(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 552 058**

(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 06021972 (2)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.09.2015** **EP 1914419**

(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 2 552 058 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

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 una instalación de energía eólica de este tipo a una red eléctrica para la que se especifica una frecuencia de red nominal.

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

Los parámetros de red dependen de un equilibrio entre la potencia alimentada a la red por instalaciones generadoras de energía eléctrica y la potencia consumida por los consumidores. Si la energía eléctrica producida alimentada a la red es inferior a la potencia consumida, la frecuencia de red cae. Por otro lado, si la potencia consumida es inferior a la potencia alimentada a la red, la frecuencia de red aumenta, lo que podría conducir a un mal funcionamiento de los dispositivos eléctricos de los consumidores.

Mientras 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 eléctrica, 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 alimentada a las redes eléctricas por parte de instalaciones de energía eólica aumenta, se hace cada vez más importante que estas instalaciones puedan reaccionar ante variaciones de la frecuencia de red.

El documento EP 1 282 774 B1 describe el control de la potencia de salida de una central de generación por energía eólica de manera que es constante mientras la frecuencia de red esté situada en el intervalo entre la frecuencia de red nominal y una frecuencia umbral que es un tres por millón superior a la frecuencia de red nominal. Cuando la frecuencia de red aumenta más de un tres por millón por encima de la frecuencia nominal, la potencia de salida de la central se reduce de manera continua.

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 salida de potencia fija, por ejemplo, una salida de potencia total máxima, mientras que la frecuencia de red permanece dentro de un intervalo predeterminado. Si, sin embargo, la frecuencia de red supera un valor límite superior de dicho intervalo, la salida de potencia del parque eólico se reduce. Si, por otro lado, la frecuencia de red no alcanza un valor límite inferior del intervalo predeterminado, la salida de potencia se aumenta.

El documento WO 2005/025026 A1 describe un método según el preámbulo de la reivindicación 1 y una instalación de energía eólica según el preámbulo de la reivindicación 4.

Sin embargo, los valores umbral definidos en la técnica anterior se eligen de algún modo de manera arbitraria y podrían conducir a dificultades a la hora de reaccionar ante desviaciones de la frecuencia de red si la frecuencia de red cambia con cierta rapidez.

Por tanto, es un objetivo de la presente invención proporcionar un método de control de la potencia de salida procedente de una instalación de energía eólica y una instalación de energía eólica que permite una reacción más avanzada ante cambios de la frecuencia de red.

Este objetivo se soluciona mediante un método de control de la potencia de salida procedente 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 4.

En el método de control de la potencia de salida procedente de una instalación de energía eólica a una red eléctrica con una frecuencia de red nominal específica mostrado por el documento WO 2005/025026 A1, la potencia de salida se controla en función de la derivada con respecto al tiempo de la desviación de la frecuencia de red con respecto a la frecuencia nominal.

El método de la invención proporciona la capacidad para reaccionar ante una desviación de la frecuencia de red con respecto a la frecuencia nominal y también a reaccionar de manera diferente dependiendo de la tasa de cambio en la frecuencia de red. Una alta tasa de cambio significa que una desestabilización de la red es más probable que con una pequeña tasa de cambio de modo que, por ejemplo, puede tener lugar una reacción cuando la tasa de cambio supera un determinado límite. Alternativamente, una alta tasa de cambio podría conducir a una reacción fuerte

mientras que una baja tasa de cambio sólo conduciría a una reacción débil.

Ya que la tasa de cambio de la frecuencia de red cerca de la frecuencia nominal proporciona una medida mejor de cómo de probable es alcanzar o no un límite de frecuencia crítica que sólo observar la propia desviación, se puede reaccionar de una manera más avanzada y más específicamente ante cambios en la frecuencia de red.

Además de controlar la potencia de salida en función de la derivada con respecto al tiempo de la frecuencia, la potencia de salida puede controlarse en función de la desviación de la frecuencia de red con respecto a la frecuencia nominal. Dicho de otro modo, el control de la potencia de salida puede basarse en la desviación de la frecuencia de red con respecto a la frecuencia nominal y, al mismo tiempo, en la tasa de cambio de la frecuencia de red.

