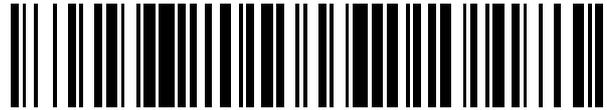


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 558 379**

51 Int. Cl.:

H02J 3/18 (2006.01)

H02J 3/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.08.2012 E 12751527 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.10.2015 EP 2751897**

54 Título: **Regulación rápida de la tensión**

30 Prioridad:

31.08.2011 DE 102011112025

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

03.02.2016

73 Titular/es:

**SENVION GMBH (100.0%)
Überseering 10
22297 Hamburg, DE**

72 Inventor/es:

**FORTMANN, JENS y
CAI, LIJUN**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 558 379 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

Regulación rápida de la tensión

5 La invención se refiere a un parque eólico con al menos dos aerogeneradores que presentan respectivamente un generador con un convertidor para la producción de energía eléctrica y un sistema de control del funcionamiento, un Parkmaster para el control centralizado de los aerogeneradores a través de una red de comunicación y una red de conexión que conecta los aerogeneradores a un punto de interconexión de una red para la aportación de la energía eléctrica producida así como a sistemas de medición para la determinación de los parámetros eléctricos en el punto de interconexión, configurándose el Parkmaster para la determinación de los parámetros eléctricos del punto de interconexión, para la generación de valores nominales para los aerogeneradores y para la transmisión de dichos valores a los mismos.

15 Debido al creciente número y tamaño de los parques eólicos resulta cada vez más importante para el funcionamiento de dichos parques eólicos en la red de transmisión eléctrica que contribuyan a garantizar la estabilidad de la red. Por parte de los operadores de las redes se formulan exigencias en relación con una contribución a la estabilidad de la tensión y a la aportación de potencia reactiva. Las condiciones en el punto de interconexión (Point of Common Coupling, PCC), a través del cual el parque eólico se conecta a la red, son decisivas. Sin embargo, precisamente en el caso de parques eólicos grandes con un número considerable de aerogeneradores existe una amplia estructura ramificada de la red de conexiones internas del parque, lo que dificulta un ajuste exacto de los distintos aerogeneradores al valor a alcanzar en el punto de conexión central. Como consecuencia de las largas líneas en estos parques eólicos tan grandes, ya sea hasta el aerogenerador o hasta el punto de conexión central y otros medios de producción, especialmente el transformador de alta tensión, se producen considerables cargas secundarias capacitativas o inductivas. Todo esto dificulta la regulación específica de la tensión y de la potencia reactiva.

25 Por este motivo se intenta controlar los distintos aerogeneradores del parque eólico con medidas adecuadas de manera que la influencia de las líneas y de los medios de producción hasta el punto de interconexión se tenga debidamente en cuenta. Por el documento US 6,924,565 se conoce la forma de considerar los parámetros eléctricos de la línea de conexión del parque eólico hasta el punto de interconexión central. Para ello se registran los parámetros eléctricos de potencia y se determinan los cambios resultantes, especialmente la pérdida de tensión. Estos cambios se compensan calculando el Parkmaster el correspondiente valor de compensación. En definitiva se produce, por lo tanto, una regulación de la tensión en el punto de interconexión central anterior al parque eólico. También se conoce el método de determinar, dentro del parque eólico, las distintas secciones de conexión de la red de conexión interna del parque hasta los diferentes aerogeneradores (EP 2 267 306 A2). Con esta finalidad se consideran en el Parkmaster, de manera centralizada, las características de la red de conexión entre los aerogeneradores y el punto de conexión central. Un inconveniente de estas fórmulas conocidas consiste en que los tiempos de regulación del Parkmaster, sobre todo en grandes parques eólicos, se vuelven tan lentos que, en condiciones desfavorables, se pueden producir retroalimentaciones positivas. Durante el funcionamiento se observan, especialmente en caso de variaciones de la velocidad del viento o de intervenciones de regulación de otros operadores de la red, fenómenos de oscilación que pueden crecer debido a la resonancia, con lo que existe la amenaza de graves inestabilidades en el parque eólico.

