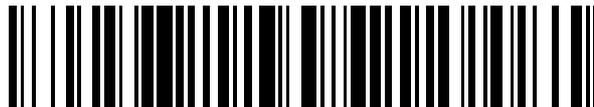


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 497 866**

51 Int. Cl.:

F03D 7/02 (2006.01)

F03D 7/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.08.2011 E 11755007 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.06.2014 EP 2622214**

54 Título: **Procedimiento para la adaptación de la velocidad de rotación de una instalación de energía eólica e instalación de energía eólica**

30 Prioridad:

28.09.2010 DE 102010041508

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

23.09.2014

73 Titular/es:

**SENVION SE (100.0%)
Überseering 10
22297 Hamburg, DE**

72 Inventor/es:

**HANSEN, MARCO y
WARFEN, KARSTEN**

74 Agente/Representante:

BOTELLA REYNA, Antonio

ES 2 497 866 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para la adaptación de la velocidad de rotación de una instalación de energía eólica e instalación de energía eólica.

5

La invención se refiere a un procedimiento para el funcionamiento de una instalación de energía eólica, suministrándose potencia por la instalación de energía eólica durante el funcionamiento, haciéndose funcionar la instalación de energía eólica a velocidad variable entre una velocidad de rotación mínima predeterminable y una velocidad de rotación máxima predeterminable, detectándose una magnitud característica de una oscilación de la instalación de energía eólica o de una parte de la instalación de energía eólica. La invención se refiere además a una instalación de energía eólica con una torre y un rotor, estando previsto un generador que se puede hacer funcionar a velocidad variable, estando previsto un dispositivo de control y regulación que, en el caso de un funcionamiento que suministra potencia de la instalación de energía eólica, está configurado para el control o regulación de la velocidad de rotación del rotor entre una velocidad de rotación mínima y una velocidad de rotación máxima y estando previsto además un sensor para la detección de una magnitud característica de una oscilación de la instalación de energía eólica o de una parte de la instalación de energía eólica.

10

15

En instalaciones de energía eólica hechas funcionar a velocidad variable, en el caso de la velocidad de rotación de funcionamiento inferior que también se puede designar como velocidad de rotación mínima, una estimulación de rotor se sitúa con mucha frecuencia cercana a una frecuencia natural de la torre lo que puede conducir bajo condiciones límite desfavorables a oscilaciones de resonancia. Habitualmente para evitar estas oscilaciones de resonancia se determina la frecuencia natural de la torre mediante medición y el rango de velocidad de rotación de la instalación de energía eólica se ajusta de modo que bajo todas las condiciones se garantice un funcionamiento con un nivel de oscilación suficientemente bajo. Para ello se fija con frecuencia la velocidad de rotación mínima permitida, de modo que la estimulación se sitúa el 5% al 10% por encima de la frecuencia de la torre. Esto conduce sin embargo a pérdidas de rendimiento dado que el rango de velocidad de rotación está limitado y por consiguiente el rotor también se puede hacer funcionar sólo en un rango de velocidad de viento limitado con velocidad de rotación óptima y por consiguiente con rendimiento óptimo.

20

25

El documento WO 01/77524 A1 da a conocer una gestión del funcionamiento dependiente de la frecuencia natural de la torre de instalaciones de energía eólica offshore, en la que se determinan las frecuencias naturales críticas correspondientes de la instalación y/o de partes de la instalación, determinándose el rango de velocidad de rotación del rotor en el que se produce una excitación de toda la instalación y/o de partes individuales de la instalación en el rango de las frecuencias naturales críticas, haciéndose funcionar la instalación de energía eólica sólo por debajo y por encima de la velocidad de rotación crítica atravesando rápidamente el rango de velocidad de rotación crítico.

30

35

El documento EP 1 816 347 A1 da a conocer una instalación de energía eólica que se controla de modo que al aparecer una oscilación se controlan los componentes de la instalación de energía eólica de modo que éstos actúan contra la excitación de la oscilación.

40

El objetivo de la presente invención es posibilitar una mejora del comportamiento de funcionamiento en instalaciones de energía eólica a velocidad variable, en particular en referencia al rendimiento energético, el comportamiento de oscilación y la vida útil.

45

50

Este objetivo se resuelve mediante un procedimiento para el funcionamiento de una instalación de energía eólica, suministrándose potencia por la instalación de energía eólica durante el funcionamiento, haciéndose funcionar la instalación de energía eólica a velocidad variable entre una velocidad de rotación mínima predeterminable y una velocidad de rotación máxima predeterminable, detectándose una magnitud característica de una oscilación de la instalación de energía eólica o de una parte de la instalación de energía eólica, el cual se perfecciona de modo que la velocidad de rotación mínima se modifica en función de la magnitud característica de la oscilación.

