

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 659 150**

51 Int. Cl.:

H02J 3/46 (2006.01)

F03D 9/25 (2006.01)

H02J 3/16 (2006.01)

H02J 3/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.11.2014 PCT/DK2014/050366**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.06.2015 WO15078473**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.11.2014 E 14795552 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.01.2018 EP 3075052**

54 Título: **Una planta de generación eólica con tiempo de establecimiento mejorado**

30 Prioridad:

28.11.2013 DK 201370730

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

14.03.2018

73 Titular/es:

**VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)
Hedeager 42
8200 Aarhus N, DK**

72 Inventor/es:

GARCIA, JORGE MARTINEZ

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 659 150 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

Una planta de generación eólica con tiempo de establecimiento mejorado

5 La presente invención se refiere a un controlador de una planta de generación, dispuesto para mejorar el tiempo de establecimiento de la tensión de una planta de generación eólica en una red eléctrica, en el que la planta de generación eólica comprende una pluralidad de generadores de turbina eólica. Adicionalmente, la presente invención se refiere a una planta de generación eólica que comprende un controlador de la planta de generación de la clase anteriormente mencionada, y a un método para el control de una planta de generación eólica conectada a una red eléctrica.

Antecedentes de la invención

15 Una planta de generación eólica tiene normalmente una pluralidad de turbinas eólicas para la conversión de la energía eólica en electricidad. Para suministrar electricidad a los usuarios finales de la electricidad, la planta de generación eólica se conecta a una red eléctrica. Sin embargo, antes de que la planta de generación eólica pueda conectarse a una red eléctrica, la planta de generación eólica ha de satisfacer los requisitos de rendimiento eléctrico de la planta de generación eólica especificados por la normativa de la red. Un requisito es un tiempo de respuesta inicial de la planta de generación eólica para diversos parámetros tales como tensión, frecuencia, potencia activa y potencia reactiva.

20 Se hace referencia frecuentemente a una planta de generación eólica como a un grupo de generadores de turbina eólica que se conectan en común a una red eléctrica a través de un punto de conexión común, también conocido como Punto de Acoplamiento Común (PCC, del inglés "Point of Common Coupling"). Adicionalmente la planta de generación eólica puede comprender un controlador de la planta de generación (PPC, del inglés "Power Plant Controller") y/o alguna clase de equipo de compensación de la potencia reactiva, tal como compensadores síncronos estáticos (STATCOM) o condensadores de interruptor/conmutados, u otros.

25 Generalmente, la planta de generación eólica tiene un controlador de la planta de generación eólica que supervisa una tensión de la red eléctrica y compara la tensión de la red eléctrica con un punto de consigna externo. Se usa una diferencia entre la tensión de la red eléctrica real y el punto de consigna externo (por ejemplo, una señal de error) para calcular una orden de producción de potencia reactiva para la planta de generación eólica. Esta orden se envía desde el controlador de la planta de generación eólica a las turbinas eólicas individuales que a su vez responderán (por ejemplo, producirán más o menos potencia para ajustar la tensión de la red eléctrica) tras la recepción de la orden. La señal de error puede provocarse por un cambio en la tensión real de la red eléctrica o en un cambio en el punto de consigna externo.

30 El tiempo de establecimiento es el período de tiempo que se inicia tras la detección de un cambio en la tensión de la red eléctrica o un cambio en el punto de consigna externo y acaba tan pronto como la corriente/potencia inyectada por los accionadores en el PCC alcanza el 95 % de la referencia de control (en algunas normas la forma de medición del tiempo de establecimiento puede ser diferente, comienza desde el momento en que los accionadores comienzan la inyección hasta que alcanza el 95 % de la referencia, nótese asimismo que el 95 % es indicativo de que el sistema casi alcanza el estado estable, de modo que en lugar del 95 %, puede ser del 90 % u otro valor que pueda indicar que el sistema está casi en estado estable (la medición casi llega a la referencia)).

35 Frecuentemente el controlador de la planta de generación funciona con algunas restricciones. Estas restricciones pueden convertirse en limitaciones de corriente o tensión, pero en la práctica los límites se implementan frecuentemente como una restricción a la potencia reactiva suministrada desde la planta de generación eólica a la red a través de un punto de acoplamiento común. Esta restricción puede ser tanto un límite fijo en la potencia reactiva con un valor numérico de VA o p.u., o un valor del factor de potencia, significando que la potencia reactiva está limitada a un máximo superior definido de acuerdo con la producción de potencia activa actual.

40 Adicionalmente, se identifica el documento US 4 380 737 A, que divulga un método y un controlador de acuerdo con el preámbulo de las reivindicaciones independientes.

Sumario de la invención

45 El objeto de la presente invención es proporcionar un método y sistema para mejorar una respuesta del tiempo de establecimiento para un control de la pendiente de tensión en una planta de generación eólica cuando la referencia de potencia reactiva está limitada por un punto de consigna del Factor de Potencia (PF, del inglés "Power Factor") o unos límites de potencia reactiva, ambos o incluso otros límites. Adicionalmente es un objeto proporcionar un controlador de la planta de generación que sea capaz de proporcionar un mejor soporte a la red durante los cambios en los puntos de consigna de referencia. Además es un objeto proporcionar un controlador que en la mayor parte de las situaciones proporcione una respuesta a la señal.

Este sumario se proporciona para introducir una selección de conceptos en una forma simplificada que se describen adicionalmente a continuación en la descripción detallada. Este sumario no se pretende que identifique características clave o características esenciales de la materia objeto reivindicada, ni se pretende que se use como una ayuda en la determinación del alcance de la materia objeto reivindicada.

5 Por ello, el objeto anteriormente descrito y diversos otros objetos se pretende que se obtengan en un primer aspecto de la invención que proporciona un método para el control de una planta de generación eólica conectada a una red eléctrica, comprendiendo la planta de generación eólica al menos un generador de turbina eólica y un controlador de la planta de generación, comprendiendo el controlador de la planta de generación un controlador de señal para el control de un parámetro eléctrico con una ganancia, comprendiendo el método:

- medir al menos un parámetro eléctrico en la red eléctrica,
- determinar un valor interno de la señal basado al menos parcialmente en el al menos un parámetro eléctrico,
- comparar el valor interno de la señal con un valor de saturación, y
- 15 - si el valor interno de la señal supera el valor de saturación, incrementar la ganancia del controlador de señal hasta un primer valor de ganancia, para disminuir un tiempo de establecimiento para una pendiente del parámetro eléctrico en la red eléctrica.

20 La presente invención es particularmente, pero no exclusivamente, ventajosa debido a que el método mejora, es decir disminuye, el tiempo de establecimiento de la pendiente de tensión de un control de tensión. Sin embargo debido a la limitación dinámica (no linealidades del sistema, es decir el tiempo de muestreo del controlador), cuando se realiza este cambio en línea, la ganancia Kgs no puede fijarse tan alta como se preferiría en un sistema ideal.

25 Frecuentemente las variables reactivas internas están limitadas por diferentes límites definidos por el usuario tales como un límite del factor de potencia o reactiva máxima. Estos límites se fijan en el nivel de la planta de generación, pero existen también límites en el nivel del generador de turbina eólica individual.

30 De acuerdo con una realización de la invención el parámetro eléctrico es un parámetro de tensión, parámetro de corriente o un parámetro de potencia reactiva. Una ventaja de esta realización es que todos los parámetros anteriormente mencionados afectan al nivel de tensión y por ello al tiempo de establecimiento de la pendiente de tensión.

De acuerdo con una realización de la invención el método comprende adicionalmente:

- 35 - determinar el valor de saturación basándose al menos parcialmente en una medición de potencia y en un punto de consigna del factor de potencia, y
- determinar el valor interno de la señal con una función de limitación fijada por un límite de usuario y el valor de saturación.

40 Una ventaja de esta realización es que el valor interno de la señal se calcula basándose en una variable interna; aplicándose el límite fijo de potencia reactiva del usuario a la variable interna.

De acuerdo con una realización de la invención el método comprende adicionalmente:

- 45 - si una diferencia entre el valor interno de la señal y el valor de saturación es mayor que un primer valor de umbral, cambiar el estado del disparador a un primer estado, e
- incrementar la ganancia del controlador de potencia reactiva a un segundo valor de ganancia.

Una ventaja de esta realización es la del disparador y el segundo valor de ganancia predefinido correspondiente.

50 De acuerdo con una realización de la invención el método comprende adicionalmente:

- determinar un valor de saturación temporal basándose al menos parcialmente en una medición de potencia y en un punto de consigna del factor de potencia,
- 55 - determinar el valor de saturación como el mínimo del valor de saturación temporal y un límite de usuario de la potencia reactiva,
- si una diferencia entre el valor interno de la señal y el valor de saturación es mayor que un segundo valor de umbral y el valor de saturación es menor que un primer valor de umbral mínimo, cambiar el estado del disparador a un segundo estado, e
- 60 - incrementar la ganancia del controlador de potencia reactiva a un tercer valor de ganancia predefinido.