Según la invención, se proporciona al menos un valor umbral para la frecuencia de red que es diferente de la frecuencia de red nominal, la potencia de salida se controla sólo en función de la derivada con respecto al tiempo de la frecuencia de red siempre que la frecuencia de red se encuentre entre la frecuencia de red nominal y el valor umbral. Cuando la frecuencia de red no se encuentra entre la frecuencia de red nominal y el valor umbral, la potencia de salida se controla en función de la derivada con respecto al tiempo de la frecuencia y, al mismo tiempo, en función de la desviación de la frecuencia de red con respecto a la frecuencia nominal. Esto proporciona la posibilidad de reaccionar de un modo avanzado siempre que la desviación de la frecuencia de red con respecto a la frecuencia nominal sea pequeña, y reaccionar de una manera más rigurosa cuando se supera o no se alcanza un determinado umbral. Por ejemplo, si el umbral es superior a la frecuencia nominal y la frecuencia de red aumenta por encima del umbral, la salida de potencia puede reducirse de manera bastante rápida con el aumento de la frecuencia de red independientemente de la tasa de cambio en la frecuencia de red. Dicho de otro modo, aunque dentro del límite proporcionado por el valor umbral puede no ser necesario reducir la potencia adicionalmente cuando la tasa de cambio indica que la frecuencia de red volverá a la frecuencia nominal, podría ser necesario reducir la potencia adicionalmente siempre que el valor umbral se supera incluso si la derivada de la frecuencia de red indica que la frecuencia de red se aproximará de nuevo a la frecuencia nominal. En particular, si el valor absoluto de la desviación con respecto a la frecuencia de red nominal todavía es bastante alto, podría no ser necesario reducir la potencia de salida independientemente de la tasa y sentido del cambio en la frecuencia de red.

Una instalación de energía eólica de la invención, es decir una única turbina eólica o un parque eólico con varias turbinas eólicas, comprende al menos un generador impulsado por el viento que comprende unos sistemas electrónicos de generador y que está conectada a una red de distribución para suministrar una potencia de salida a la red de distribución, un sensor de frecuencia que está diseñado y dispuesto tal como para poder medir la frecuencia de red presente en la red de distribución y para emitir una señal de frecuencia que representa la frecuencia de red, y una unidad de control que está conectada al generador para suministrar una señal de control y al sensor de frecuencia para recibir la señal de frecuencia. La unidad de control está adaptada para calcular la señal de control tal como para realizar el método de la invención. Por tanto, las ventajas mencionadas con respecto al método de la invención se consiguen asimismo con la instalación de energía eólica de la invención.

La unidad de control está adaptada para incluir al menos un valor umbral para la frecuencia de red que difiere de la frecuencia nominal, es decir que es superior o inferior a la frecuencia nominal, y para calcular una señal de control para suministrar una potencia de salida que es una función de la derivada con respecto al tiempo de la frecuencia de red y/o una función de la desviación de la frecuencia de red con respecto a la frecuencia nominal sólo si la frecuencia de red no se encuentra entre la frecuencia de red nominal y el valor umbral. En particular, la unidad de control está adaptada para calcular una señal de control de manera que se suministra una potencia de salida que es sólo una función de la derivada con respecto al tiempo de la frecuencia de red siempre que la frecuencia de red se encuentre entre la frecuencia de red nominal y el valor umbral. La unidad de control está adaptada además para calcular la señal de control de manera que se suministra una potencia de salida que es una función de la derivada con respecto al tiempo de la frecuencia de red y, al mismo tiempo, una función de la desviación de la frecuencia de red con respecto a la frecuencia nominal cuando la frecuencia de red no se encuentra entre la frecuencia nominal y el valor umbral. En una aplicación importante, el valor umbral será superior al valor nominal para la frecuencia de red.

Características, propiedades y ventajas adicionales de la presente invención resultarán más claras a partir de la siguiente descripción de realizaciones de la invención junto con los dibujos adjuntos.

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

La figura 2 muestra la frecuencia de red y la potencia de salida de la instalación de energía eólica en función del tiempo.