La modificación y en particular la elevación de la velocidad de rotación mínima, es decir, del límite de velocidad de rotación inferior en función de la oscilación medida, es decir, en particular en función de la amplitud de la oscilación, la frecuencia, la fase o en general el nivel de oscilación, impide por consiguiente de forma eficiente al aparecer una oscilación que se amplifique aún más o propague aún más la oscilación. La magnitud característica de una oscilación es preferentemente una amplitud de oscilación, una frecuencia de oscilación, una fase de oscilación y/o una dirección de oscilación. Además, la magnitud característica de la oscilación puede ser preferentemente una aceleración de la instalación de energía eólica o de una parte de la instalación de energía eólica. Una parte de la instalación de energía eólica puede ser, por ejemplo, la torre. Si se suministra potencia por la instalación de energía

55

eólica, según la invención esto significa en particular que se inyecta corriente a una red eléctrica por la instalación de energía eólica, es decir, que la instalación de energía eólica se sitúa en un funcionamiento de producción. En particular bajo ello no se debe entender que la instalación de energía eólica se sitúe en un funcionamiento de barrena. Realmente se debe alcanzar una velocidad de rotación mínima para poder suministrar potencia o corriente de forma eficiente.

Preferentemente la velocidad de rotación mínima se modifica continuamente cuando se sobrepasa un valor límite predeterminado de la magnitud característica de la oscilación. De este modo se consigue que la velocidad de rotación mínima sólo se modifique con oscilaciones relevante de la instalación de energía eólica. En el marco de la invención, bajo continuamente se entiende en particular cíclicamente, por ejemplo, el procedimiento según la invención se puede realizar cada 5 a 20 ms, en particular cada 10 ms, durante el funcionamiento o en caso de suministro de potencia por parte de la instalación de energía eólica.

La velocidad de rotación mínima se aumenta preferentemente al aparecer una oscilación correspondientemente grande, es decir, una oscilación con la que la magnitud característica de la oscilación sobrepasa un valor límite predeterminable. Al disminuir la oscilación se puede reducir entonces de nuevo la velocidad de rotación mínima. En este caso un aumento o elevación de la velocidad de rotación mínima se realiza preferentemente con una pendiente mayor que una disminución de la velocidad de rotación mínima. Con ello se debe entender en particular el valor de la pendiente. Por consiguiente se contrarresta una oscilación con un tiempo de reacción más corto mediante elevación rápida de la velocidad de rotación mínima que la bajada de la velocidad de rotación mínima en caso de reducción del nivel de oscilación o de la oscilación. La velocidad de rotación mínima se regula o controla preferentemente mediante la especificación de un momento del generador o una potencia del generador. La velocidad de rotación mínima se mantiene entonces mediante la especificación del momento del generador o la potencia del generador.

En particular para el procesamiento de la magnitud característica de la oscilación, ésta se limita preferentemente después de la detección. La limitación sirve para evitar una sobresaturación en el procesamiento de la señal medida. La magnitud característica de la oscilación se introduce preferentemente en una curva característica, siendo la salida de la curva característica una diferencia de velocidad de rotación. En particular se usa preferentemente la amplitud de la oscilación y/o la aceleración de la instalación de energía eólica o de una parte de la instalación de energía eólica como entrada de un módulo de curva característica, siendo la salida del módulo de curva característica justamente la diferencia de velocidad de rotación. La diferencia de velocidad de rotación se retarda entonces preferentemente a través de un elemento de tiempo, por ejemplo, un elemento PT1. Esta señal se suma luego con la velocidad de rotación mínima y eventualmente la velocidad de rotación mínima actual para servir como entrada para el regulador de la instalación o la gestión del funcionamiento. No obstante, el procedimiento según la invención también se puede realizar en el regulador de la instalación o el dispositivo de control o regulación de la instalación o la gestión del funcionamiento.

El mantenimiento de una velocidad de rotación mínima se puede controlar o regular en el rango de carga parcial mediante el ajuste del momento del generador. Si la velocidad de rotación es demasiado baja se baja el momento del generador por el dispositivo de control o regulación de modo que aumenta la velocidad de rotación del rotor. La bajada del momento del generador se realiza a través de un control o regulación de un convertidor, que ajusta los parámetros eléctricos del generador a través de procedimientos conocidos en sí en el estado de la técnica. Para ello en el marco de la descripción de las figuras se realizan naturalmente explicaciones más detalladas.

El objetivo se resuelve además mediante una instalación de energía eólica con una torre y un rotor, estando previsto un generador que se puede hacer funcionar a velocidad variable, estando previsto un dispositivo de control y regulación que, en el caso de un funcionamiento que suministra potencia de la instalación de energía eólica, está configurado para el control o regulación de la velocidad de rotación del rotor entre una velocidad de rotación mínima y una velocidad de rotación máxima y estando previsto además un sensor para la detección de una magnitud característica de una oscilación de la instalación de energía eólica o de una parte de la instalación de energía eólica, la cual se perfecciona de modo que la velocidad de rotación mínima se puede modificar o se modifica en función de la magnitud característica de la oscilación.

La magnitud característica se modifica preferentemente por el dispositivo de control o regulación o esta magnitud se puede modificar mediante el dispositivo de control o regulación. El dispositivo de control o regulación contiene o comprende entonces, por ejemplo, un programa informático o un algoritmo mediante el cual se puede realizar el procedimiento según la invención. No obstante, el procedimiento según la invención también puede estar integrado en una gestión del funcionamiento de la instalación de energía eólica.

El sensor es preferentemente un sensor de aceleración o una galga extensiométrica. El sensor de aceleración o la galga extensiométrica puede estar dispuesto en la zona superior de la torre o en una góndola de la instalación de energía eólica, en una zona central de la torre y/o en la zona de la base de la torre, a fin de detectar distintas oscilaciones o distintos modos de oscilación de la instalación de energía eólica o de partes de la instalación de energía eólica.

