

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 404 146**

51 Int. Cl.:

H02J 3/38 (2006.01)

H02J 3/18 (2006.01)

H02J 3/46 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.04.2007 E 10172973 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.03.2013 EP 2254217**

54 Título: **Control de la energía reactiva para hacer funcionar una granja eólica**

30 Prioridad:

22.12.2006 US 615241

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

24.05.2013

73 Titular/es:

INGETEAM POWER TECHNOLOGY, S.A.

(100.0%)

Parque Tecnológico de Bizkaia, Edificio 106, 2a planta

48170 Zamudio (Bizkaia), ES

72 Inventor/es:

RIVAS, GREGORIO;

MAYOR, JESUS;

GARMENDIA, IKER;

ACEDO, JORGE;

BARBACHANO, JAVIER PEREZ;

SOLE, DAVID y

ELORRIAGA, JOSU

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 404 146 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

Control de la energía reactiva para hacer funcionar una granja eólica

Campo de la invención

5 Los métodos y aparatos consecuencia de la presente invención están relacionados con el campo de la generación de energía eólica, más concretamente con el control de la energía reactiva para hacer funcionar una granja eólica que tiene múltiples turbinas eólicas.

Antecedentes de la Invención

10 En los años recientes, la producción de energía eólica se ha convertido en una fuente de energía muy importante. La energía eólica acumulativa está aumentando por todo el mundo extraordinariamente y así es su forma en la mezcla de producción de energía. En consecuencia, la generación de energía procedente de granjas eólicas debería contribuir a la estabilidad de la red eléctrica que está directamente relacionada con la generación y consumo de energía reactiva. De este modo, es necesario realizar un control de energía reactiva en las granjas eólicas.

15 Sin embargo, la gestión de energía reactiva a menudo no se considera clave para mantener la red eléctrica estable. Generalmente, la producción de energía reactiva juega un papel secundario en la estrategia de producción de energía de granja eólica y normalmente está basada en la medida del voltaje de la cuadrícula local.

20 Se han concedido varias patentes referentes al control de energía reactiva en grajas eólicas. Por ejemplo, la patente de Estados Unidos 6.965.174 describe un método para hacer funcionar una turbina eólica en el que el ángulo de fase de corriente cambia como respuesta a al menos un voltaje medido en la cuadrícula. Además, el documento US 2005/0046196 describe también un método en el que un punto de ajuste de energía reactiva generado principalmente como consecuencia de una medida de voltaje, se proporciona a los generadores de turbina eólicos. Dicho punto de ajuste se consigue controlando el voltaje de turbina eólica.

Como se ha expuesto anteriormente, la generación de energía eólica y, particularmente, el control de energía reactiva deberían tomar parte activa en la estabilidad y calidad de la cuadrícula eléctrica. De este modo, la compensación de energía reactiva puede tener los siguientes objetivos:

- 25 - Cumplimiento de la demandas de red eléctrica
- Mantener una reserva de energía reactiva para soportar las contingencias de cuadrícula

Estos objetivos pueden incluso conducir a dar prioridad a la energía reactiva sobre la producción de energía activa dependiendo de las condiciones de red.

30 Otro aspecto de dichos métodos es que la compensación de energía reactiva se gestiona mediante turbinas eólicas sin equilibrar el esfuerzo de control demandado, en donde el esfuerzo de control es la relación de la producción de energía reactiva respecto a la capacidad de energía reactiva instantánea de cada turbina eólica. Esto es, la compensación de energía reactiva se realiza mediante todas las turbinas eólicas sin una estrategia de optimización, probablemente dando lugar en alguna de ellas a sufrir estrés eléctrico mayor y desgaste mientras que otras podrían permanecer por debajo de sus capacidades

35 Sumario

Las realizaciones ilustrativas, no limitativas de la presente invención de acuerdo con las realizaciones, superan las desventajas anteriores y otras desventajas no descritas anteriormente. Además, no se requiere que la presente invención supere las desventajas descritas anteriormente, y una realización ilustrativa, no limitativa de la presente invención puede no superar cualquiera de los problemas descritos anteriormente.

40 Es un aspecto de las realizaciones a modo de ejemplo de la presente invención proporcionar un control de energía reactivo de una manera integral teniendo en cuenta las prioridades de la red en cada momento así como el esfuerzo demandado a las turbinas eólicas. Por ello, este sistema de energía reactiva es incluso capaz de gestionar una reserva de energía reactiva para hacer frente a las contingencias eventuales de la cuadrícula. De esta manera, el control de energía reactiva juega un papel clave en la estrategia de producción de energía de granjas eólicas.

45 De acuerdo con un aspecto de una realización a modo de ejemplo de la presente invención, se proporciona un sistema de control de energía reactiva que permite un control óptimo de la compensación de energía reactiva en una granja eólica. Se tiene que cumplir al menos los siguientes requisitos para conseguir el control óptimo:

- Cooperación con el gestor de utilidad para contribuir a la estabilidad de cuadrícula.
- 50 - distribuir la contribución de energía reactiva entre las turbinas eólicas de tal manera que el esfuerzo demandado a todas ellas esté equilibrado.

5 Tal sistema incluye un control central de granja eólica (WFCC) que se puede comunicar con cada turbina eólica o grupo de turbinas eólicas. Este WFCC está a cargo del control de la salida de energía reactiva de la granja eólica. La salida de energía reactiva instantáneo de la granja eólica se mide continuamente. Además, el WFCC ajusta la salida de energía reactiva enviando una única orden a cada turbina eólica. Cada turbina eólica recibe esta orden que indica el porcentaje de su capacidad de energía reactiva instantánea y, por consiguiente, la turbina genera o consume tal cantidad de energía relativa. El WFCC es capaz de estimar la capacidad de energía reactiva de toda la granja eólica.

