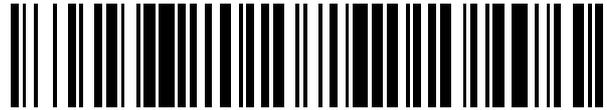


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 552 059**

51 Int. Cl.:

F03D 9/00 (2006.01)

H02J 3/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.10.2006 E 06021973 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.08.2015 EP 1914420**

54 Título: **Instalación de energía eólica y método para controlar la potencia de salida de una instalación de energía eólica**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
25.11.2015

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
WITTELSBACHERPLATZ 2
80333 MÜNCHEN, DE**

72 Inventor/es:

STIESDAL, HENRIK

74 Agente/Representante:

LOZANO GANDIA, José

ES 2 552 059 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).

**INSTALACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA Y MÉTODO PARA CONTROLAR LA POTENCIA DE SALIDA DE UNA
INSTALACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA**

DESCRIPCIÓN

5 La presente invención se refiere a una instalación de energía eólica, es decir una única turbina eólica o un parque eólico que comprende varias turbinas eólicas. La invención se refiere además a un método para controlar la potencia de salida de tal instalación de energía eólica a una red eléctrica para la que se especifica una frecuencia de red nominal.

10 Muchas instalaciones de energía eólica no son instalaciones autónomas previstas para un único usuario sino que suministran la energía eléctrica generada a una red que distribuye la energía a un gran número de usuarios de diferentes. Dado que los dispositivos que consumen potencia de los usuarios requieren una energía eléctrica dentro de un determinado intervalo de parámetros, por ejemplo, una tensión nominal específica y una frecuencia de red nominal específica, son necesarias mediciones para garantizar la estabilidad de estos parámetros de la red.

15 Los parámetros de la red dependen de un equilibrio entre la potencia suministrada a la red por instalaciones de generación de energía eléctrica y la potencia consumida por los consumidores. Si la energía eléctrica producida suministrada a la red es menor que la potencia consumida, la frecuencia de red disminuye. Por otro lado, si la potencia consumida es menor que la potencia suministrada a la red, la frecuencia de red aumenta, lo que podría conducir a fallos de funcionamiento de los dispositivos eléctricos de los consumidores.

20 En la medida en que la fracción de energía eléctrica generada por instalaciones de energía eólica era relativamente pequeña en comparación con la fracción de energía eléctrica generada por otras instalaciones de generación de energía, no era necesario que los parques eólicos reaccionaran ante variaciones en la frecuencia de red. Sin embargo, a medida que la fracción de energía eléctrica suministrada a las redes eléctricas por instalaciones de energía eólica aumenta, pasa a ser cada vez más importante que estas instalaciones puedan reaccionar ante variaciones en la frecuencia de red.

25 El documento EP 1 282 774 B1 describe controlar la potencia de salida de una central de generación por energía eólica de manera que sea constante mientras la frecuencia de red se encuentre dentro del intervalo entre la frecuencia de red nominal y una frecuencia umbral que es al menos el 3 por mil superior a la frecuencia de red nominal. Cuando la frecuencia de red aumenta por encima del valor umbral, la potencia de salida de la central se reduce de manera continua.

30 El documento EP 1 467 463 A1 describe un parque eólico y un método para hacer funcionar el mismo. El parque eólico se acciona a una potencia de salida fija, por ejemplo, una potencia de salida total máxima, mientras que la frecuencia de red permanece dentro de un intervalo de frecuencia predeterminado. Si, sin embargo, la frecuencia de red supera un valor de límite superior de dicho intervalo de frecuencia, la potencia de salida del parque eólico se reduce. Si, por otro lado, la frecuencia de red no alcanza un valor de límite inferior del intervalo de frecuencia predeterminado, la potencia de salida aumenta. Además, se describe un procedimiento para hacer funcionar un parque eólico en el que el parque eólico se hace funcionar a carga parcial. Si, en este modo de funcionamiento, la frecuencia de red aumenta con respecto a su punto de referencia, o disminuye, la potencia de salida del parque eólico se reducirá o aumentará, respectivamente.

35 Es un objetivo de la presente invención proporcionar un método para controlar la potencia de salida de una instalación de energía eólica y una instalación de energía eólica que permita una reacción mejorada ante cambios de la frecuencia de red.

