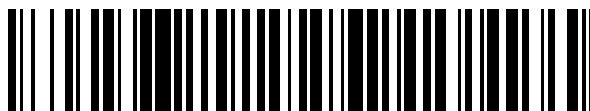


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 421 213**

51 Int. Cl.:

H02J 3/18 (2006.01)

H02J 3/38 (2006.01)

H02P 9/00 (2006.01)

F03D 7/04 (2006.01)

F03D 7/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.01.2009 E 09703722 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.04.2013 EP 2256341**

54 Título: **Sistema y método para el control de un parque eólico**

30 Prioridad:

22.01.2008 ES 200800142

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

29.08.2013

73 Titular/es:

**ACCIONA WINDPOWER S.A. (100.0%)
Avenida Ciudad de la Innovación, 5
31621 Sarriguren, Navarra, ES**

72 Inventor/es:

**ALONSO SADABA, ÓSCAR;
ARLABAN GABEIRAS, TERESA;
ROYO GARCÍA, RICARDO y
NÚÑEZ POLO, MIGUEL**

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 421 213 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

Sistema y método para el control de un parque eólico

Objeto de la invención

5 Tal como se indica en el título de la presente descripción, la siguiente invención hace referencia a un sistema y método para el control de un parque eólico, tratándose del tipo de parque eólico que está compuesto de un conjunto de turbinas eólicas, de tal manera que el sistema de control que se propone distribuya la producción de potencia reactiva, de manera que sea posible efectuar una distribución de la limitación de potencia activa entre las diferentes turbinas eólicas, teniendo en cuenta el estado térmico de los componentes de cada turbina eólica en el momento de enviar las instrucciones individuales a cada una de ellas.

10 Área técnica de la invención

La presente descripción revela un sistema y un método para el control de un parque eólico que permite la operación coordinada de cada una de las turbinas eólicas de las que está compuesto, de tal manera que globalmente se cumplan los requisitos de la red eléctrica, y que se logre individualmente un funcionamiento óptimo de cada turbina eólica desde el punto de vista térmico.

15 Antecedentes de la invención

El control de la potencia activa y reactiva en el propio parque eólico en respuesta a los controles de frecuencia y tensión o factor de potencia, es un tema muy conocido y ampliamente estudiado.

20 Por un lado, a fin de modificar la tensión en el punto de conexión, el sistema de control central envía las instrucciones de potencia reactiva necesaria para cada turbina eólica, mientras que un posible control individual de cada turbina eólica, como el descrito en la solicitud de patente EP1512869A1, es responsable de asegurarse de que no se excedan los límites permitidos en cada una de ellas.

25 Por otro lado, con el fin de colaborar en la limitación de la frecuencia de la red eléctrica dentro de un rango determinado, se realiza un control sobre la potencia activa generada, a partir de la cual se derivan las instrucciones individuales para cada turbina eólica. Un ejemplo de este tipo de control es el que se presenta en la solicitud de patente EP1467463A1.

El control de la potencia reactiva se ha realizado habitualmente en base al factor de potencia deseado y, teniendo en cuenta la potencia activa generada, calculando la potencia reactiva global necesaria y enviando las instrucciones del factor de potencia a cada turbina eólica.

30 Tal como se cita en la patente estadounidense US 6.924.565 (véase el preámbulo de la reivindicación 1), la desventaja de un control de este tipo se encuentra en el hecho de que no pueda ser explotada la capacidad total de cada turbina eólica. Dicha patente propone métodos alternativos para la generación de potencia reactiva con el objetivo de explotar la total capacidad, en base al nivel de potencia activa generada en cada momento.

Descripción de la invención

35 Los sistemas citados, sin embargo, presentan la desventaja de que el sistema de control central no tiene en cuenta el estado térmico de los componentes eléctricos de cada turbina eólica cuando genera las instrucciones individuales para la potencia reactiva, de tal manera que estas instrucciones podrían no ser las óptimas para el funcionamiento individual de cada máquina. Con el objeto de superar esta desventaja, la presente especificación describe un sistema y un método, tal como se reivindica en las reivindicaciones 1 y 8, para el control de la potencia reactiva mediante los cuales se crean instrucciones individuales para la potencia reactiva para cada turbina eólica de la que se compone el parque, con el objeto de garantizar que las demandas de la red eléctrica se cumplan, teniendo en cuenta el estado térmico de los componentes eléctricos de cada turbina eólica.

45 Generalmente, la necesidad de generación de potencia reactiva obtenida a partir de los controles del factor de potencia o de la tensión, no tiene que corresponder en general con la capacidad de generación máxima del parque eólico. Por lo tanto, existe un grado de libertad cuando se trata de enviar las instrucciones individuales para la potencia reactiva de cada turbina eólica, de tal forma que, dependiendo de su estado térmico, generen más o menos de la misma, aunque garantizando en todo momento que se cumplan los requisitos de la red a nivel global.

La presente invención reivindica un sistema y un método para el control de un parque eólico que explota ese grado de libertad y es capaz de optimizar el funcionamiento desde el punto de vista térmico de los componentes eléctricos de todas las turbinas eólicas que componen el parque, con el objeto de extender su tiempo de vida útil.

5 El sistema de control de la presente invención se aplica a un parque eólico compuesto de varias turbinas eólicas, del tipo que consta de un rotor, un generador, una unidad de control y medios de conexión a la red del parque. Dichas turbinas eólicas se encuentran dotadas con medios para generar potencia reactiva siguiendo las instrucciones del sistema de control del parque eólico. El sistema de control del parque eólico comprende un módulo de cálculo de instrucción global, el cual calcula una demanda global para que la potencia reactiva sea producida por todo el parque en base a la tensión en el punto de conexión o al factor de potencia que se demanda. El sistema de control
10 de la presente invención comprende también un módulo de distribución que recibe dicha instrucción de potencia reactiva global, y además recibe información de las turbinas eólicas en base a uno o más parámetros que indican el nivel de calentamiento de los componentes eléctricos de la turbina eólica. En base a esa información, el módulo de distribución calcula algunas instrucciones de generación de potencia reactiva para las diferentes turbinas eólicas, las cuales reducen la temperatura en los componentes eléctricos de aquellas turbinas eólicas que muestren un calentamiento más elevado, satisfaciendo la demanda global de potencia reactiva para la totalidad del parque.
15

De esta manera, la demanda individual de potencia reactiva será de tal forma que permita que aquellas turbinas eólicas que contengan un componente que presente una temperatura que esté más cercana a su correspondiente límite sean capaces de reducir su temperatura, mientras que aquellas que estén menos estresadas térmicamente compensen la potencia reactiva restante, siempre a condición de que no se excedan sus capacidades y con el objeto de suministrar a la red eléctrica el nivel reactivo apropiado en cada momento. De esta manera, se alarga el tiempo de vida útil de los diferentes componentes eléctricos.
20

De acuerdo con otro aspecto de la invención, se tienen en cuenta determinados índices térmicos que representan la temperatura de, entre otros componentes que están térmicamente afectados por la producción de potencia reactiva, el componente que se encuentra más cerca de su límite de temperatura y el tipo de su componente más caliente, teniendo en cuenta el efecto que la producción de potencia reactiva inductiva tiene en el calentamiento de dicho componente. La producción de potencia reactiva se distribuye de tal manera que minimice las pérdidas eléctricas en el componente más caliente de las turbinas eólicas que presentan un índice de calentamiento más elevado.
25

El sistema de control de la presente invención ajusta la regla de distribución de la producción de potencia reactiva como una función del error que existe en el nivel reactivo demandado de todo el parque y la potencia reactiva real producida por el mismo, y, más aún, dicho sistema además tiene en cuenta la capacidad para la generación de potencia reactiva por parte del convertidor de las turbinas eólicas que se encuentran desactivadas.
30

Además, los requerimientos que se realizan de las fuentes de energía no gestionables con respecto a su participación en las tareas de mantenimiento de la estabilidad de la red eléctrica, están aumentando y entre ellos se encuentra el de implementar los controles de la potencia activa en respuesta a variaciones en la frecuencia.