10 La estabilidad de cuadrícula de soporte implica ser capaz de responder a una contingencia de cuadrícula. Tal respuesta debe cumplir con la demanda de energía reactiva así como los límites de tiempo de reacción. Las realizaciones de la presente invención descritas aquí, debidas a la reserva de energía reactiva, permite la regulación de energía reactiva primaria debido a que la granja eólica es capaz de generar energía reactiva demandada a corto plazo (por ejemplo 15s).

15 De acuerdo con este aspecto de una realización a modo de ejemplo no limitativo, el WFCC es consciente de la reserva de las grajas eólicas de energía reactiva. Esto es una gran ventaja para el operador de la granja eólica o utilidad debido a que esta reserva se puede utilizar para contribuir a la estabilidad de la cuadrícula eléctrica. Finalmente, la disponibilidad de tal reserva de energía reactiva se puede reconocer económicamente por medio de bonos.

20 Además, en realizaciones de la presente invención a modo de ejemplo, se puede conseguir una reserva de energía relativa más elevada. El WFCC es capaz de cumplir con la demanda, en una realización dad por la utilidad, aumentando la reserva de la energía reactiva disponible. Esta funcionalidad se consigue, si es necesario, priorizando la reserva de energía reactiva sobre la generación de energía real.

25 Otro aspecto de una realización de la presente invención es que la compensación de energía reactiva principalmente se consigue mediante turbinas eólicas que tienen capacidad de energía reactiva instantánea más elevada debido al hecho de que las turbinas eólicas generan o consumen energía reactiva proporcionalmente a su capacidad. Esta forma de proceder evita que la compensación de energía reactiva sea realizada principalmente por ciertas turbinas eólicas, que sufrirían un estrés eléctrico más elevado y desgaste prematuro.

Además, la vigilancia de los límites de voltaje se consigue en la turbina eólica en lugar de hacerse generalmente en la granja eólica. Por lo tanto, este método es muy fiable porque las turbinas eólicas están a cargo de asegurar sus propias condiciones de seguridad referentes a la regulación de energía reactiva.

30 Otra ventaja es que el control de energía reactiva es independiente de la tecnología de turbina, modelo, fabricante, etc. El WFCC funciona sobre el porcentaje de capacidad de energía reactiva de cada turbina eólica. De este modo, cada turbina eólica genera su punto de ajuste de energía reactiva en base a la orden enviada por el WFCC y su capacidad.

35 Un aspecto adicional de las realizaciones de las realizaciones de la presente invención es que los requisitos del sistema de comunicación no son estrictos debido a que el WFCC envía una única orden para cada turbina eólica. De este modo, el impacto sobre la anchura de banda de la comunicación de la granja eólica es despreciable.

Breve descripción de los dibujos

40 Los dibujos incorporados aquí constituyen parte de una o más realizaciones de la invención. Sin embargo, no se deben tomar como limitantes de la invención respecto a la realización específica. Los aspectos de la presente invención se harán más evidentes mediante la descripción detallada ilustrativa, las realizaciones no limitantes de la misma con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

la Figura 1: ilustra una realización a modo d ejemplo del Control Central de Graja Eólica (WFCC) para la gestión de la energía reactiva.

Figura 2: ilustra una realización a modo de ejemplo del WFCC para la gestión de la energía reactiva con una prioridad de energía reactiva (RPP).

45 Figura 3: ilustra una realización a modo de ejemplo WFCC para la gestión de la reserva de energía reactiva.

Figura 4: ilustra una realización a modo de ejemplo del WFCC para la gestión de la energía reactiva y la reserva de energía reactiva.

Figura 5: ilustra una realización a modo de ejemplo del Control relativo de Turbina Eólica (WTRC) para la generación del punto de ajuste de energía reactiva y el límite de producción de energía real máximo para la unidad de control.

50 Figura 6: Ilustra una realización a modo de ejemplo de la tipología de la granja eólica con el sistema de control de energía reactiva.

Descripción detallada

A continuación se describe un sistema de control de energía reactiva que proporciona un control óptimo de la compensación de energía reactiva en una granja eólica. Se hará referencia a varios dibujos sólo a modo de ilustración para un mejor entendimiento de la descripción. Además, se utilizarán los mismos números de referencia en los dibujos y la descripción para hacer referencia a los mismos o iguales elementos.

Una tipología a modo de ejemplo de la granja eólica con el sistema de control de energía reactiva se muestra en la Fig. 6. Este sistema está compuesto por una pluralidad de turbinas eólicas (600a a 600e) y dos subsistemas: el control central de granja eólica (WFCC) 8100), mostrado en las Figs 1-4, que podría estar localizado en la subestación o punto de acoplamiento común (PCC) (601), y el control relativo de turbina eólica (WTRC) (500), mostrado en la Fig. 5, que se realiza en al menos un de las turbinas en la granja eólica (véase 500a a 500e en la Fig. 6). El objetivo de este sistema es seguir un punto de ajuste dado de energía reactiva para la granja eólica como un todo mientras que al mismo tiempo se tenga en cuenta la posible reserva de energía reactiva que se puede suministrar a corto plazo. Además, esta reserva de energía reactiva máxima se puede gestionar mediante el WFCC (100).