40 Este objetivo se soluciona mediante un método para controlar la potencia de salida de una instalación de energía eólica según la reivindicación 1 y mediante una instalación de energía eólica, por ejemplo, una única turbina eólica o un parque eólico que comprende varias turbinas eólicas, según la reivindicación 5.

45 En el método de la invención para controlar la potencia de salida de una instalación de energía eólica, por ejemplo un único molino de viento o un parque eólico que comprende varios molinos de viento, a una red de distribución que tiene una frecuencia nominal específica, la potencia de salida se controla dependiendo de la frecuencia de red real en la red de distribución de manera que la potencia de salida se reduce cuando la frecuencia de red supera la frecuencia de red nominal. La potencia de salida se reduce tan pronto como se detecta cualquier aumento de la frecuencia de red por encima del valor predeterminado.

50 El método de la invención reduce la denominada "banda muerta", es decir el intervalo de frecuencia por encima de la frecuencia nominal en el que la potencia de salida se mantiene constante. Esto permite una reacción más temprana ante un aumento de potencia de salida de lo que es posible en el estado de la técnica. Según la invención, no hay presente zona muerta en absoluto de modo que la potencia de salida se reducirá tan pronto como la frecuencia de red real se desvía de la frecuencia de red nominal. En contraposición a ello, los mecanismos de control del estado de la técnica incluyen bandas muertas que son lo más grande posible al tiempo que mantienen la capacidad para

reaccionar ante grandes desviaciones de la frecuencia de red con respecto a la frecuencia nominal de modo que se reduce la cantidad de potencia de salida que se pierde debido al control. En estos métodos del estado de la técnica, la potencia de salida sólo se pierde fuera de la banda muerta. Aunque el método de la invención aumenta ligeramente la pérdida de potencia de salida debido a la banda muerta reducida y, en particular, debido a no tener una banda muerta en absoluto, esta pérdida se contrarresta mediante el aumento de la capacidad para reaccionar rápidamente ante desviaciones de la frecuencia de red real con respecto a la frecuencia de red nominal. En particular si la frecuencia de red aumenta rápidamente, una reacción temprana de este tipo puede evitar que la red de distribución pase a ser inestable.

En el método de la invención, la pérdida de potencia de salida debida a la reacción temprana puede reducirse variando la velocidad de reducción de la potencia de salida dependiendo de la magnitud de la desviación de la frecuencia de red real con respecto a la frecuencia de red nominal. Además, podría haber presente, de manera adicional, un valor umbral para la frecuencia de red. El valor umbral sería superior a la frecuencia de red nominal. Entonces, la reducción de potencia de salida podría ser, por ejemplo, proporcional a la desviación de la frecuencia de red con respecto a la frecuencia de red nominal. La constante de proporcionalidad en el intervalo de frecuencia entre la frecuencia de red nominal y el valor umbral podría diferir con respecto a la constante de proporcionalidad en el intervalo de frecuencia por encima del valor umbral. Esto ofrece la oportunidad para reducir sólo ligeramente la potencia de salida mientras la frecuencia se encuentra en el intervalo entre la frecuencia de red nominal y el valor umbral. Como consecuencia, sólo se pierde una fracción menor de la potencia de salida por motivos de control en este intervalo de frecuencia, lo que resulta un sacrificio aceptable por aumentar la capacidad para reaccionar ante desviaciones de frecuencia. Por ejemplo, el valor umbral podría establecerse como los valores umbrales para las bandas muertas en el estado de la técnica, por ejemplo el 3 por mil por encima de la frecuencia de red nominal. Por encima del valor umbral, la reducción de potencia de salida podría llevarse a cabo entonces tal como se describe, por ejemplo, en el documento EP 1 282 774 B1. Sin embargo, como también se ha reducido la potencia de salida en el intervalo entre la frecuencia de red nominal y el valor umbral, la reducción para frecuencias por encima del valor umbral empezará a un nivel de potencia de salida ya inferior al del estado de la técnica, de modo que la reducción en el intervalo de frecuencia fuera del valor umbral podría ser menos pronunciado que en el estado de la técnica. Esto reduce los requisitos de los sistemas electrónicos mediante los cuales se controla la reducción de potencia de salida.

