware identificados en dicho tipo de turbina eólica.

- 55 7. El método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende además:
 - determinar (302) para dicho nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica si uno o más componentes eléctricos de dicho tipo de turbina eólica están dentro de los límites de diseño.

8. El método según la reivindicación 7, en el que si dichos límites de diseño para uno o más componentes eléctricos
 60 se exceden en dicho nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica, dicho método comprende además:
 - comprobar dicha determinación de conservadurismo para identificar si dichos límites de diseño para dichos uno o más componentes eléctricos pueden incrementarse de modo que para dicho nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica dichos uno o más componentes eléctricos están dentro de dichos límites de diseño incrementados.

- 65 9. El método según la reivindicación 7 u 8, en el que si dichos límites de diseño para uno o más componentes eléctricos se exceden en dicho nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica, dicho método comprende además:

identificar un control y/o hardware para permitir que dichos uno o más componentes eléctricos funcionen en dicho nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica; e
implementar dicho control y/o hardware identificados en dicho tipo de turbina eólica.

5 10. El método según una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, en el que si dichos límites de diseño para uno o más componentes eléctricos se exceden en dicho nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica, dicho método comprende además:

disminuir dicho nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica en un valor predeterminado;

10 determinar para dicho nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica disminuido si uno o más componentes eléctricos de dicho tipo de turbina eólica están dentro de dichos límites de diseño; y

establecer dicho nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica en un primer nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica disminuido para el que dichos uno o más componentes eléctricos de dicho tipo de turbina eólica están dentro de dichos límites de diseño.

15 11. El método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende además:
determinar un nivel de potencia máxima individual para una o más turbinas eólicas basándose en dicho nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica, en el que dicho nivel de potencia máxima individual se usa en el control de sobreexplotación de dichas una o más turbinas eólicas.

20 12. El método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende además:
aplicar un factor de conservadurismo para dicho nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica.

25 13. El método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que dicho nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica incluye uno o más de entre un par de generador máximo, una corriente de generador máximo, una velocidad de generador máximo y una velocidad de rotor máximo.

30 14. Un aparato para establecer un Nivel de Potencia Máxima Tipo de Turbina Eólica para un tipo de turbina eólica que comprende:

un procesador adaptado para simular un espectro de carga para dos o más niveles de potencia de ensayo para determinar una carga sobre dicho tipo de turbina eólica para cada uno de dichos uno o más niveles de potencia de ensayo;

dicho procesador está adaptado para comparar dicha carga determinada para cada nivel de potencia de ensayo con una carga de diseño para dicho tipo de turbina eólica;

35 dicho procesador está adaptado para establecer dicho nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica para dicho tipo de turbina eólica (303) como el nivel de potencia de ensayo máximo en el que dicha carga determinada no excede dicha carga de diseño para dicho tipo de turbina eólica;

caracterizado por que dicho procesador está adaptado para establecer un primer nivel de potencia de ensayo, en el que dicho primer nivel de potencia de ensayo es mayor que un nivel de potencia de placa nominal para dicho tipo de turbina eólica en un primer valor predeterminado; y

40 dicho procesador está adaptado además para incrementar cada nivel de potencia de ensayo posterior en un segundo valor predeterminado.

45 15. Un aparato para establecer un Nivel de Potencia Máxima Tipo de Turbina Eólica para un tipo de turbina eólica que comprende:

un procesador adaptado para simular un espectro de carga para dos o más niveles de potencia de ensayo para determinar una carga sobre dicho tipo de turbina eólica para cada uno de dichos uno o más niveles de potencia de ensayo;

dicho procesador está adaptado para comparar dicha carga determinada para cada nivel de potencia de ensayo con una carga de diseño para dicho tipo de turbina eólica;

50 dicho procesador está adaptado para establecer dicho nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica para dicho tipo de turbina eólica (303) como el nivel de potencia de ensayo máximo en el que dicha carga determinada no excede dicha carga de diseño para dicho tipo de turbina eólica;

caracterizado por que dicho procesador está adaptado para establecer un primer nivel de potencia de ensayo, en el que dicho primer nivel de potencia de ensayo es mayor que un nivel de potencia de placa nominal para dicho tipo de turbina eólica en un primer valor predeterminado; y

55 dicho procesador está adaptado además para disminuir cada nivel de potencia de ensayo posterior en un segundo valor predeterminado.