35 En caso de que la frecuencia experimente un aumento por encima de su valor nominal, la turbina eólica tiene que limitar la potencia que produce en un porcentaje definido, dependiendo de la desviación en la frecuencia.

En general, esta reducción de potencia es habitualmente breve y no ofrece oportunidad alguna a la reducción de la temperatura en las turbinas eólicas. Sin embargo, es posible que, en el futuro, se requiera que las turbinas eólicas constituyan una reserva de potencia activa de manera continua, de tal forma que dicha reserva pueda ser utilizada en relación con eventos que impliquen una caída de frecuencia que requiera un incremento de la potencia de la potencia eólica en su conjunto. Esta reserva constante de potencia en estado estacionario permite, en efecto, que se tomen decisiones con respecto a cuál de las turbinas eólicas tiene la mayor potencia de reserva, y por lo tanto sufre menos del calentamiento de sus componentes eléctricos.
40

En virtud de todo lo mencionado, un objeto adicional de la presente invención consiste en proporcionar un sistema de control para un parque eólico que sea capaz de distribuir instrucciones de limitación de potencia activa, en una forma que resulte adecuada para el objeto de optimizar el comportamiento térmico de los componentes eléctricos de todas las turbinas eólicas de las que está compuesto el parque, reduciendo la temperatura media de todas ellas y por lo tanto alargando su tiempo de vida útil.
45

La presente invención describe un sistema de control para un parque eólico que está compuesto de turbinas capaces de limitar la potencia activa siguiendo las instrucciones del sistema de control del parque. Dicho sistema comprende un módulo de distribución que, en base a la información sobre el nivel de calentamiento de cada turbina eólica, establece las instrucciones de limitación de la potencia activa para las diferentes turbinas eólicas, las cuales reducen la temperatura en los componentes eléctricos de aquellas turbinas eólicas que presentan un mayor calentamiento, satisfaciendo la demanda de limitación de potencia activa para todo el parque. En un posible modo
50

de realización, el sistema de control comprende además un módulo de cálculo de instrucción global, en el que la instrucción global para la limitación de potencia activa se calcula partiendo de la frecuencia de la red eléctrica.

5 A fin de llevar a cabo la distribución de las instrucciones de limitación de potencia activa, el sistema de control de la presente invención recibe parámetros de las turbinas eólicas que indican el nivel de calentamiento de los componentes eléctricos, y al menos uno de ellos proporciona información sobre la temperatura del componente que se encuentra más cercano a su límite térmico entre los componentes cuya temperatura se ve afectada por la limitación de potencia activa.

10 Además, dado que los componentes eléctricos presentan un rango óptimo de temperaturas de funcionamiento, en lugares con bajas temperaturas, los componentes eléctricos pueden a veces alcanzar el punto de trabajo a temperaturas que están por debajo del valor óptimo. En esos casos, las instrucciones para la limitación de potencia reactiva y/o activa pueden utilizarse para aumentar la temperatura de aquellas turbinas eólicas con un nivel de calentamiento inferior.

15 Así que, algunos componentes eléctricos presentan pérdidas mayores y por lo tanto una temperatura más elevada, cuanto mayor producción de potencia reactiva, ya sea esta capacitiva o inductiva. Un ejemplo de ello es el generador eléctrico en una turbina eólica del tipo doblemente alimentada (DF, por sus siglas en inglés). En estos casos las instrucciones de potencia reactiva pueden ser tales que algunos generadores produzcan potencia reactiva capacitiva y otros inductiva, siendo generada una potencia reactiva que circula en el interior del parque eólico la cual eleva la temperatura de todos ellos, y al mismo tiempo la producción neta es tal que la demanda global de potencia reactiva se satisface.

20 En virtud de todo ello, otro objeto de la presente invención consisten en proporcionar un sistema de control que caliente los diferentes componentes eléctricos, situando su temperatura dentro del rango óptimo de temperaturas. Dicho sistema se aplica a un parque eólico, del tipo de parque que consiste en un conjunto de turbinas que comprenden un rotor, un generador, una unidad de control y medios de conexión a la red del parque eólico, donde dichas turbinas están dotadas de medios para generar potencia reactiva siguiendo las instrucciones del sistema de control del parque eólico. De acuerdo a este objeto de la invención, el sistema de control comprende un cálculo de instrucciones global que calcula una demanda global para que la potencia reactiva sea producida por todo el parque en base a la tensión en el punto de conexión o al factor de potencia, y un módulo de distribución que recibe esa instrucción de potencia reactiva global, y además recibe información de las turbinas eólicas en base a uno o más parámetros que indican el nivel de calentamiento de los componentes eléctricos de la turbina eólica. En base a esa información calcula algunas instrucciones de generación de potencia reactiva para las diferentes turbinas eólicas, las cuales aumentan la temperatura en los componentes eléctricos de aquellas turbinas eólicas que presentan un calentamiento menor, satisfaciendo la demanda global de potencia reactiva de todo el parque eólico.

En un modo de realización de la invención dicha distribución se realiza de tal manera que algunas instrucciones de generación de potencia son inductivas y otras son capacitivas.

35 La presente invención describe además un método de control de la potencia reactiva generada por un parque eólico que, de acuerdo a la invención, comprende las siguientes etapas:

- calcular una demanda global para que la potencia reactiva sea producida por todo el parque eólico en base a la tensión en el punto de conexión o al factor de potencia,
- recibir uno o varios parámetros de cada turbina eólica que indican el nivel de calentamiento de los componentes que comprende;
- calcular, a partir del valor de referencia global deseado y los valores de los parámetros térmicos recibidos, las instrucciones de producción de potencia reactiva para las diferentes turbinas eólicas, las cuales reducen la temperatura en los componentes eléctricos de aquellas turbinas que presentan un mayor calentamiento, satisfaciendo la demanda global de potencia reactiva y;
- enviar las instrucciones individuales para cada turbina eólica.

Dicho método de control se caracteriza además en que:

- al menos uno de los parámetros que indican el nivel de calentamiento de las turbinas eólicas es un índice representativo de la temperatura del componente que se encuentra más cercano a su límite de temperatura de entre los componentes que están afectados por la generación de potencia reactiva y
- 50 - al menos otro de los parámetros informa sobre el tipo de dicho componente, teniendo en cuenta el efecto que la producción de potencia reactiva inductiva tiene en el calentamiento de dicho componente, y;

- en que la producción de la potencia reactiva se distribuye de tal forma que minimiza las pérdidas eléctricas en el componente más caliente de las turbinas eólicas que muestran un índice de calentamiento mayor.