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

La instalación de energía eólica mostrada en la figura 1 comprende varias turbinas eólicas, dos de las cuales se muestran en la figura. Las turbinas 1, 3 eólicas producen una potencia eléctrica de salida y están conectadas a través 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.

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.

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 giratorio impulsado por el viento a un generador 17, 19 de CA que transforma la potencia 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 rotación del árbol de rotor a una rotación diferente del árbol de salida con una determinada relación de transmisión.

El generador de CA comprende unos sistemas electrónicos de generador y puede ser o bien un generador síncrono o bien un generador asíncrono. En un generador síncrono, un rotor gira con la misma frecuencia de rotación que el campo magnético giratorio producido por un estator del generador, o con una relación de número entero con la frecuencia del campo magnético giratorio, dependiendo del número de pares de polos presentes en el rotor. En contraposición a esto, 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 de frecuencia de rotación del rotor y el estator se describe por el deslizamiento del generador asíncrono.

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 a través de convertidores 21, 23 de frecuencia que forman parte de los sistemas electrónicos de 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 en la red 7. Cada convertidor 21, 23 de frecuencia comprende un rectificador 25, 27 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 presentes unidades 33, 35 de control que están conectadas a un sensor 37, 39 de frecuencia para recibir una señal de frecuencia, y al inversor 29, 31 para suministrar la señal de control. El sensor de frecuencia está presente en la red de modo que permite la medición de la frecuencia de red real de la red 7 externa. Aunque el sensor 37, 39 de 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.

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 va a 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.

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 de la turbina 1, 3 eólica depende de la desviación de la frecuencia de red medida con respecto a una frecuencia de red nominal (por ejemplo, 50 Hz en Alemania o 60 Hz en los EE.UU.) así como con respecto a la derivada con respecto al tiempo de la frecuencia de red. La derivada con respecto al tiempo es una medida para la relación de cambio de frecuencia.

A continuación se describirá en más detalle el proceso de control en la unidad 33, 35 de control con referencia a la figura 2. Esta figura muestra la frecuencia de red f y la potencia de salida P en función del tiempo t. Muestra además el valor de la frecuencia nominal f_N y el valor de un umbral de frecuencia f_t que está situado, en el presente ejemplo, por encima de la frecuencia nominal.

En el presente ejemplo, la potencia de salida viene dada por una suma de dos términos. El primer término es proporcional a la desviación de la frecuencia de red con respecto a la frecuencia nominal mientras que el segundo término es proporcional a la derivada con respecto al tiempo de la frecuencia de red.

$$P = K_1(f - f_N) + K_2 \frac{df}{dt}$$

La constante de proporcionalidad K_1 del término que es lineal en la desviación de la frecuencia de red con respecto a la frecuencia nominal es cero siempre que la frecuencia de red f no supere el umbral de frecuencia f_t mostrado en la figura 2 y distinta de cero y negativa cuando se supera el umbral de frecuencia f_t. La constante K_2 es mayor que cero.

Tras superarse el umbral f_t, la constante K_1 se hace distinta de cero y negativa. Como puede observarse en la figura 2, esta función de control deja la potencia de salida constante (P_0) cuando la frecuencia de red f coincide con la frecuencia nominal f_N, es decir durante momentos antes a en la figura 2. En t_0, la frecuencia de red comienza a aumentar de manera lineal, es decir la derivada con respecto al tiempo es constante y mayor de 0. En el momento en que la frecuencia de red comienza a aumentar, la potencia cae de manera brusca una cantidad ΔP y entonces se hace constante hasta t_1. En el instante t_1, la frecuencia de red supera el valor umbral lo que significa que ahora la constante K_2 usada en el término que depende de manera lineal de la diferencia de la frecuencia con respecto a la frecuencia nominal se hace negativo, de modo que la potencia de salida P comienza a disminuir de manera lineal en t_1 (obsérvese que la derivada con respecto al tiempo de la frecuencia de red es aún constante).

A continuación, en el instante t_2, la frecuencia de red no aumenta adicionalmente y se hace constante a un alto nivel. Para el término que depende de manera lineal de la diferencia entre la frecuencia de red y la frecuencia nominal f_N esto significa hacerse constante también. Además, como la derivada con respecto al tiempo de la frecuencia de red se hace 0 en t_2, la potencia de salida aumenta en t_2 la misma cantidad ΔP que disminuyó en t_0.

