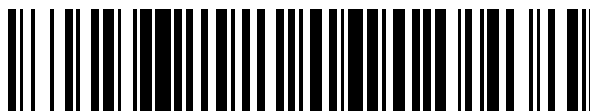


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 432 171**

51 Int. Cl.:

F03D 9/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.11.2007** **E 07817885 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.09.2013** **EP 2082132**

54 Título: **Procedimiento para controlar un grupo de turbinas eólicas conectadas a una red de distribución y grupo de turbinas eólicas**

30 Prioridad:

08.11.2006 DK 200601455

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

02.12.2013

73 Titular/es:

VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)
Hedeager 44
8200 Aarhus N, DK

72 Inventor/es:

HELLE, LARS y
NIELSEN, JOHN GODSK

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 432 171 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 controlar un grupo de turbinas eólicas conectadas a una red de distribución y grupo de turbinas eólicas.

Antecedentes de la invención

- 5 La invención se refiere a un procedimiento para controlar un grupo de turbinas eólicas conectadas a una red de distribución, un procedimiento para planear la estrategia de una red de distribución que incluye un grupo de turbinas eólicas conectadas a la red y un grupo de turbinas eólicas.

Descripción del estado de la técnica relacionado

- 10 Una red de distribución estándar comprende un número de generadores de energía y de consumidores. La red de distribución mantiene un valor de frecuencia estable cuando la energía generada y la consumida están equilibradas.
- La frecuencia de la red de distribución puede subir si la energía consumida cae repentinamente y se crea un desequilibrio entre la energía generada y la consumida. Desafortunadamente, cuando la frecuencia sube puede provocar un mal funcionamiento o incluso daños en cualquier equipo eléctrico conectado a la misma.
- 15 La solicitud de patente europea EP 1 467 463 A divulga un procedimiento para operar un parque eólico en el que la potencia activa suministrada a una red se controla dependiendo de la frecuencia de red.
- La patente europea EP 1 282 774 B divulga un procedimiento para operar una turbina eólica durante una caída de potencia cuando la energía suministrada a la red eléctrica está regulada o ajustada dependiendo de la frecuencia de red de la red eléctrica.
- 20 Una desventaja del estado de la técnica mencionado es que a una reducción de potencia significativa, el desgaste y deterioro de las turbinas puede ser críticamente alto, lo que conduce a un desgaste temprano de la turbina.
- Es un objeto de la invención proporcionar una técnica sin las desventajas anteriormente mencionadas, y especialmente es un objeto proporcionar una técnica que pueda ser utilizada en conexión con cualquier tipo de turbina eólica.

La invención

- 25 La invención se refiere a un procedimiento para controlar turbinas eólicas individuales en un grupo de turbinas eólicas conectadas a una red de distribución, comprendiendo dicho procedimiento las etapas definidas en la reivindicación 1.
- Por grupo se entiende más de una turbina eólica en uno o más parques eólicos, distribuidas en una región, área, etc.
- Así pues, se consigue un procedimiento ventajoso para controlar un grupo de turbinas eólicas durante un cambio de frecuencia en la red de distribución con el fin de estabilizar y minimizar la desviación de frecuencia. Además, se asegura que dicho grupo de turbinas eólicas da soporte a la red de distribución en caso de dicha desviación de frecuencia.
- 30 En un modo de realización de la invención, dicha determinación de la frecuencia de la red de distribución se realiza para cada turbina individual en dicho grupo de turbinas eólicas individuales o se determina centralmente mediante medios de control centralizados en conexión con las turbinas eólicas.
- Al determinar la frecuencia de la red de distribución para cada turbina eólica individual se asegura que dicha frecuencia se proporciona a medios de control en cada turbina eólica individual de un grupo de turbinas eólicas sin necesidad de que estén conectadas a medios centrales para determinar la frecuencia. Así pues, se asegura además que los medios de control pueden comparar dicho valor de frecuencia determinado con un valor de frecuencia almacenado, por ejemplo, y controlar cuándo, y si, la turbina eólica debe ser desconectada de la red de distribución debido a un valor de desviación de frecuencia detectado por encima del valor de frecuencia nominal.
- 35 Al determinar la frecuencia de la red de distribución centralmente mediante medios de control centralizados en conexión con las turbinas eólicas se asegura que se distribuye el mismo valor de frecuencia determinado a cada turbina eólica individual de dicho grupo de turbinas eólicas. Así pues, se asegura un control preciso de las turbinas eólicas.
- En otro modo de realización de la invención, dicha desconexión de las turbinas eólicas se controla localmente mediante medios de control locales en cada turbina eólica, o se controla centralmente mediante medios de control centralizados en conexión con las turbinas eólicas.
- 45 Al controlar la desconexión de las turbinas eólicas localmente se asegura que la turbina eólica individual está controlada independientemente del estado de una estructura de control central en conexión con las turbinas eólicas. Además, se asegura que una estructura de control central no utiliza una capacidad de computación adicional en el control de dicha

desconexión de las turbinas eólicas, sino que puede utilizar dicha capacidad para otros propósitos de control.

Al controlar la desconexión de turbinas eólicas centralmente mediante medios de control centralizados en conexión con las turbinas eólicas se asegura que la estrategia de desconexión de dicho grupo de turbinas eólicas puede ser alterada fácilmente en consecuencia.

- 5 En otro modo de realización de la invención, las turbinas eólicas se desconectan sucesivamente. Así pues, se asegura que los códigos de red se satisfacen y que el grupo de turbinas eólicas responde a un aumento de frecuencia de la red de distribución.