40 Por consiguiente, la invención está basada en la tarea de proporcionar una regulación de la tensión perfeccionada en el parque eólico.

La solución según la invención radica en las características de las reivindicaciones independientes. Otras variantes de realización ventajosamente perfeccionadas son objeto de las subreivindicaciones.

45 En un parque eólico con al menos dos aerogeneradores que presentan respectivamente un generador con un convertidor para la producción de energía eléctrica y un sistema de control del funcionamiento con un regulador de potencia reactiva, un Parkmaster para el control centralizado de los aerogeneradores a través de una red de comunicación, una red de conexión que conecta los aerogeneradores a un punto de interconexión para el suministro de la energía eléctrica producida a una red con un sistema de medición para la determinación de los parámetros eléctricos en el punto de interconexión, configurándose el Parkmaster para la determinación de los parámetros eléctricos del punto de interconexión, para la generación de valores nominales para los aerogeneradores y para la transmisión de dichos valores a los mismos, se prevé según la invención que el regulador de potencia reactiva del respectivo aerogenerador presente un sistema de doble precontrol conectado con su primer ramal, que comprende un módulo de precontrol de la tensión, a la entrada de un núcleo de regulación del regulador de potencia reactiva y con su segundo ramal, que comprende un módulo de control posterior de potencia reactiva, a la salida del núcleo de regulación.

55 Por sistema de doble precontrol se entiende en este caso una estructura en la que, a la entrada de un regulador, se conecta, además de la señal de control aplicada de por sí a la entrada, un primer ramal y, a la salida del núcleo de regulación, además de la magnitud de regulación de por sí emitida, un segundo ramal. Los dos ramales se diseñan en forma de módulos de precontrol, configurándose el primer ramal para el precontrol de una señal de tensión y el segundo ramal, conectado detrás del núcleo de regulación, para el control posterior de la potencia reactiva. Con el módulo de precontrol de la tensión en el primer ramal se consigue que un valor nominal de tensión predeterminado

globalmente por el Parkmaster se pueda adaptar en función de las condiciones eléctricas reinantes de manera que se calcule un valor nominal de tensión local corregido que se superpone a la señal de entrada del núcleo de regulación. De este modo se logra una reacción rápida. Por medio del segundo ramal se compensan las pérdidas de potencia reactiva desde el aerogenerador hasta el punto de interconexión. La señal de entrada del núcleo de regulación, ya corregida por el primer ramal en lo que se refiere a las diferencias de tensión, se mejora así adicionalmente en lo que se refiere a su señal de salida.

Por regulador de potencia reactiva se entiende una instalación del aerogenerador que controla la potencia reactiva liberada por el aerogenerador.

Con esta estructura local especial para la determinación de la potencia reactiva en el sistema de control del funcionamiento del respectivo aerogenerador se obtienen ventajas considerables. Gracias al control previo de la tensión, la reacción a la regulación es mucho más rápida. De esta manera, las caídas de tensión que se producen en la red de conexión debido a la posición y disposición del aerogenerador, ya se compensan eficazmente antes de causar dificultades. Además se consigue una ventaja de precisión, concretamente utilizando el módulo de control posterior para la potencia reactiva. De este modo se puede compensar de antemano la pérdida de potencia reactiva a esperar en la sección de la línea hasta el punto de conexión central. La disposición según la invención permite así una regulación mucho más rápida y, al mismo tiempo, más exacta. La invención lo consigue desplazando localmente la compensación correspondiente a las distintas circunstancias en relación con los diferentes aerogeneradores del Parkmaster a los diferentes aerogeneradores. De esta forma no sólo se descarga el Parkmaster, sino que también se logra una descarga de los circuitos de comunicación del parque gracias a la renuncia a la transmisión de valores frecuentemente actualizados. En conjunto se logra una alta velocidad de regulación que no sería posible en caso de una especificación central por parte del Parkmaster. Gracias a la invención, la función del Parkmaster se puede limitar a la especificación de valores nominales globales válidos para todos los aerogeneradores. Las respectivas adaptaciones específicas a los distintos aerogeneradores, resultantes en virtud de su topología en la red de conexión, se llevan a cabo localmente, precisamente en la forma reivindicada. Por consiguiente, con esta disposición especial se puede conseguir una regulación más rápida y, en conjunto, más estable e incluso más exacta.