Una ventaja de esta realización es que el método halla el mínimo de dos variables internas y usa esto en comparación con el valor de saturación, si la comparación es mayor que el tercer umbral predeterminado, el disparador se mueve a un estado más alto y por ello a una ganancia más alta.

65 De acuerdo con una realización de la invención el método comprende adicionalmente:

- comparar el valor de saturación con una medición de la potencia reactiva en una segunda comparación,
- comparar el valor de saturación con una medición de la potencia reactiva en una tercera comparación,
- si la diferencia entre el valor de saturación y una medición de la potencia reactiva de la segunda comparación es mayor que un tercer valor de umbral, y una diferencia entre el valor de saturación y una medición de la potencia reactiva de la tercera comparación es mayor que un cuarto valor de umbral, cambiar un estado del disparador a un tercer estado, e
- incrementar la ganancia del controlador de potencia reactiva a un cuarto valor de ganancia.

10 Una ventaja de esta realización es que la ganancia se cambia a un valor incluso más alto.

De acuerdo con una realización de la invención el método comprende adicionalmente:

- detectar una igualdad de signos mediante la comparación de un signo de una primera muestra del valor interno de la señal con un signo de una segunda muestra del valor interno de la señal,
- detectar si un valor absoluto del valor interno de la señal es mayor que un valor absoluto del valor de saturación,
- si la igualdad de signos y el valor absoluto del valor interno de la señal es mayor que el valor absoluto del valor de saturación, disminuir la ganancia del controlador de potencia reactiva a un valor de ganancia base.

20 Una ventaja de esta realización es que el método puede detectar oscilaciones en el sistema y por ello impedir que la ganancia sea tan alta que provoque oscilaciones. Ser capaz de detectar oscilaciones en una etapa inicial también significa que el sistema puede funcionar con una ganancia más alta, que la que se usaría normalmente. Si se detectan oscilaciones la ganancia debería cambiarse a la ganancia base de nuevo, lo que debe entenderse como la ganancia que se aplicaría con la función de tiempo de establecimiento habilitada.

25 De acuerdo con una realización de la invención el método comprende adicionalmente:

- calcular la relación de cortocircuito de la planta de generación eólica en un punto común de conexión en la red eléctrica,
- ajustar la ganancia (Kgs) de acuerdo con la función predefinida del estado del disparador y de la relación de cortocircuito.

30 Una ventaja de esta realización es que se tiene en cuenta la relación de cortocircuito de la red eléctrica cuando se selecciona la ganancia, tanto el estado del disparador actual como la relación de cortocircuito se usan en el ajuste de la ganancia.

De acuerdo con una realización de la invención el controlador de potencia reactiva es un controlador proporcional-integral discreto con la ganancia (Kgs) y una señal de salida, y en el que el método comprende adicionalmente:

- calcular una derivada de una señal de salida para una primera muestra del controlador proporcional-integral y una señal de salida para una segunda muestra del controlador proporcional-integral, y
- si la derivada de la señal de salida es negativa y la ganancia es más pequeña para la segunda muestra que la ganancia para la primera muestra, congelar la señal de salida del controlador proporcional-integral.

45 Una ventaja de esta realización es que la estructura de congelación detecta la dirección en la que está creciendo la señal de salida. Si la dirección de la señal de salida es decreciente, la señal de salida se congela si la ganancia era más pequeña que en la muestra anterior o ya en el modo de congelación.

De acuerdo con una realización de la invención el valor interno de la señal es un valor interno de potencia reactiva.

50 De acuerdo con una realización de la invención el método comprende adicionalmente:

- comparar un signo de una primera muestra del valor interno de la señal con un signo de una segunda muestra del valor interno de la señal para detectar un cambio en el signo, y
- si la salida para la primera muestra es menor que la salida para la segunda muestra y no se detecta ningún cambio en el signo, congelar la salida del controlador proporcional-integral durante la duración de una muestra.

Una ventaja de esta realización es que el modo de congelación solo se aplica durante la duración de una muestra adicional.

60 En un segundo aspecto, la presente invención se refiere a una planta de generación eólica conectada a una red eléctrica, que comprende al menos un generador de turbina eólica y un controlador de la planta de generación, el controlador de la planta de generación se dispone para operar en una planta de generación eólica de acuerdo con un método tal como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, o a un método de acuerdo con cualquier una de las realizaciones descritas en el presente documento.

65

En un tercer aspecto, la presente invención se refiere a un controlador de la planta de generación dispuesto para controlar una planta de generación eólica conectada a una red eléctrica, comprendiendo la planta de generación eólica al menos un generador de turbina eólica y un controlador de la planta de generación, comprendiendo el controlador de la planta de generación:

- un controlador de potencia reactiva con una ganancia dispuesto para controlar la potencia reactiva en la planta de generación eólica,
- equipos dispuestos para medir al menos un parámetro eléctrico en la red eléctrica, y
- una unidad de procesamiento dispuesta para calcular el valor interno de la señal basándose en el al menos un parámetro eléctrico, y para comparar el valor interno de la señal con un valor de saturación en una comparación,
- una unidad de procesamiento dispuesta adicionalmente para incrementar la ganancia del controlador de potencia reactiva hasta un primer valor de ganancia predefinido, en caso de que el valor interno de la señal sea mayor que el valor de saturación, de modo que disminuya un tiempo de establecimiento para una pendiente de tensión para un parámetro de tensión en la red eléctrica.

En un cuarto aspecto, la presente invención se refiere a al menos un producto de programa informático que puede cargarse directamente en la memoria interna de al menos un ordenador digital, comprendiendo partes de código de software para la realización de las etapas del método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11 cuando dicho al menos un producto se ejecuta(n) en dicho al menos un ordenador.

El primer, segundo, tercer y cuarto aspectos de la presente invención pueden combinarse cada uno con cualquiera de los otros aspectos. Estos y otros aspectos de la invención serán evidentes a partir de, y clarificados con referencia a, las realizaciones descritas en el presente documento a continuación.

Muchas de las características auxiliares se apreciarán más fácilmente dado que las mismas se comprenderán mejor por referencia a la siguiente descripción detallada considerada en conjunto con los dibujos adjuntos. Las características preferidas pueden combinarse según sea apropiado, tal como será evidente para un experto en la materia, y pueden combinarse con cualquiera de los aspectos de la invención.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 muestra una estructura general de una turbina eólica, la Figura 2 muestra una planta de generación eólica de acuerdo con la presente invención, la Figura 3 muestra el diagrama de control de acuerdo con la presente invención, la Figura 4 muestra un diagrama del gráfico de flujo lógico, la Figura 5 muestra un diagrama en red de las relaciones entre la relación de cortocircuito y el valor Kgs de ganancia del controlador, la Figura 6 muestra el diagrama del controlador PI, y la Figura 7 muestra el controlador PI con inicialización y congelación.

Descripción detallada

Se explicará ahora con detalles adicionales la presente invención. En tanto que la invención es susceptible de diversas modificaciones y formas alternativas, se han divulgado realizaciones específicas por medio de ejemplos. Debería entenderse, sin embargo, que no se pretende que la invención esté limitada a las formas particulares divulgadas. Por el contrario, la invención ha de cubrir todas las modificaciones, equivalentes y alternativas que caen dentro del espíritu y alcance de la invención tal como se define por las reivindicaciones adjuntas.

Los elementos individuales de una realización de la invención pueden implementarse física, funcional y lógicamente en cualquier forma adecuada tal como en una única unidad, en una pluralidad de unidades o como parte de unidades funcionales separadas. La invención puede implementarse como una única unidad, o estar tanto física como funcionalmente distribuida entre diferentes unidades y procesadores.

El controlador se proporciona con valores de medición desde un punto de medición, valores que se modifican de acuerdo con valores estimados en un punto de acoplamiento común, y valores de referencia asociados (por ejemplo, V_{ref} , f_{ref} , Q_{ref} , etc.) para el punto de medición. Los valores estimados en el punto de acoplamiento común se determinan a partir de un modelo de la línea de transmisión entre el punto de medición y el punto de acoplamiento común, no a partir de los valores medidos desde el punto de medición, sino a partir de los valores de referencia suministrados al controlador (V_{ref} , f_{ref} , Q_{ref} , etc.). En estado estable, los valores de referencia son equivalentes a los valores medidos.