- 10 En otro modo de realización de la invención, dichos medios de control centralizados seleccionan aleatoriamente las turbinas eólicas que van a ser desconectadas. Así pues, se asegura que para eventos múltiples en los que la frecuencia de la red de distribución aumenta no se desconecta la misma sucesión de turbinas eólicas. Mediante esto se asegura que el deterioro y desgaste de la turbina eólica individual debido a su desconexión está distribuido uniformemente entre las turbinas eólicas del grupo de turbinas eólicas.

- 15 En otro modo de realización de la invención, dichos medios de control centralizados desconectan turbinas eólicas en base a parámetros de producción tales como datos acerca de sucesiones anteriores, potencia generada por las turbinas eólicas en un periodo de tiempo anterior y predefinido, valores de desgaste y deterioro de las turbinas eólicas, etc. Así pues, se aseguran que se puede obtener una desconexión óptima de las turbinas eólicas en el grupo de turbinas eólicas tomando en consideración parámetros esenciales tales como parámetros de desgaste y deterioro de la turbina eólica.

- 20 En otro modo de realización de la invención, dichos valores de frecuencia diferentes predefinidos $f_{trip, 1} \dots f_{trip, x}$ están por debajo de un límite de frecuencia superior predefinido $f_{highlim}$ de la red de distribución. Así pues, se asegura que se puede conseguir un soporte de potencia máxima de la red de distribución del grupo de turbinas eólicas cuando la frecuencia sube.

- 25 En otro modo de realización de la invención, dichas turbinas eólicas se desconectan sucesivamente en una relación predefinida con dicha desviación de frecuencia en la red de distribución, tal como una relación sustancialmente lineal. Así pues, se asegura que la relación entre la desconexión sucesiva de turbinas eólicas y la desviación de frecuencia en la red de distribución cumple con códigos de red predefinidos y se puede conseguir un soporte de potencia óptimo de la red de distribución.

- 30 En otro modo de realización de la invención, dichas turbinas eólicas se desconectan en una relación predefinida con dicha desviación de frecuencia en la red de distribución en una relación no lineal, tal como una relación logarítmica, una relación de segundo orden o cualquier otra relación no lineal. Así pues, se asegura que la relación con la cual las turbinas eólicas se desconectan cumple con las demandas de la red y/o las demandas de, por ejemplo, un operador de red.

En otro modo de realización de la invención, cada turbina eólica incluye un valor de frecuencia predefinido único que define cuándo debe ser desconectada la turbina eólica de la red de distribución. Así pues, se asegura que la turbina eólica se desconecta cuando la frecuencia de la red de distribución es igual o superior a dicho valor de frecuencia predefinido.

- 35 En otro modo de realización de la invención, dos o más turbinas eólicas incluyen el mismo valor de frecuencia predefinido único que define cuándo las turbinas eólicas deben ser desconectadas de la red de distribución. Así pues, se asegura que se desconectan más turbinas eólicas a la misma vez a medida que la frecuencia de la red de distribución aumenta, por lo que una cantidad mayor de potencia se desconecta a la misma frecuencia predefinida.

La invención se refiere asimismo a un grupo de turbinas eólicas que comprende:

al menos dos turbinas eólicas conectadas a una red de distribución, cada una de dichas turbinas eólicas incluye

- 40 medios para desconectar la turbina eólica cuando la frecuencia de la red de distribución alcanza un valor de frecuencia predefinido,

en el que al menos dos turbinas eólicas comprenden diferentes valores de frecuencia predefinidos mencionados.

Así pues, se asegura que dicho grupo de turbinas eólicas puede dar soporte a la red de distribución durante una desviación de frecuencia de la red.

- 45 En otro modo de realización de esta invención, cada turbina eólica individual comprende medios para medir la frecuencia de la red de distribución, o cada turbina eólica individual está conectada a unos medios de control centralizados que miden la frecuencia de la red de distribución. Así pues, se asegura que se puede obtener una medición óptima de la frecuencia de la red de distribución dependiendo de la estructura de control del grupo de turbinas eólicas y/o de la turbina eólica individual.

Todavía en otro modo de realización de la invención, cada una de dichas turbinas eólicas comprende medios para almacenar un valor de frecuencia predefinido por encima de un valor de frecuencia nominal de la red de distribución. Así pues, se asegura que la turbina eólica puede ser desconectada de la red de distribución en el caso de una desviación de frecuencia por encima del nominal, incluso si la turbina eólica no está conectada a un controlador central.

- 5 En un modo de realización adicional de esta invención, cada turbina eólica individual comprende medios para desconectar la turbina eólica de la red de distribución, o cada turbina eólica individual es desconectada mediante medios de control centralizados. Así pues, se asegura que cada turbina eólica individual es desconectada de modo que dé soporte a la red de distribución de un modo óptimo.

- 10 En un modo de realización adicional de la invención, dos o más turbinas eólicas comprenden medios para desconectar las turbinas eólicas al mismo valor de frecuencia predefinido por encima del valor nominal de la red de distribución. Así pues, se asegura que, por ejemplo, en grupos que comprenden un gran número de turbinas eólicas, se puede desconectar más de una turbina eólica a la misma frecuencia con el resultado de que a medida que la frecuencia de la red de distribución aumenta se desconecta una mayor cantidad de potencia a las mismas frecuencias predefinidas.

Figuras

- 15 La invención se describirá en lo que sigue con referencia a las figuras, en las cuales:
- la fig. 1 ilustra una turbina eólica moderna grande que incluye tres palas de turbina eólica en el rotor de la turbina eólica;
- la fig. 2 ilustra esquemáticamente la interconexión eléctrica de un grupo de parques eólicos conectados a una red de distribución como se conoce en la técnica,
- la fig. 3 ilustra la curva de potencia frente a frecuencia para un modo de realización de la invención,
- 20 la fig. 4 ilustra esquemáticamente un diagrama de control para un modo de realización de la invención, y
- la fig. 5 ilustra esquemáticamente un diagrama de control para otro modo de realización de la invención.