Preferiblemente, el primer y el segundo ramal se conectan a una entrada de señal común. De este modo, los módulos de precontrol y de control posterior se someten a la misma magnitud de entrada lo que garantiza un sincronismo funcional. Una entrada de señal especialmente idónea es una señal para la corriente en cuadratura I_q en el sistema de coordenadas de campo orientado.

El módulo de precontrol de tensión presenta preferiblemente un elemento de estimación de la caída de tensión para la sección de la red de conexión entre el respectivo aerogenerador y el punto de interconexión (sección). Se ha podido comprobar que a través de la estimación de esta caída de tensión se puede conseguir un precontrol especialmente eficaz. Resultados especialmente buenos se obtienen si en el elemento de estimación de la caída de tensión se monta un modelo de sección basado en la impedancia. Por medio de un modelo basado en la impedancia de este tipo es posible determinar, de forma especialmente conveniente y utilizando una señal de corriente, como la que se registra de por sí procedente del sistema de control del funcionamiento para el rotor del generador, un valor de previsión sorprendentemente certero para la caída de la tensión en la sección. Sorprendentemente se ha podido comprobar además que en muchos parques eólicos, con redes de conexión no demasiado entrelazadas y ramificadas, resulta suficiente implementar un valor medio para la impedancia de la sección de los aerogeneradores. Por lo tanto, no se necesitan obligatoriamente valores individuales lo que, precisamente en parques eólicos grandes con muchos aerogeneradores, facilita las cosas notablemente. Por lo tanto, el sistema de precontrol previsto según la invención no es sólo más rápido y exacto, sino también más robusto.

La calidad del sistema de precontrol se puede mejorar aún más, previendo una entrada para la tensión realmente existente en el aerogenerador.

El módulo de control posterior de la potencia reactiva presenta preferiblemente un compensador de potencia reactiva. Este se configura para que estime la pérdida de potencia reactiva a lo largo de la sección en condiciones de funcionamiento actuales, especialmente con la corriente que fluye conforme a la señal de corriente aplicada. Ventajosamente, el compensador de potencia reactiva presenta a estos efectos un modelo de sección basado en la reactancia. Por medio de un modelo basado en la reactancia como este, se puede obtener directamente, de manera especialmente sencilla y a partir del cuadrado de la señal de corriente aplicada, una medida para la pérdida de potencia reactiva a esperar. De este modo se puede conectar adicionalmente para cada aerogenerador, y por lo tanto compensar exactamente, esta pérdida de potencia reactiva a esperar a la señal de regulación emitida por el regulador de potencia reactiva.

Sorprendentemente se ha podido comprobar en relación con el compensador de potencia reactiva que el modelo basado en la reactancia se puede apoyar, en la mayoría de los parques eólicos, en un valor medio de la reactancia de la sección. Esto supone una simplificación considerable.

De acuerdo con un aspecto especialmente ventajoso de la invención, que en su caso merece ser protegido por separado, el sistema de control de los aerogeneradores presenta además un observador de la impedancia de un aerogenerador que colabora preferiblemente con un elemento de adaptación para los parámetros del sistema de control del funcionamiento.