Las realizaciones de la presente invención pertenecen a un controlador de planta de generación de un sistema de generación eólica con una pluralidad de generadores de turbina eólica. El controlador de la planta de generación se dispone para mejorar el tiempo de establecimiento del nivel de tensión o la potencia reactiva en una planta de generación eólica.

En el pasado se ha despreciado el problema de los límites PF-Q, dado que los requisitos de respuesta en el tiempo no se aplicaban a la generación de energía eólica, por lo tanto es importante dar soluciones que proporcionen estas funciones de control asimismo a los controladores de la planta de generación.

5 El generador de turbina eólica que suministra energía a una red eléctrica puede equiparse con una capacidad de regulación contra fluctuaciones en el nivel de tensión, frecuencia de red y potencia activa. "Red eléctrica" o "red" es una red de compañía fuera de los límites y del punto de acoplamiento común de una planta de generación eólica; cuando se hace referencia a la red dentro de una planta de generación eólica se forma una expresión con indicación explícita a la planta de generación eólica, por ejemplo, "red de la planta de generación eólica".

10 Un generador de turbina eólica de velocidad variable, que se usa en al menos una de las realizaciones descritas y que es capaz de conectarse a una red eléctrica 20 está equipado con el sistema de control descrito. Comprende un rotor con un buje 3 y al menos una pala 4 montada en el rotor como se ha explicado anteriormente. El rotor se conecta, por ejemplo a través de un árbol principal, a un generador 12 para la traducción del par del rotor en potencia eléctrica. En algunas realizaciones, se interconecta una caja de engranajes entre el rotor y el generador para traducir la velocidad de rotación del rotor en una velocidad más alta para el generador.

20 La figura 1 muestra un generador de turbina eólica (WT, del inglés "Wind Turbine") de velocidad variable 1 de ejemplo que es uno de una pluralidad de generadores de turbina eólica de una planta de generación eólica (WPP, del inglés "Wind Power Plant"). Tiene un rotor 2 con un buje 3 en el que, por ejemplo, se montan tres palas 4. El ángulo de paso de las palas del rotor 4 es variable por medio de los accionadores del paso. El rotor 3 se conecta a la góndola 5 soportada por una torre 6 y acciona un generador 12 a través del árbol principal 8, una caja de engranajes 10 y un árbol de alta velocidad 11. Esta estructura es de ejemplo; otras realizaciones, por ejemplo, usan un generador de accionamiento directo.

25 El generador 12 (por ejemplo, un generador de inducción o síncrono) produce una potencia de salida eléctrica de una frecuencia relacionada con la velocidad de rotación del rotor 3, que se convierte a la frecuencia de la red (por ejemplo aproximadamente 50 o 60 Hz) con un convertidor 19. La tensión de la potencia eléctrica así producida se eleva por un transformador 9. La salida del transformador 9 son los terminales 9a del generador de turbina eólica. La potencia eléctrica desde el generador de turbina eólica 1 y desde los otros generadores de turbina eólica de la planta de generación eólica se suministra a una red de la planta de generación eólica 18 (simbolizada por "a" en la Fig. 1). La red interna de la planta de generación eólica 18 se conecta en un punto de acoplamiento común 21 y un transformador elevador 22 adicional opcional hasta una red de la compañía eléctrica 20 externa a la planta de generación eólica. La red 20 está equipada con diversas capacidades de regulación contra fluctuaciones de la red, por ejemplo en la forma de productores convencionales que pueden incrementar y disminuir la producción en una escala de tiempo a corto plazo para controlar tensión y frecuencia.

40 Un sistema de control incluye un controlador de turbina eólica 13 y un controlador de la planta de generación 23. El controlador de la planta de generación 23 controla la operación individual del generador de turbina eólica 1, por ejemplo selecciona el modo de operación a plena carga o carga parcial, dependiendo de la velocidad del viento actual, provoca, en el modo de carga parcial, la operación del generador de la turbina eólica en el punto de trabajo óptimo mediante el ajuste del ángulo de palas y el control de la relación de velocidad de punta al óptimo aerodinámico con la velocidad del viento actual, y controla el convertidor 19 para producir electricidad de acuerdo con las prescripciones del controlador de la planta de generación, por ejemplo una instrucción para proporcionar una cierta cantidad de potencia reactiva además de la potencia activa, etc. El controlador de la planta de generación 13 usa diferentes señales de entrada para realizar sus tareas de control, por ejemplo señales que representan condiciones actuales del viento (por ejemplo desde un anemómetro 14 y una veleta 15 transmitidos a través de la línea 16), señales de realimentación que representan el ángulo de paso, posición del rotor, amplitudes y fases de la tensión y corriente del generador 12 y en los terminales 9a, etc., y señales de mando para el controlador de la planta de generación 23. El controlador de la planta de generación 23 recibe señales representativas de la tensión, corriente y frecuencia en el punto de acoplamiento común 21 (parámetros que puede considerarse que representan la tensión, corriente y frecuencia en la red de compañía 20) y, finalmente, recibe la información o señales de mando desde el proveedor de la red de compañía (en "c" en la Figura 1). Basándose en algunos de estos (y, opcionalmente, adicionales) parámetros de control el controlador de la planta de generación 23 supervisa la estabilidad de la red y, tras la detección de una reducción de la estabilidad de la red, ordena a los controladores de turbina eólica 13 del generador de turbina eólica 1 y de otros generadores de turbina eólica de la planta de generación eólica 2 (en "b" en la Figura 1) cambiar la operación mediante fluctuaciones de los límites de la potencia de salida suministrada. Tras la recepción de una orden de ese tipo el controlador de la turbina eólica 13, tras el incremento de la velocidad del viento, corta el pico de salida elevada que se produciría en una operación a carga parcial normal con una máxima eficiencia, por ejemplo, mediante el ajuste del ángulo de paso de palas hacia la posición neutra, para cumplir con la orden de límites-fluctuación del controlador de la planta. De ese modo, en la realización de ejemplo de la Figura 1 la tarea de control del sistema de control para limitar las fluctuaciones de salida es compartida por el controlador de la planta de generación 23 y el controlador de turbina eólica 13. En otras realizaciones esta tarea de control se realiza solamente por el controlador de la turbina eólica 13; en esas realizaciones, el "sistema de control" se representa solamente por el controlador de la turbina eólica 13, sin un controlador de la planta de generación 23.

La Figura 2 muestra los enlaces de comunicación/control relevantes 202 y señales de medición 203. El objetivo del PPC 250 es satisfacer los requisitos normativos de la red en el PCC 210 con relación al comportamiento eléctrico de la planta. Por lo tanto el PoM 211 para tensiones y corrientes trifásicas coincide en la mayor parte de los casos con el PCC 210, a menos que haya muy largas distancias entre el PCC y la localización del PPC 250. La situación del PPC 250 puede también variar de acuerdo con los requisitos específicos del proyecto.

El PPC, como el controlador principal de la WPP, cuida de los bucles de control de potencia, tales como controles de tensión, potencia reactiva y frecuencia mediante el uso de los objetivos de referencia enviados por, por ejemplo, el operador de la red. El PPC 250 establece adicionalmente la referencia de potencia activa y potencia reactiva para las turbinas y la referencia de potencia reactiva para las turbinas y el equipo de compensación de potencia reactiva adicional.

El PPC 250 y el sistema SCADA 260 incluyen diversas posibilidades para la integración de datos para la propiedad y compañías. A través de estas interfaces de datos 202, los clientes y compañías pueden recibir información en línea con relación al estado operativo de la planta de generación eólica, por ejemplo:

- Potencia activa producida
- Potencia activa disponible
- Velocidad del viento
- Dirección del viento
- Capacidad inductiva posible
- Capacidad capacitiva posible
- Número de turbinas operativas.

De modo similar, es posible enviar puntos de consigna para todos los bucles de control de la planta de generación eólica incluyendo:

- Punto de consigna de potencia activa de la planta de generación eólica
- Punto de consigna de frecuencia de la planta de generación eólica
- Punto de consigna de potencia reactiva de la planta de generación eólica
- Punto de consigna de tensión de la planta de generación eólica
- Punto de consigna del factor de potencia de la planta de generación eólica

La Figura 2 también muestra un ejemplo de una arquitectura de WPP en la que las MSU 250 se controlan únicamente por el STATCOM 230. Alternativamente, el PPC puede controlar las MSU si la planta de generación no incluye un STATCOM. No se muestran en este ejemplo por razones de simplicidad diversos otros equipos, tales como instrumentación, interruptores, medidores de potencia y relés de protección.