Descripción detallada

La fig. 1 ilustra una turbina eólica moderna 1 con una torre 2 y una góndola 3 de la turbina eólica situada en la parte superior de la torre.

- 25 El rotor de la turbina eólica, que comprende al menos una pala, tal como tres palas 5 de la turbina eólica como se ilustra, está conectado al buje 4 mediante mecanismos de cabeceo 6. Cada mecanismo de cabeceo incluye un cojinete de pala y unos medios de accionamiento de cabeceo que permiten que la pala cabecee. El proceso de cabeceo está controlado por un controlador de cabeceo.

- 30 Es un requerimiento de los códigos de red que las turbinas eólicas 1 conectadas a una red de distribución 7 contribuyan al control de frecuencia durante un evento en el que la frecuencia de la red de distribución aumente. Más concretamente, se requiere que las turbinas eólicas 1 reduzcan la generación de energía cuando la frecuencia supera un nivel predeterminado definido por los operadores de red.

- 35 De acuerdo con la presente invención, dicha reducción de la generación de energía se realiza mediante la desconexión de turbinas eólicas individuales especificadas 1, 10a, 10b,... 10x, 12 en un grupo de turbinas eólicas en relación con la frecuencia de la red de distribución 7.

En un modo de realización de la invención se define, en caso de una caída súbita de potencia, que el grupo de turbinas eólicas debe contribuir a estabilizar la frecuencia de la red de distribución 7 mediante una reducción de potencia que se define para que sea, por ejemplo, una reducción lineal de la potencia suministrada cuando la frecuencia de red supera un valor predeterminado f_{lim} , definido por la ecuación 1:

$$40 \quad \Delta P = k \cdot P_m \frac{f_{lim} - f_{act}}{f_{ref}} \quad [1]$$

en donde

ΔP es la reducción en generación de potencia requerida

k es la constante que define la pendiente de la reducción

P_m es la potencia disponible durante el funcionamiento normal

f_{lim} es un límite inferior de frecuencia predeterminado

$f_{highlim}$ es el límite superior de frecuencia en el que la ecuación es válida

f_{act} es la frecuencia real en la red

f_{ref} es la frecuencia de referencia de la red, tal como 50 o 60 Hz.

- 5 La ecuación 1 es válida para f_{act} en el intervalo entre f_{lim} y $f_{highlim}$. Si f_{act} aumenta hasta un valor superior o igual a $f_{highlim}$, todas las turbinas eólicas 1, 10a, 10b,... 10x, 12 en dicho grupo de turbinas eólicas deben desconectarse de la red de distribución 7.

Además, para este modo de realización de la invención P_m se calcula como:

$$P_m = n_{turbina} \cdot P_{turbina} \quad [2]$$

- 10 en donde $n_{turbina}$ es el número de turbinas eólicas 1, 10a, 10b,... 10x, 12 en un grupo controlado de turbinas eólicas, y $P_{turbina}$ es la producción de energía de una turbina eólica individual.

- Para otros modos de realización de la invención, P_m puede ser definida mediante otros parámetros tales como la potencia nominal, una referencia de potencia externa válida para funcionamiento normal etc., y/o $P_{turbina}$ puede ser definida mediante otros parámetros tales como potencia nominal de la turbina eólica, punto de ajuste de referencia de potencia de la turbina eólica válido para funcionamiento normal, etc.

De acuerdo con la presente invención, dicha reducción en la generación de potencia se realiza mediante una desconexión sucesiva de turbinas eólicas individuales especificadas 1, 10a, 10b,... 10x, 12 en relación con un aumento de dicha frecuencia de la red de distribución.

- 20 El número de turbinas eólicas 1, 10a, 10b,... 10x, 12 que necesita ser desconectado con el fin de alcanzar la reducción requerida en generación de energía puede ser calculado a partir de la ecuación 3:

$$z = \frac{\Delta P}{P_{turbina}} \quad [3]$$

en la que z es un entero que representa el número de turbinas 1, 10a, 10b,... 10x, 12 que necesitan ser desconectadas.

- 25 En un modo de realización preferido de la invención, se desconectarán turbinas eólicas 1, 10a, 10b,... 10x, 12 de la red de distribución 7 sucesivamente de un modo lineal, a medida que la frecuencia de la red de distribución suba debido a dicha reducción de potencia. La frecuencia real a la cual la turbina eólica individual 1, 10a, 10b,... 10x, 12 para este modo de realización debe ser desconectada se calcula de la ecuación 4:

$$f_{trip,x} = f_{lim} + \frac{(f_{highlim} - f_{lim})}{z}(x - 1) \quad [4]$$

en la que x es un entero en el intervalo de 1 a z que representa el número de la turbina eólica individual en una secuencia de desconexión, $f_{trip,x}$ es la frecuencia real a la cual la turbina x debe ser desconectada.

- 30 Para modos de realización adicionales de la invención, se desconectarán turbinas eólicas 1, 10a, 10b,... 10x, 12 de la red de distribución 7 sucesivamente de un modo no lineal a medida que la frecuencia de la red de distribución suba debido a la reducción de potencia consumida.

La fig. 2 ilustra esquemáticamente un grupo de turbinas eólicas 1, 10a, 10b,... 10x, 12 conectadas a una red de distribución distribuida 7, de acuerdo con un modo de realización de la invención.

- 35 Si una red de distribución 7 experimenta un aumento de frecuencia que supera dicha frecuencia f_{lim} predeterminada, definida por ejemplo por un operador de red, se debe desconectar un número de turbinas eólicas 1, 10a, 10b,... 10x, 12 de acuerdo con la invención y en relación con las ecuaciones 1 a 4.