En comparación con el control de la potencia de salida en el estado de la técnica, es decir, controlar la potencia de salida en función de la desviación de la frecuencia de red con respecto a la frecuencia nominal f_N, la potencia de salida es inferior entre t_0 y t_2 mientras que es la misma tras t_2. Debido al término de la derivada en la fórmula anterior, el control es más sensible ante frecuencias de red que aumentan rápidamente que los métodos de control del estado de la técnica. Si, por ejemplo el aumento lineal de la frecuencia de red entre t_0 y t_2 fuera más pronunciado que el mostrado en la figura 2, la caída de potencia en t_0 sería mayor que la mostrada en la figura 2. Además, si la frecuencia de red no aumentara de manera lineal sino, por ejemplo, de manera cuadrática, la potencia caería adicionalmente entre t_0 y t_1. Dicho de otro modo, cuanto más rápidamente aumenta la frecuencia de red, más rápidamente se reduce la potencia de salida. Por tanto, con el método de la invención, las frecuencias de red que aumentan rápidamente, que podrían conducir a frecuencias de red intolerables en poco tiempo, se contrarrestan más rápidamente que con los métodos de control en el estado de la técnica.

Aunque se ha descrito una función de control especial con respecto a la figura 2, con el fin de explicar la invención, la función de control puede depender de manera distinta a lineal de la desviación de la frecuencia de red con respecto a la frecuencia nominal y de manera distinta a lineal con respecto a la derivada con respecto al tiempo de la frecuencia de red. Además, aunque en la figura 2 sólo se muestra una reacción para una frecuencia de red que aumenta por encima de la frecuencia nominal, también podría darse una reacción si la frecuencia de red cae por debajo de la frecuencia nominal f_N o un valor umbral inferior, por ejemplo, la potencia de salida podría aumentar.

En la figura 3 se muestra una segunda realización de la instalación de energía eólica de la invención. 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 están equipadas con una unidad de control para el control de la potencia de salida en función de la derivada con respecto al tiempo de la frecuencia de red en la red 7 de distribución. En cambio, en el parque eólico hay presente una unidad 133 de control central que suministra señales de control individuales para cada turbina 1, 3 eólica del parque eólico. Además, el sensor 137 de frecuencia está situado en el nodo de salida del parque eólico en lugar de en las salidas del 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 describirá de nuevo. Sin embargo, la unidad 133 de control centralizada ofrece la posibilidad de reducir de manera diferente la potencia de salida de diferentes turbinas eólicas como una reacción de, por ejemplo, una frecuencia de red que aumenta. Si, por ejemplo, la frecuencia de red aumenta y, como consecuencia, el controlador 133 reduce la potencia de salida, 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 la 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 mayor que el desgaste de las turbinas eólicas que funcionan a una potencia de salida menor que la potencia de salida de régimen. Por tanto, con el fin de reducir la potencia de salida del parque eólico, con la segunda realización se hace posible reducir sólo la potencia de salida de aquellas turbinas eólicas que funcionan a la potencia de salida de régimen. Con esta medida puede reducirse el desgaste de estas turbinas eólicas.

REIVINDICACIONES

1. Método de control de la potencia de salida (P) procedente de una instalación de energía eólica a una red (7) eléctrica con una frecuencia de red nominal específica (f_N), en el que

- la potencia de salida (P) se controla en función de la derivada con respecto al tiempo de la frecuencia de red (f)

- está presente un valor umbral (f_t) para la frecuencia de red (f) que es diferente a la frecuencia de red nominal (f_N), y

- la potencia de salida (P) se controla en función de la derivada con respecto al tiempo de la frecuencia de red (f) y/o en función de la desviación de la frecuencia de red (f) con respecto a la frecuencia nominal (f_N)

caracterizado porque

la potencia de salida (P) se controla en función de la derivada con respecto al tiempo de la frecuencia de red (f) siempre que la frecuencia de red (f) se encuentre entre la frecuencia de red nominal (f_N) y el valor umbral (f_t), y la potencia de salida (P) se controla en función de la derivada con respecto al tiempo de la frecuencia de red (f) y en función de la desviación de frecuencia de red (f) con respecto a la frecuencia nominal (f_N) cuando la frecuencia de red (f) no se encuentra entre la frecuencia de red nominal (f_N) y el valor umbral (f_t).