Sistema de Control Central de Granja Eólica (WFCC)

El punto de ajuste de energía reactiva de granja eólica (Sp_Q) y el punto de ajuste de reserva de energía reactiva de granja (Sp_{Qres}) se pueden recibir o bien a partir de la utilizada ($Sp_{QUTILIDAD}$ y $Sp_{QresUTILIDAD}$) o ser generado por el Control Central de Granja Eólica (Sp_{QWFCC} Y $Sp_{QresWFCC}$) de acuerdo con varios criterios definidos en un algoritmo de optimización (101). Por ejemplo, el punto de ajuste de energía (Sp_{QWFCC}) y el punto de ajuste de energía reactiva ($Sp_{QresWFCC}$) se pueden generar mediante el algoritmo de optimización (101) basado en, por ejemplo, la optimización de producción, reserva de energía, estabilidad de voltaje de cuadrícula y optimización de beneficios económicos.

En un ejemplo ilustrado en la Fig. 1, por ejemplo, el WFCC (100) recibe diversa información (106) utilizada para optimizar el punto de ajuste de energía reactiva. Tal información (106) incluye información de tráfico relevante procedente de la utilidad, por ejemplo tráfico kWh-kVARh que depende el tiempo, demanda a corto plazo, bonos debido a la reserva de energía reactiva, capacidad de cuadrícula, información de optimización de producción, información de estabilidad de voltaje de cuadrícula, información de optimización de beneficios, etc. además, el WFCC (100) recibe medidas de la energía real (AV_P) y reactiva (AV_Q). El WFCC (100) incluye un algoritmo de optimización (101) que está basado en la optimización de los beneficios económicos. El algoritmo tiene en cuenta las entradas anteriormente mencionadas para generar el punto de ajuste de energía reactiva (Sp_{QWFCC}) y el punto de ajuste de reserva de energía reactiva ($Sp_{DresWFCC}$, mostrado en la Fig. 3) con el fin de aumentar al máximo el perfil económico de la granja eólica.

En un ejemplo estos criterios podría requerir dar prioridad o bien la producción de energía reactiva o bien a la gestión de reserva de energía reactiva sobre la producción de energía real para contribuir a la estabilidad de la cuadrícula eléctrica para aumenta al máximo los beneficios de la granja eólica.

Regulación de Energía Reactiva

Haciendo referencia a la Fig. 1, el punto de ajuste de energía reactiva Sp_Q gestionado por el WFCC (100) es regulado por un controlador de PID (104) o una estructura más compleja, utilizando un valor AV_Q que representa la medida de energía reactiva instantánea de la granja eólica. Un selector 102 selecciona uno de dos valores, Sp_{QWFCC} y $Sp_{QUTILIDAD}$, que son introducidas en el selector y proporciona ese valor seleccionado como el punto de ajuste de energía reactiva Sp_Q . En una realización, el selector (102) envía Sp_{QWFCC} a menos que $Sp_{QUTILIDAD}$ sea recibida. Un sustractor (103) resta el valor de energía reactiva instantánea (AV_Q) del valor de punto de ajuste de energía reactiva (Sp_Q) para producir un valor de error (ϵ_Q). La salida del controlador WFCC será un porcentaje ($Sp_{\%Q_{max}}$) que se aplicará a la energía reactiva instantánea máxima que cada turbina eólica puede producir ($Q_{wt_{max}}$). Esta orden de energía reactiva ($Sp_{\%Q_{max}}$) es suministrado a un limitador (105) que establece el porcentaje máximo y mínimo permitido. Estos límites pueden ser ajustados fija o dinámicamente para aumentar la vida útil de los componentes de la turbina eólica. Además, estos límites se pueden utilizar en lógica anti-giro del controlador

El valor anteriormente mencionado $Q_{wt_{max}}$, que se muestra en la Fig. 5 será calculado continuamente por cada turbina eólica de acuerdo con las condiciones locales, por ejemplo, temperatura ambiente, condiciones de cuadrícula, etc. Finalmente, todas las turbinas eólicas recibirán una única orden. De este modo, los requisitos de red de comunicación de granja eólica no son muy estrictos.

En algunos casos, la energía reactiva ordenada total Sp_Q no puede ser cumplida por el WFCC (100). En un ejemplo, esta situación puede ocurrir si el valor de Sp_Q es mayor que el valor de AV_Q durante un tiempo específico y un punto de ajuste $Sp_{\%Q_{max}}$ ha alcanzado los umbrales (valores máximo o mínimo) impuestos por el bloque limitador (105) anteriormente mencionado. Entonces, en un ejemplo opcional, mostrado en la Fig. 2, es posible dar prioridad a la energía de producción reactiva sobre la generación de energía real. En lo sucesivo, se hará

referencia a esta opción como Prioridad de Energía Reactiva (RPP). En este caso, en el cual la producción de energía real se puede disminuir para permitir una producción más elevada de energía reactiva, la diferencia entre Sp_Q y Av_Q , a saber, el valor de error (ϵ_Q) que es generado por el sustractor 103, es introducido en un controlador de PID (201) o una estructura más compleja, que puede incluir una ganancia no lineal. Un selector (202) selecciona o bien la salida del controlador PID (201) o bien un valor que representa el 100% como respuesta a la salida de valor RPP procedente del algoritmo de optimización (101). En el caso en el que RPP sea habilitado, el selector (202) selecciona la salida del controlador PID (201). El valor del selector 202 selecciona la salida como una única orden ($\%P_{wt\ calculada}$) que es distribuida a todas las turbinas eólicas. Cada turbina eólica reducirá su salida de energía máxima de acuerdo con su energía calculada y el porcentaje ordenado ($\%P_{wt\ calculada}$). Por el contrario, si RPP no está habilitado $\%P_{wt\ calculada}$ será el 100%.