60 16. El aparato según la reivindicación 14 o 15, en el que dicho procesador está adaptado además para determinar dicha carga para uno o más componentes mecánicos de dicho tipo de turbina eólica.

65 17. El aparato según una cualquiera de las reivindicaciones 14 a 16, en el que dicho procesador está adaptado para simular dicho espectro de carga para dichos dos o más niveles de potencia de ensayo simultáneamente o adaptado para simular dicho espectro de carga para cada uno de dichos dos o más niveles de potencia de ensayo por turnos y/o dicho procesador está adaptado para comparar dicha carga determinada para cada uno de dichos dos o más

niveles de potencia de ensayo con dichas cargas de diseño para dicho tipo de turbina eólica simultáneamente o está adaptado para comparar dicha carga determinada para cada uno de dichos dos o más niveles de potencia de ensayo con dichas cargas de diseño para dicho tipo de turbina eólica por turnos.

- 5 18. El aparato según la reivindicación 16 o 17, en el que:
dicho procesador está adaptado para identificar uno o más de dichos componentes mecánicos para los que dicha carga determinada excede dicha carga de diseño de dichos uno o más componentes mecánicos; y analizar dichos uno o más componentes mecánicos para identificar si puede incrementarse dicha carga de diseño para dichos uno o más componentes mecánicos.
- 10 19. El aparato según una cualquiera de las reivindicaciones 16 a 18, en el que dicho procesador está adaptado para:
identificar uno o más de dichos componentes mecánicos para los que dicha carga determinada excede dicha carga de diseño de dichos uno o más componentes mecánicos;
e identificar un control y/o hardware para permitir que dichos uno o más componentes mecánicos funcionen con
15 una carga mayor que dicha carga de diseño para dichos uno o más componentes mecánicos.
20. El aparato según una cualquiera de las reivindicaciones 14 a 19, en el que:
dicho procesador está adaptado para determinar para dicho nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica si
20 uno o más componentes eléctricos de dicho tipo de turbina eólica están dentro de los límites de diseño (302).
21. El aparato según la reivindicación 20, en el que si dicho procesador determina que dichos límites de diseño para uno o más componentes eléctricos se exceden en dicho nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica, entonces dicho procesador está adaptado además para:
25 comprobar dicha determinación de conservadurismo para identificar si dichos límites de diseño para dichos uno o más componentes eléctricos pueden incrementarse de modo que para dicho nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica dichos uno o más componentes eléctricos están dentro de dichos límites de diseño incrementados.
- 30 22. El aparato según la reivindicación 20 o 21, en el que si dicho procesador determina que dichos límites de diseño para uno o más componentes eléctricos se exceden en dicho nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica, entonces dicho procesador está adaptado además para:
identificar un control y/o hardware para permitir que dichos uno o más componentes eléctricos funcionen en
35 dicho nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica; de modo que puede implementarse dicho control y/o hardware identificados en dicho tipo de turbina eólica.
23. El aparato según una cualquiera de las reivindicaciones 20 a 22, en el que si dicho procesador determina que dichos límites de diseño para uno o más componentes eléctricos se exceden en dicho nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica, entonces dicho procesador está adaptado además para:
40 disminuir dicho nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica en un valor predeterminado;
determinar para dicho nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica disminuido si uno o más componentes eléctricos de dicho tipo de turbina eólica están dentro de dichos límites de diseño; y
establecer dicho nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica en un primer nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica disminuido para el que dichos uno o más componentes eléctricos de dicho tipo de turbina eólica están
45 dentro de dichos límites de diseño.
24. El aparato según una cualquiera de las reivindicaciones 14 a 23, en el que:
dicho procesador está adaptado para determinar un nivel de potencia máxima individual para una o más turbinas eólicas basándose en dicho nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica, en el que dicho nivel de potencia
50 máxima individual se usa en el control de sobreexplotación de dichas una o más turbinas eólicas.
25. El aparato según una cualquiera de las reivindicaciones 14 a 24, en el que:
dicho procesador está adaptado para aplicar un factor de conservadurismo para dicho nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica.
55
26. El aparato según una cualquiera de las reivindicaciones 14 a 25, en el que dicho nivel de potencia máxima tipo de turbina eólica incluye uno o más de entre un par de generador máximo, una corriente de generador máxima, una velocidad de generador máxima y una velocidad de rotor máxima.
- 60 27. Un producto de programa informático que comprende un código ejecutable legible por ordenador para implementar una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13.