El dispositivo de control o regulación comprende preferentemente una rampa que al aumentar la velocidad de rotación presenta una pendiente mayor que al disminuir la velocidad de rotación mínima. El mantenimiento de la velocidad de rotación mínima se controla o regula mediante la especificación de un momento del generador o de una potencia del generador. Si el dispositivo de control o regulación presenta preferentemente un limitador para la magnitud característica detectada de la oscilación, se evita una sobresaturación del dispositivo de control o regulación. El dispositivo de control o regulación también comprende preferentemente un módulo de curva característica, el cual comprende una curva característica en la que como magnitud de entrada está prevista la magnitud característica medida o una magnitud característica procesada, como por ejemplo una aceleración, y como magnitud de salida una diferencia de velocidad o una compensación de velocidad de rotación. El dispositivo de control o regulación presenta preferentemente un elemento de retardo. El elemento de retardo puede ser, por ejemplo, un filtro paso bajo o un elemento de tiempo. En este caso se puede usar un elemento PT1, por ejemplo, como filtro paso bajo.

La invención se describe a continuación sin limitación de la idea general de la invención mediante ejemplos de realización en referencia a los dibujos, remitiéndose expresamente a los dibujos en relación a todos los pormenores según la invención no explicados más en detalle en el texto. Muestran:

Fig. 1 una vista esquemática de una instalación de energía eólica,

Fig. 2 una representación esquemática de una instalación de energía eólica según la invención, y

Fig. 3 una representación esquemática de un dispositivo de control o regulación.

En las siguientes figuras los mismos elementos o equivalentes o partes correspondientes están provistos de las mismas referencias, de modo que se renuncia a una nueva presentación correspondiente.

La fig. 1 muestra esquemáticamente una instalación de energía eólica con un rotor, que comprende tres palas de rotor que están configuradas circulando en la dirección de la flecha. El rotor descansa en una góndola por encima de la torre. Están previstos sensores que pueden detectar una oscilación o un nivel de oscilación de la torre o de la instalación de energía eólica. En este caso se puede tratar, por ejemplo, de sensores de aceleración o también de galgas extensiométricas. Las galgas extensiométricas se disponen preferentemente en la zona de la base de la torre en el sensor 17 y los sensores de aceleración en el centro en el 16 y en la zona superior de la torre en 15. A la altura correspondiente también se pueden usar de forma razonable varios sensores, por ejemplo, tres o cuatro o más sensores, que pueden detectar las oscilaciones en distintas direcciones.

Mediante un sensor o varios sensores se puede detectar, por ejemplo, una oscilación de la torre que está en la dirección de la presente dirección axial del rotor, es decir, hacia dentro y fuera en el plano del dibujo de la fig 1. Una excitación de la oscilación se realiza en este caso, por ejemplo, en caso de velocidad de rotación de rotor baja cuando la así denominada "frecuencia 3p", es decir la frecuencia de paso de las palas se sitúa cercana a la primera frecuencia natural de la torre. Asimismo la invención también se usa de forma razonable cuando la frecuencia de rotación del rotor (la así denominada "frecuencia 1p") se sitúa demasiado cerca de la frecuencia natural de la torre. Dado que en este caso la excitación procede frecuentemente de una masa o masa centrífuga excéntrica aerodinámica, en este ejemplo se detecta la oscilación de la torre preferiblemente en una dirección perpendicularmente a la presente dirección axial del rotor, es decir, en la fig. 1 en el plano del dibujo. Entonces se trata de una detección de la oscilación lateral.

En el caso de una segunda frecuencia natural de flexión de torre es razonable disponer el sensor en el centro de la torre en la posición 16. Según se menciona también se pueden usar galgas extensiométricas en la base de la torre para la detección de oscilaciones en la primera o en una frecuencia natural más elevada. Preferiblemente se distribuyen al menos tres o cuatro sensores sobre la circunferencia de la torre para poder detectar la oscilación en la dirección axial del rotor o en una realización alternativa perpendicularmente a ella en función de la dirección del

viento.

La fig. 2 muestra esquemáticamente una instalación de energía eólica 10 según la invención con componentes o partes correspondientes de la instalación de energía eólica. Está representada una pala de rotor 11 y una pala de rotor 11' del rotor 13. En el caso en el que el rotor se mueve, también se mueve el árbol 32 en los cojinetes 44 y 46, correspondientemente luego también el disco de bloqueo 28 en cuyo entorno está dispuesto un sensor 30 para determinar la velocidad de rotación del árbol lento 32. A través de un engranaje 18 está conectado un árbol de salida 20 con un árbol rápido 24 a través de un acoplamiento 22, accionando el árbol 24 el rotor del alternador 26. En el árbol de salida 20 está dispuesto un disco emisor 33 en cuyo entorno también está dispuesto un sensor de velocidad de rotación 34.

La velocidad de rotación medida del sensor de velocidad de rotación 34 se introduce en el dispositivo de control y regulación 36, mediante el que se genera, por ejemplo, un ángulo de especificación ϕ para las palas de rotor 11 y 11' para el ajuste del ángulo de pala de rotor o ángulo de paso. La velocidad de rotación determinada a través del sensor 30 se le puede suministrar alternativamente o complementariamente al dispositivo de control o regulación.