Alternativamente a la reducción lineal con diferentes constantes de proporcionalidad en al menos dos intervalos de frecuencia diferentes, el método de la invención también puede implementarse siendo la reducción de potencia de salida una función no lineal de la desviación de la frecuencia de red con respecto a la frecuencia nominal. En este caso, no sería necesario valor umbral alguno. Si la función no lineal fuera, por ejemplo, una función polinómica como una función cuadrática o cúbica, sólo daría como resultado una ligera reducción de la potencia de salida mientras la desviación de la frecuencia de red con respecto a la frecuencia de red nominal sea pequeña. Con el aumento de la desviación, la reducción de la potencia de salida por intervalo de frecuencia dado también aumentaría. Dicho de otro modo, cuanto mayor es la desviación con respecto a la frecuencia nominal, mayor es la velocidad de reducción de la potencia de salida. Con un orden superior del polinomio, la velocidad de reducción para la potencia de salida a bajas desviaciones de frecuencia se hace menor, mientras que la velocidad de reducción a alta desviación de frecuencia aumenta.

En lugar de proporcionar una relación funcional entre la reducción de potencia de salida y la desviación de la frecuencia de red, la reducción de potencia de salida también podría definirse mediante una función de transferencia.

Una instalación de energía eólica de la invención, está adaptada para conectarse a una red de distribución para suministrar potencia de salida a la red de distribución. Comprende al menos un generador accionado por el viento, unos sistemas electrónicos del generador, un sensor de frecuencia y una unidad de control. El sensor de frecuencia está diseñado y dispuesto de manera que puede medir la frecuencia de red presente en la red de distribución y emitir una señal de frecuencia que representa la frecuencia de red. La unidad de control está conectada a los sistemas electrónicos del generador para enviar una señal de control y al sensor de frecuencia para recibir la señal de frecuencia. Está adaptada para calcular la señal de control dependiendo de la frecuencia de red de manera que la potencia de salida se reduce tan pronto como se detecta cualquier aumento de la frecuencia por encima de la frecuencia de red nominal.

En la instalación de energía eólica de la invención, la unidad de control está adaptada para calcular la señal de control dependiendo de la frecuencia de red de manera que la velocidad de reducción en la potencia de salida varía con la magnitud de la desviación de la frecuencia de red con respecto a la frecuencia nominal. Esto podría implementarse, en una primera alternativa, adaptando la unidad de control para incluir al menos un valor umbral para la frecuencia de red que es superior a la frecuencia de red nominal. La unidad de control estaría adaptada entonces además para reducir la potencia de salida de manera proporcional a la desviación de la frecuencia de red con respecto a la frecuencia de red nominal. Además, incluiría dos constantes de proporcionalidad, siendo la constante de proporcionalidad para reducir la potencia de salida en el intervalo de frecuencia entre la frecuencia de red nominal y el valor umbral, diferente de la constante de proporcionalidad para reducir la potencia de salida y el intervalo de frecuencia por encima del valor umbral. En una implementación alternativa, la unidad de control estaría

adaptada para reducir la potencia de salida como función no lineal de la desviación de la frecuencia de red con respecto a la frecuencia nominal. Una función no lineal de este tipo podría o bien proporcionarse mediante una relación funcional directa entre la reducción de potencia de salida y la desviación de la frecuencia de red, por ejemplo en forma de polinomio, o mediante una función de transferencia.

5 La instalación de energía eólica de la invención está adaptada para realizar el método de control de la invención. Las ventajas descritas con respecto al método de la invención se proporcionan también, por tanto, mediante la instalación de energía eólica de la invención.

10 Características, propiedades y ventajas adicionales de la presente invención quedarán claras a partir de la siguiente descripción de realizaciones de la invención conjuntamente con los dibujos adjuntos.

La figura 1 muestra esquemáticamente una primera realización de una instalación de energía eólica de la invención.

15 La figura 2 muestra la potencia de salida de la instalación de energía eólica como función de la desviación de la frecuencia de red con respecto a la frecuencia de red nominal.

La figura 3 muestra una segunda realización de una instalación de energía eólica de la invención.