El controlador de la planta de generación (PPC) 250 se basa en un controlador de automatización programable. Esta plataforma permite al PPC comunicar con módulos remotos, incluyendo módulos de comunicación múltiple para una comunicación en paralelo rápida con turbinas y equipo de subestación comunicando de ese modo con dispositivos adicionales que tienen un enlace de comunicación Ethernet. Se integra un protocolo de comunicación con el PLC, que se dirige a los WTG dentro de la planta de generación. Las señales de control principales transmitidas a través del protocolo son los puntos de consigna de potencia activa y reactiva, la potencia activa y reactiva disponible y las señales de estado de las turbinas.

Un medidor de potencia (no mostrado en las figuras) se localiza normalmente en el PPC o puede conectarse remotamente a través de un canal de comunicación de fibra óptica rápido, dedicado. Aparte de algunas funciones de filtrado, el medidor de potencia calcula los valores rms de las señales de realimentación recibidas desde los sensores (PoM) 211. Además, el medidor de potencia puede registrar eventos de red, tales como faltas.

El equipo de compensación de potencia reactiva es posible que se instale sobre el embarrado de MT 270 de la subestación para incrementar la potencia reactiva disponible en la planta de generación. La solución de la compensación de potencia reactiva mediante la utilización de equipo adicional depende de un análisis de los requisitos existentes, específico del proyecto. Por ejemplo, se usará el STATCOM cuando los requisitos de Q-V en el PCC implican un elevado rendimiento dinámico, en caso contrario pueden usarse las MSU. En la mayor parte de los casos el STATCOM se complementa por dispositivos de MSU, en cuyo caso el STATCOM debe configurarse para controlarlos.

La Figura 3 muestra un diagrama de control de una realización de la presente invención. El lado izquierdo muestra la variable de tensión de entrada Vmed_PCC 312 y el punto de consigna de tensión Vcons 311 ambos comparados en el comparador 310. El error del comparador 310 se suministra a un bloque de límite fijo de tensión 320, este bloque recibe dos valores de control Verror máx usuario(+) 322 y Verror máx usuario(-) 323, la finalidad del Verror máx usuario(+/-) 322, 323 es asegurar un control suave de la tensión de red. La salida del bloque 320 se suministra entonces a un bloque de banda muerta 330, este bloque tiene también dos valores de control, banda-muerta usuario(+) 332 y banda-muerta usuario(-) 333, el bloque de banda muerta 330 excluye el control de tensión

alrededor de una estrecha banda muerta definida por banda-muerta usuario(+) 332 y banda-muerta usuario(-) 333.

5 El bloque de control de caída 340 recibe la salida del bloque de banda muerta 330. El bloque de control de caída recibe dos puntos de consigna Caída usuario(+) 342 y Caída usuario(-) 343, que definen la función de caída. El bloque de caída 340 traduce la relación entre la tensión y la potencia reactiva de la planta de generación eólica, de ese modo la salida 341 del bloque de caída 340 se llama también Qrefct 341, dado que esta es la referencia de potencia reactiva de acuerdo con el control de caída de tensión.

10 El bloque en línea es el bloque de límite fijo de Q 350, en este caso la limitación de la potencia reactiva para la WPP se fija en el límite de usuario de Q de WPP 352. Siempre que la Qrefct 341 esté por encima del límite de usuario de Q de WPP 352, está limitada, cualquiera que sea el valor de límite al que esté fijado. La salida del bloque 350 es la QrefPF 351 dado que esta es la referencia de potencia para el bloque del bloque de límite fijo de Q (PF) 360. Este bloque recibe un valor de punto de consigna QPFLím 356 desde un bloque de cálculo del PF en el que se calcula la potencia reactiva de acuerdo con un factor de potencia dado. El bloque de cálculo del PF 355 recibe una señal filtrada 335 de la medición de potencia activa Pmed 336 y el punto de consigna de PF, los límites de PF de WPP (capacitivo-inductivo) 357. A partir de eso se calcula la potencia reactiva máxima, QPFLím 356 correspondiente.

20 El siguiente bloque es el bloque limitador de la tasa de elevación 370, este bloque también tiene un punto de consigna definido por el usuario de tasa de elevación de usuario de Q de la WPP 372, que establece la tasa máxima permitida con la que puede cambiarse la potencia reactiva. La salida del bloque de tasa de elevación 370 es la Qref 371.

25 La referencia de potencia reactiva Qref 371 y el valor de potencia reactiva medido Qmed_PCC 375 se comparan en otro comparador 374, la salida 373 del comparador 374 se suministra a otro bloque de banda muerta 380. El bloque de banda muerta 380 recibe dos valores definidos por el usuario banda_muerta_PI_usuario(+) 382 y banda_muerta_PI_usuario(-) 383, que definen el ancho de la banda muerta del controlador de potencia reactiva. La salida del bloque de banda muerta 380 se usa como la entrada en el controlador PI 390.

30 La habilitación del bloque 300 se usa para recibir una entrada de usuario para seleccionar si se habilita o no la función de cambio mejorada. Si se habilita la función de tiempo de establecimiento mejorado el conmutador 304 cambia hacia abajo a la nueva Kgs 303, en lugar de la Kgs normal 302. La nueva Kgs 303 es generada en el bloque de lógica de cambio de Kgs 345.

35 Las entradas al bloque de lógica de cambio de Kgs 345 son los siguientes parámetros Qrefct 341, QrefPF 351, Qmed_Pcc 375, QPFLím 356, QrefPI 361 y Qreflím 346.

Los parámetros anteriormente mencionados para el bloque de lógica de cambio de Kgs 345 se explicarán en lo que sigue con mayor detalle.

40 Normalmente los Kgs se calculan de acuerdo con el tiempo de establecimiento, SCR y tipo de control, con la lógica propuesta se cambiarán de acuerdo con algunas otras condiciones cuando se alcanza la saturación debido a los límites PF-Q.

Básicamente, se observan las siguientes señales para decidir el cambio en la Kgs:

- 45
- QPFLím: límite de Q calculado por el bloque de límite de PF 356
 - Qrefct: límites de usuario de Q de WPP 341
 - QrefPF: referencia de Q tras el bloque limitador fijo 351
 - QrefPI: referencia de Q tras el bloque limitador de PF 361.

50 Básicamente, el bloque de "Lógica de cambio de Kgs" 345 se compone de un conjunto de funciones de disparador (explicadas adicionalmente en las siguientes secciones):

- 55
- Disparador: compara la QrefPI 361 y la Qrefct 341, para decidir si la ganancia Kgs 301 debiera cambiarse a un segundo valor de ganancia.
 - Disparador1: compara la QPFLím 356 y la Qrefct 341, y también la QPFLím 356 con un valor fijo para decidir si la ganancia Kgs 301 debiera cambiarse a un tercer valor de ganancia.
 - Disparador2: compara la QPFLím 356 y la Qrefct 341 y también la QPFLím 356 con un segundo valor fijo para decidir si la ganancia Kgs 301 debiera cambiarse a un cuarto valor de ganancia.
 - 60 - Detector de oscilaciones: compara la QPFLím 356 y la Qrefct 341 para decidir si la ganancia Kgs 301 debiera cambiarse a una ganancia normal. Básicamente la Qrefct 341 no debería cambiar de signo entre dos muestras consecutivas y estar por encima de la QPFLím 356 con la misma Q.

65 Para todos los disparadores anteriores puede usarse la señal QrefPF 351 en lugar de la Qrefct 341, esto depende de si el bloque 350 está habilitado mediante el ajuste de un límite de usuario de Q de la WPP 352. El selector 376 asegura que se usa el valor interno de la señal 341, 351 correcto con los otros parámetros. Los parámetros QPFLím

356 y QrefPI 361 se ven como valores de saturación.

5 La salida del controlador proporcional-integral 390 se suministra a un bloque de límite fijo de Q 395, que selecciona un mínimo de los valores siguientes: WPP $Q_{ind-Cap-Disponible}$ y Qsuario. La última salida del bloque 395 es la referencia de potencia reactiva agregada para la planta de generación eólica.

Normalmente la referencia de potencia reactiva agregada se divide entre la pluralidad de WTG en la planta de generación eólica y se distribuyen referencias individuales a cada WTG.

10 La idea detrás de la presente invención es que cualquier clase de control que sature el error puede beneficiarse del principio de la invención.

15 En diferentes ejemplos, la entrada al controlador es la variable a ser controlada, en el PCC y podría ser una o más de entre: Q, V o PF. La salida del controlador (referencia de WTG) puede independientemente estar en cualquier forma de Vref, Iqref o Qref.

20 El control intermedio de la Figura 3 está en la forma de un control de Q, permitiendo así limitar la Q en el PCC, sin embargo puede estar en otras formas, por ejemplo la referencia intermedia puede ser una señal de tensión, y en este caso la tensión se limita en el PCC.