Además, se prevé un par de fuerzas M por parte del dispositivo de control o regulación que se alimenta a un convertidor 38. Este dispositivo de control o regulación 36 entrega una señal de ajuste de momento M a un convertidor 38 para la corriente alterna generada por el generador 26. El convertidor genera corriente alterna con los parámetros predeterminados correspondientes con el fin de la inyección en una red. Con la ayuda de una regulación optimizada en carga del convertidor 38 es posible realizar una amortiguación de las oscilaciones para la cadena cinemática. Para ello también es necesaria una detección exacta de la velocidad de rotación en la cadena cinemática.

El dispositivo de control o regulación comprende un módulo de adaptación 50 a través del que se puede adaptar la velocidad de rotación mínima del rotor o del árbol 20 o del árbol 24. El módulo de adaptación 50 también puede estar previsto de forma separada del dispositivo de control o regulación. No obstante, en el marco de la invención la formulación contiene que mediante el dispositivo de control o regulación se puede modificar o se modifica la velocidad de rotación mínima en función de la magnitud característica de la oscilación, de modo que esto también puede suceder mediante un módulo de adaptación que puede ser parte del dispositivo de control o regulación y por consiguiente está integrado con el dispositivo de control o regulación. Esto también puede suceder mediante un módulo de adaptación correspondiente que está previsto de forma no integral con el dispositivo de control o regulación y por consiguiente está presente separado espacialmente del verdadero dispositivo de control o regulación. En el marco de la invención el dispositivo de control o regulación comprende luego también este módulo de adaptación dispuesto de forma separada en sí del dispositivo de control o regulación.

Una magnitud característica de una oscilación de la instalación de energía eólica o de una parte de una instalación de energía eólica se mide mediante el sensor 40 que puede ser, por ejemplo, un sensor de aceleración que se designa en la fig. 1 con 15, 16 ó 17. El sensor está conectado con el módulo de adaptación 50 o el dispositivo de control o regulación 36. La señal sirve luego, tal y como se explica más en detalle en relación con la fig. 3, para la adaptación o modificación de la velocidad de rotación mínima en función de la magnitud característica de la oscilación.

En la fig. 3 están representados esquemáticamente un dispositivo de control o regulación según la invención que comprende un módulo de adaptación 50 y un dispositivo de control o regulación 36. Una señal de entrada que es una señal de aceleración 51 se alimenta mediante un sensor de aceleración 40 en la entrada e del rectificador 50. En el rectificador 52 se rectifica la señal de aceleración de modo que se produce un valor absoluto. La aceleración de la torre medida será predominantemente sinusoidal, de modo que para el procesamiento ulterior es razonable obtener un valor absoluto. Como salida a se procesa posteriormente un valor absoluto de una señal de aceleración. Para ello se limita el valor absoluto en un limitador 53, por ejemplo, a un parámetro de 50 mG (aceleración de miligravitación). Entonces se pone a disposición una señal de aceleración rectificadora a la entrada e del módulo de rampa 55. Como parámetros para el módulo de rampa están previstos, por ejemplo, +20 mG/s para d_s , es decir para una rampa creciente y como parámetros para una rampa descendente d_f -0,03 mG/s.

El módulo de rampa 55 puede estar configurado de modo que se satisface la siguiente condición: para $e-a < d_f$ es válido $a = a + d_f$, por lo demás (para $e-a > d_s$ es válido $a = a + d_s$ por lo demás $a = e$). Este resultado se produce como valor de aceleración 58 de salida a del módulo de rampa 55 para la entrada e del módulo de curva característica 59. El módulo de curva característica 59 tiene como parámetros predeterminables e_1 (61), e_2 (62), a_1 (63) y a_2 (64), pudiendo ser e_1 , por ejemplo, 25 mG y e_2 , por ejemplo, 50 mG y a_1 0 rpm y a_2 80 rpm o también 50 rpm.

La señal de salida a del módulo de rampa 59, es decir, después de la aplicación de la señal de entrada e a la curva característica 60 se produce una diferencia de velocidad de rotación 67 que se entrega como compensación de velocidad de rotación 67' después del paso a través de un filtro paso bajo 65. El filtro paso bajo 65 puede estar configurado como elemento PT1 con $P=1$, con un parámetro 66 introducíble o predeterminable de T1, es decir, por ejemplo un tiempo de 10 s. El compensación de velocidad de rotación 67' se suma luego a la velocidad de rotación mínima 69 o el valor mínimo de velocidad de rotación en el sumador 68 y se pone a disposición como valor de consigna de velocidad de rotación mínima del dispositivo de control o regulación 36 o se procesa ulteriormente en un dispositivo de control o regulación que comprende tanto el dispositivo de control o regulación 36 como también el módulo de adaptación 50. Con este valor 70, es decir, el valor de consigna actualizado de la velocidad de rotación, se hace funcionar entonces la instalación de energía eólica a velocidad variable, de modo que en el caso de una oscilación de la instalación de energía eólica se genera una velocidad de rotación mínima que se aumenta, de modo que se abandona la frecuencia de excitación de la oscilación y se reduce de nuevo la oscilación. En el marco de esta solicitud, con frecuencia de excitación se designa en particular una frecuencia que se sitúa cercana a una frecuencia natural de una parte de la instalación de energía eólica, de modo que la instalación de energía eólica se excita a una oscilación indeseada con la frecuencia natural.