20 La instalación de energía eólica mostrada en la figura 1 comprende varias turbinas eólicas, de las cuales dos se muestran a modo de ejemplo en la figura. Las turbinas 1, 3 eólicas producen potencia eléctrica de salida y están conectadas por medio de un nodo 5 interno a una red 7 de distribución externa. Aunque la primera realización comprende más de una turbina eólica, también puede implementarse para una única turbina eólica.

25 Las turbinas 1, 3 eólicas son turbinas eólicas de velocidad variable, es decir, se permite que la velocidad de rotación del rotor 9, 11 varíe dependiendo de las condiciones del viento.

30 Cada turbina 1, 3 eólica comprende un rotor 9, 11 con un árbol 13, 15 que transmite el par de torsión del rotor 9, 11 rotatorio accionado por el viento a un generador 17, 19 de CA que transforma la energía mecánica proporcionada por la rotación del árbol 13, 15 en energía eléctrica. Aunque no se muestra en la figura, el árbol 13, 15 puede estar dividido en un árbol de rotor que se extiende desde el rotor hasta una caja de engranajes opcional y un árbol de salida que se extiende desde la caja de engranajes hasta el generador 17, 19. Con la caja de engranajes, puede tener lugar una transmisión de la velocidad de rotación de los árboles del rotor a una velocidad de rotación diferente del árbol de salida con una determinada relación de transmisión.

35 El generador 17, 19 de CA comprende unos sistemas electrónicos del generador y pueden ser o bien un generador síncrono o un generador asíncrono. En un generador síncrono, un rotor rota con la misma frecuencia de rotación que el campo magnético rotatorio producido por un estator del generador, o con una relación de números enteros con la frecuencia del campo magnético rotatorio, dependiendo del número de pares de polos presentes en el rotor. En
40 contraposición a ello, en un generador asíncrono, la frecuencia de rotación del campo magnético del estator es más o menos independiente de la frecuencia de rotación del rotor. La diferencia en la frecuencia de rotación del rotor y el estator se describe por el deslizamiento del generador asíncrono.

45 En la realización representada en la figura 1, se usaron generadores síncronos en las turbinas 1, 3 eólicas para producir la energía eléctrica. Las turbinas 1, 3 eólicas están conectadas al nodo 5 interno por medio de convertidores 21, 23 de frecuencia que forman parte de los sistemas electrónicos del generador y que convierten la frecuencia de la energía eléctrica suministrada por los generadores 17, 19 en una energía eléctrica que tiene una frecuencia fija que corresponde a la frecuencia de la red 7. Cada convertidor 21, 23 de frecuencia comprende un rectificador 25, 27
50 que convierte la corriente de amplificación suministrada por el generador 17, 19 en una corriente continua y un inversor que convierte la corriente continua de vuelta a una corriente de amplificación con la frecuencia de la red 7.

Hay unidades 33, 35 de control presentes que están conectadas a un sensor 37, 39 de frecuencia para recibir una señal de frecuencia y al inversor 29, 31 para enviar la señal de control. El sensor de frecuencia está presente en la red para así permitir la medición de la frecuencia de red real de la red 7 externa. Aunque el sensor 37, 39 de
55 frecuencia se muestra situado directamente detrás de la salida del convertidor 21, 23 de frecuencia, también podría situarse detrás del nodo 5 interno o incluso en la red 7 externa. Sin embargo, como la frecuencia en el nodo 5 interno coincide con la frecuencia en la red 7 externa, la frecuencia medida por el sensor 37, 39 de frecuencia en la salida del convertidor 21, 23 de frecuencia es idéntica a la frecuencia en la red 7 externa.

60 La unidad 33, 35 de control está adaptada para producir una señal de control dependiendo de la frecuencia de red medida. La señal de control representa la potencia de salida, en particular la potencia de salida activa, que ha de emitir el inversor 21, 23. Además, la señal de control también puede estar adaptada para representar un factor de potencia especial que es una medida para la relación de potencia activa con respecto a la suma de potencia activa y reactiva.

65 En la presente invención, la unidad 33, 35 de control está adaptada para proporcionar una señal de control de

manera que la potencia de salida P se reduce tan pronto como la frecuencia de red supera la frecuencia de red nominal. En un ejemplo comparativo, el valor predeterminado está definido por una desviación Δf de la frecuencia de red f medida con respecto a la frecuencia de red nominal f_N del 2 por mil. En una realización de la invención, la potencia de salida P se reduce ya tan pronto como la frecuencia de red aumenta por encima de la frecuencia de red nominal f_N .