25 De ese modo aunque las reivindicaciones lean "potencia reactiva" el alcance de la invención no debería limitarse a cubrir solamente la denominación estricta de "potencia reactiva" dado que hay una estrecha interconexión entre Tensión, Potencia reactiva y Corriente en cuadratura. En el ejemplo explicado en la Figura 3 es el valor interno de la señal un valor de potencia reactiva.

30 Así el concepto general es que si el error o la referencia para el controlador intermedio se satura (nótese que esto es lo mismo que la saturación del error) el controlador no verá la dinámica del error haciéndose así más lento. Para resolver esto cuando se alcanza la saturación puede incrementarse la ganancia del control.

35 En lo que sigue se mostrarán ejemplos reales de implementaciones del disparador.

El valor de ganancia Kgs se establece de acuerdo con el disparador seleccionado.

35 El índice "k" y "k-1" se refiere al número de muestra, de modo que "k-1" es la muestra previa en comparación con "k".

La lógica del detector de oscilaciones funciona como sigue:

40 IF (signo de $Q_{reflim\ k}$ cambia con respecto a $Q_{reflim\ k-1}$) AND ($ABS(Q_{reflim\ k}) \geq ABS(Q_{refPI\ k})$) AND ($ABS(Q_{reflim\ k-1}) = ABS(Q_{refPI\ k-1})$)
 THEN Oscilación_k = 1
 ELSE Oscilación_k = 0

Se aplica la siguiente lógica para activar el "Disparador".

45 IF ($ABS(Q_{reflim\ k}) = constante + ABS(Q_{refPI\ k})$) AND (Oscilación_k = 0) AND (Oscilación_{k-1} = 0)
 THEN Disparador_k = 1
 Kgs = ganancia01

50 IF ($ABS(Q_{reflim\ k}) = ABS(Q_{refPI\ k})$) OR (Oscilación_k = 1)
 THEN Disparador_k = 0
 Kgs = ganancia02

55 Se aplica la siguiente lógica para activar el "Disparador1". Aquí hay una clara distinción entre el modo inductivo (ind) o capacitivo (cap).

$Q_{lim_ind\ k} = MIN(ABS(Q_{PFlim_ind\ k}) / ABS(Q_{WPPlim_ind\ k}))$
 $Q_{lim_cap\ k} = MIN(Q_{PFlim_cap\ k} / Q_{WPPlim_cap\ k})$
 IF ($Q_{reflim\ k} \geq 0$) THEN
 IF ($Q_{reflim\ k} - Q_{lim_cap\ k} = constante3$) AND (Disparador_k = 1) AND ($Q_{lim_cap\ k} < constante4$)
 60 THEN Disparador1_k = 1
 Kgs = ganancia1
 ELSE Disparador1_k = 0
 Kgs = ganancia2
 ELSE ($Q_{reflim\ k} < 0$)
 65 IF ($ABS(Q_{reflim\ k}) - ABS(Q_{lim_ind\ k}) = 0.4$) AND (Disparador_k = 1) AND ($ABS(Q_{lim_ind\ k}) < constante5$)
 THEN Disparador1_k = 1

Kgs = ganancia3
 ELSE Disparador1_k = 0
 Kgs = ganancia4

La histéresis para Disparador1 se realiza como sigue:

5 IF (Q_{reflim k} ≥ 0) THEN
 IF (Disparador1_{k-1} = 1) AND (Disparador_k = 1) AND ((Q_{reflim k} - Q_{lim_cap k}) = constante10) AND (Q_{lim_cap k} < constante11)
 THEN Disparador1_k = ganancia5
 10 ELSE (Q_{reflim k} < 0)
 IF (Disparador1_{k-1} = 1) AND (Disparador_k = 1) AND ((ABS(Q_{reflim k}) - ABS(Q_{lim_ind k})) = constante20) AND (ABS(Q_{lim_ind k}) < constante21)
 THEN Disparador1_k = 1

15 Se aplica la siguiente lógica para activar el "Disparador2".

IF (Q_{reflim k} ≥ 0) THEN
 IF ((ABS(Q_{med_PCC k}) + constante30) < Q_{lim_cap k}) AND (Disparador_k = 1) AND (Q_{lim_cap k} - ABS(Q_{med_PCC k})) = constante31 AND (no cambio de signo en Q_{med_PCC k} comparado con Q_{med_PCC k-1}) AND (Q_{reflim k} - Q_{lim_cap k} = constante32)
 20 THEN Disparador2_k = 1
 Kgs = Vpendiente_variable * SCR + constante40
 ELSE Disparador2_k = 0
 Kgs = ganancia6
 25 ELSE (Q_{reflim k} < 0)
 IF ((ABS(Q_{med_PCC k}) + constante50) < ABS(Q_{lim_ind k})) AND (Disparador_k = 1) AND (ABS(Q_{lim_ind k}) - ABS(Q_{med_PCC k})) = constante51 AND (no cambia de signo en Q_{med_PCC k} comparado con Q_{med_PCC k-1}) AND ((ABS(Q_{reflim k}) - ABS(Q_{lim_ind k})) = constante52)
 THEN Disparador2_k = 1
 30 Kgs = Vpendiente_variable * SCR + constante53
 ELSE Disparador2_k = 0
 Kgs = ganancia7

La pendiente variable depende de la pendiente de la tensión real en el sistema.

35 La histéresis para Disparador2 se realiza como sigue:

IF (Q_{reflim k} ≥ 0) THEN
 IF ((Q_{lim_cap k} - ABS(Q_{med_PCC k})) = constante60 AND (Disparador2_{k-1} = 1) AND (Disparador_k = 1) AND (Disparador1_k = 0))
 40 THEN Disparador2_k = 1
 ELSE (Q_{reflim k} < 0)
 IF ((ABS(Q_{lim_ind k}) - ABS(Q_{med_PCC k})) = constante61 AND (Disparador2_{k-1} = 1) AND (Disparador_k = 1) AND (Disparador1_k = 0))
 45 THEN Disparador2_k = 1

El valor de la ganancia Kgs usado en el PPC depende de los valores de la relación de cortocircuito (SCR), tiempo de establecimiento y Vpendiente. El valor de la ganancia Kgs se establece de acuerdo con el disparador seleccionado.

50 En un ejemplo con los Disparadores implementados tal como se ha descrito anteriormente se calcula la ganancia.

Se aplican las siguientes situaciones, en las que Kpv es la ganancia del controlador de caída de tensión

55
$$Pendiente = Vpendiente [\%]$$

$$Kpv = (100 * QpromedioCapacitiva) / Pendiente$$

$$Kgs = SCR / (SCR + Kpv)$$

La Figura 5 muestra la relación obtenida entre los valores de SCR, tiempo de establecimiento y Vpendiente. Puede verse que la Kgs varía entre 0-1. También que cuanto mayor es la SCR mayor es el valor de la ganancia Kgs.

60 Idealmente, cuando el sistema está en saturación la Kgs debería tener un valor igual a uno, dado que Vpendiente y la red no tendrán ningún impacto en el error, este error es la referencia para el lazo Q (Qref).

65 Cuando el controlador PI tiene una transición debido a un cambio en la ganancia en línea, el error del Q_{PI} no puede ser cero, esto podría conducir al sistema a tener algún vaivén cuando cambian las ganancias, especialmente para redes con baja SCR.

Para evitar el problema anteriormente mencionado, la Kgs no se establece en 1 cuando está en condiciones de saturación; en su lugar se obtiene un valor experimental de la Kgs cuando se está en condiciones de saturación.

5 La ganancia real Kgs se implementa en el controlador PI 390, en el que el valor de la ganancia Kgs 301 afecta tanto a la ganancia proporcional como a la ganancia integral.

En una realización el controlador PI se implementa en forma discreta en el PPC de acuerdo con las ecuaciones que siguen.

10 La Figura 6 muestra cómo se implementa un controlador PI en forma discreta de acuerdo con la técnica anterior.

En la que las ganancias K1 y K2 se calculan de acuerdo con la Kgs actual, tipo de WTG y valor del tiempo de establecimiento.

15 Si los valores de K1 y K2 van a cambiarse en línea, es necesaria la siguiente implementación del PI para tener una transición suave:

$$b_k = \frac{K1_{k-1} + K2_{k-1}}{K1_k + K2_k} C_{k-1}$$

$$c_k = a_k + b_k$$

$$K1_k = b01 * Kgs_k$$

$$K2_k = b11 * Kgs_k$$

$$Q_{ref\ k} = K1_k a_k + (K1_k + K2_k) \frac{(K1_{k-1} + K2_{k-1})}{(K1_k + K2_k)} C_{k-1}$$

20 Así de acuerdo con las ecuaciones anteriormente mencionadas el PI debería tener la estructura tal como se muestra en la Figura 7, en la que el controlador PI se implementa con una estructura de congelación. Lo que habilita cambios en línea en las ganancias K1 y K2, sin provocar demasiadas perturbaciones, vistas desde un punto de vista de la estabilidad.