Mediante la limitación de la señal medida en el limitador 53 se evita que tenga lugar un efecto de saturación en el componente de rampa 55. El componente de rampa 55 sirve para la adopción rápida de aumentos de aceleración y una reducción lenta de las amplitudes máximas. Además, de este modo también se obtiene un efecto de filtrado, por ejemplo, para perturbaciones de CEM. La reducción lenta, por ejemplo, con la rampa descendente de $-0,03 \text{ mG/s}$ conduce a una disminución lenta de la diferencia de velocidad de rotación 67 o de la compensación de velocidad de rotación 67'. Esto significa para el regulador de la instalación casi un estado estático y sirve para la estabilización de la instalación. Mediante esta configuración de rampa asimétrica se proporciona un procedimiento de funcionamiento seguro. Por consiguiente el regulador de la instalación usa óptimamente la oferta de viento.

El módulo de curva característica 59 entrega con aceleraciones por debajo de e_1 una compensación de velocidad de rotación o una diferencia de velocidad de rotación 67 de 0 rpm. Con aceleraciones por encima de e_2 se emite una diferencia de velocidad de rotación 67 de, por ejemplo, 80 rpm en una instalación de energía eólica con una velocidad de rotación nominal de por ejemplo 1800 rpm. Entre los parámetros de aceleración se adapta linealmente la diferencia de velocidad de rotación conforme a la aceleración acaecida en este ejemplo de realización. También se pueden realizar otras adaptaciones en lugar de la adaptación lineal. En una aplicación real, una adaptación del parámetro de velocidad de rotación no tiene lugar preferentemente en rpm, sino en % de velocidad de rotación nominal, a fin de poderse aplicar así de forma independiente de la instalación y neutra respecto a la frecuencia, es decir, en particular en generadores a 50 Hz y 60 Hz con velocidad de rotación nominal diferente.

El filtro paso bajo 65 que está configurado en este ejemplo de realización como elemento PT1 sirve para la limitación de ascenso con aumento espontáneo de la aceleración, es decir, una modificación suave del valor nominal para el dispositivo de control o regulación o para la instalación de energía eólica. No obstante, en el caso de valores de aceleración que caen lentamente, el filtro paso bajo apenas tiene efecto. A continuación en el sumador 68 se suma la compensación de velocidad de rotación 67' al valor nominal original para la velocidad de rotación del engranaje.

El módulo de rampa 55 y el módulo de curva característica 59 también se pueden disponer en orden inverso en el marco de la invención, de modo que en primer lugar en el módulo de curva característica se transforme la aceleración en una señal de velocidad de rotación y la función de rampa se aplique luego sobre el nivel de velocidad de rotación. El proceder se realiza análogamente a la descripción anterior, sin embargo, con el orden inverso de los componentes.

La solución según la invención se destaca por un acoplamiento duro de la aceleración con la compensación de velocidad de rotación, por lo que es muy robusto el procedimiento. El procedimiento se puede aplicar en cualquier estado de funcionamiento, también en el caso de velocidad de rotación nominal. Sin embargo, en el caso de velocidad nominal prácticamente no tiene efecto. No obstante, si el viento es muy racheado y disminuye abruptamente, aumenta en primer lugar eventualmente la velocidad de rotación mínima, lo que es razonable a partir de condiciones turbulentas anteriormente con aceleraciones de torre significativas también para la descarga de la torre. El procedimiento según la invención eleva la velocidad de rotación mínima tan intensamente como sea necesario para que la instalación no caiga en oscilaciones de torre. De esta manera sólo se influye ligeramente en la curva de potencia en el rango inferior de velocidad de rotación. Además, sólo se eleva la velocidad de rotación mínima cuando la aceleración de torre adopta valores significativos. Se puede prever que valores son significativos. En particular en torres pequeñas con, por ejemplo, menos de 70 m de altura a buje, en particular en una instalación

de 2 MW, se producen temporalmente de forma llamativa muchas oscilaciones de torre con poco viento. Esto se puede originar, por ejemplo, debido a un flujo desfavorable o efectos de oscilación con un bucle de cable. El procedimiento según la invención se vuelve eficaz en estas situaciones para amortiguar la excitación 3P y evitar una desconexión. El procedimiento según la invención puede funcionar siempre de forma cíclica, es decir continua, y no depende de los diferentes estados de funcionamiento. Continuamente significa en particular que el procedimiento según la invención se puede realizar cíclicamente, por ejemplo, cada 10 ms. En el caso de aceleraciones por debajo del parámetro e1 del módulo de rampa 59 se entrega una diferencia de velocidad de rotación 67 de 0 rpm. Por consiguiente se trata de un funcionamiento normal.

- 10 Alternativamente el procedimiento también se puede realizar sólo en un rango de velocidad de rotación predeterminado, en particular sólo en el rango de velocidad de rotación inferior de la instalación de energía eólica, por ejemplo, por debajo de una velocidad de rotación límite predeterminada o por debajo de una potencia límite predeterminada o de otro parámetro correlacionado con la velocidad de rotación (por ejemplo, velocidad del viento). Con ello se evita que, en caso de temporal durante el funcionamiento, con velocidades de rotación relativamente elevadas se aumente la velocidad de rotación mínima, dado que las grandes aceleraciones que aparecen eventualmente no se deben atribuir a la proximidad a la resonancia de torre, sino al elevado contenido energético de las rachas de viento en el temporal. Si en este rango de funcionamiento se excluye el procedimiento, entonces esto tiene la ventaja de que el rotor se puede reducir de forma suficientemente intensa en la velocidad de rotación en el caso de ráfagas eventualmente negativas, a fin de poderse hacer funcionar además en el punto óptimo energético.
- 20 Con ello se aumenta el rendimiento energético.