2. Método según la reivindicación 1,

caracterizado porque

la potencia de salida (P) se controla como función lineal de la derivada con respecto al tiempo de la frecuencia de red (f) siempre que la frecuencia de red (f) se encuentre entre la frecuencia de red nominal (f_N) y el valor umbral (f_t), y la potencia de salida (P) se controla como función lineal de la derivada con respecto al tiempo de la frecuencia de red (f) y como función lineal de la desviación de frecuencia de red (f) con respecto a la frecuencia nominal (f_N) cuando la frecuencia de red (f) no se encuentra entre la frecuencia de red nominal (f_N) y el valor umbral (f_t).

3. Método según la reivindicación 1 o la reivindicación 2,

caracterizado porque

la instalación de energía eólica comprende al menos dos turbinas (1, 3) eólicas y en el que la potencia de salida (P) se controla de manera individual para cada una de las turbinas (1, 3) eólicas.

4. Instalación de energía eólica que está adaptada para conectarse a una red (7) de distribución para suministrar potencia de salida (P) a la red (7) de distribución, que comprende:

- al menos un generador (17, 19) impulsado por el viento

- unos sistemas (21, 23) electrónicos de generador;

- un sensor (37, 39) de frecuencia que está diseñado y dispuesto tal como para poder medir la frecuencia de red (f) presente en la red (7) de distribución y para 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 de generador para suministrar 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 de manera que se suministra una potencia de salida (P) que depende de la derivada con respecto al tiempo de la frecuencia de red (f) y que está adaptada para incluir un valor umbral (f_t) para la frecuencia de red (f) que es diferente de la frecuencia de red nominal (f_N) y para calcular una señal de control para suministrar una potencia de salida (P) que es una función de la derivada con respecto al tiempo de la frecuencia de red (f) y/o una función de la desviación de la frecuencia de red (f) con respecto a la frecuencia nominal (f_N)

caracterizada porque

la unidad (33, 35) de control está adaptada para calcular la señal de control de manera que se suministra una potencia de salida (P) que es sólo una función de la derivada con respecto al tiempo de la frecuencia de red (f) siempre que la frecuencia de red (f) se encuentre entre la frecuencia de red nominal (f_N) y el valor

umbral (f_t) y de manera que se suministra una potencia de salida (P) que es una función de la derivada con respecto al tiempo de la frecuencia de red y una función de la desviación de frecuencia de red (f) con respecto a la frecuencia nominal (f_N) cuando la frecuencia de red (f) no se encuentra entre la frecuencia de red nominal (f_N) y el valor umbral (f_t) .

5. Instalación de energía eólica según la reivindicación 4,

caracterizada porque

la unidad (33, 35) de control está adaptada para calcular la señal de control de manera que se suministra una potencia de salida (P) que es una función lineal de la derivada con respecto al tiempo de la frecuencia de red (f) siempre que la frecuencia de red (f) se encuentre entre la frecuencia de red nominal (f_N) y el valor umbral (f_t) y de manera que se suministra una potencia de salida (P) que es una función lineal de la derivada con respecto al tiempo de la frecuencia de red y una función lineal de la desviación de frecuencia de red (f) con respecto a la frecuencia nominal (f_N) cuando la frecuencia de red (f) no se encuentra entre la frecuencia de red nominal (f_N) y el valor umbral (f_t).

6. Instalación de energía eólica según la reivindicación 4 o la reivindicación 5,

caracterizada porque

comprende al menos dos turbinas (1, 3) eólicas y la unidad de control es un control (133) central que suministra señales de control individuales a cada una de las turbinas (1, 3) eólicas.