Por observador se entiende un dispositivo que determina un parámetro que no se puede medir directamente o que sólo se puede medir con dificultad en concepto de otro o, en la mayoría de los casos, en concepto de una pluralidad de otros parámetros. El experto en la materia conoce estos elementos de observación, que han sido especialmente descritos por Luenberger, en lo que se refiere a su teoría y a su aplicación para la regulación del estado. Por lo tanto se prevé que el sistema de control de aerogeneradores presente un observador para la impedancia en el aerogenerador, colaborando el observador preferiblemente con un elemento de adaptación para los parámetros del sistema de control de aerogeneradores. El observador se concibe para determinar la impedancia reinante en el aerogenerador. El valor obtenido para la impedancia de la red en el aerogenerador se puede aportar al elemento de adaptación que regula los parámetros de regulación del sistema de control del funcionamiento del aerogenerador de forma conocida en el sentido de un regulador de autorregulación. Por medio de una regulación adaptativa de este tipo se puede conseguir un perfeccionamiento evidente.

El observador se configura preferiblemente de manera que, como magnitudes de entrada, se apliquen señales de tensión y/o corriente y magnitudes de salida del sistema de control del aerogenerador, especialmente del regulador de potencia reactiva. El observador consigue así una identificación especialmente acertada y, por consiguiente, una adaptación correcta.

El elemento de adaptación influye con preferencia en un regulador de potencia reactiva que actúa sobre el convertidor del aerogenerador. En este caso se puede tratar preferiblemente de un regulador PI. Los reguladores de este tipo son especialmente aptos para una autorregulación adaptativa. Preferiblemente se implementan en el elemento de adaptación varios campos de identificación que se pueden demandar en función del estado de servicio del aerogenerador. El estado de servicio del aerogenerador puede resultar de los datos de por sí existentes en el sistema de control del funcionamiento o se puede demandar por medio de parámetros adicionales que se pueden obtener también con el observador. El observador puede detectar especialmente las variaciones de impedancia de la red que resultan, por ejemplo, como consecuencia de los cambios durante el funcionamiento de los aerogeneradores del parque eólico. En especial puede ocurrir que no todos los aerogeneradores de un parque eólico funcionen, con lo que se producen diferencias en la impedancia de la red interna del parque para los aerogeneradores que siguen funcionando. Por medio del observador se puede registrar esta situación y cambiar, por ejemplo, en colaboración con el elemento de adaptación, a otro campo de identificación apropiado. Si hay varios campos de identificación independientes de la situación en el elemento de adaptación, se puede lograr una adaptación eficaz a distintos procesos. Gracias a la adaptación optimizada se pueden conseguir reacciones óptimas, incluso en procesos de red transitorios o procesos de regulación rápidos. Por otra parte se puede prever que, como magnitudes de entrada, se apliquen adicionalmente señales de tensión y/o de corriente de otros aerogeneradores. De esta forma se puede reaccionar con mayor precisión a situaciones especiales como las que se reproducen en el otro aerogenerador.

El observador de impedancia colabora ventajosamente con el elemento de estimación de la caída de tensión. De este modo, el módulo de precontrol de tensión no depende de una base de cálculo estadístico de la impedancia, sino que se puede adaptar dinámicamente a la respectiva situación de servicio. Por medio del observador esto se consigue de forma sencilla y eficaz. Para ello se demanda convenientemente un valor para la impedancia en el punto de interconexión, por ejemplo de Parkmaster, deduciendo del mismo el valor determinado por el observador para la impedancia en el aerogenerador. De esta manera se puede determinar sin problemas la impedancia de las secciones del respectivo aerogenerador al punto de interconexión necesaria para el elemento de estimación de la caída de tensión. Así se consigue otro incremento de la precisión del elemento de estimación de la caída de la tensión. Además se puede deducir de la medida determinada por el observador para la impedancia mediante cálculos complejos conocidos, una medida para la reactancia y aplicarla al compensador de potencia reactiva. El compensador de potencia reactiva también saca provecho en lo que se refiere a la calidad de sus cálculos.

La invención se refiere además a un aerogenerador construido, tal como se ha descrito antes, para el funcionamiento en un parque eólico. La invención también se refiere a un procedimiento correspondiente y a la utilización de un aerogenerador en un parque eólico de este tipo. En relación con una explicación más detallada se hace referencia a la descripción que antecede.