Regulación de reserva de energía reactiva

Haciendo referencia a la Fig. 3, se puede seleccionar una regulación de reserva de energía reactiva. En este caso, es seleccionado el modo de prioridad de reserva reactiva (RRP). En una realización, el punto de ajuste de reserva de energía reactiva (Sp_Q_{res}) es producido por un selector 301 que selecciona como salida o bien Sp_res_{WFCC} o bien $Sp_Q_{resUTILIDAD}$. En una realización, el selector (301) produce $Sp_Q_{resWFCC}$ a menos que se reciba una $Sp_Q_{resUTILIDAD}$. El punto de ajuste de reserva de energía reactiva (Sp_Q_{res}) es regulado por un controlador de PID (305) o una estructura más compleja, utilizando una estimación de la reserva de energía reactiva instantánea de la granja eólica (Av_Q_{res}). El valor de Av_Q_{res} es calculado por medio de un bloque de función (302) de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$Av_Q_{res} \approx Av_Q \cdot \left(\frac{100 - Sp_ \% Q_{max}}{Sp_ \% Q_{max}} \right) \quad \text{Ecuac. 1}$$

En el caso en el que la regulación de energía reactiva no está siendo realizada por el WFCC o el valor Sp_Q sea despreciable, el valor de Av_Q_{res} se puede calcular como:

$$\sum_i Q_{wt_max\ i} \frac{(100 - Sp_ \% Q_{max})}{100} \quad \text{Ecuac. 2}$$

en donde $Q_{wt_max\ i}$ es la máxima energía reactiva instantánea que cada turbina eólica puede producir, en donde i indica una de las turbina eólicas en particular de la granja eólica. En este caso particular, cada turbina eólica debe comunicar de forma continua al WFCC su capacidad de energía reactiva.

El sustractor 303 produce la diferencia entre Sp_Q_{res} y Av_Q_{res} , mostrada como un valor de error $_ \epsilon_Q_{res}$, que es introducida en un controlador PID (3059 o una estructura más compleja, que puede incluir una unidad de ganancia no lineal (304).

El algoritmo de optimización 101 produce un valor de RRP activo si está habilitada la prioridad de reserva activa (RRP). Un selector (306) como respuesta a un valor de RRP, selecciona la salida del controlador para producir un valor $\%P_{wt\ calculada}$ que es distribuido como una única orden a todas las turbina eólicas. Por el contrario, si RRP no está habilitada, el selector selecciona el valor de 100% para el valor de $\%P_{wt\ calculada}$. Cada turbina eólica reducirá su producción de energía máxima de acuerdo con su energía calculada y el porcentaje ordenado ($\%P_{wt\ calculada}$). Este es un modo operacional en el que se da prioridad a la reserva de energía reactiva sobre la producción de energía real.

Selección de Modos de Funcionamiento

La regulación de energía reactiva y los modos de funcionamiento de regulación de reserva de energía reactiva se pueden habilitar o deshabilitar por el WFCC. Estos modos no son exclusivos, sino que pueden ser combinados de una forma aleatoria.

Por ejemplo, la Fig. 4 muestra el caso en el que ambos modos de funcionamiento están activados y la Prioridad de Energía Reactiva (RPP) está habilitada. Aquí, un selector de valor mínimo (401) determinará si la salida del selector 202 o la salida del selector 306 están comandadas como $\%P_{wt\ calculada}$ para las turbinas eólicas en base a que una cualquiera sea más pequeña.

Sistema de Control Relativo de Turbina Eólica (WTRC)

Haciendo referencia a la Fig. 5, un sistema de control relativo de turbina eólica (WTRC) (500) incluye un sistema eléctrico de capacidad de energía reactiva (501) y una unidad de vigilancia de límite de voltaje 502. El sistema de WTRC (500) recibe órdenes de energía relativas ($Sp_ \% Q_{max}$ y $\%P_{wt\ calculada}$) procedentes de WFCC. Estas órdenes,

que están expresadas en términos relativos como porcentajes en lugar de utilizando unidades físicas absolutas, son suministradas al sistema de regulación de energía de turbina eólica.

Control de energía reactiva de turbina eólica

5 El control relativo de turbina eólica (WTRC) está calculando continuamente su capacidad de energía reactiva (Q_{wt_max}) y genera el punto de ajuste de energía reactiva para la unidad de control de energía multiplicándolo (512) por la orden de energía reactiva relativa ($Sp_ \%Q_{max}$). De tal manera, la conversión final del punto de ajuste de energía reactiva a unidades físicas se realiza en las turbinas eólicas individuales. Por lo tanto, el WFCC es desvinculado de la tecnología de turbinas eólicas permiten el uso de turbinas eólicas de diferentes fabricantes.

10 Q_{wt_max} es la energía reactiva máxima que la turbina eólica puede suministrar a la vez que mantiene las condiciones dentro de los límites de funcionamiento específicos. Por lo tanto, incluye tanto el sistema eléctrico como las condiciones de cuadrícula.

En una realización, el cálculo de la capacidad de energía reactiva del sistema eléctrico (501), $Q_{wt_max_ele_sys}$ se realiza utilizando funciones multivariadas (503). Dichas funciones pueden tener como entradas la energía real, temperaturas ($Temp_{wt}$) y voltajes (Av_P_{wt} , Av_V_{wt}).

15 En un ejemplo preferido, las funciones multivariadas (503) se calculan para los componentes principales (generador, converso de energía, cabina eléctrica, etc.) del sistema. Estas funciones no son independientes del signo de $Sp_ \%Q_{max}$. Esto es, puede haber límites máximo y mínimo diferentes dependiendo de si la energía reactiva es consumida o producida por el generador.