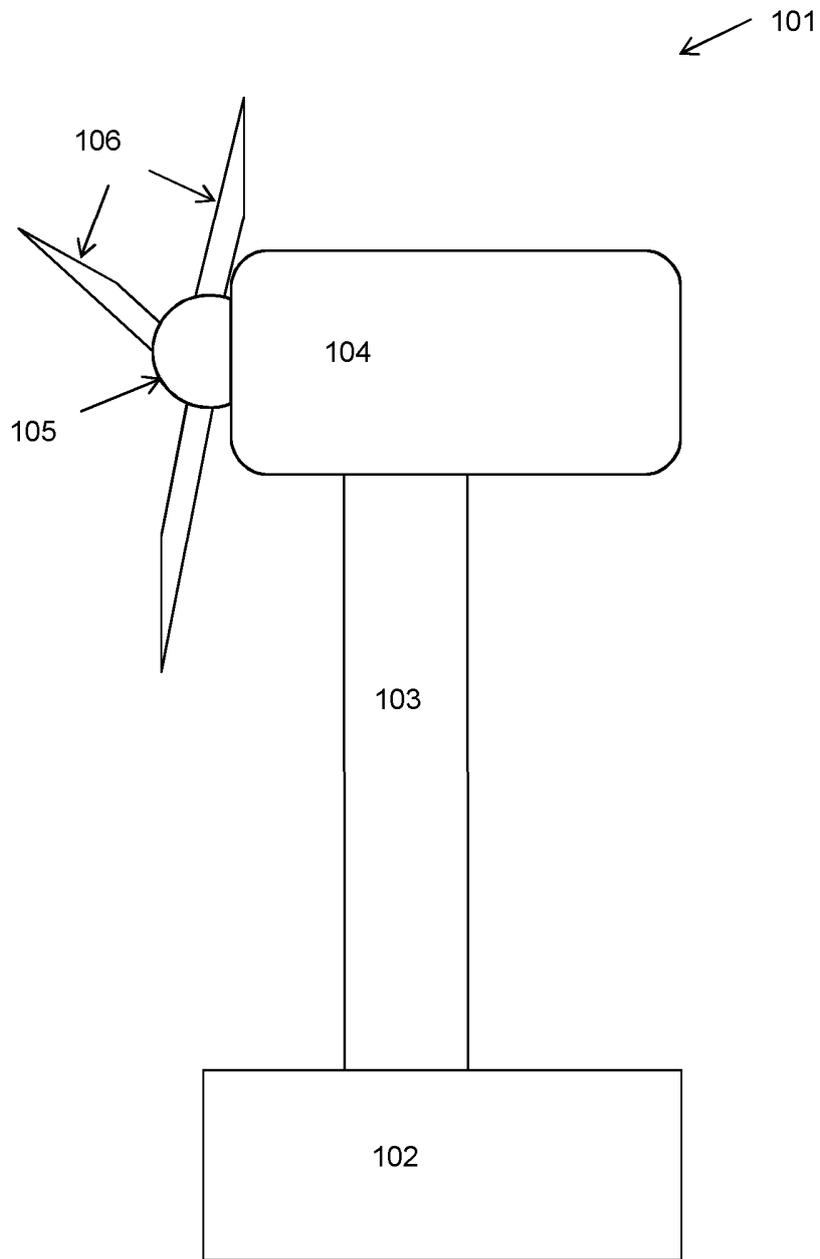


Figura 1