A continuación, la invención se explica con detalle con referencia al dibujo adjunto en el que se representa un ejemplo de realización ventajoso. Se muestra en la:

Figura 1 una representación general de un parque eólico según un ejemplo de realización en forma de esquema eléctrico equivalente;

Figura 2 una diagrama de bloque funcional de un aerogenerador para el parque eólico;

Figura 3 una representación simplificada del diagrama de bloque de un núcleo de regulación del aerogenerador;

Figura 4 una representación del diagrama de bloque de un regulador de potencia reactiva con doble precontrol;

Figura 5 una representación esquemática de un sistema de regulación para un convertidor del lado de la red;

Figura 6 una representación esquemática según la figura 5 con un observador y

Figura 7 un diagrama para la regulación de la tensión según la invención.

De acuerdo con un ejemplo de realización de la invención, un parque eólico comprende un Parkmaster 1 para el control de varios aerogeneradores 5, a los que está conectado a través de una red de comunicación 2. Los aerogeneradores 5 aportan la energía eléctrica producida por ellos a la red de conexión 3 interna del parque, que se conecta, a través de un transformador de alta tensión 34, a un punto de interconexión 4. El punto de interconexión 4 constituye una unión a la red de transmisión de energía 9 que por regla general es pública.

El Parkmaster 1 puede presentar entradas 10 para valores nominales preestablecidos por una instancia superior, especialmente un puesto de control del operario de la red (no representado). Se puede tratar de valores nominales para la tensión, la potencia activa, la potencia reactiva, el ángulo de fase o el factor de potencia. El Parkmaster presenta además una entrada 11 a la que se aplican señales de un sistema de medición 12, 13 dispuesto en el punto de interconexión 4. En el caso de las señales de medición se trata preferiblemente de señales de medición para la tensión y la corriente. Sin embargo, también se pueden prever señales para la potencia activa, la potencia reactiva o el factor de potencia.

Los aerogeneradores se conectan a través de respectivamente un transformador de tensión media 54 a un punto de conexión 55 de la red de conexión 3 interna del parque. Los aerogeneradores 5 presentan respectivamente un generador 50, un convertidor 6 así como un sistema de control del funcionamiento 52.

La representación elegida en la figura 1 del parque eólico en el esquema eléctrico equivalente muestra las características eléctricas, especialmente para la red de conexión 3 y su conexión a la red de transmisión 9 a través del punto de interconexión 4. Los distintos aerogeneradores 5 se conectan, a través de secciones de la red de conexión 3, al transformador principal 34 conectado delante del punto de interconexión 4. Las líneas de derivación que conducen a los respectivos aerogeneradores presentan una impedancia así como una reactancia. Esto vale tanto para los aerogeneradores conectados individualmente a un ramal (en forma de estrella) como para aerogeneradores dispuestos uno detrás de otro en el mismo ramal (interconexión). La impedancia y la reactancia, resultantes respectivamente hasta el siguiente nodo, se representan en la figura 1 a modo de elementos concentrados. Se puede reconocer claramente que los aerogeneradores situados muy atrás se conectan al punto de interconexión común 4, a través de una sección 45, con impedancias o reactancias considerablemente mayores que los aerogeneradores muy cercanos. Cuando el aerogenerador 5 dispuesto muy atrás en la rama superior aporta corriente eléctrica, se produce un notable sobreimpulso de la tensión debido a las considerables reactancias e impedancias en la sección 45. Por consiguiente, el aerogenerador 5 necesitará valores nominales más altos para la tensión que un aerogenerador 5 dispuesto, en el aspecto eléctrico, más cerca del punto de interconexión 4.