FIG 1

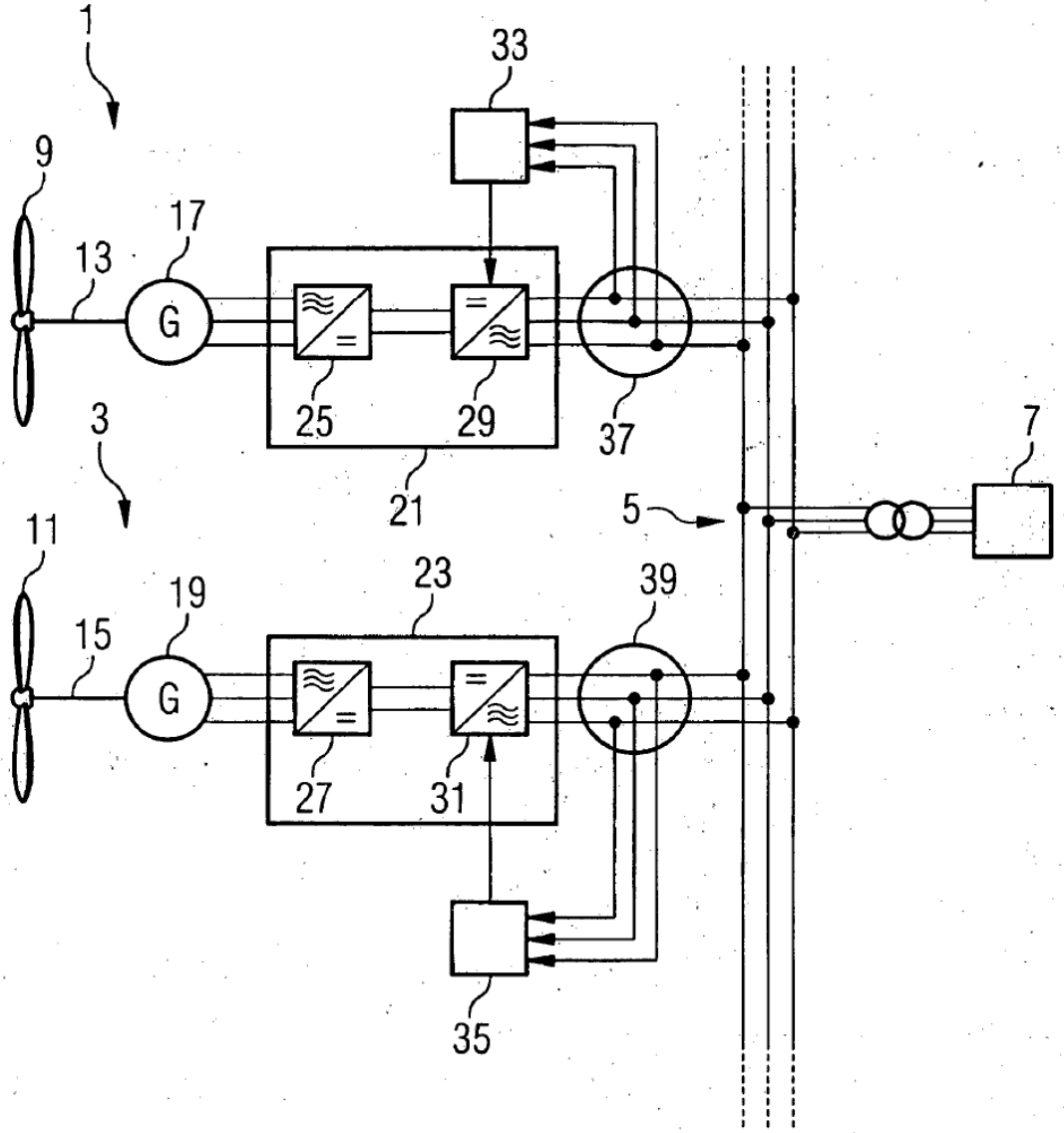


FIG 2

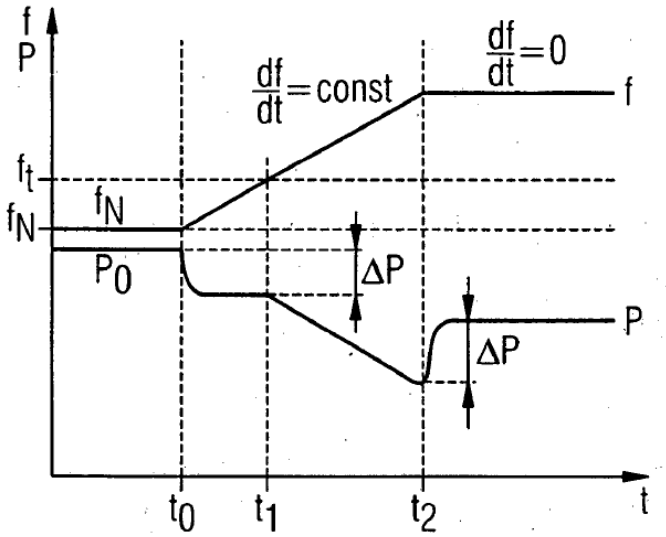
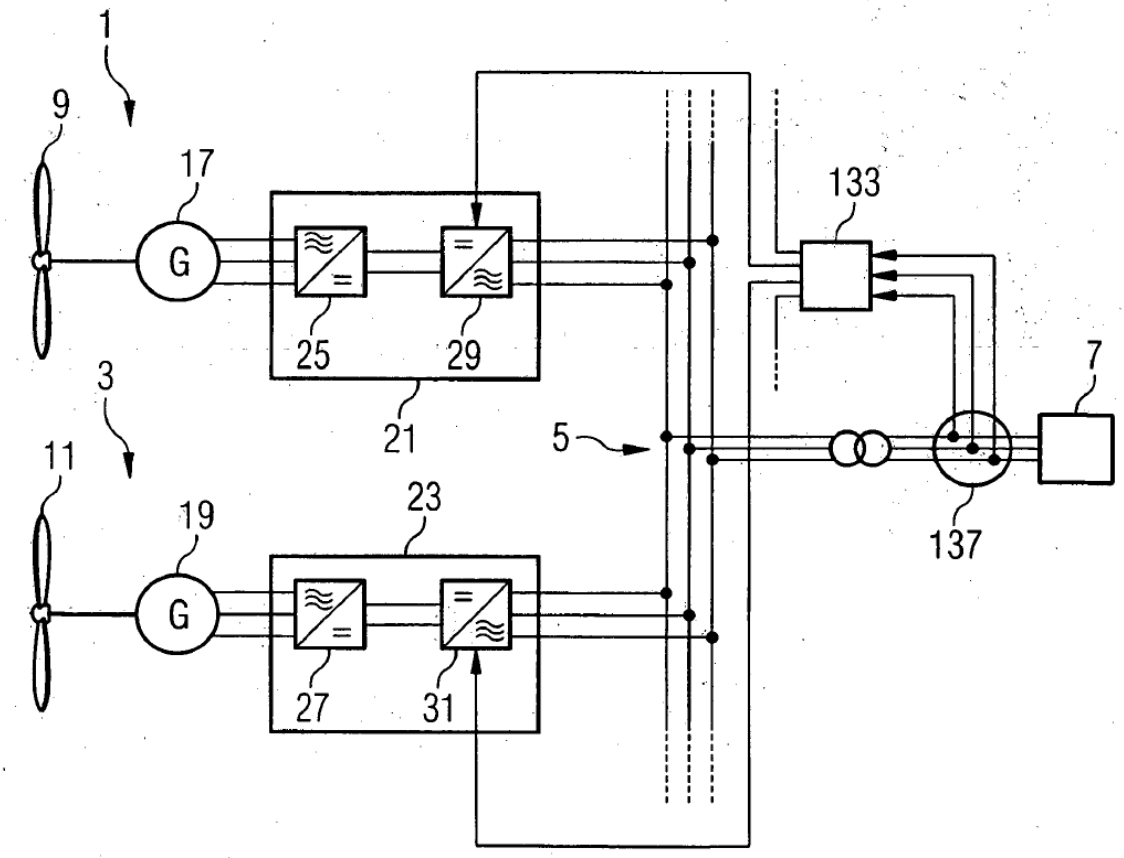

f
P
df/dt = const
df/dt = 0
f
ft
fN
fN
P0
ΔP
P
ΔP
t0
t1
t2
t

FIG 3


1
9
17
G
25
29
21
133
7
3
11
19
G
23
27
31
5
137