25 Cuando se reduce el valor de la Kgs, la Q_{ref} 391 puede reducirse a continuación de una recuperación, creando un salto en la respuesta transitoria, para evitar que se use la estructura de congelación.

30 En una realización la estructura de congelación detecta la dirección en la que, Q_{ref} se está moviendo. Si la dirección de Q_{ref} es decreciente, es decir la derivada de Q_{ref} es negativa; se congela Q_{ref} si el valor de la ganancia Kgs 301 es más pequeño que la muestra anterior o si ya está en el modo de congelación.

Hay varias formas para detectar si Q_{ref} está decreciendo, hallar la derivada es una forma, otras podrían ser mediante la comparación de dos muestras, pero al final todas hallan el signo de la derivada.

35 En una realización Q_{ref} solo puede congelarse un máximo de 2 muestras, si Q_{ref} es menor que en la muestra anterior y no se detecta un cambio en el signo de Q_{ref}.

40 La Figura 4 muestra un gráfico de flujo de una realización de la invención.

El bloque 401 lee los datos a partir de una medición o los obtiene a partir del medidor de potencia: los datos son Vm, Qm, Pm, Vcons, Qcons, Pcons. En el bloque 402 se detecta si PPC está en Vpendiente, si no, entonces sale al modo normal, si sí, entonces continúa al bloque siguiente 403 que es la comprobación de si se habilita la función de tiempo de establecimiento mejorada de acuerdo con la invención. A continuación el bloque 404 decide aquí si se usa la entrada a la lógica de cambio de Kgs 345 (Figura 3), dado que el bloque 404 es similar al conmutador 374 (Figura 3), el bloque 404 comprueba si se lee Qref antes de los límites PF+Q, y la lógica para los disparadores así como la lógica para oscilación. El siguiente bloque 405 detecta si se han alcanzado unos niveles del Disparador y después de eso el Bloque de Oscilación del sistema 406 detecta si hay oscilaciones en el sistema. Si no se detectan oscilaciones se usa el bloque 407 Usar Kgs Mayor de acuerdo con los niveles del disparador. Si hay oscilaciones se usa el bloque 408 Usar Kgs Normal. El bloque 410 y 411 son en consecuencia implementaciones de los controladores PI.

50 El último bloque en el bucle es el bloque de lógica 409 para la congelación de la salida PI, lo que maneja la lógica de congelación.

5 El controlador de la planta de generación 350 o partes del controlador de la planta de generación pueden implementarse como productos de programa informático, como circuitos analógicos o digitales eléctricos, o como una combinación de los mismos. Un producto informático que puede cargarse dentro de la memoria interna de al menos un ordenador digital es ejecutable por un ordenador, en el que la ejecución/marcha del programa da como resultado que se lleven a cabo funciones del controlador de la planta de generación 350, o que se realicen las etapas de un método de una realización de la invención.

10 En resumen la invención se refiere a un método para el control de una planta de generación eólica conectada a una red eléctrica (20), comprendiendo la planta de generación eólica al menos un generador de turbina eólica (1) y un controlador de la planta de generación (250), comprendiendo el controlador de la planta de generación un controlador de señal (390) para el control de un parámetro eléctrico con una ganancia (Kgs), comprendiendo el método, la medición de al menos un parámetro eléctrico (312) en la red eléctrica (20), determinar un valor interno de la señal (346) basándose al menos parcialmente en el al menos un parámetro eléctrico (312), comparar el valor interno de la señal (346) con un valor de saturación (356), y si el valor interno de la señal (346) excede el valor de saturación, incrementar la ganancia (Kgs) del controlador de la señal hasta un primer valor de ganancia, para disminuir un tiempo de establecimiento para una pendiente del parámetro eléctrico en la red eléctrica (20).

20 La invención también se refiere a un controlador de la planta de generación dispuesto para disminuir un tiempo de establecimiento para una pendiente de tensión de un parámetro de tensión en la red eléctrica (20).

Cualquier intervalo o valor de dispositivo dado en el presente documento puede extenderse o alterarse sin pérdida del efecto buscado, como será evidente para los expertos en la materia.

25 Se entenderá que los beneficios y ventajas descritos anteriormente se pueden referir a una realización o pueden referirse a varias realizaciones. Se entenderá adicionalmente que la referencia a "un" apartado se refiere a uno o más de estos apartados.

30 Se entenderá que la descripción anterior de una realización preferida se da a modo de ejemplo solamente y que pueden realizarse por los expertos en la materia diversas modificaciones. La especificación, ejemplos y datos anteriores proporcionan una descripción completa de la estructura y uso de realizaciones de ejemplo de la invención.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un método para el control de una planta de generación eólica conectada a una red eléctrica (20), comprendiendo la planta de generación eólica al menos un generador de turbina eólica (1) y un controlador de la planta de generación (250), comprendiendo el controlador de la planta de generación un controlador de señal (390) para el control de un parámetro eléctrico con una ganancia (Kgs), estando el método caracterizado por que comprende:
- 10 - medir al menos un parámetro eléctrico (312) en la red eléctrica (20),
 - determinar un valor interno de la señal (346) basándose al menos parcialmente en el al menos un parámetro eléctrico (312),
 - comparar el valor interno de la señal (346) con un valor de saturación (356, 361), y
 - si el valor interno de la señal (346) excede el valor de saturación, incrementar la ganancia (Kgs) del controlador de señal hasta un primer valor de ganancia, para disminuir un tiempo de establecimiento de una pendiente para el parámetro eléctrico en la red eléctrica (20).
- 15 2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el parámetro eléctrico es un parámetro de tensión y/o un parámetro de corriente.
- 20 3. El método de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que el método comprende adicionalmente:
- determinar el valor de saturación (356, 361) basándose al menos parcialmente en una medición de potencia y en un punto de consigna del factor de potencia, y
 - determinar el valor interno de la señal (346) con una función de limitación fijada por un límite de usuario (350) y el valor de saturación (361).
- 25 4. El método de acuerdo con la reivindicación 3, en el que el método comprende adicionalmente:
- 30 - si una diferencia entre el valor interno de la señal (346) y el valor de saturación (356) es mayor que un primer valor de umbral, cambiar el estado del disparador (405) a un primer estado, e
 - incrementar la ganancia (Kgs) del controlador de potencia reactiva (390) a un segundo valor de ganancia.
- 35 5. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el método comprende adicionalmente:
- determinar un valor de saturación temporal basándose al menos parcialmente en una medición de potencia (336) y en un punto de consigna del factor de potencia (356),
 - determinar el valor de saturación (356) como el mínimo del valor de saturación temporal y un límite de usuario de la potencia reactiva (352),
 - si una diferencia entre el valor interno de la señal (346) y el valor de saturación (356) es mayor que un segundo valor de umbral y el valor de saturación (356) es menor que un primer valor de umbral mínimo, cambiar el estado del disparador (405) a un segundo estado, e
 - incrementar la ganancia (Kgs) del controlador de potencia reactiva (390) a un tercer valor de ganancia predefinido.
- 40 45 6. El método de acuerdo con la reivindicación 5, en el que el método comprende adicionalmente:
- comparar el valor de saturación (356) con una medición de la potencia reactiva (375) en una segunda comparación,
 - comparar el valor de saturación (356) con una medición de la potencia reactiva (375) en una tercera comparación,
 - si la diferencia entre el valor de saturación (356) y una medición de la potencia reactiva (375) de la segunda comparación es mayor que un tercer valor de umbral, y una diferencia entre el valor de saturación (356) y una medición de la potencia reactiva (375) de la tercera comparación es mayor que un cuarto valor de umbral, cambiar un estado del disparador (405) a un tercer estado, e
 - incrementar la ganancia (Kgs) del controlador de potencia reactiva (390) a un cuarto valor de ganancia.
- 50 55 7. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el método comprende adicionalmente:
- 60 - detectar una igualdad de signos mediante la comparación de un signo de una primera muestra del valor interno de la señal (346) con un signo de una segunda muestra del valor interno de la señal (346),
 - detectar si un valor absoluto del valor interno de la señal (346) es mayor que un valor absoluto del valor de saturación (356),
 - si la igualdad de signos y el valor absoluto del valor interno de la señal (346) es mayor que el valor absoluto del valor de saturación (356), disminuir la ganancia (Kgs) del controlador de potencia reactiva (390) a un valor de ganancia base (302).
- 65

8. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que el método comprende adicionalmente:

- 5
- calcular la relación de cortocircuito de la planta de generación eólica en un punto común de conexión en la red eléctrica (20),
 - ajustar la ganancia (Kgs) de acuerdo con la función predefinida del estado del disparador y de la relación de cortocircuito.