La estructura funcional de los aerogeneradores se explica más detalladamente en la figura 2 a la vista del ejemplo del aerogenerador 5. Un rotor eólico 53 impulsa, a través de un engranaje opcional, un generador 50 diseñado en el ejemplo de realización representado a modo de máquina asíncrona de doble alimentación con un devanado de inducido y un devanado de barras. El devanado de barras se conecta directamente al transformador de tensión media 54. El devanado de inducido se conecta al transformador de tensión media 54 a través de un convertidor 6. El convertidor 6 presenta dos onduladores, un ondulador 61 por el lado de la máquina y un ondulador por el lado de la red, así como un circuito intermedio 60 dispuesto entre los dos. Los onduladores 61, 62 se controlan respectivamente con ayuda de sendos sistemas de control del convertidor asignados 63, 64 que reciben sus señales de control, a su vez, del sistema de control del funcionamiento 52 del aerogenerador 5. El sistema de control 64 del ondulador 62 del lado de la red se ha configurado para que, por una parte, ajuste el flujo de potencia activa de manera que la tensión del circuito intermedio 60 tenga el valor deseado y, por otra parte, para controlar la potencia reactiva liberada por el ondulador 62 del lado de la red a través del transformador de tensión media 54. En este punto conviene recordar que la explicación que antecede corresponde únicamente al ejemplo de una máquina asíncrona de doble alimentación; la invención se puede aplicar igualmente a otros conceptos de generador/convertidor de potencia reactiva controlable.

A través de la liberación de la potencia reactiva se determina, tal como se entiende directamente a la vista de la figura 1, la caída de la tensión por las impedancias y, sobre todo, de las reactancias en el respectivo ramal de la red de conexión 3 a través del cual está conectado el respectivo aerogenerador 5. Mediante este valor se regula la potencia reactiva del aerogenerador 5. Su núcleo de regulación 80 se representa en la figura 3. Se ha realizado a modo de una estática de tensión con un valor de amplificación k_{iq} al que se aplica, como magnitud de control, una señal para una tensión nominal v_{refWT} . La misma se conduce a través de una entrada positiva de un elemento diferenciador a cuya entrada negativa se aplica una señal para la tensión v_{WT} real del aerogenerador 5 medida por un sensor de medición 59. En la salida, el núcleo de regulación emite una señal para la corriente de cuadratura I_{qWTref} a proporcionar por el convertidor.

En la figura 4 se representa el sistema de regulación de la potencia reactiva ampliada en el sistema de doble precontrol 8 según la invención. Comprende un ramal izquierdo 81 y un ramal derecho 82. El ramal izquierdo 81 se conecta a la entrada del núcleo de regulación 80 a través de un sensor sumador 80' del lado de entrada, mientras que el ramal derecho 82 se añade a la señal de salida del núcleo de regulación 80 a través de un sensor sumador 80'' del lado de salida. El ramal izquierdo 81 se configura a modo de elemento de estimación de la caída de tensión para la sección 45 entre el aerogenerador 5 y el punto de interconexión 4. El mismo comprende un modelo basado en la impedancia 83 de esta sección. A este modelo se aplica, como señal de entrada, la corriente I^* aportada por el respectivo aerogenerador. La señal de salida del modelo basado en la impedancia 83 se aplica a un sensor sumador 85 que presenta una entrada opcional para la tensión v_{WT} reinante en el aerogenerador 5. La señal compuesta así

formada se conecta a un sensor de valor absoluto 87 y se aplica, invertida, al sensor sumador 80' del lado de entrada. A la otra entrada del sensor sumador 80' se aplica la tensión de referencia a conseguir v_{ref} . De este modo se estima la caída de la tensión a lo largo de la mencionada sección 45 que se aplica, como valor adicional para la magnitud de control, a la entrada del núcleo de regulación 80.