- 40 De acuerdo con un modo de realización de la invención, cada turbina eólica individual 12a, 12b,... 12x en un grupo de turbinas eólicas está preajustada para desconectarse de la red de distribución 7 a diferentes valores de frecuencias de acuerdo con la ecuación 4, esto es, dicha turbina individual comprende medios para almacenar un valor de frecuencia predefinido $f_{trip,x}$ y medios para desconectar la turbina eólica cuando la frecuencia de la red de distribución f_{act} alcanza dicho valor de frecuencia predefinido. Este modo de realización no requiere de ningún control de desconexión externo, aunque requiere que cada turbina eólica 12a, 12b,... 12x adquiera de modo sustancialmente continuo información acerca

de la frecuencia de red real (f_{act}) mediante una detección descentralizada.

Por detección descentralizada se entiende que sustancialmente cada turbina eólica 12a, 12b,... 12x comprende medios para detectar la frecuencia de red real (f_{act}) individualmente.

- 5 Al comparar de modo sustancialmente continuo la información adquirida acerca de la frecuencia de red (f_{act}) con un valor de frecuencia predefinido almacenado ($f_{trip, x}$) para cada turbina eólica individual (x), los medios de control en dicha turbina eólica individual 12a, 12b,... 12x pueden detectar cuándo y si la turbina eólica debe ser desconectada de, y reconectada a, la red de distribución.

De acuerdo con otro modo de realización de la invención, cada turbina eólica 1, 10a, 10b,... 10x adquiere de modo sustancialmente continuo información acerca de la frecuencia de red real (f_{act}) mediante una detección central.

- 10 Por detección central se entiende unos medios de detección de frecuencia 9 que distribuyen los mismos valores de la frecuencia de red real detectada (f_{act}) a una o más turbinas eólicas 1, 10a, 10b,... 10x mediante una red de comunicación de datos 8.

- 15 Para otro modo de realización de la invención, están presentes unos medios de control centralizados 9. Por medios de control centralizados 9 se entiende medios que están conectados a dos o más turbinas eólicas 1, 10a, 10b,... 10x mediante una red de comunicación de datos 8 a los efectos de controlar uno o más parámetros de control en dichas turbinas eólicas.

Por la presente invención dicho parámetro de control puede ser un comando de desconexión enviado a la turbina eólica individual 1, 10a, 10b,... 10x, con el resultado de una desconexión de la turbina de la red de distribución 7.

- 20 En un modo de realización preferido, los medios de control centralizados 9 están conectados a, y controlan, una pluralidad de turbinas eólicas 1, 10a, 10b,... 10x, preferiblemente todas las turbinas eólicas en un grupo de turbinas eólicas. Los medios de control centralizados 9 consiguen de modo sustancialmente continuo información acerca de la frecuencia de la red de distribución. Esta información se utiliza para seleccionar las turbinas eólicas 1, 10a, 10b,... 10x para ser desconectadas de la red de distribución 7.

- 25 En un modo de realización de la invención, el orden de desconexión de las turbinas eólicas 1, 10a, 10b,... 10x de la red de distribución 7 se define mediante dichos medios de control centralizados 9 en una estructura fija. Así pues, esto significa que las turbinas eólicas 1, 10a, 10b,... 10x se desconectan en la misma sucesión para cada evento en el que la frecuencia de la red de distribución aumenta.

- 30 En otro modo de realización de la invención, el orden de desconexión de las turbinas eólicas 1, 10a, 10b,... 10x de la red de distribución 7 es definido por dichos medios de control centralizados 9 de modo aleatorio o en una secuencia de alteración predefinida. Así pues, esto significa que las turbinas eólicas 1, 10a, 10b,... 10x se desconectan en una sucesión aleatoriamente elegida cuando la frecuencia de la red de distribución aumenta.

- 35 En otro modo de realización de la invención, el orden de desconexión de las turbinas eólicas 1, 10a, 10b,... 10x de la red de distribución 7 se define mediante dichos medios de control centralizados 9 en una sucesión alterada elegida. Así pues, esto significa que las turbinas eólicas 1, 10a, 10b,... 10x se desconectan en una sucesión definida por dichos medios de control centralizados 9 y que dicha sucesión se altera de un evento al siguiente cuando la frecuencia de la red de distribución aumenta. El control de dicha sucesión alterada puede estar basado en parámetros tales como datos acerca de sucesiones anteriores, potencia generada por las turbinas eólicas 1, 10a, 10b,... 10x en un periodo de tiempo anterior y predefinido, valores de carga y/o desgaste y deterioro de las turbinas eólicas 1, 10a, 10b,... 10x, etc.

- 40 La fig. 3a ilustra, para un modo de realización de la invención, un ejemplo que ilustra la respuesta de un grupo de turbinas eólicas que comprende 100 turbinas eólicas debido a una subida en la frecuencia de red hasta 51,5 Hz. Para este ejemplo se define que si la frecuencia de red aumenta por encima de una cierta frecuencia (f_{lim}), se requiere que la potencia generada se reduzca de acuerdo con las ecuaciones 1 a 4 hasta una frecuencia de $f_{highlim}$.

Para el ejemplo ilustrado se utilizan los siguientes parámetros:

$k = 20$ (esto es, una reducción del 40% por Hz para una red de 50 Hz)

- 45 $f_{act} = 50,0 \text{ Hz a } 51,5 \text{ Hz}$

$f_{lim} = 50,2 \text{ Hz}$

$f_{highlim} = 51,5 \text{ Hz}$

$f_{ref} = 50 \text{ Hz}$

$$n_{\text{turbina}} = 100$$

$$P_{\text{turbina}} = 2 \text{ MW}$$

$$\Delta P = 104 \text{ MW (de acuerdo con la ecuación 1)}$$

$$P_m = 200 \text{ MW (de acuerdo con la ecuación 2)}$$

5 $z = 52$ (de acuerdo con la ecuación 3)

Como se puede observar de la fig. 3a, las turbinas eólicas 1, 10a, 10b,... 10x se desconectan sucesivamente a medida que la frecuencia de red aumenta por encima de f_{lim} (50,2 Hz). La frecuencia a la cual cada turbina eólica individual 1, 10a, 10b,... 10x se desconecta está definida por la ecuación 4. Para este ejemplo, se desconecta una turbina eólica 1, 10a, 10b,... 10x sucesivamente para cada incremento de frecuencia de 0,025 Hz.