En otro aspecto de la invención, dicho método comprende además las siguientes etapas:

- 5
- obtener la potencia reactiva generada en base a las mediciones realizadas o a los datos proporcionados por cada una de las turbinas de las que se compone el parque;
 - comparar la potencia reactiva generada con la potencia reactiva demandada y,
 - ajustar la distribución de potencia reactiva en base al error que existe entre el nivel de potencia reactiva que es demandada y la que es producida.

10 En otro modo de realización de la invención, la distribución de la potencia reactiva tiene en cuenta la capacidad de generación de potencia reactiva por parte del convertidor de las turbinas eólicas que se encuentran desactivadas.

Otro aspecto de la presente invención, consiste en el control de la potencia activa generada por un parque eólico, que comprende las siguientes etapas:

- 15
- obtener una demanda para la limitación de potencia activa de todo el parque eólico;
 - calcular, en base al valor de referencia de la limitación de potencia activa global y de los valores de los parámetros térmicos que se reciben, determinadas instrucciones para la limitación de potencia activa para cada turbina eólica, las cuales reducen la temperatura en los componentes eléctricos de aquellas turbinas que presentan un mayor calentamiento, satisfaciendo la limitación global sobre la potencia activa que se demanda; y,
 - enviar las instrucciones individuales a cada turbina eólica.

20 En un modo de realización, la instrucción de limitación de potencia activa para todo el parque se calcula en base a la frecuencia de la red eléctrica.

25 Al menos uno de los parámetros que indican el nivel de calentamiento de los componentes eléctricos de las turbinas eólicas es un índice (tx), el cual representa la temperatura del componente que se encuentra más cercano a su límite de temperatura de entre los componentes que están térmicamente afectados por la producción de potencia activa. La limitación de potencia activa se distribuye de tal manera que minimiza las pérdidas eléctricas en el componente más caliente de las turbinas eólicas que presentan un mayor índice de calentamiento.

30 Otro objeto de la invención proporciona un método para el calentamiento de los componentes, situando su temperatura dentro de un rango óptimo de temperaturas. Dicho método de control se aplica a un parque eólico, del tipo de parque eólico que consta de un conjunto de turbinas eólicas que constan de un rotor, un generador, una unidad de control y medios de conexión a la red del parque, donde dichas turbinas eólicas se encuentran dotadas con medios para generar potencia reactiva siguiendo las instrucciones del sistema de control del parque eólico. Dicho método comprende la etapa de calcular una demanda global para que la potencia reactiva sea producida por todo el parque en base a la tensión en el punto de conexión o al factor de potencia, y se caracteriza porque también comprende las siguientes etapas:

- 35
- recibir uno o varios parámetros de cada turbina eólica que indican el nivel de calentamiento de los componentes que comprende;
 - calcular, a partir del valor de referencia global deseado y el valor de los parámetros térmicos recibidos, las instrucciones de producción de potencia reactiva para las diferentes turbinas eólicas, las cuales aumentan la temperatura en los componentes eléctricos de aquellas turbinas que presentan un menor calentamiento, satisfaciendo la demanda global de potencia reactiva y;
 - enviar las instrucciones individuales a cada turbina eólica.
- 40

En un modo de realización de la presente invención, dicha distribución se realiza de tal manera que algunas instrucciones para la generación de potencia reactiva son inductivas y otras son capacitivas.

45 A fin de complementar la descripción que se va a realizar a continuación, y con el objeto de ayudar a un mejor entendimiento de las características de la presente invención, esta especificación descriptiva se acompaña de un conjunto de dibujos que comprende figuras, en las cuales, a modo ilustrativo y no limitativo, se han representado los detalles más característicos de la invención.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 muestra una disposición general de un parque eólico dotado con un sistema de control convencional.

La Figura 2 muestra una disposición general de un modo de realización preferente del sistema de control que forma el objeto de la presente invención.

5 La Figura 3 muestra un diagrama de flujo de un modo de realización preferente del método de control de la potencia reactiva que forma el objeto de la presente invención.

La Figura 4 muestra un diagrama de flujo de un modo de realización preferente del método de control de la potencia activa que forma el objeto de la presente invención.

La Figura 5 muestra un diagrama de bloques del control de monitorización de la referencia.

10 La Figura 6 muestra la curva de distribución de la referencia de potencia reactiva como una función del estado térmico de cada turbina eólica de un modo de realización preferente.

La Figura 7 muestra la disposición de una turbina eólica asíncrona doblemente alimentada.

Descripción de un modo de realización de la invención

15 Teniendo en cuenta las figuras comentadas y de acuerdo a la numeración adoptada, se puede observar como la figura 1 representa una disposición general de un parque eólico dotado con un conjunto de turbinas eólicas de 1 a n, que descargan electricidad en una red eléctrica 101, donde dicho parque eólico se encuentra dotado con una red de comunicación 102 para el parque, y un sistema de control 103 capaz de recibir información sobre dichas turbinas eólicas y enviar instrucciones a las mismas.

20 En un modo de realización preferente, en un punto 104 dicho sistema de control mide la tensión y la frecuencia, la potencia activa y la potencia reactiva generadas, y recibe instrucciones sobre la frecuencia y el factor de potencia o tensión.

25 La Figura 2 de los dibujos muestra un diagrama de un modo de realización preferente del sistema de control de la presente invención, de tal manera que dicho sistema de control 103 calcula las instrucciones individuales para la generación de potencia reactiva y la limitación de potencia activa para cada una de las turbinas eólicas de las que se compone el parque, y realiza dicho proceso en dos etapas.

En una primera etapa 105, por un lado, calcula la referencia global para la reducción de potencia activa 30 como una función de la desviación de la frecuencia medida en la red eléctrica 11, con respecto al valor de referencia 10, y, por otro lado, calcula la referencia global para la potencia reactiva 40 para todo el parque como una función de las mediciones 21 de la tensión o del factor de potencia y su respectivo valor de referencia 20.

30 En una segunda etapa 106, dichas referencias globales sobre la limitación de potencia activa y la generación de potencia reactiva, se convierten en instrucciones individuales para cada turbina eólica (301,..., 30n; 401,..., 40n) como una función del estado térmico de sus componentes eléctricos.

35 Para lograr esto, cada turbina eólica envía al sistema de control parámetros que indican el estado de calentamiento de sus componentes eléctricos (501,...,50n), al menos uno de los cuales informa sobre la temperatura del componente que se encuentra más cercano a su temperatura límite, y al menos otro informa sobre el tipo de componente del que se trata.

De esta manera, la carga de generación de potencia reactiva y de limitación de potencia activa que se demanda, será apropiada para reducir la temperatura en aquellos componentes que muestran un mayor calentamiento.

40 La figura 3 de los dibujos muestra el diagrama de flujo de un modo de realización preferente del método de control de la potencia reactiva de acuerdo con la presente invención, de tal manera que en una primera etapa 1001 las señales de referencia de potencia reactiva para el parque eólico en su conjunto, se determinan en base a la tensión o controles del factor de potencia, y a continuación las mediciones se toman de la potencia reactiva real generada por el conjunto de turbinas eólicas 1002 y ésta se compara con la señal de referencia 1003.