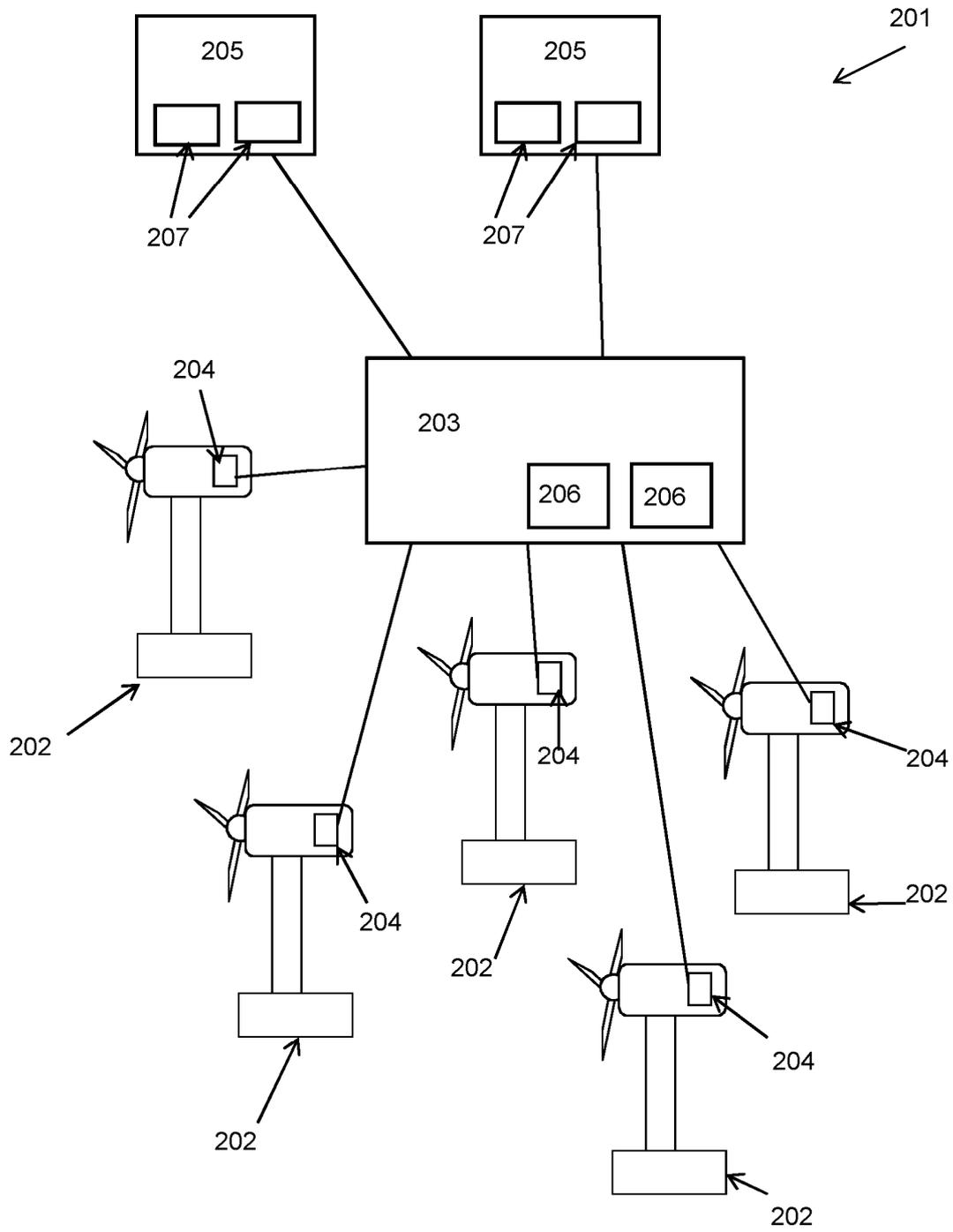


Figura 2