20 Las condiciones de cuadrícula se tienen en cuenta mediante una unidad de algoritmo de vigilancia de límite de voltaje (502). En una realización preferida, el voltaje de malla medido (Av_V_{wt}) se compara, utilizando comparadores (504) y (505), con los límites de funcionamiento de voltaje de la turbina eólica. El voltaje de cuadrícula medido es comparado (504) con el límite superior ($V_{max} - Av_V_{wt}$), y comparado (505) con el límite inferior ($Av_v_{wt} - V_{min}$). Estas deferenencias son introducidas respectivamente en el controlador de PID (506) y el controlador de PID (507) o estructuras más complejas cuya salida puede limitar la producción, tales como limitadores (508 y 509). El signo de $Sp_ \%Q_{max}$ es introducido en un selector (510). En el caso en el que el signo $Sp_ \%Q_{max}$ sea positivo, el selector (510) selecciona la salida del limitador (508) (suministro de energía relativa a la cuadrícula). En el caso en el que el signo de $Sp_ \%Q_{max}$ sea negativo, el selector (510) selecciona la salida del limitador (509) (consumo de energía reactiva procedente de la cuadrícula). La salida del selector (510), G_v , es un factor de porcentaje a ser aplicado a un bloque multiplicador (511) a la capacidad de energía reactiva anteriormente mencionada del sistema eléctrico ($Q_{wt_max_ele_sys}$). La salida del bloque multiplicador (511) es multiplicada por el valor $Sp_ \%Q_{max}$ en otro bloque multiplicador (512) para obtener el punto de ajuste de energía relativo ($Sp_ Q_{wt}$) para la unidad de control de energía.

De acuerdo con un ejemplo no limitativo, se considera una granja eólica de dos turbinas eólicas (wt_A y wt_B). El WFCC envía $SP_ \%Q_{max} = 0,75$ (75%) a cada turbina eólica.

35 - wt_A está produciendo 3MW y de acuerdo con sus condiciones locales ha calculado una capacidad de energía reactiva de $Q_{wt_max} = 1$ MVAR.

- wt_B está produciendo 2,4 MW y de acuerdo con sus condiciones locales ha calculado una capacidad de energía reactiva de $Q_{wt_max} = 2$ MVAR.

40 - el punto de ajuste de energía reactiva aplicado a la unidad de control de energía de wt_A es $Sp_ Q_{wt} = Q_{wt_max} \cdot Sp_ \%Q_{max} = 1\text{MVAR} \cdot 0,75 = 750$ kVAR.

- el punto de ajuste de energía reactiva aplicado a la unidad de control de energía de wt_B es $Sp_ Q_{wt} = Q_{wt_max} \cdot Sp_ \%Q_{max} = 2\text{MVAR} \cdot 0,75 = 1500$ kVAR.

Control de prioridad reactiva de turbina eólica

45 El sistema de Control Relativo de Turbina Eólica (WTRC) (500) recibe $\%P_{wt_condiderada}$ procedente del WFCC (100). Normalmente, esta orden es el 100% pero puede disminuir en el caso en el que la producción de energía reactiva o reserva de energía sea prioritaria sobre la generación de energía real.

50 El WTCR calcula el límite de producción de energía real máximo multiplicando el $\%P_{wt_calculada}$ por la energía calculada de la turbina eólica en el multiplicador (513) mostrado en la Fig. 5. Este límite es introducido en el algoritmo de control de energía de la turbina eólica. La turbina eólica continuará con su funcionamiento normal si el punto de ajuste de energía real ($Sp_ P$) es menor que el límite de producción de energía real máximo calculado. Por el contrario, el punto de ajuste de energía real será limitado al límite de producción de energía real en el algoritmo de control de la turbina eólica.

Se pueden hacer numerosas modificaciones respecto a las realizaciones a modo de ejemplo de la invención sin que

se salgan del campo de las realizaciones de la presente invención como está definida en las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un método de regulación de reserva de energía reactiva en una granja eólica que tiene una pluralidad de turbinas eólicas, que comprende:
dar prioridad a una reserva de energía reactiva sobre la producción de energía real (RRP);
5 obtener un punto de ajuste de reserva de energía reactiva (Sp_{Qres});
calcular una reserva de energía reactiva de la granja eólica (Av_{Qres});
calcular un error (ϵ_{Qres}) entre el punto de ajuste de reserva de energía reactiva y la reserva de energía reactiva calculada de la granja eólica;
utilizar el error (ϵ_{Qres}) para generar una orden de límite de energía real relativa ($\%Pwt_{calculada}$);
10 enviar la orden de energía real relativa ($\%Pwt_{calculada}$) a cada una de las turbinas eólicas; y
aplicar la orden de energía real relativa ($\%Pwt_{calculada}$) en cada turbina eólica como un porcentaje de la energía real calculada para obtener un límite de producción de energía real.
2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la orden de límite de energía real relativa ($\%Pwt_{calculada}$) se calcula utilizando un algoritmo de optimización de beneficios económicos.