45 Además, cada turbina eólica envía parámetros que indican el estado térmico de sus componentes eléctricos 1004. De esta manera, dependiendo de la comparación entre la señal de referencia y las mediciones realizadas, y de los parámetros térmicos recibidos de las turbinas eólicas, se toma una decisión sobre las instrucciones individuales para

la generación de potencia reactiva para cada una de las turbinas eólicas 1005 y se envían dichas instrucciones. Cada una de las turbinas eólicas adaptará su salida a las instrucciones recibidas con el fin de garantizar que se cumpla con las referencias de tensión o de factor de potencia 1006 en el parque.

5 La Figura 4 de los dibujos muestra el diagrama de flujo de un modo de realización preferente del método para el control de la presente invención, de tal manera que en una primera etapa 2001 las señales de referencia de potencia activa se determinan para el parque eólico en su conjunto en base a la frecuencia de la red eléctrica, y, por otro lado, cada turbina eólica envía parámetros que indican el estado térmico de sus componentes eléctricos 2002.

10 De esta manera, dependiendo de la señal de referencia y de los parámetros térmicos recibidos de las turbinas eólicas, se toma una decisión sobre las instrucciones individuales para la limitación de la potencia activa 2003 y se envían las mismas. Cada una de las turbinas eólicas adaptará su salida a las instrucciones recibidas con el fin de garantizar que se cumpla la limitación de potencia activa en el parque 2004.

La Figura 5 de los diseños muestra el diagrama de bloques del control de monitorización de la referencia de generación de potencia reactiva de un modo de realización preferente, que consta de dos ramas con diferente dinámica de respuesta.

15 En una de ellas, el bloque 4 obtiene la contribución media de la potencia reactiva por unidad 44 que cada una de las turbinas eólicas, con la presente capacidad de generar potencia reactiva, tiene que realizar en base a la referencia global de potencia reactiva 40, y los datos sobre el estado operativo de las turbinas eólicas. Esta es la rama de dinámica más rápida, ya que se utiliza para tratar con cambios repentinos en la referencia que requieren agilidad de acción.

20 La función de la otra rama es corregir errores menores que pudieran resultar de las limitaciones en cualquiera de las turbinas eólicas que no se tomaron en cuenta en el momento de realizar la distribución desde el sistema de control central del parque eólico. Dichas correcciones no requieren ninguna velocidad excesiva en respuesta, y por tanto la dinámica de esta rama del diagrama de bloques es más lenta. Un controlador del tipo PI 5 establece una variación para la referencia de potencia reactiva media por unidad 43 con el objeto de eliminar el error que pudiera existir
25 entre la referencia y la cantidad de potencia reactiva real 42 a la salida del parque. La suma de las señales que provienen de cada una de las ramas proporciona la referencia de potencia reactiva media por unidad 45.

Con este dato y dependiendo de los parámetros térmicos recibidos de cada una de las turbinas eólicas, una función de distribución 6 da como resultado la referencia de potencia reactiva individual para cada una de las máquinas 401,..., 40n.

30 A fin de realizar la distribución de las instrucciones, el sistema de control central de la presente invención recibe parámetros de las turbinas eólicas que indican el nivel de calentamiento de los componentes eléctricos, al menos uno de los cuales proporciona información sobre el valor de la temperatura y su proximidad al límite operativo del componente que muestra mayor calentamiento. En un modo de realización preferente, dicho parámetro se calcula tal como sigue a continuación:

$$t_x = \frac{T_{comp_x} - T_{amb}}{T_{max} - T_{amb}}$$

35 Donde T_{comp} es la temperatura del componente "x" (medida o estimada), T_{amb} es la temperatura ambiente y T_{max} es la temperatura de funcionamiento máxima de dicho componente.

40 En un modo de realización preferente, en el que las turbinas eólicas que componen el parque son generadores asíncronos doblemente alimentados, al menos otro de los parámetros informa sobre el tipo de componente que muestra un mayor índice térmico t_x , donde este último depende del efecto que la potencia reactiva inductiva tiene sobre el calentamiento de esos componentes.

La Figura 7 muestra la disposición de un generador asíncrono doblemente alimentado. En este tipo de turbina eólica, la generación de potencia reactiva de tipo capacitivo eleva la temperatura de todos los componentes eléctricos implicados en la misma.

45 Por otro lado, la potencia reactiva inductiva presenta diferentes efectos dependiendo del tipo de componente. El convertidor en el lado de la máquina 52 es responsable de suministrar al rotor 51 la corriente de magnetización

necesaria. Esta disminuye cuando la potencia reactiva que se demanda es del tipo inductivo, y por lo tanto también disminuyen las pérdidas en el cobre tanto del convertidor en el lado de la turbina eólica como del rotor.

Sin embargo, en cualquier otro componente la potencia reactiva del tipo inductivo aumenta las pérdidas eléctricas. Por lo tanto, en un modo de realización preferente, dada una referencia global para la potencia de tipo inductivo, se requiere que aquellas turbinas eólicas en las que el componente con la mayor temperatura es o el rotor o bien el convertidor en el lado de la turbina eólica, suministren toda la capacidad de potencia reactiva que tengan disponible, ya que de esta manera su temperatura bajará, mientras que, por otro lado, el resto de las turbinas eólicas, cuyos componentes más calientes pueden dañarse por cualquier tipo de potencia reactiva, quedan liberadas de tener que realizar tales suministros.

- 5
- 10 En un modo de realización preferente, la función de distribución o la distribución de potencia reactiva es una función como la que se muestra en la figura 6. Esta se construye en base al valor por unidad media de potencia reactiva de referencia \bar{Q}_{pu} , y de índice de calentamiento térmico medio \bar{t}_{pu} . Esta función permite que se obtenga la cantidad de potencia reactiva por unidad que cada turbina eólica tiene que suministrar ($Q_{1ref}, Q_{2ref} \dots Q_{nref}$), utilizando el índice térmico para lograr la monitorización de la referencia a nivel global y un funcionamiento óptimo de las turbinas eólicas que componen el parque eólico.
- 15

En otro modo de realización preferente, especialmente adecuado para lugares con baja temperatura, las instrucciones para la potencia reactiva (301,...30n) y/o para la limitación de potencia activa (401,...40n) se utilizan para aumentar la temperatura de aquellas turbinas eólicas con un nivel inferior de calentamiento, situando de ese modo sus componentes eléctricos en el rango de temperatura óptimo. De acuerdo con este modo de realización, un módulo de distribución (106) recibe dicha demanda global de potencia reactiva y también recibe información de las turbinas eólicas (1,...n), en base a uno o varios parámetros que indican el nivel de calentamiento de los componentes eléctricos (501,...50n) de las turbinas eólicas, calculando sobre la base de dicha información determinadas instrucciones para la generación de potencia reactiva (401,...40n) para las diferentes turbinas eólicas (1,...n), las cuales aumentan la temperatura en los componentes eléctricos de aquellas turbinas eólicas que muestran un menor calentamiento, satisfaciendo la demanda global de potencia reactiva (40) para la totalidad del parque. Un módulo de cálculo de instrucciones globales (105) calcula que dicha demanda global de potencia reactiva (40) sea producida por la totalidad del parque en base a la tensión en el punto de conexión o al factor de potencia (21).