La dependencia de la potencia de salida P de la desviación de la frecuencia de red Δf para el ejemplo comparativo se representa en la figura 2 mediante la curva A. La curva B muestra la dependencia según el estado de la técnica. Como puede observarse a partir de la curva A, la potencia de salida P empieza a reducirse tan pronto como la desviación de la frecuencia de red f con respecto a la frecuencia de red nominal f_N alcanza el 2 por mil. Antes de alcanzarse ese valor, la potencia de salida P se mantiene constante (A1). Cuando la desviación de frecuencia Δf aumenta por encima del 2 por mil, lo que representa el valor predeterminado en el ejemplo comparativo, la potencia de salida P se reduce de manera lineal con un primer coeficiente (negativo) de proporcionalidad (A2). Tan pronto como se alcanza un valor umbral, que es una desviación de frecuencia del 6 por mil en el ejemplo comparativo, el coeficiente de proporcionalidad cambia, es decir se hace más negativo, de modo que la reducción lineal de la potencia de salida se hace más pronunciada por encima de una desviación de frecuencia del 6 por mil. La reducción puede ser tal que la potencia de salida se hace cero tan pronto como la frecuencia de red f medida supera la frecuencia de red nominal f_N en un valor dado, por ejemplo el 20 por mil, es decir el 2%.

La figura 2 también muestra, por motivos de comparación, la reducción de potencia de salida según el estado de la técnica (B). En el estado de la técnica, al igual que en la figura 1 del documento EP 1 282 774 B1, la potencia de salida no se reduce hasta que se alcanza una desviación de la frecuencia de red f medida con respecto a la frecuencia de red nominal f_N del 6 por mil. Entonces, tras alcanzar el 6 por mil, la potencia de salida P se reduce de manera lineal hasta que es cero para una desviación de la frecuencia de red f medida con respecto a la frecuencia de red nominal f_N del 20 por mil.

Aunque según el ejemplo comparativo, la reducción de la potencia de salida empieza tan pronto como la desviación de frecuencia Δf alcanza el 2 por mil, es decir el valor predeterminado es el 2 por mil, el valor predeterminado podría ser también menor que una desviación del 2 por mil y, según una primera realización de la invención, la propia frecuencia de red nominal f_N . En este caso, la reducción lineal de potencia de salida A2 empezaría ya a $\Delta f=0$. Además, el valor umbral podría ser diferente al valor del 6 por mil dado en el ejemplo comparativo.

En una segunda realización de la invención, la potencia de salida P se reduce según una función no lineal de la desviación de frecuencia de red Δf . En la presente realización, esta función se elige de manera que la potencia de salida P se hace cero tan pronto como la desviación de frecuencia Δf alcanza el 20 por mil. La potencia de salida P se reduce tan pronto como la frecuencia de red f medida supera la frecuencia de red nominal y es, por ejemplo, una función negativa cuadrática o cúbica de la desviación de frecuencia Δf . Obsérvese que aunque la potencia de salida es una función negativa cuadrática o cúbica de la desviación de frecuencia en la presente realización, la potencia de salida podría ser cualquier función no lineal que reduzca la potencia de salida con un aumento de la desviación de frecuencia Δf , en particular, cualquier polinomio negativo. Además, una función no lineal podría representarse, por ejemplo, mediante una función de transferencia. Otra posibilidad sería combinar funciones lineales y no lineales, por ejemplo, definir una función lineal para un primer intervalo de frecuencia y una función no lineal para otro intervalo de frecuencia.

Una segunda realización de la instalación de energía eólica de la invención se muestra en la figura 3. Cada turbina 1, 3 eólica de la segunda realización corresponde sustancialmente a las turbinas eólicas descritas con respecto a la primera realización, mostrada en la figura 1. La única diferencia sustancial con respecto a la primera realización es que no todas las turbinas 1, 3 eólicas individuales están equipadas con una unidad de control para controlar la potencia de salida como función de la desviación de frecuencia Δf con respecto a la frecuencia de red nominal f_N en la red 7 de distribución. En su lugar, hay presente una unidad 133 de control central en el parque eólico que envía señales de control individuales para cada turbina 1, 3 eólica del parque eólico partiendo de la base de la desviación de frecuencia medida Δf . Además, el sensor 137 de frecuencia está situado en el nodo de salida del parque eólico en lugar de en las salidas de inversor.