15

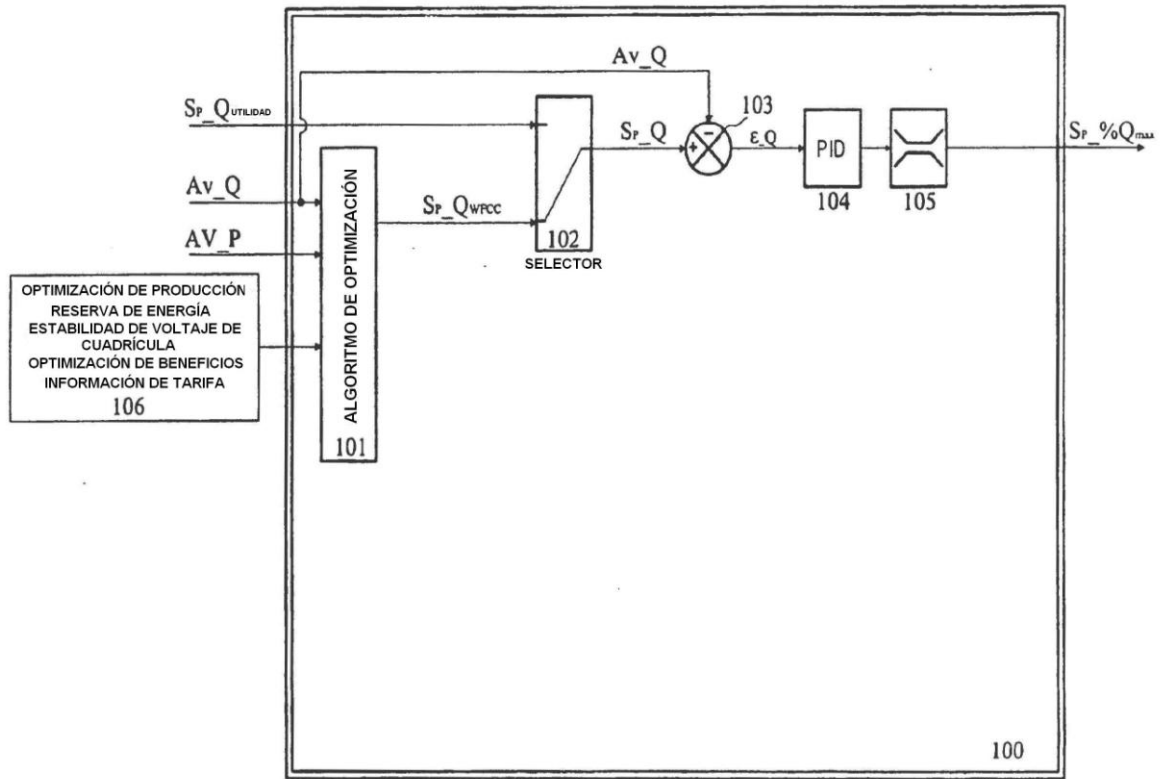


Fig. 1

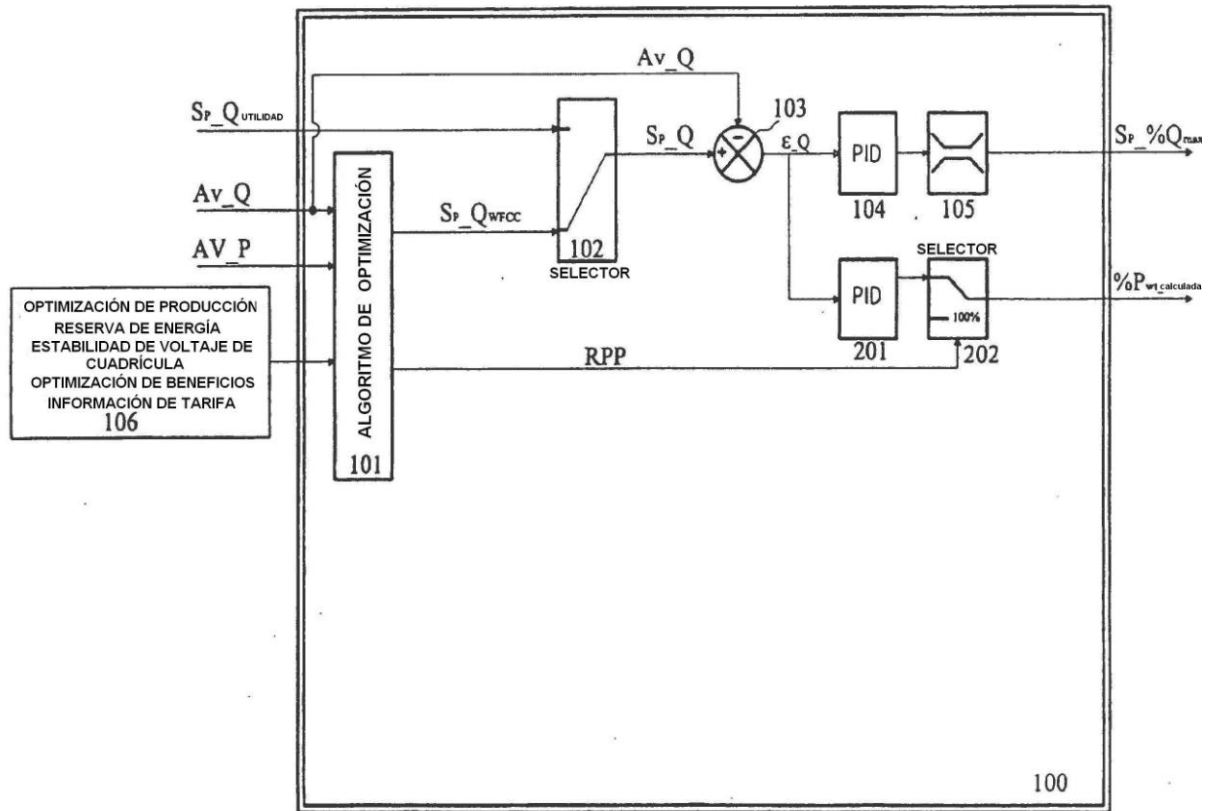