- 20
- 25
- 30 En un modo de realización preferente, las instrucciones de potencia reactiva (301,...30n) son de tal forma que algunas turbinas eólicas producen potencia reactiva capacitiva y otras inductiva, generando una potencia reactiva que circula dentro del parque que eleva la temperatura de todas ellas, y al mismo tiempo la producción neta es tal que la demanda global de potencia reactiva queda satisfecha.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Sistema de control de un parque eólico, tratándose del tipo de parque eólico que comprende un conjunto de turbinas eólicas que constan de un rotor, un generador, una unidad de control y medios de conexión a la red del parque, donde dichas turbinas eólicas se encuentran dotadas con medios para la generación de potencia reactiva siguiendo las instrucciones del sistema de control del parque eólico, donde dicho sistema comprende:
- un módulo de cálculo de instrucciones globales (105) que calcula una referencia global para la potencia reactiva (40) para la totalidad del parque como una función de la tensión en el punto de conexión o de un factor de potencia (21), y
 - 10 - un módulo de distribución (106) que recibe dicha referencia global para la demanda de potencia reactiva (40),
- caracterizado porque dicho módulo de distribución (106) se encuentra operativo para:
- recibir además información de las turbinas eólicas (1,...n) en base a uno o más parámetros que indican el nivel de calentamiento de los componentes eléctricos (501,...50n) de las turbinas eólicas, y
 - 15 - en base a dicha información, calcular las instrucciones de generación de potencia reactiva (401, 402, 40n) para que las diferentes turbinas eólicas (1,...n) aumentan o reducen la temperatura en los componentes eléctricos, satisfaciendo la referencia global de potencia reactiva (40) para la totalidad del parque eólico.
 - enviar dichas instrucciones (401, 402, 40n) a cada turbina eólica (1,...n).
2. Sistema de control de un parque eólico, de acuerdo a la reivindicación 1, en donde los parámetros que indican el calentamiento de cada turbina eólica comprenden al menos:
- 20 • un primer parámetro que consiste en un índice de calentamiento (tx), calculado de acuerdo a al menos las siguientes etapas:
 - seleccionar los componentes eléctricos que están térmicamente afectados por la producción de potencia reactiva;
 - seleccionar de entre ellos el componente que se encuentra más cercano a su límite de temperatura; y,
 - calcular para el componente más caliente un índice de calentamiento que representa la cercanía de su temperatura de funcionamiento a su límite de temperatura;
 - un segundo parámetro calculado para el componente más caliente que indica el efecto que la producción de potencia reactiva inductiva tiene sobre su temperatura;
- 30 y en que el módulo de distribución:
- selecciona la turbina eólica con el mayor índice de calentamiento; y
 - modifica la instrucción de potencia reactiva que corresponde a esa turbina eólica en base al segundo parámetro a fin de reducir las pérdidas eléctricas en su componente más caliente (501,...50n).
- 35 3. Sistema de control de un parque eólico, de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la distribución de potencia reactiva se ajusta en base al error (42) que existe entre la referencia global para la potencia reactiva (40) de la totalidad del parque y la potencia reactiva real (41) producida por el mismo.
4. Sistema de control de un parque eólico, de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la distribución de potencia reactiva tiene en cuenta la capacidad de generación de potencia reactiva por parte del convertidor de las turbinas eólicas (1,...n) que están desactivadas.
- 40 5. Sistema de control de un parque eólico, de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el módulo de distribución (106) recibe una referencia global para la reducción de potencia activa (30), y realiza una distribución de la generación de potencia activa entre las diferentes turbinas eólicas (1,...n), calculando, en base a la información sobre el nivel de calentamiento de cada turbina eólica (501,...50n), instrucciones para la limitación de potencia activa (301, 302...30n) para las diferentes turbinas eólicas (1,...n), donde la limitación de potencia activa es mayor para

aquellas turbinas eólicas que presentan un mayor calentamiento, satisfaciendo la referencia global para la reducción de potencia activa (30) para la totalidad del parque.

5 6. Sistema de control de un parque eólico, de acuerdo con la reivindicación 5, en donde al menos uno de los parámetros que indican el nivel de calentamiento de los componentes eléctricos (501,...50n) de las turbinas eólicas (1,...n) es un índice (tx), el cual representa la temperatura del componente más cercano a su límite de temperatura de entre los componentes que están térmicamente afectados por la producción de potencia activa (30).

7. Sistema de control de un parque eólico, de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde las instrucciones de generación de potencia reactiva (401, 402, 40n) comprenden instrucciones de generación de potencia reactiva inductiva e instrucciones de generación de potencia reactiva.

10 8. Método de control de un parque eólico, tratándose de un parque eólico del tipo que comprende un conjunto de turbinas eólicas que constan de un rotor, un generador, una unidad de control y medios de conexión a la red del parque eólico, donde dichas turbinas eólicas se encuentran dotadas con medios para generar potencia reactiva siguiendo las instrucciones del sistema de control del parque eólico, donde dicho método comprende la etapa de calcular que una demanda global de potencia reactiva sea producida por la totalidad del parque en base a la tensión en el punto de conexión del factor de potencia, caracterizado porque además comprende las siguientes etapas:

- recibir uno o varios parámetros de cada turbina eólica (1,...n) que indican el nivel de calentamiento de los componentes (501,...50n) que comprende;

20 • calcular, en base a la referencia global deseada para la potencia reactiva (40) y a los valores de los parámetros térmicos recibidos, las instrucciones para la producción de potencia reactiva (401, 402..40n) para las diferentes turbinas eólicas (1,...n), las cuales aumentan o reducen la temperatura en los componentes eléctricos de las turbinas eólicas, satisfaciendo la referencia global para la potencia reactiva (40) y;

- enviar instrucciones individuales (401,...40n) a cada turbina eólica.

25 9. Método de control de un parque eólico, de acuerdo con la reivindicación 8, en donde los parámetros que indican el calentamiento de cada turbina eólica comprenden al menos:

- un primer parámetro que comprende un índice de calentamiento (tx), calculado de acuerdo con al menos las siguientes etapas:

- seleccionar los componentes eléctricos que están térmicamente afectados por la producción de potencia reactiva;

30 ○ seleccionar de entre ellos el componente que está más cercano a su límite de temperatura; y,

- calcular para el componente más caliente un índice de calentamiento que representa la cercanía de su temperatura de funcionamiento a su límite de temperatura;

- un segundo parámetro calculado para el componente más caliente que indica el efecto que la producción de potencia reactiva inductiva tiene sobre su temperatura;

35 y en que la producción de potencia reactiva se distribuye de acuerdo a un método que comprende las siguientes etapas:

- seleccionar la turbina eólica con el mayor índice de calentamiento;

- modificar la instrucción de potencia reactiva correspondiente a dicha turbina en base al segundo parámetro, con el fin de reducir las pérdidas eléctricas en el componente más caliente (501,...50n).