10 9. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que el controlador de potencia reactiva es un controlador proporcional-integral discreto (390) con la ganancia (Kgs) y una señal de salida (391), y en el que el método comprende adicionalmente:

- 15
- calcular una derivada de una señal de salida para una primera muestra del controlador proporcional-integral y una señal de salida para una segunda muestra del controlador proporcional-integral, y
 - si la derivada de la señal de salida es negativa y la ganancia (Kgs) es más pequeña para la segunda muestra que la ganancia (Kgs) para la primera muestra, congelar la señal de salida del controlador proporcional-integral (390).

20 10. El método de acuerdo con la reivindicación 9, en el que el método comprende adicionalmente:

- 25
- comparar un signo de una primera muestra del valor interno de la señal (346) con un signo de una segunda muestra del valor interno de la señal (346) para detectar un cambio en el signo, y
 - si la salida para la primera muestra es menor que la salida para la segunda muestra y no se detecta ningún cambio en el signo, congelar la salida del controlador proporcional-integral (390) durante la duración de una muestra.

11. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en el que el valor interno de la señal (346) es un valor interno de la potencia reactiva.

30 12. Al menos un producto de programa informático cargado directamente en la memoria interna de al menos un ordenador digital, que comprende partes de código de software configuradas para realizar las etapas del método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11 cuando dicho al menos un producto se ejecuta(n) en dicho al menos un ordenador.

35 13. Una planta de generación eólica conectable a una red eléctrica (20), comprendiendo la planta de generación eólica al menos un generador de turbina eólica (1) y un controlador de la planta de generación (250), estando dispuesto el controlador de la planta de generación para operar de acuerdo con un método tal como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11.

40 14. Un controlador de la planta de generación (250) para el control de una planta de generación eólica conectada a una red eléctrica (20), comprendiendo la planta de generación eólica al menos un generador de turbina eólica (1), comprendiendo el controlador de la planta de generación:

- 45
- un controlador de potencia reactiva (390) con una ganancia (Kgs) dispuesto para controlar la potencia reactiva en la planta de generación eólica,

estando el controlador de la planta de generación caracterizado por que comprende adicionalmente:

- 50
- equipos para medir al menos un parámetro eléctrico (312) en la red eléctrica (20), y
 - una unidad de procesamiento para determinar un valor interno de la señal (346) basándose al menos parcialmente en el al menos un parámetro eléctrico (312), estando dispuesta la unidad de procesamiento para comparar el valor interno de la señal (346) con un valor de saturación (356),
 - disponiéndose la unidad de procesamiento para incrementar la ganancia (Kgs) del controlador de potencia reactiva hasta un primer valor de ganancia, si el valor interno de la señal (346) excede el valor de saturación,
- 55 para disminuir un tiempo de establecimiento para una pendiente de tensión para un parámetro de tensión en la red eléctrica (20).