Fig.2

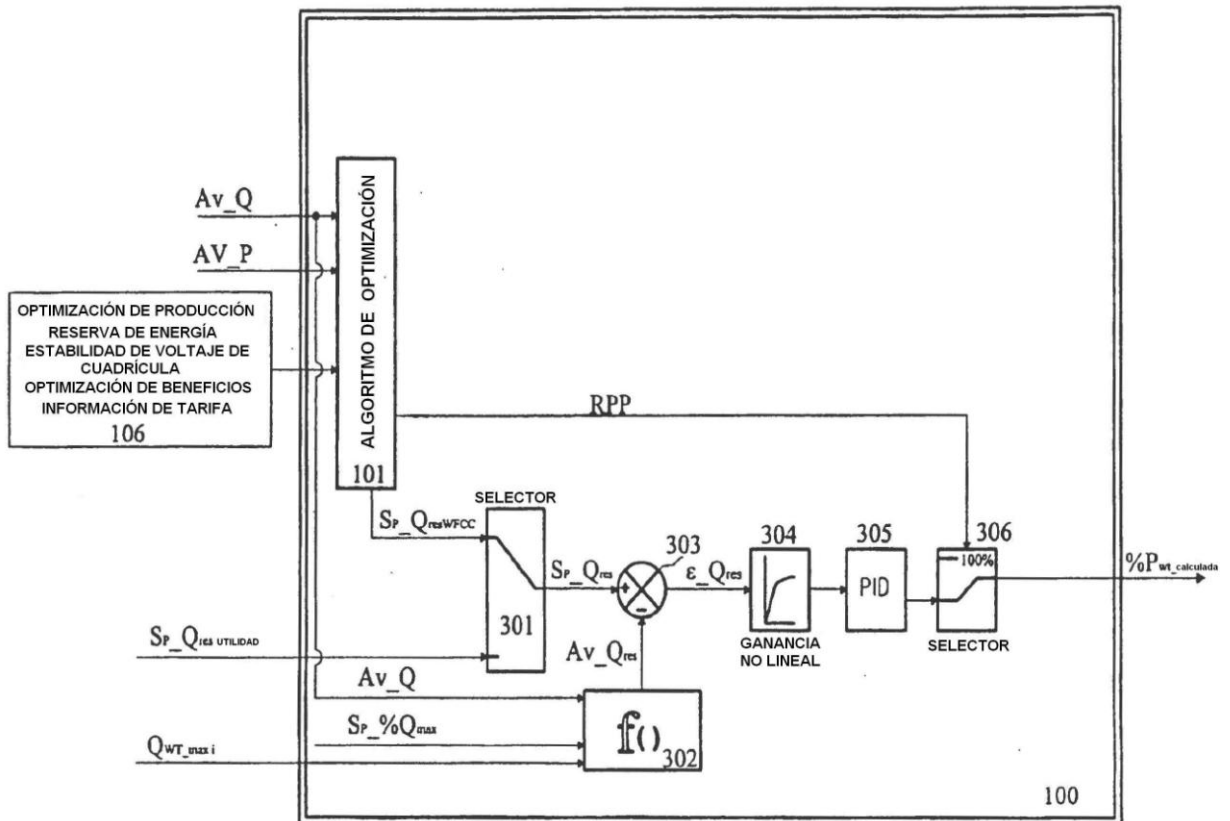


Fig.3

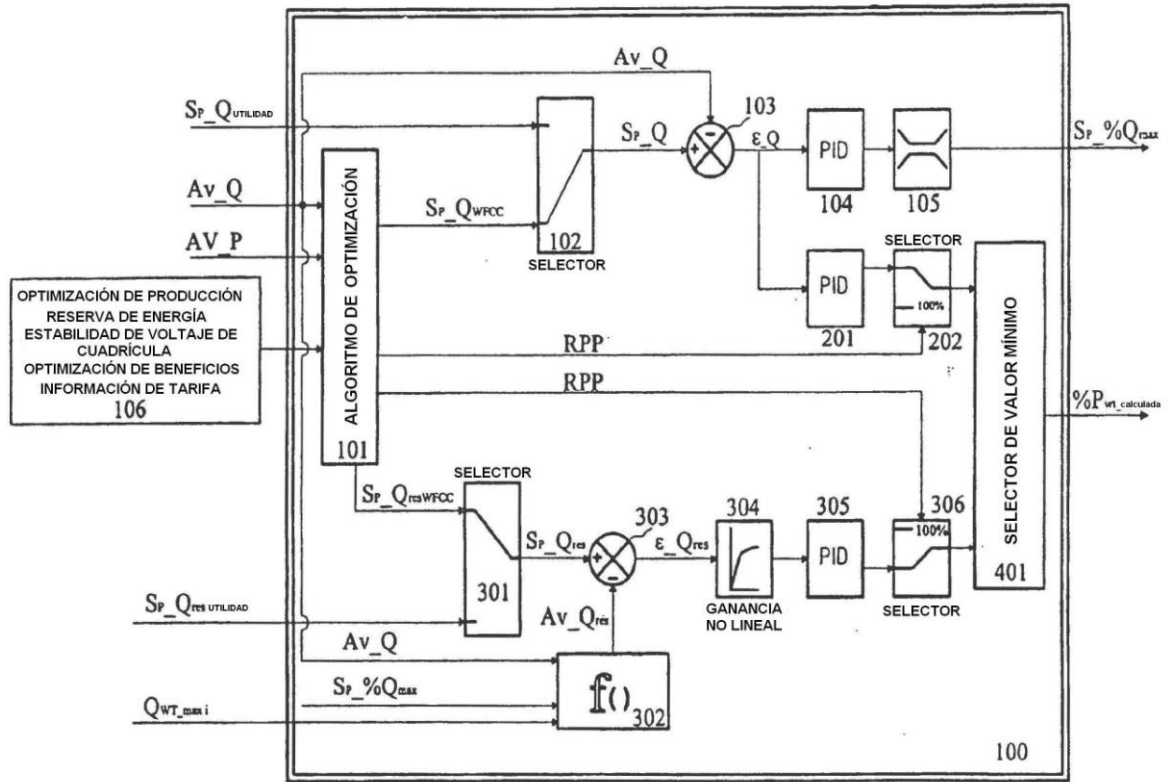


Fig.4