40 10. Método de control de un parque eólico, de acuerdo con la reivindicación 8, en donde además éste comprende las siguientes etapas:

- obtener la potencia reactiva (41) generada por el parque en cada momento en base a las mediciones realizadas (104) o los datos proporcionados por cada una de las turbinas eólicas (1,...n) de las que consta el parque;

- comparar la potencia reactiva (41) generada con la referencia global de potencia reactiva (40) y,
- ajustar la distribución de potencia reactiva en base al error que existe entre el nivel de potencia reactiva demandado y el producido.

5 11. Método de control de un parque eólico, de acuerdo a la reivindicación 8, en donde la distribución de potencia reactiva tiene en cuenta la capacidad de generación de potencia reactiva por parte del convertidor de las turbinas eólicas que se encuentran desactivadas.

12. Método de control de un parque eólico, de acuerdo con la reivindicación 8, en donde éste además comprende las siguientes etapas:

- obtener una referencia global para la reducción de potencia activa (30) para la totalidad del parque;

10 • calcular, en base al valor de referencia para la reducción de potencia activa (30) y de los valores de los parámetros térmicos recibidos (501,...50n), algunas instrucciones individuales para la limitación de potencia activa para cada turbina eólica (301,...30n), siendo la limitación de potencia activa mayor para aquellas turbinas que muestran un mayor calentamiento, satisfaciendo la referencia global para la reducción de potencia activa (30) para la totalidad del parque; y,

15 • enviar instrucciones individuales (301,...30n) a cada turbina eólica (1,...n).

20 13. Método de control de un parque eólico, de acuerdo con la reivindicación 12, en donde al menos uno de los parámetros que indican el nivel de calentamiento de los componentes eléctricos (501,...50n) de las turbinas eólicas (1,...n) es un índice (tx), el cual representa la temperatura del componente más cercano a su límite de temperatura de entre los componentes que están térmicamente afectados por la producción de potencia activa (30), y en el que la limitación de potencia activa es mayor para aquellas turbinas eólicas que presentan un mayor calentamiento, de tal manera que minimiza las pérdidas eléctricas en el componente más caliente de las turbinas eólicas que presentan un índice de calentamiento mayor.

25 14. Método de control de un parque eólico, de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones 7 a 13, en donde las instrucciones para la producción de potencia reactiva (401, 402..40n) comprenden las instrucciones para la producción de potencia reactiva inductiva y las instrucciones para la producción de potencia reactiva capacitiva.