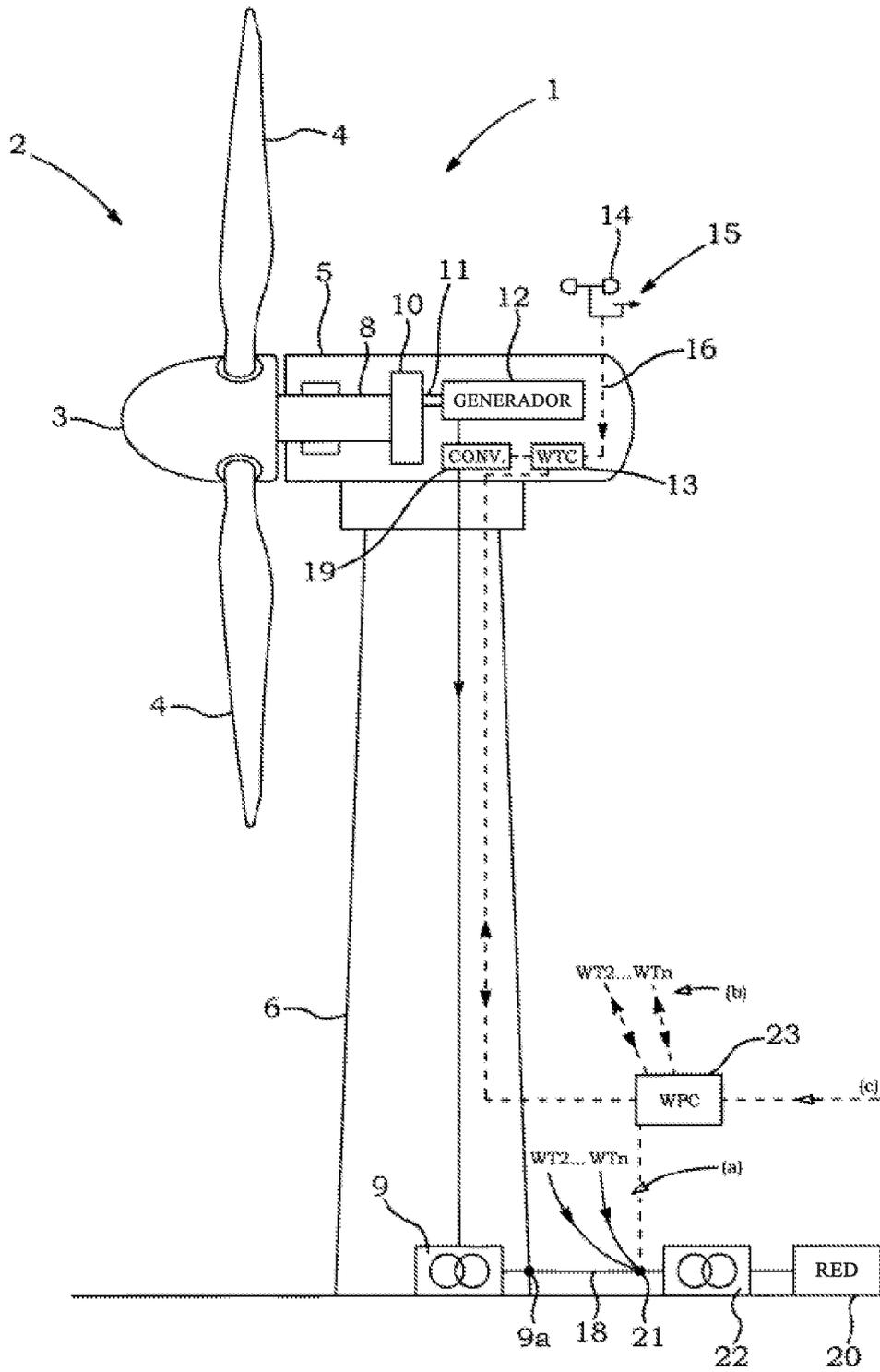


Figura 1

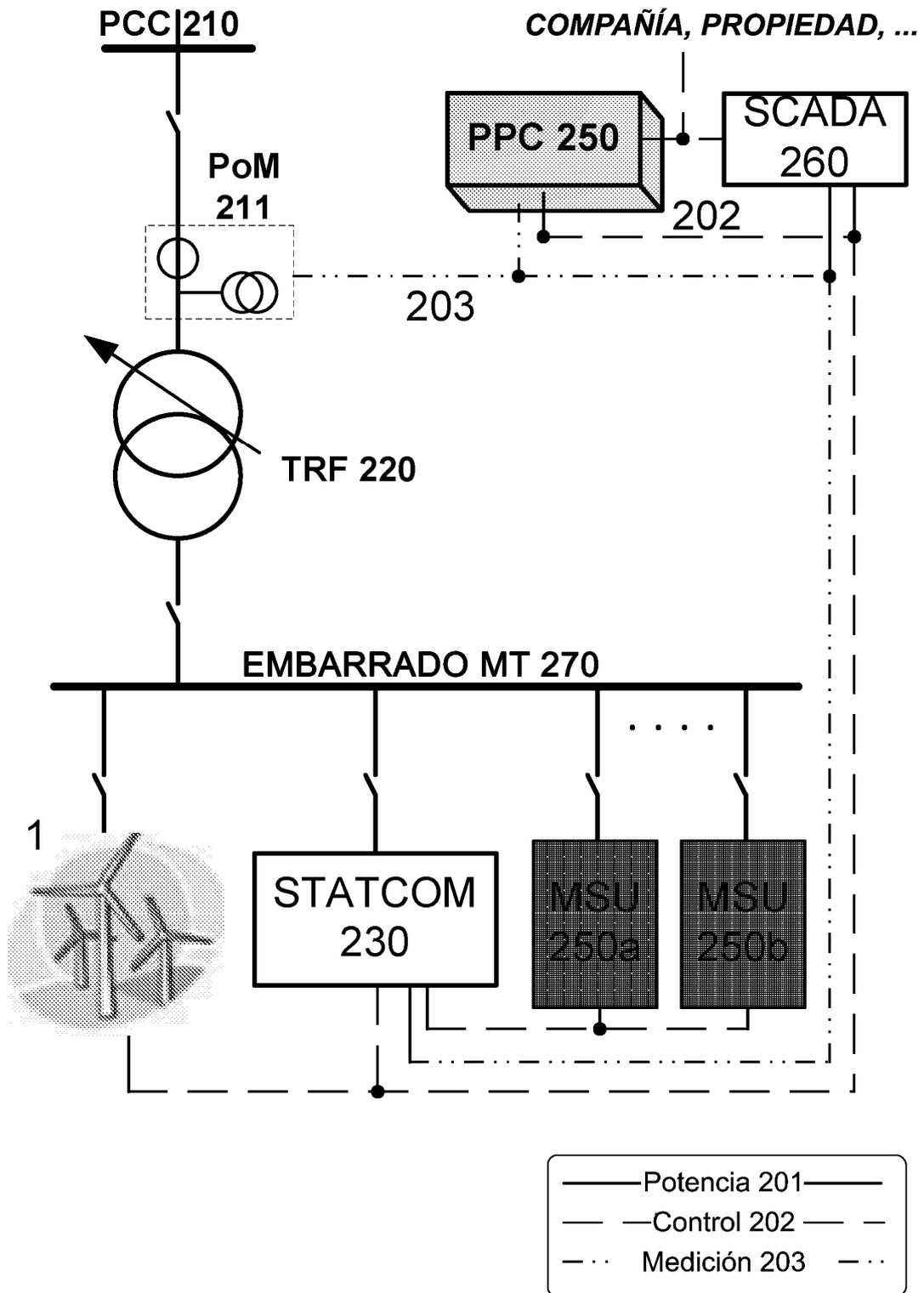


Figura 2

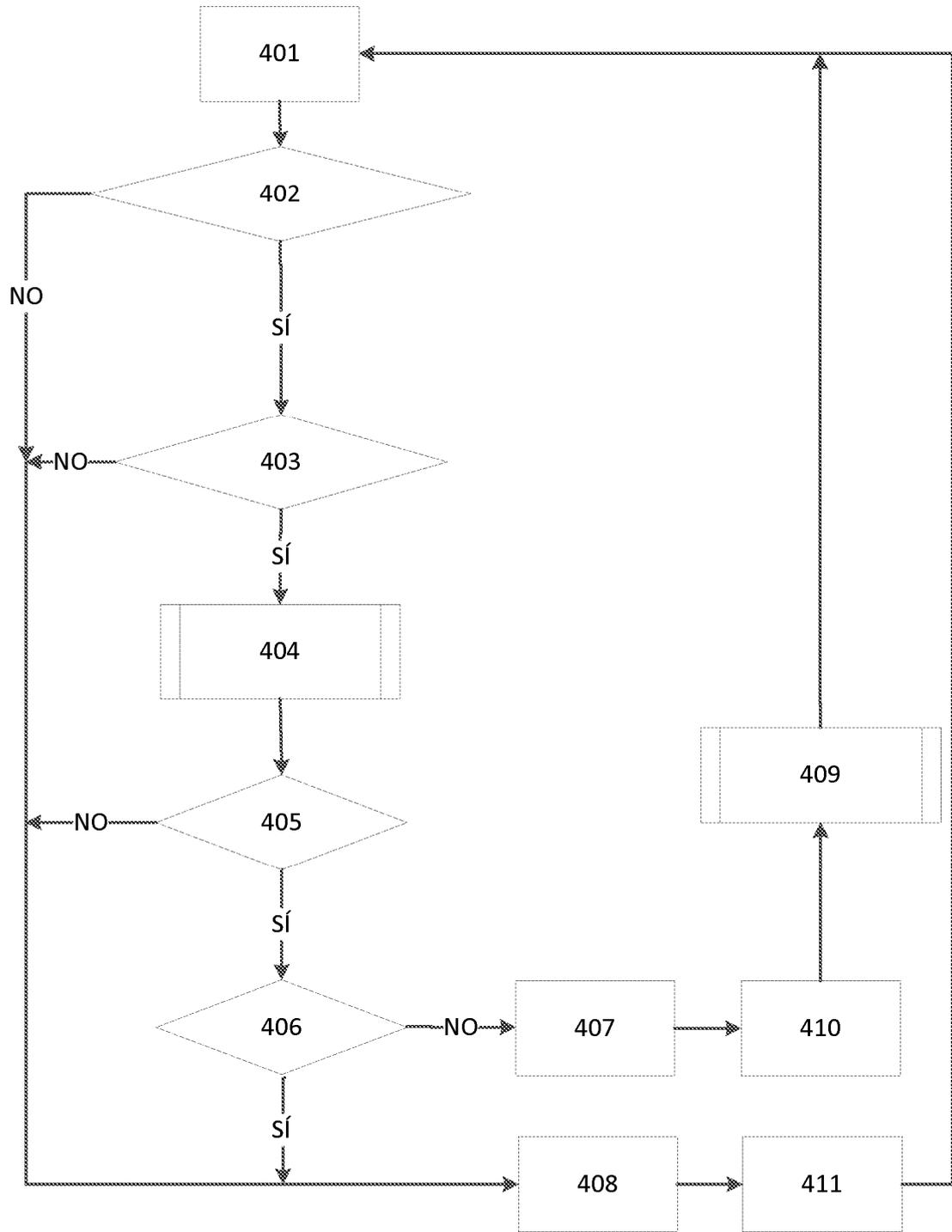


Figura 4

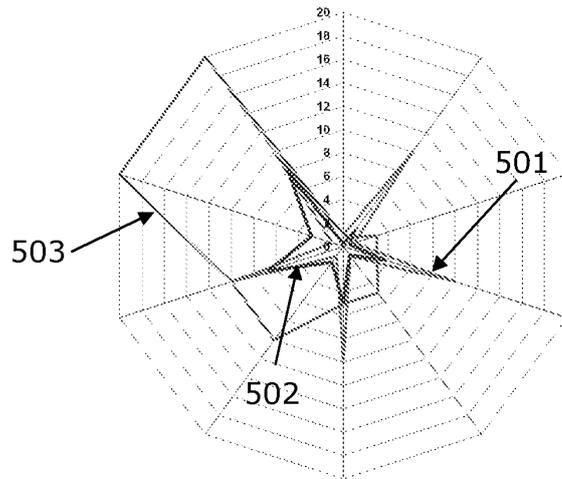
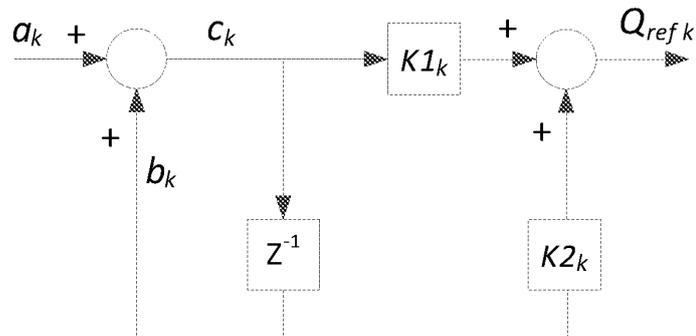


Figura 5



TÉCNICA ANTERIOR

Figura 6

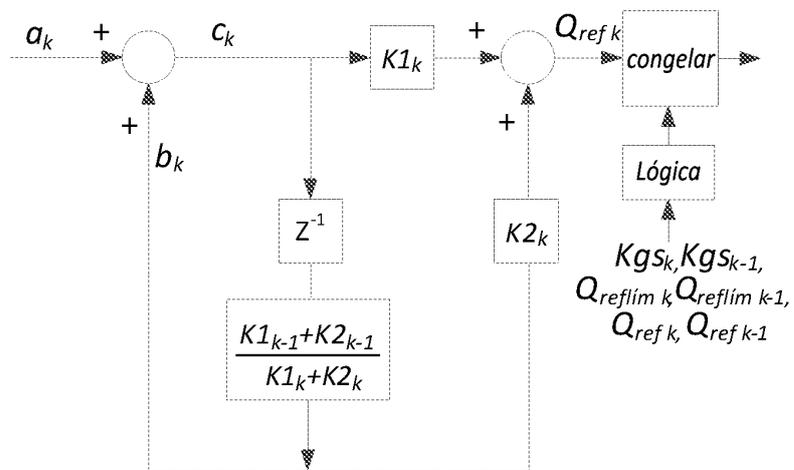


Figura 7