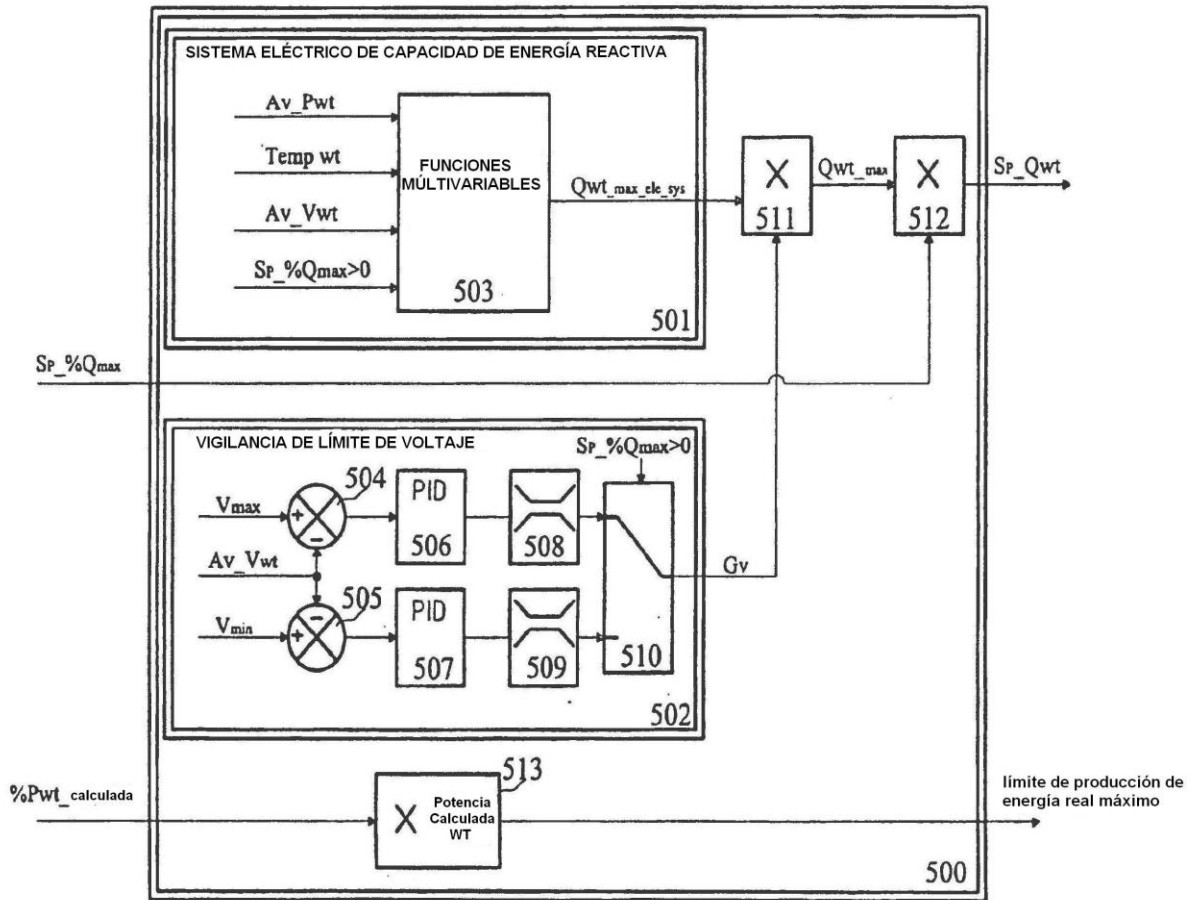


Fig.5

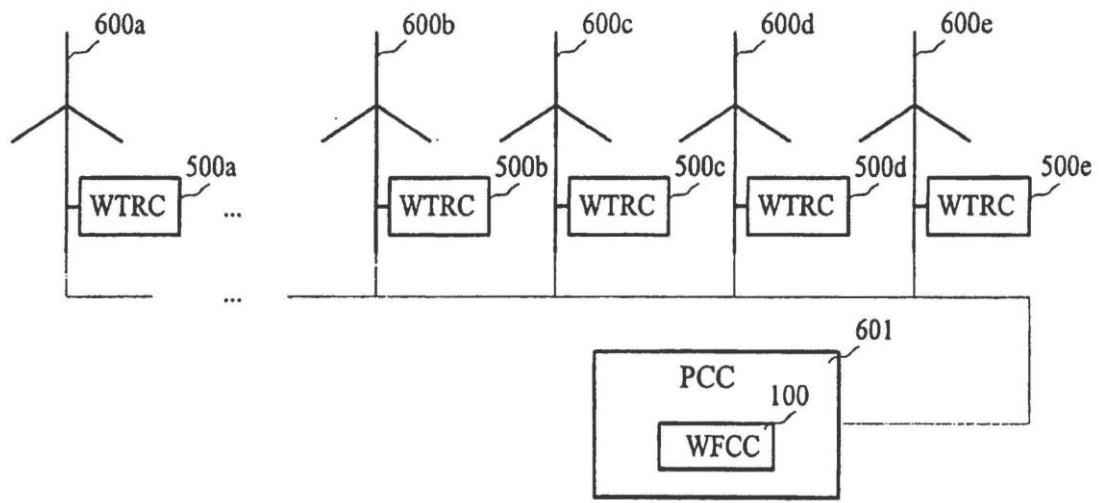


Fig. 6