10 La fig. 3b ilustra, para otro modo de realización de la invención, un ejemplo que ilustra la respuesta de un grupo de turbinas eólicas que comprende 48 turbinas eólicas 1, 10a, 10b,... 10x, esto es, $n_{\text{turbina}} = 48$. Se utilizan los mismos parámetros de control que en la fig. 3a. Para este ejemplo se desconecta una turbina eólica 1, 10a, 10b,... 10x sucesivamente a medida que la frecuencia aumenta 0,052 Hz.

15 La fig. 4 ilustra esquemáticamente un diagrama de control para un modo de realización de la invención, en el que la detección de la frecuencia de la red de distribución se realiza para cada turbina eólica individual 12a, 12b,... 12x.

Si la frecuencia detectada f_{act} es superior o igual a su valor de frecuencia predefinido almacenado $f_{trip, x}$ por encima del valor de frecuencia nominal de la red de distribución, los medios de control en la turbina eólica 12a, 12b,... 12x la desconectarán de la red de distribución 7.

20 La fig. 5 ilustra esquemáticamente un diagrama de control para otro modo de realización de la invención, en el que la detección de la frecuencia de la red de distribución se realiza centralmente mediante medios de detección 9, y la desconexión de las turbinas eólicas 1, 10a, 10b,... 10x se controla centralmente mediante medios de control 9 en conexión con las turbinas eólicas 1, 10a, 10b,... 10x.

25 En diversos modos de realización de la invención, especialmente relacionados con, aunque no restringidos a, grupos que comprenden un gran número de turbinas eólicas, se puede desconectar más de una turbina eólica a las mismas frecuencias.

Lista

- 1 turbina eólica
- 2 torre
- 3 góndola
- 30 4 buje
- 5 pala de rotor
- 6 mecanismo de cabeceo
- 7 red de distribución
- 8 red de comunicación de datos
- 35 9 frecuencia y/o medios de control
- 10a, b..x turbinas eólicas en un grupo de turbinas eólicas con detección y/o control centrales
- 11 parque eólico
- 12a, b..x turbinas eólicas en un grupo de turbinas eólicas sin detección y/o control centrales

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para controlar turbinas eólicas individuales (1) en un grupo (n_{turbina}) de turbinas eólicas (1, 10a, 10b,... 10x, 12) conectadas a una red de distribución (7), comprendiendo dicho procedimiento las etapas de:
determinar la frecuencia (f_{act}) de la red de distribución (7),
5 detectar una desviación de frecuencia en la red de distribución (7), y
desconectar sucesivamente una o más de dichas turbinas eólicas individuales a valores de frecuencia predefinidos diferentes por encima del valor nominal de frecuencia (f_{ref}) en relación con dicha desviación de frecuencia.
2. Procedimiento para controlar un grupo de turbinas eólicas de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la determinación de la frecuencia de la red de distribución se realiza para cada turbina eólica individual en dicho
10 grupo de turbinas eólicas o se determina centralmente mediante medios de control centralizados en conexión con las turbinas eólicas.
3. Procedimiento para controlar un grupo de turbinas eólicas de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que dicha desconexión de turbinas eólicas se controla localmente mediante medios de control locales en cada turbina eólica, o se controla centralmente mediante medios de control centralizados en conexión con las turbinas eólicas.
- 15 4. Procedimiento para controlar un grupo de turbinas eólicas de acuerdo con la reivindicación 3, en el que dichos medios de control centralizados seleccionan turbinas eólicas para su desconexión aleatoria.
5. Procedimiento para controlar un grupo de turbinas eólicas de acuerdo con la reivindicación 3, en el que dichos medios de control centralizados desconectan turbinas eólicas en base a parámetros de producción tales como datos acerca de sucesiones previas, potencia generada por las turbinas eólicas en un periodo de tiempo anterior y
20 predefinido, valores de desgaste y deterioro de las turbinas eólicas, etc.
6. Procedimiento para controlar un grupo de turbinas eólicas de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dichos valores de frecuencia predefinidos diferentes $f_{\text{trip}, 1} \dots f_{\text{trip}, x}$ están por debajo de un límite de frecuencia superior predefinido f_{highlim} de la red de distribución.
7. Procedimiento para controlar un grupo de turbinas eólicas de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones
25 anteriores, en el que dichas turbinas eólicas se desconectan sucesivamente en una relación predefinida con dicha desviación de frecuencia en la red de distribución, tal como una relación sustancialmente lineal.
8. Procedimiento para controlar un grupo de turbinas eólicas de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que dichas turbinas eólicas se desconectan en una relación predefinida con dicha desviación de frecuencia en la red de distribución en una relación no lineal, tal como una relación logarítmica, una relación de
30 segundo orden o cualquier otra relación no lineal.
9. Procedimiento para controlar un grupo de turbinas eólicas de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que cada turbina eólica incluye un valor de frecuencia predefinido único que define cuándo debe ser desconectada la turbina eólica de la red de distribución.
10. Procedimiento para controlar un grupo de turbinas eólicas de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1
35 a 8, en el que dos o más turbinas eólicas incluyen el mismo valor de frecuencia predefinido único que define cuándo deben ser desconectadas las turbinas eólicas de la red de distribución.
11. Grupo de turbinas eólicas que comprende al menos dos turbinas eólicas individuales (1, 10a, b, c... 10x, 12) conectadas a una red de distribución (7) que comprende al menos unos medios de control (9) que tienen:
medios de determinación preparados para determinar la frecuencia de la red de distribución,
40 medios de detección preparados para detectar una desviación de frecuencia en la red de distribución, y
medios de desconexión preparados para desconectar sucesivamente una o más de dichas turbinas eólicas individuales, de modo que las mencionadas turbinas eólicas individuales se desconecten a valores de frecuencia predefinidos diferentes por encima del valor de frecuencia nominal en relación con dicha desviación de frecuencia.
12. Grupo de turbinas eólicas de acuerdo con la reivindicación 11, en el que cada turbina eólica individual
45 comprende medios para medir la frecuencia de la red de distribución, o cada turbina eólica individual está conectada a medios de control centralizados que miden la frecuencia de la red de distribución.
13. Grupo de turbinas eólicas de acuerdo con la reivindicación 11 o 12, en el que cada una de dichas turbinas