5 El ramal derecho 82 se configura a modo de compensador de la potencia reactiva y comprende un elemento integrador de la señal digital 84, al que se conecta un modelo basado en la reactancia 86 de la sección. Su señal de salida se superpone, con el signo correcto, a la señal de salida del núcleo de regulación 80 a través del sensor sumador del lado derecho 80'. En principio, al ramal derecho 82 se le aplica la misma señal de entrada que al ramal izquierdo 81, sin embargo, en una fase previa se cuadra con un elemento de cuadratura 88. Con el compensador de la potencia reactiva se genera de esta forma un valor estimado para las pérdidas de potencia reactiva que se producen a lo largo de la sección que se suma, como valor de corrección, a la señal de salida del núcleo de regulación 80. Así se consigue una corrección de precisión que se refleja, en definitiva, en una mayor precisión de toda la regulación.

15 En la figura 5 se representa un diagrama de bloque de la regulación del ondulador 62 del lado de la red. El ondulador 62 del lado de la red es, por regla general, el que se encarga de la aportación de la potencia reactiva. Esto ocurre con independencia del tipo de generador: tanto en un generador sincronizado con conversión completa como en un generador de doble alimentación con conversión parcial; en el caso de la máquina asíncrona de doble alimentación existe además la posibilidad de emplear el ondulador 61 del lado de la máquina. El diagrama de bloque representado muestra de forma estandarizada un bucle de regulación que presenta un bloque de regulación 71, un bloque de ondulador 73 así como un bloque de sección 75, conduciendo una señal de salida del bloque de sección 20 75 a un elemento diferenciador 70 dispuesto en la entrada negativa del bloque de regulación 71, a cuya entrada positiva se aplica una magnitud de control I^* para la corriente a liberar por el ondulador del lado de la red. El bloque de sección 75 reproduce el comportamiento del aerogenerador relevante para la regulación de la potencia reactiva (modelo de sección). El bloque de ondulador 73 muestra, por consiguiente, el comportamiento del ondulador 62 relevante para la regulación de la potencia reactiva (modelo de elementos de regulación). El bloque de regulación 71 refleja finalmente el propio núcleo de regulación configurado en el ejemplo de realización representado a modo de regulador PI. Como magnitud de control se aplica al punto sumador 70 una señal compleja para la corriente nominal I^* , aplicándose la corriente liberada realmente por el aerogenerador 5 según el modelo de sección 75 como señal diferenciadora al punto sumador 70. Se trata por lo tanto de una regulación convencional del ondulador 62 del lado 25 de la red.

30 En la figura 6, esta regulación en sí conocida se amplía conforme a uno de los aspectos de la invención. Se prevé un elemento de adaptación 77 y además un observador 79. Por medio del observador 79 se produce una identificación sistemática, determinándose los parámetros del sistema si necesidad de medirlos directamente y sin necesidad de que sean mensurables. En el ejemplo de realización representado, un observador 79 se ha configurado para determinar la influencia de la sección 45 del respectivo aerogenerador 5 al punto de interconexión 4. Para ello se aplican al observador 79 parámetros de por sí disponibles como magnitudes de entrada, en concreto la señal de salida u aplicada por el bloque de regulación 71 al bloque de ondulador 73 y la señal de corriente I emitida por el bloque de sección 75 en una representación orientada en el campo con sus componentes I_d e I_q . El observador 79 determina a partir de las mismas la debilidad de la red de conexión para la conexión del respectivo aerogenerador 5 y transmite el resultado, como señal de entrada, al elemento de adaptación 77. Éste determina, de acuerdo con los principios conocidos de la regulación adaptativa, los parámetros óptimos para la regulación en el bloque de regulación 71.

45 El perfeccionamiento así conseguido se representa en la figura 7. Se muestra la tensión en el circuito intermedio 60 a lo largo del tiempo. La línea rayada indica el aerogenerador usual en el parque eólico. Se observa la aparición de varias perturbaciones, conduciendo una de ellas en $t = 0,4s$ a una inestabilidad con grave caída de la tensión. La curva de la tensión con la regulación perfeccionada según la figura 6 se representa por medio de una línea continua. Se reconoce que se evita la inestabilidad.