El método de control realizado por el controlador 133 central es el mismo que el método de control realizado por los controladores 33, 35 de la primera realización y no se describirán de nuevo. Sin embargo, la unidad 133 de control centralizado ofrece la posibilidad de reducir de manera diferente la potencia de salida de diferentes turbinas eólicas como reacción de por ejemplo un aumento de la frecuencia de red. Si, por ejemplo, la frecuencia de red aumenta y, como consecuencia, el controlador 133 reduce la potencia de salida del parque eólico, es posible reducir la potencia de salida de sólo algunas de las turbinas eólicas y no reducir la potencia de salida de las otras turbinas eólicas. Esto podría resultar útil si, por ejemplo algunas turbinas eólicas funcionan a una potencia de salida de régimen y otras turbinas eólicas funcionan a una potencia de salida que es inferior a la potencia de salida de régimen. En este caso, el desgaste de las turbinas eólicas que funcionan a la potencia de salida de régimen es habitualmente superior que el desgaste de las turbinas eólicas que funcionan a una potencia de salida inferior a la potencia de salida de régimen. Por tanto, con el fin de reducir la potencia de salida del parque eólico, resulta posible con la segunda

realización reducir únicamente la potencia de salida de aquellas turbinas eólicas que funcionan a la potencia de salida de régimen. Mediante esta medición puede reducirse el desgaste de estas turbinas eólicas.

REIVINDICACIONES

1. Método para controlar la potencia de salida de una instalación de energía eólica a una red (7) de distribución que tiene una frecuencia nominal específica (f_N), en el que la potencia de salida (P) se controla dependiendo de la frecuencia de red real (f) en la red (7) de distribución de manera que la potencia de salida (P) se reduce cuando la frecuencia de red (f) supera la frecuencia nominal (f_N), y de manera que la potencia de salida (P) se reduce tan pronto como se detecta cualquier aumento de la frecuencia de red (f) por encima de la frecuencia nominal (f_N),
- 5
- 10 caracterizado porque
- la velocidad de reducción de la potencia de salida (P) aumenta cuando la magnitud de la desviación (Δf) de la frecuencia de red (f) con respecto a la frecuencia nominal (f_N) aumenta.
- 15 2. Método según la reivindicación 1, caracterizado porque
- hay presente al menos un valor umbral superior a la frecuencia nominal (f_N) para la frecuencia de red;
 - la reducción de potencia de salida (P) es proporcional a la desviación (Δf) de la frecuencia de red (f) con respecto a la frecuencia nominal (f_N); y
 - la constante de proporcionalidad en el intervalo de frecuencia entre la frecuencia nominal (f_N) y el valor umbral es menor que la constante de proporcionalidad en el intervalo de frecuencia por encima del valor umbral.
- 20
- 25 3. Método según la reivindicación 1,
- caracterizado porque la reducción de potencia de salida (P) es una función no lineal de la desviación (Δf) de la frecuencia de red (f) con respecto a la frecuencia nominal (f_N).
- 30 4. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque la reducción de potencia de salida (P) como función de la desviación (Δf) de la frecuencia de red (f) con respecto a la frecuencia nominal (f_N) está definida por una función de transferencia.
- 35 5. Instalación de energía eólica que está adaptada para conectarse a una red (7) de distribución para enviar potencia de salida (P) a la red (7) de distribución que comprende:
- al menos un generador (17, 19) accionado por el viento;
 - unos sistemas (21, 23) electrónicos del generador;
 - un sensor (37, 39) de frecuencia que está diseñado y dispuesto de manera que puede medir la frecuencia de red (f) presente en la red (7) de distribución y emitir una señal de frecuencia que representa la frecuencia de red (f); y
 - una unidad (33, 35) de control que está conectada a los sistemas (21, 23) electrónicos del generador para enviar una señal de control y al sensor (37, 39) de frecuencia para recibir la señal de frecuencia, y que está adaptada para calcular la señal de control dependiendo de la frecuencia de red (f) de manera que la potencia de salida (P) se reduce tan pronto como se detecta cualquier aumento de la frecuencia de red (f) por encima de la frecuencia nominal (f_N),
- 40
- 45 caracterizada porque
- la unidad (33, 35) de control está adaptada para calcular la señal de control dependiendo de la frecuencia de red (f) de manera que la velocidad de reducción en la potencia de salida (P) se aumenta cuando la magnitud de la desviación (Δf) de la frecuencia de red (f) con respecto a la frecuencia nominal (f_N) aumenta.
- 50
- 55 6. Instalación de energía eólica según la reivindicación 5, caracterizada porque la unidad (33, 35) de control está adaptada para
- incluir al menos un valor umbral para la frecuencia de red (f), siendo el valor umbral superior a la frecuencia nominal (f_N);
 - reducir la potencia de salida (P) proporcional a la desviación (Δf) de la frecuencia de red (f) con respecto a la frecuencia nominal; e
- 60
- 65