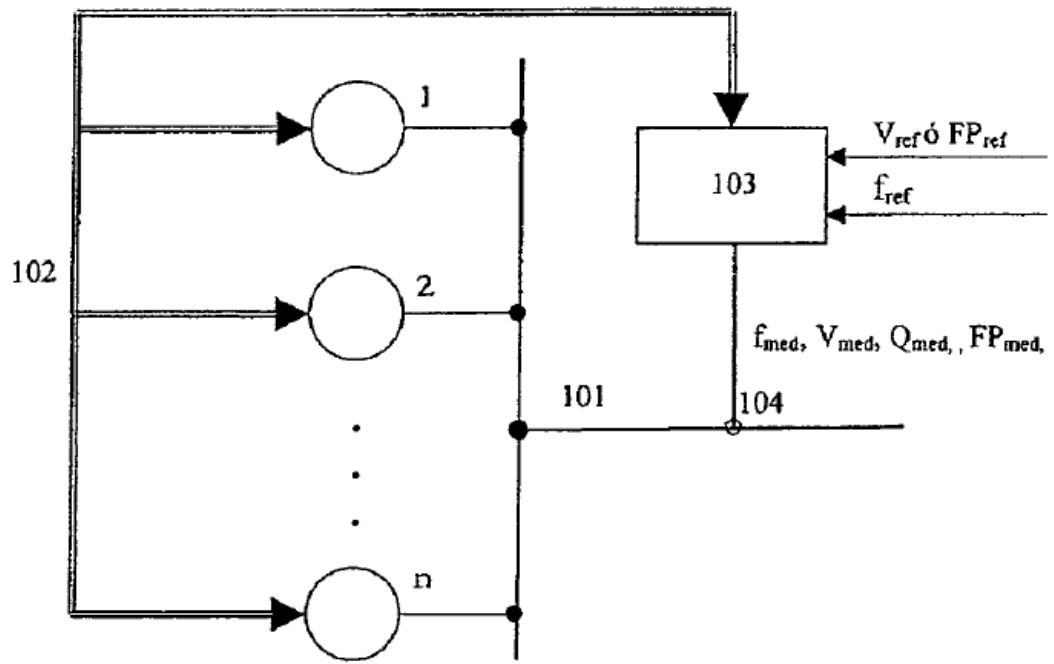


Fig.1

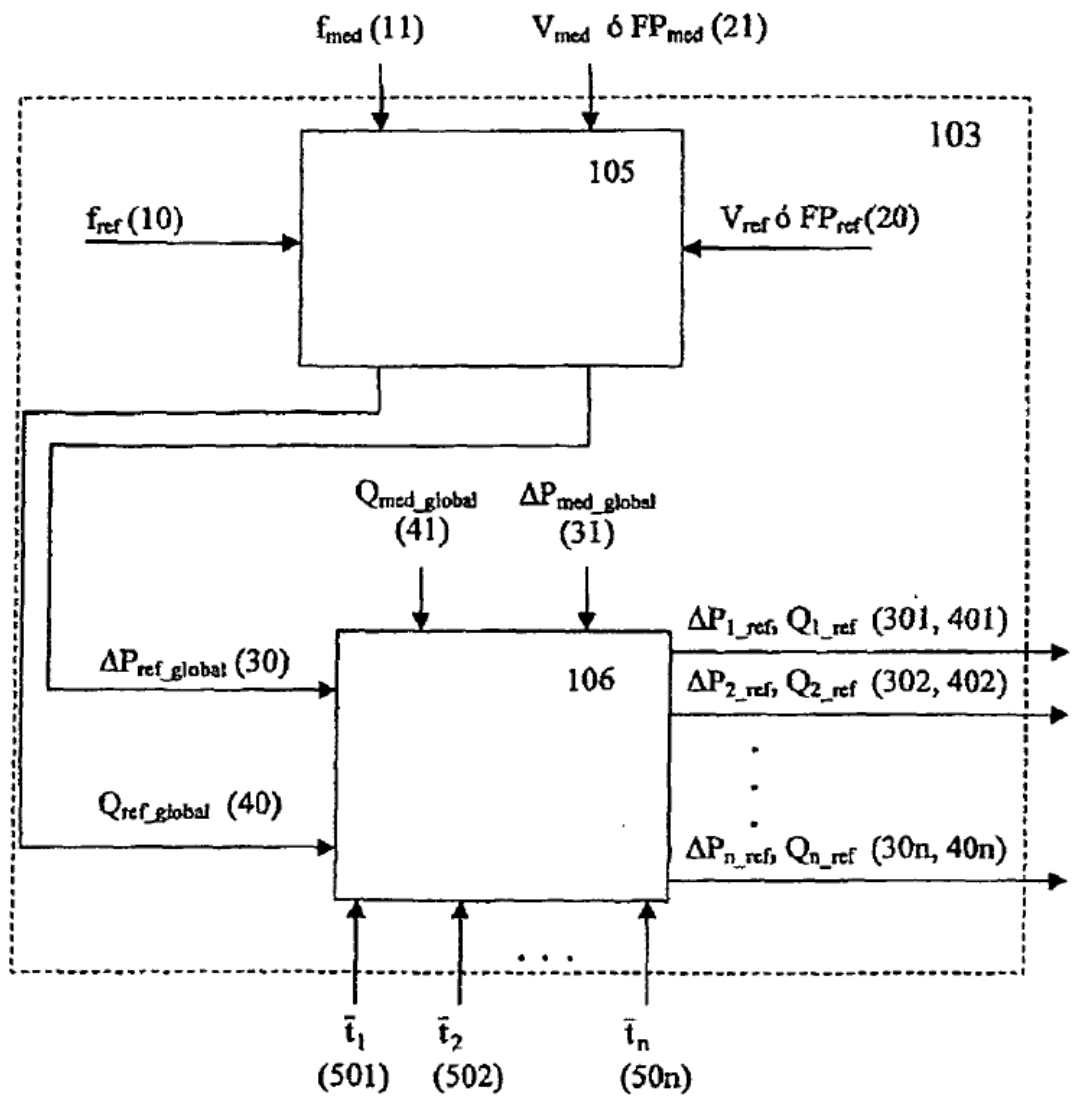


Fig. 2

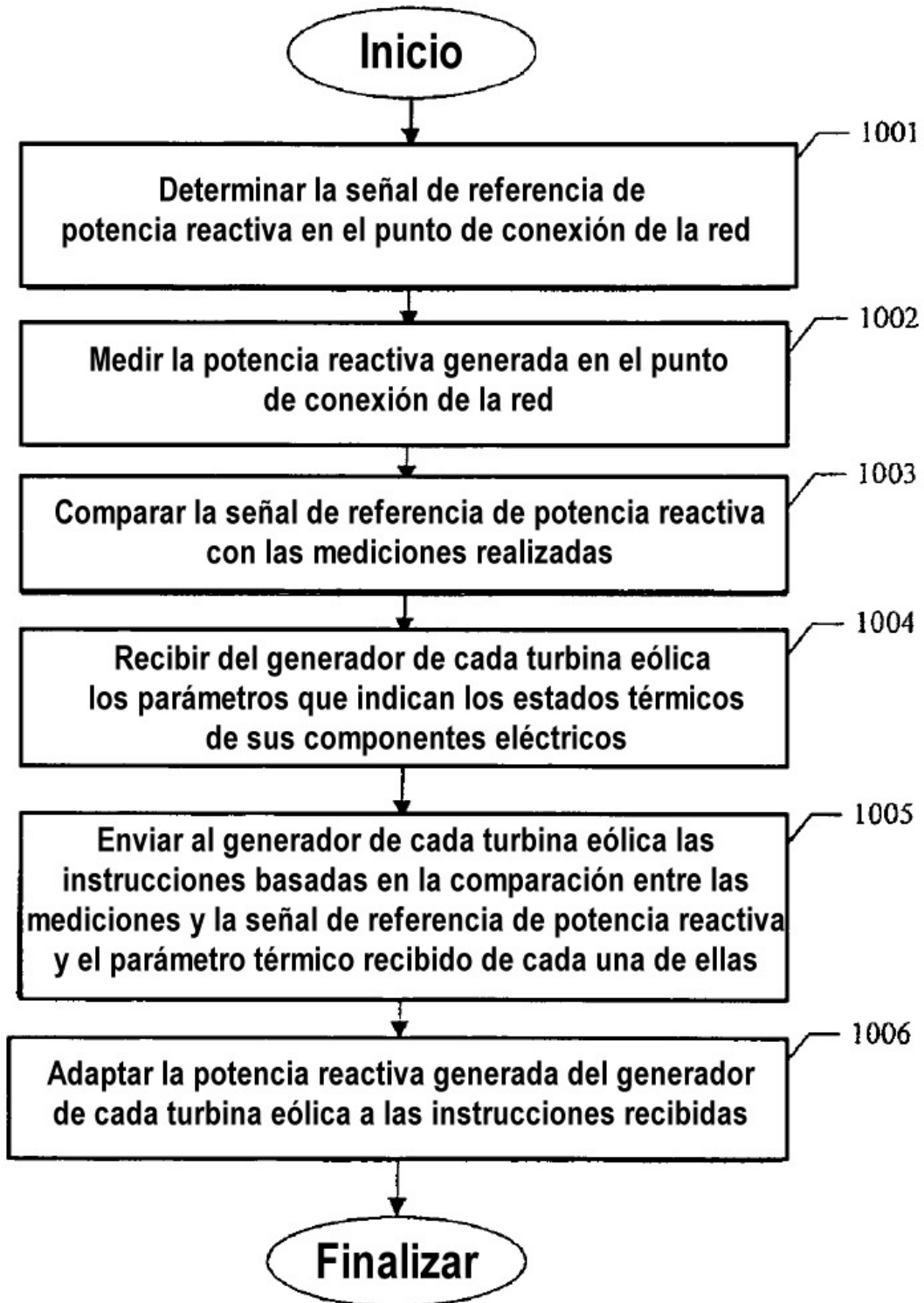


Fig. 3

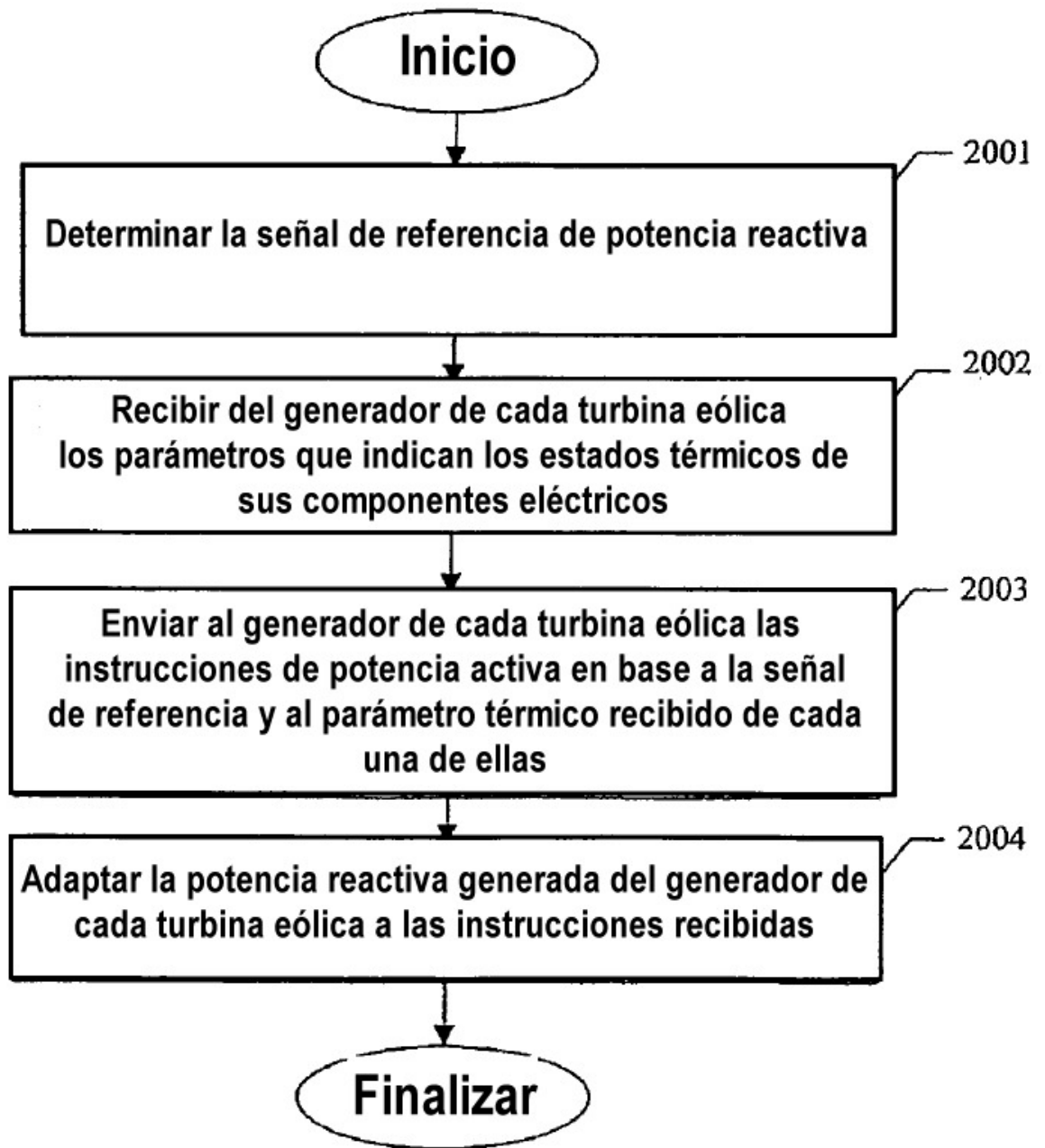