Todas las características mencionadas, también las características a deducir sólo de los dibujos y también individuales, que se dan a conocer en combinación con otras características, se contemplan sólo y en combinación como esenciales para la invención. Las formas de realización según la invención se pueden satisfacer mediante características individuales o en combinación de varias características.

Lista de referencias

10	Instalación de energía eólica
30	11, 11', 11'' Pala de rotor
12	Góndola
13	Rotor
14	Torre
15	Sensor
35	16 Sensor
17	Sensor
18	Engranaje
20	Árbol de salida
22	Acoplamiento
40	24 Árbol
26	Alternador
28	Disco de bloqueo
30	Sensor
32	Árbol
45	33 Disco emisor
34	Sensor
36	Dispositivo de control o regulación
38	Convertidor
40	Sensor
50	44 Cojinete
46	Cojinete
50	Módulo de adaptación
51	Señal de aceleración
52	Rectificador
55	53 Limitador
54	Valor predeterminable
55	Módulo de rampa
56	Rampa que aumenta parámetro
57	Rampa que reduce parámetro

58	Valor de aceleración
59	Módulo de curva característica
60	Curva característica
61 – 64	Parámetros
5 65	Filtro paso bajo
66	Parámetro
67	Diferencia de velocidad de rotación
67'	Compensación de velocidad de rotación
68	Sumador
10 69	Valor mínimo de velocidad de rotación
70	Valor de consigna actualizado de velocidad de rotación mínima
M	Momento del generador
e	Magnitud de entrada
a	Magnitud de salida
15	

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para el funcionamiento de una instalación de energía eólica (10), en el que durante el funcionamiento se suministra potencia por la instalación por energía eólica (10), en el que la instalación de energía eólica (10) se hace funcionar a velocidad variable entre una velocidad de rotación mínima predeterminable y una velocidad de rotación máxima predeterminable, en el que se detecta una magnitud característica (51) de una oscilación de la instalación de energía eólica (10) o de una parte de la instalación de energía eólica (10), **caracterizado porque** la velocidad de rotación mínima se modifica en función de la magnitud característica (51) de la oscilación.
- 10 2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la velocidad de rotación mínima se modifica continuamente si se sobrepasa un valor límite predeterminable de la magnitud característica (51) de la oscilación.
- 15 3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado porque** un aumento de la velocidad de rotación mínima se realiza con una pendiente mayor que una disminución de la velocidad de rotación mínima.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** la magnitud característica (51) de la oscilación comprende la amplitud, la dirección, la frecuencia y/o la fase de la oscilación y/o la aceleración de la instalación de energía eólica (10) o de una parte de la instalación de energía eólica (10).
- 20 5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque** la velocidad de rotación mínima se regula o controla mediante la especificación de un momento del generador (M) o una potencia del generador.
- 25 6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque** la magnitud característica (51) de la oscilación se limita después de la detección.
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado porque** la magnitud característica (51) de la oscilación se introduce en una curva característica (60), siendo la salida de la curva característica (60) una diferencia de velocidad de rotación (67).
- 30 8. Instalación de energía eólica (10) con una torre (14) y un rotor (13), en la que está previsto un generador (26) que se puede hacer funcionar a velocidad variable, en la que está previsto un dispositivo de control y regulación (36, 50) que, en el caso de un funcionamiento que suministra potencia de la instalación de energía eólica (10), está configurado para el control o regulación de la velocidad de rotación del rotor (13) entre una velocidad de rotación mínima y una velocidad de rotación máxima y en la que además está previsto un sensor (40) para la detección de una magnitud característica (51) de una oscilación de la instalación de energía eólica (10) o de una parte de la instalación de energía eólica (10), **caracterizada porque** la velocidad de rotación mínima se puede modificar o se modifica en función de la magnitud característica (51) de la oscilación.
- 35 9. Instalación de energía eólica (10) según la reivindicación 8, **caracterizada porque** la velocidad de rotación mínima se puede modificar o se modifica mediante el dispositivo de control o regulación (36, 50).
- 45 10. Instalación de energía eólica (10) según la reivindicación 8 ó 9, **caracterizada porque** el sensor (51) es un sensor de aceleración o una galga extensiométrica.
11. Instalación de energía eólica (10) según la reivindicación 9 ó 10, **caracterizada porque** el dispositivo de control o regulación (36, 50) comprende una rampa (55) que al aumentar la velocidad de rotación presenta una pendiente mayor que al disminuir la velocidad de rotación mínima.
- 50 12. Instalación de energía eólica (10) según una de las reivindicaciones 8 a 11, **caracterizada porque** el mantenimiento de la velocidad de rotación mínima se controla o regula mediante la especificación de un momento del generador (M) o de una potencia del generador.
- 55 13.- Instalación de energía eólica (10) según una de las reivindicaciones 9 a 12, **caracterizada porque** el dispositivo de control o regulación (36, 50) presenta un limitador (53) para la magnitud característica (51) detectada de la oscilación.