- incluir una constante de proporcionalidad para reducir la potencia de salida (P) en el intervalo de frecuencia entre el valor predeterminado y el valor umbral que es menor que la constante de proporcionalidad para reducir la potencia de salida (P) en el intervalo de frecuencia por encima del valor umbral.

- 5
7. Instalación de energía eólica según la reivindicación 5, en la que la unidad (33, 35) de control está adaptada para reducir la potencia de salida (P) como función no lineal de la desviación (Δf) de la frecuencia de red (f) con respecto a la frecuencia nominal (f_N).
- 10
8. Instalación de energía eólica según cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7, en la que la unidad (33, 35) de control está adaptada para reducir la potencia de salida (P) como función de la desviación (Δf) de la frecuencia de red (f) con respecto a la frecuencia nominal (f_N) definida por una función de transferencia.

FIG 1

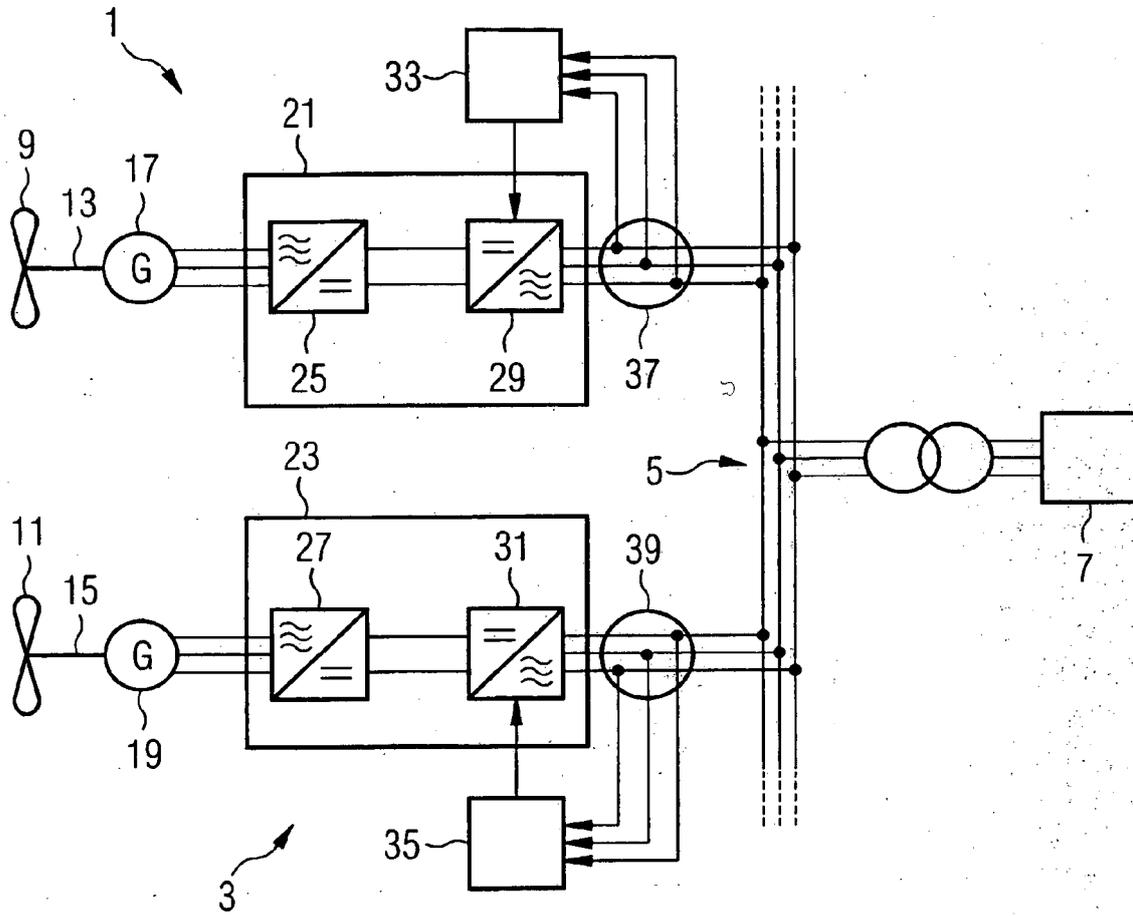


FIG 2

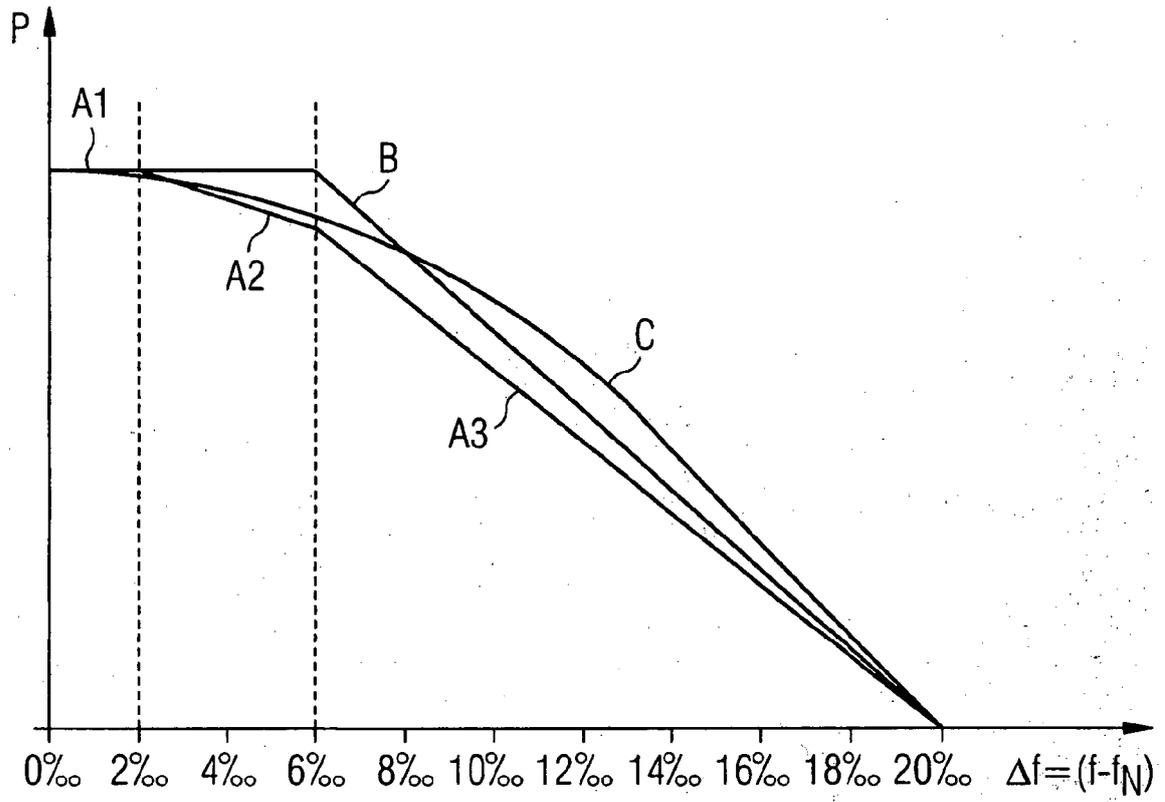


FIG 3