Fig. 4

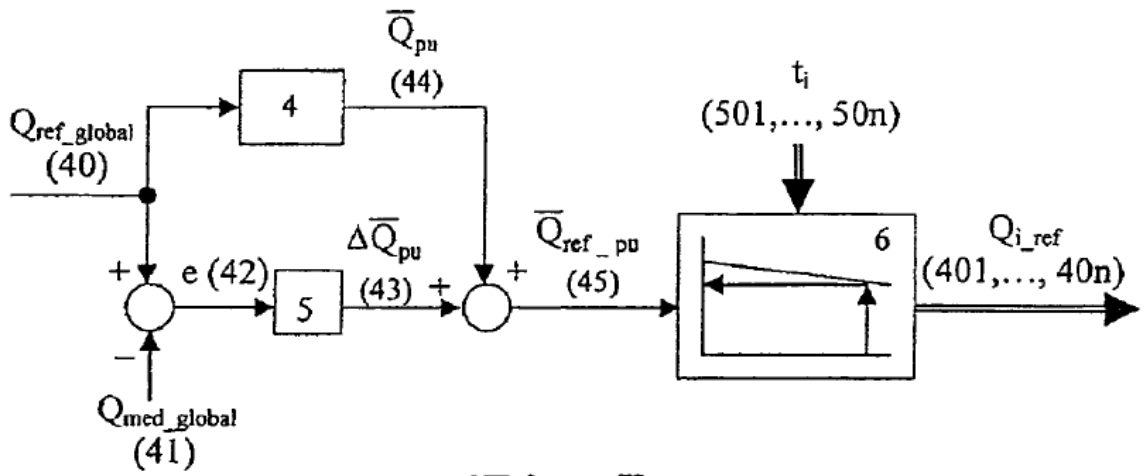


Fig. 5

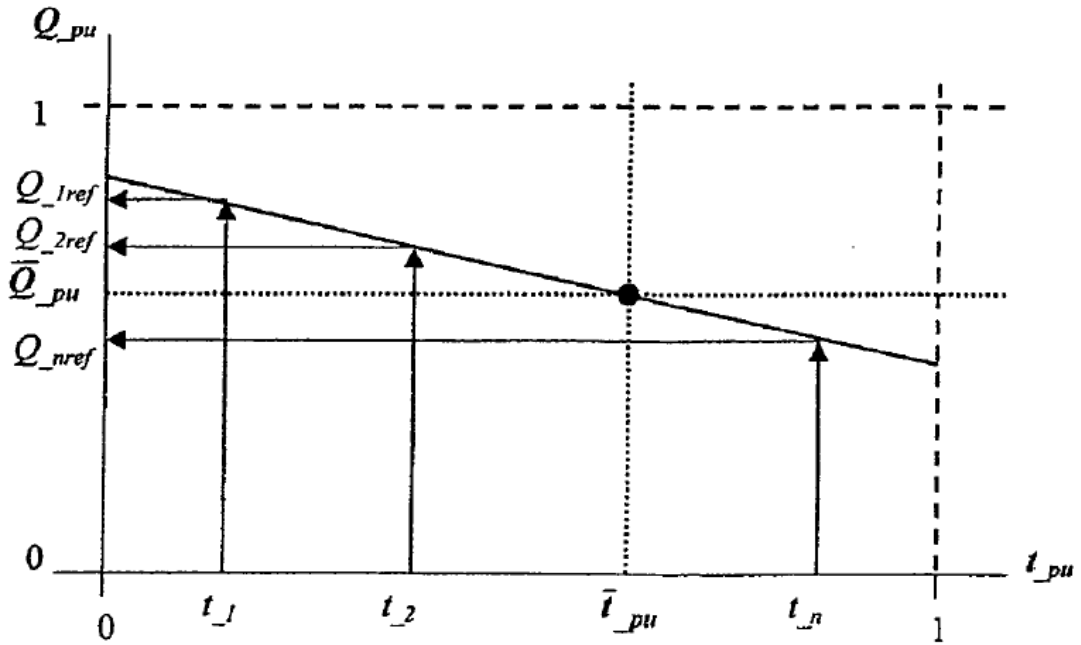


Fig. 6

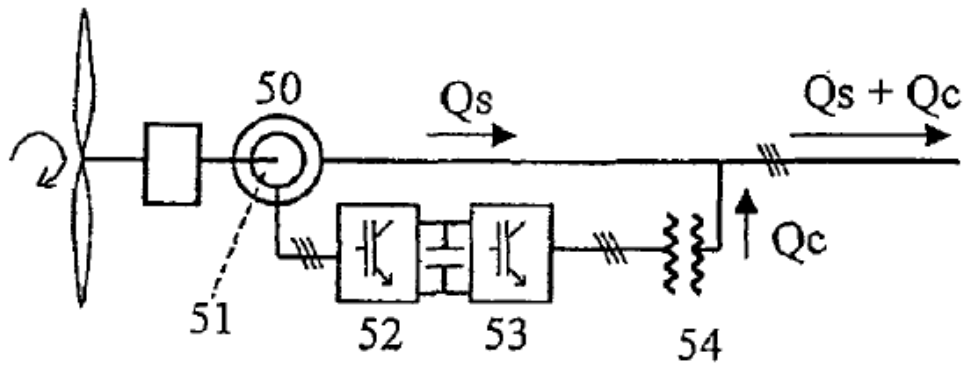


Fig. 7