eólicas comprende medios para almacenar un valor de frecuencia predefinido por encima del valor de frecuencia nominal de la red de distribución.

- 5 14. Grupo de turbinas eólicas de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 11 a 13, en el que cada turbina eólica individual comprende medios para desconectar la turbina eólica de la red de distribución, o cada turbina eólica individual es desconectada mediante medios de control centralizados

15. Grupo de turbinas eólicas de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 11 a 14, en el que dos o más turbinas eólicas comprenden medios para desconectar las turbinas eólicas al mismo valor de frecuencia predefinido por encima del valor nominal de la red de distribución.

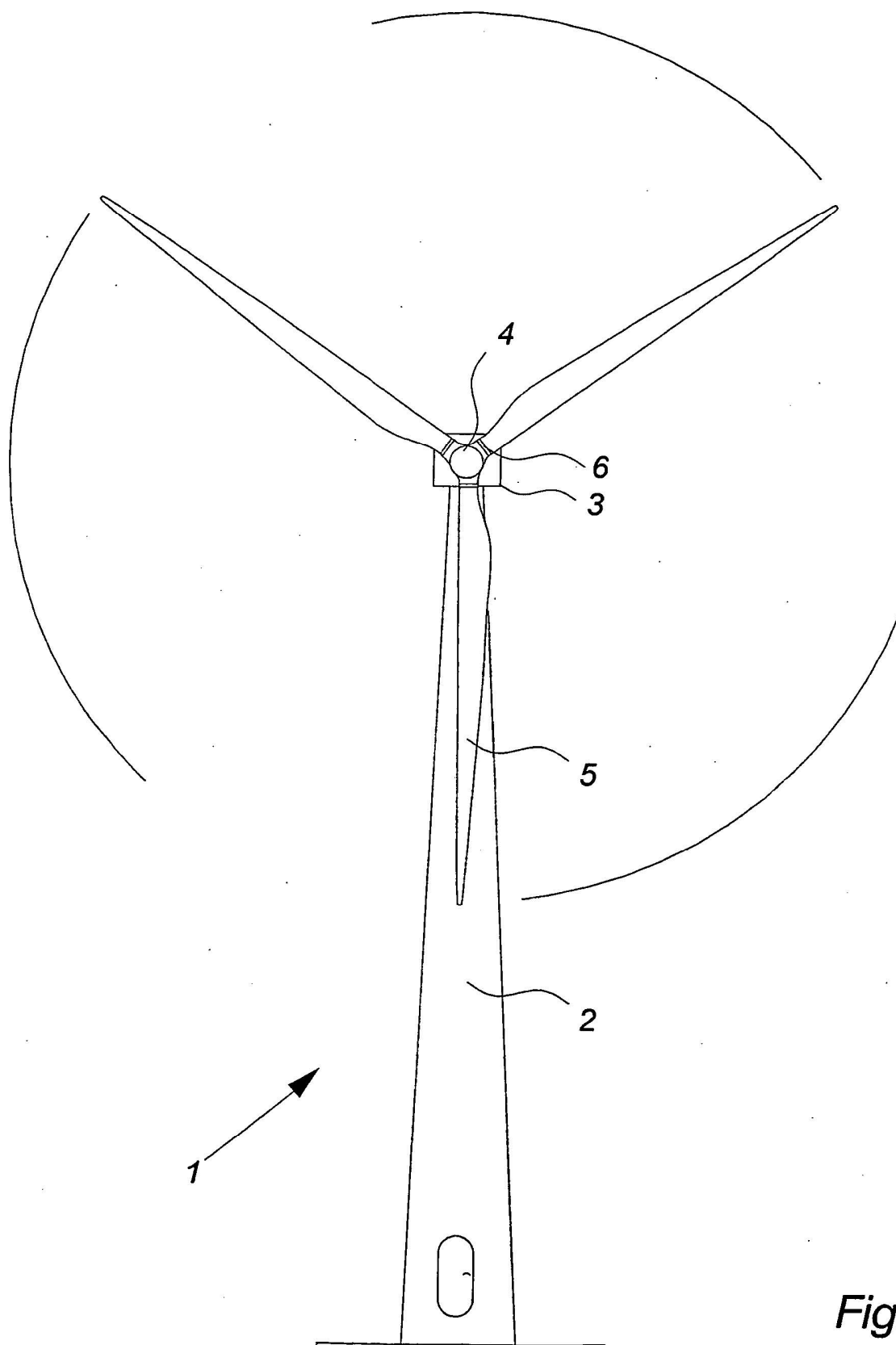


Fig. 1

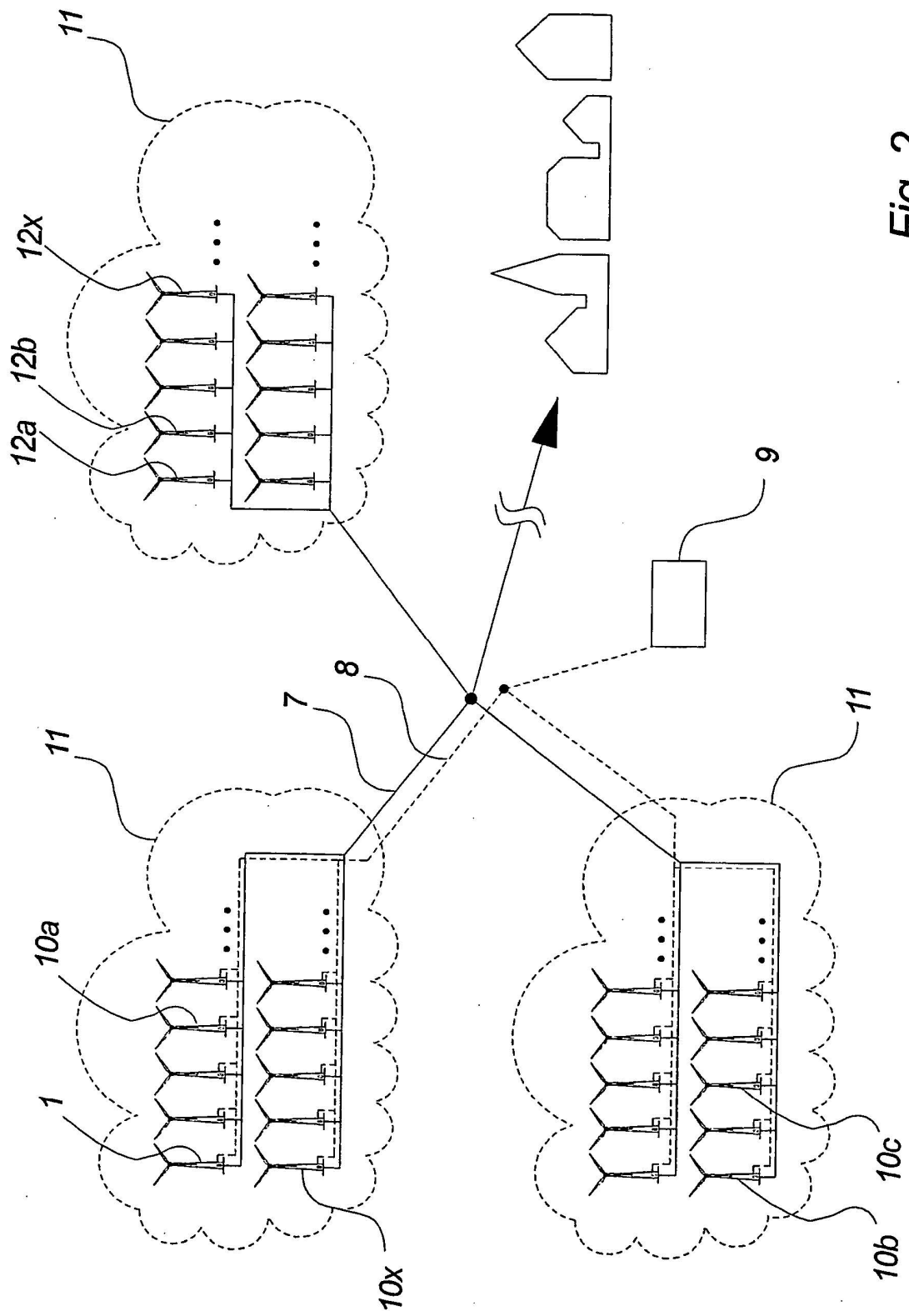


Fig. 2

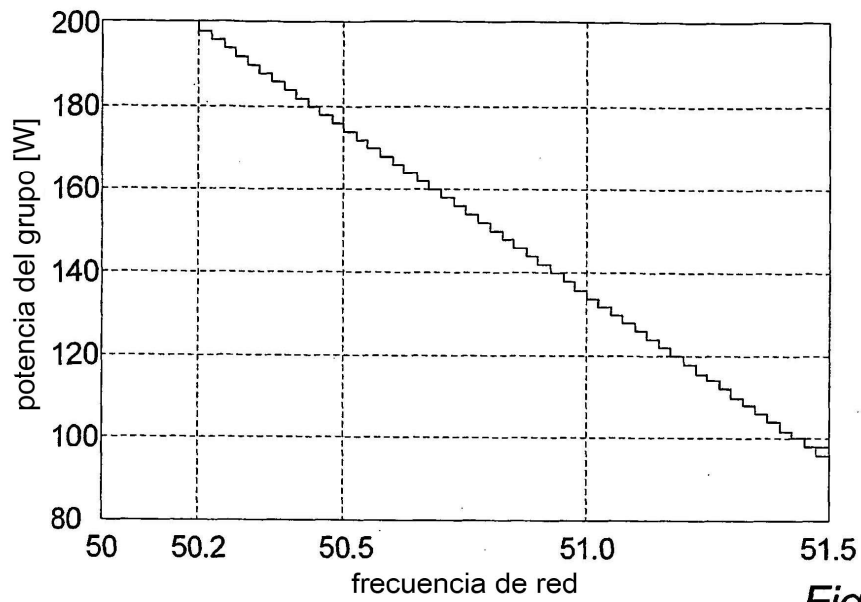


Fig. 3a

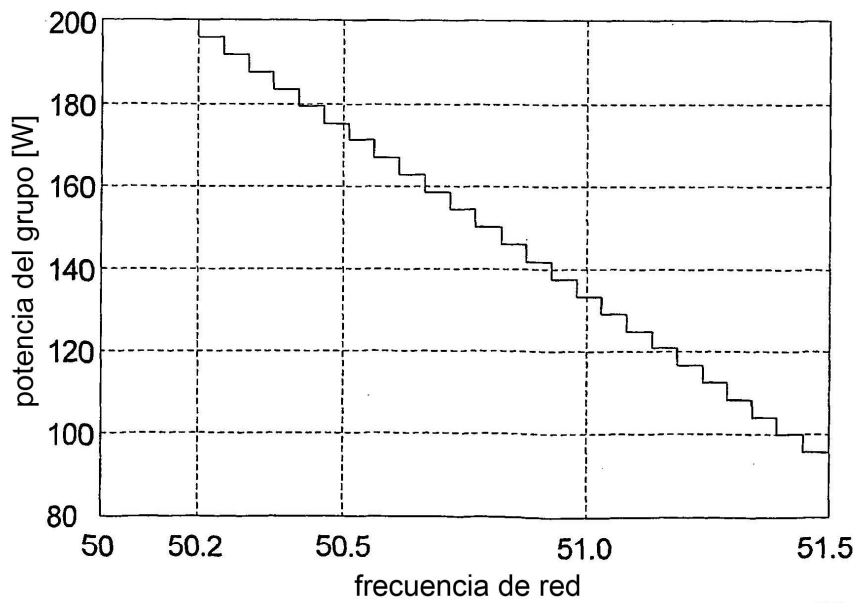


Fig. 3b

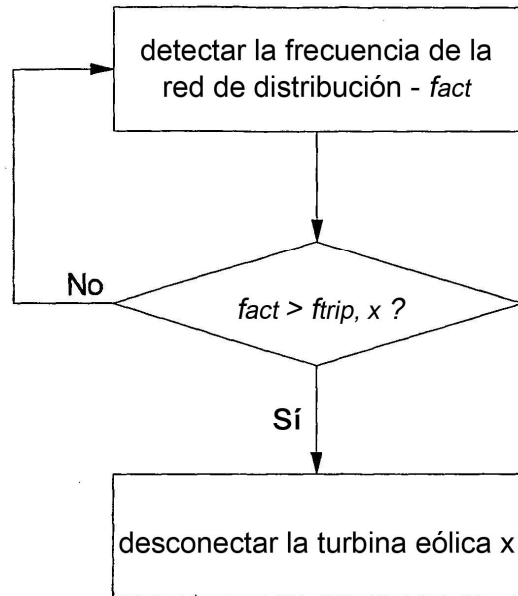
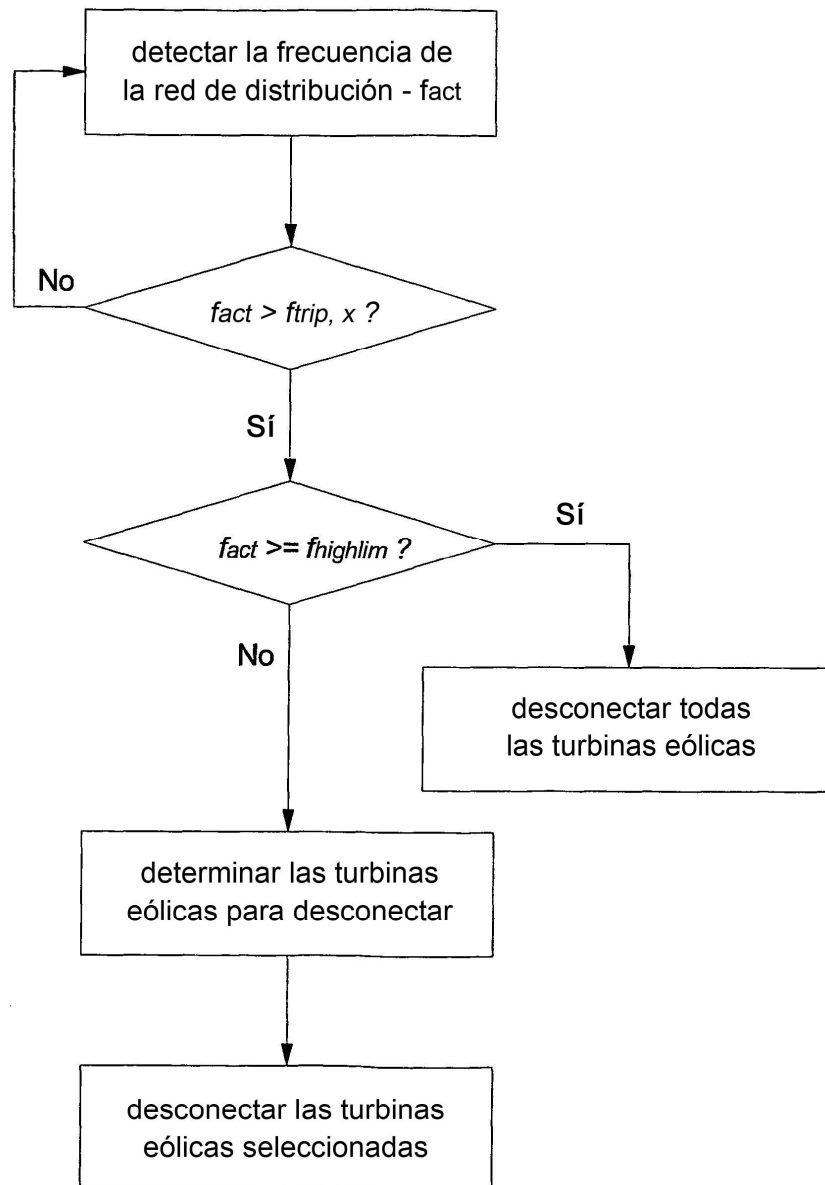


Fig. 4

*Fig. 5*