14. Instalación de energía eólica (10) según una de las reivindicaciones 9 a 13, **caracterizada porque** el dispositivo de control o regulación (36, 50) presenta un elemento de retardo.

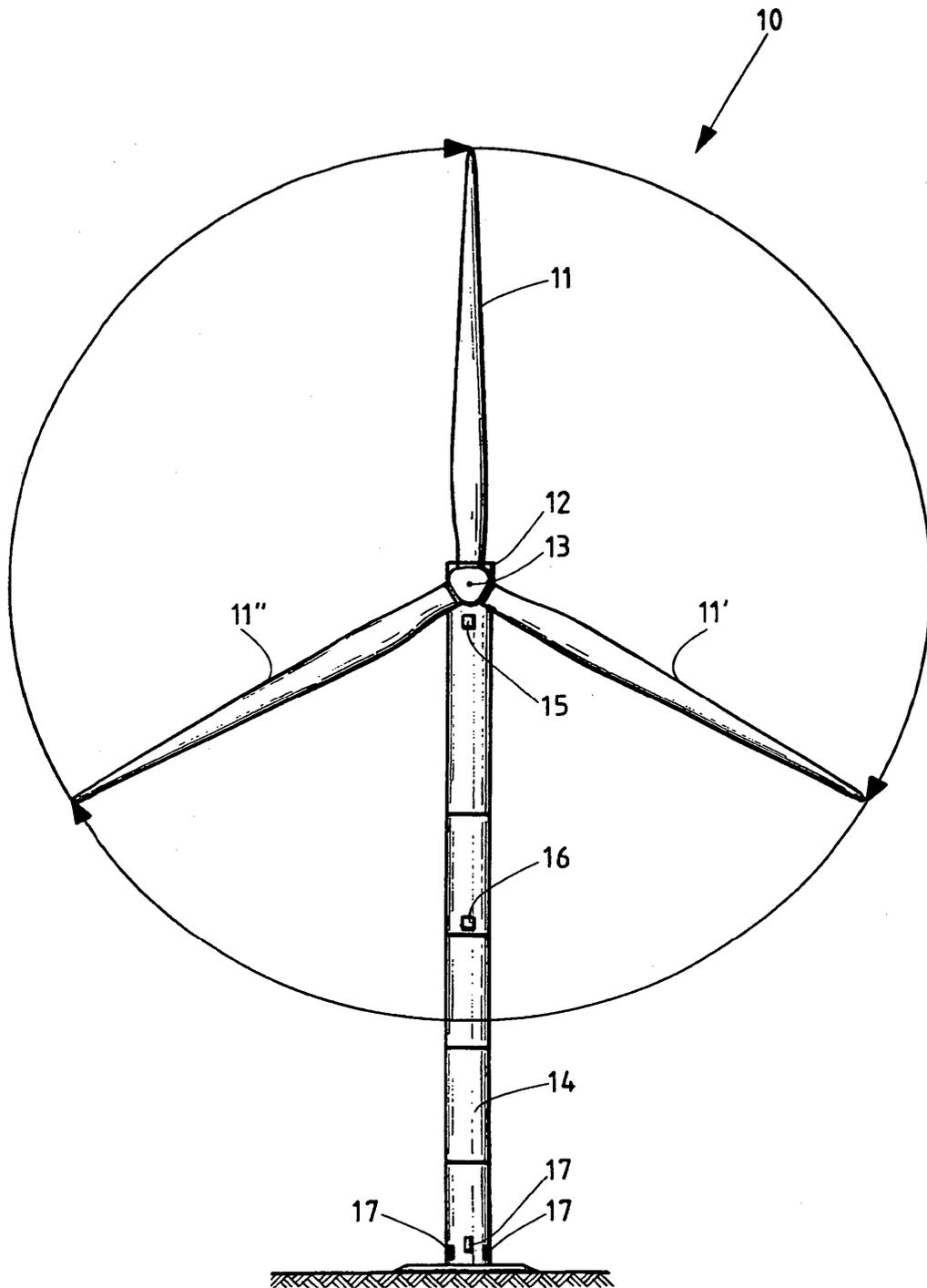


Fig. 1

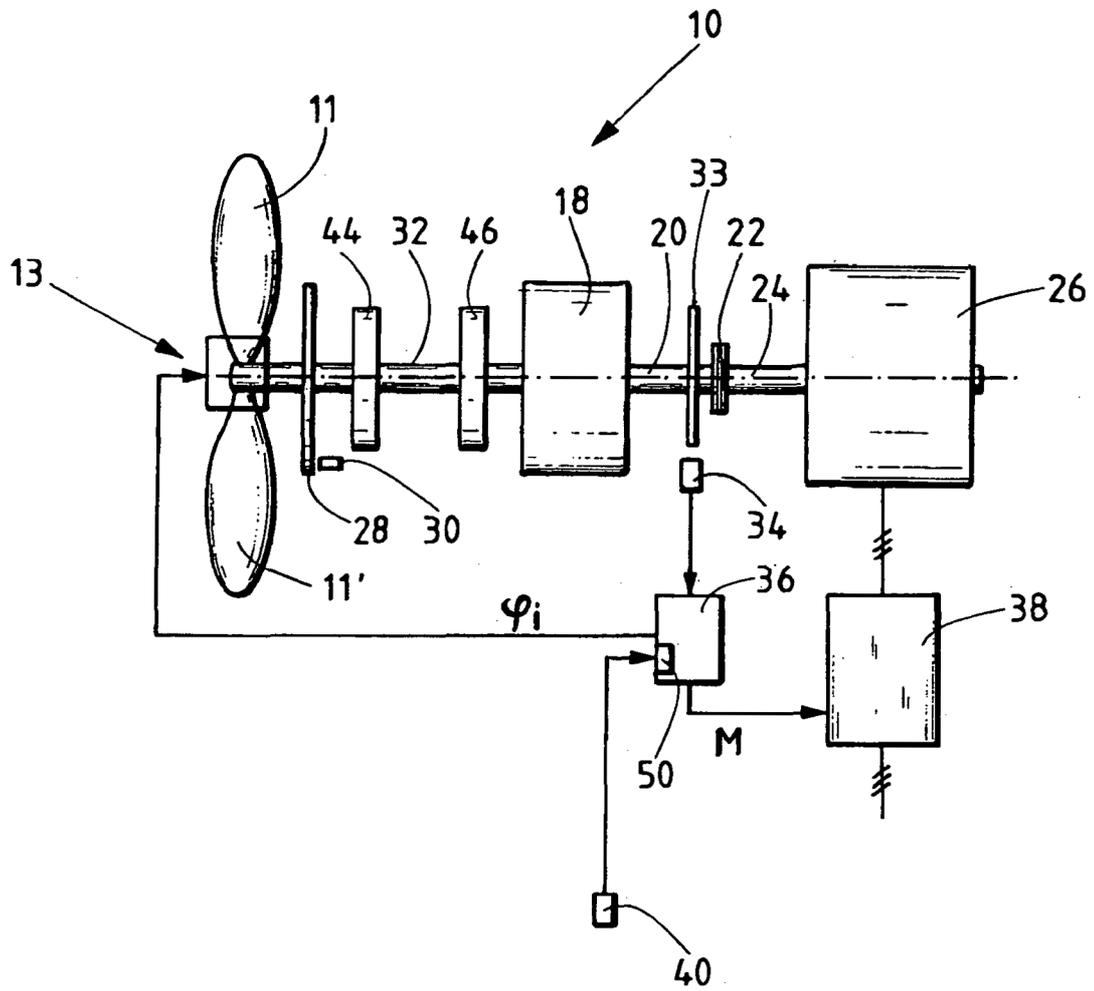


Fig. 2

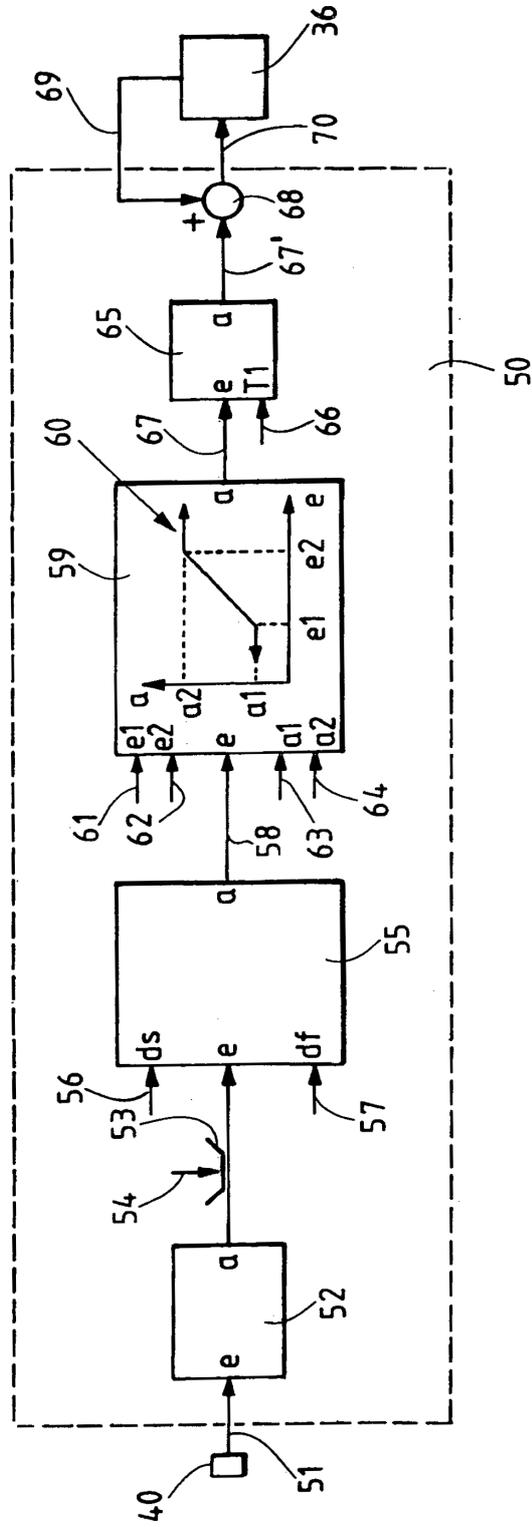


Fig. 3