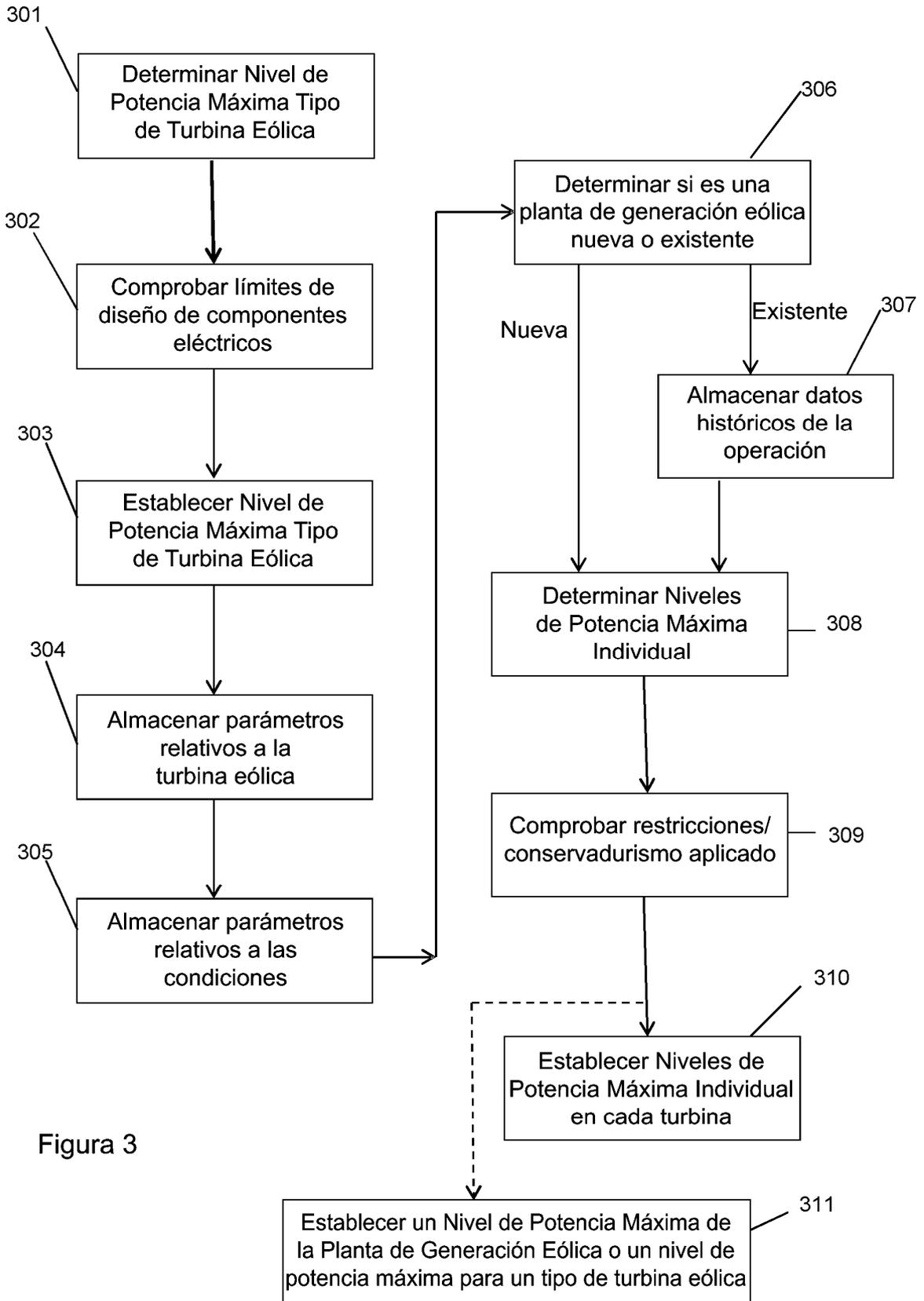


Figura 3