50

REIVINDICACIONES

- 5 1. Aerogenerador con un generador (50) con un convertidor (6) para la producción de energía eléctrica y un sistema de control del funcionamiento (52), con una entrada para la especificación de valores nominales de un Parkmaster (1), especialmente para la potencia reactiva, y con una salida para la aportación de la energía eléctrica producida, a través de una red de conexión (3) del parque eólico, a un punto de interconexión (4) de una red (9),
caracterizado por que
- 10 un regulador de la potencia reactiva del sistema de control del funcionamiento (52) presenta un sistema de doble precontrol (8) conectado con su primer ramal (81), que comprende un módulo de precontrol de la tensión, a la entrada de un núcleo de regulación (80) del regulador de la potencia reactiva, y con su segundo ramal (82), que comprende un módulo de control posterior de la potencia reactiva, a la salida del núcleo de regulación (80).
- 15 2. Aerogenerador según la reivindicación 1, caracterizado por que el primer y el segundo ramal (81, 82) se conectan a una entrada de señales común, preferiblemente para una señal de corriente.
- 20 3. Aerogenerador según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado por que el módulo de precontrol de la tensión presenta un elemento de estimación de la caída de tensión (83) para una sección (45) desde el aerogenerador (5) hasta el punto de interconexión (4).
- 25 4. Aerogenerador según la reivindicación 3, caracterizado por que el elemento de estimación de la caída de tensión presenta un modelo basado en la impedancia (83) de la sección en el que se implementa preferiblemente un valor medio de impedancia para los aerogeneradores (5) del parque eólico.
- 30 5. Aerogenerador según una de las reivindicaciones 3 ó 4, caracterizado por que en el elemento de estimación de la caída de tensión se prevé una entrada para una tensión real en el respectivo aerogenerador.
- 35 6. Aerogenerador según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el módulo de control posterior de la potencia reactiva presenta un compensador de potencia reactiva.
- 40 7. Aerogenerador según la reivindicación 6, caracterizado por que el compensador de potencia reactiva comprende un modelo basado en la reactancia (86) de la sección (45) en el que se implementa preferiblemente un valor medio de reactancia de la sección.
- 45 8. Aerogenerador según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el sistema de control del funcionamiento (52) presenta un observador (79) para la impedancia en el aerogenerador (5) que colabora con un elemento de adaptación (77) para los parámetros del sistema de control del funcionamiento (52).
- 50 9. Aerogenerador según la reivindicación 8, caracterizado por que el elemento de adaptación (77) actúa sobre un regulador (64) que influye en el convertidor (6), especialmente un regulador PI.
- 55 10. Aerogenerador según la reivindicación 8 ó 9, caracterizado por que en el elemento de adaptación (77) se implementan varios campos de identificación que se pueden demandar en función del estado de servicio del aerogenerador y/o de un parque eólico.
- 60 11. Aerogenerador según una de las reivindicaciones 8 a 10, caracterizado por que al observador (79) se aplican, como magnitud de entrada, señales de tensión y/o de corriente del aerogenerador (5) y/o señales de salida del sistema de control del funcionamiento (52).
- 65 12. Aerogenerador según la reivindicación 11, caracterizado por que como señal de entrada se aplican adicionalmente señales de tensión y/o de corriente de otros aerogeneradores (5).
13. Aerogenerador según una de las reivindicaciones 8 a 12, caracterizado por que el observador (79) colabora con un elemento de estimación de la caída de tensión, en concreto preferiblemente de manera que se cree una diferencia con respecto a una señal de impedancia en el punto de interconexión (4) y que funcione como señal para el modelo basado en la impedancia (83).
14. Parque eólico con al menos dos aerogeneradores (5) que presentan respectivamente un generador (50) con un convertidor (6) para la producción de energía eléctrica y un sistema de control del funcionamiento (52), con un regulador de potencia reactiva,
un Parkmaster (1) para el control centralizado de los aerogeneradores (5) a través de una red de comunicación (2),
una red de conexión (3) que conecta los aerogeneradores (5) a un punto de interconexión (4) para la aportación de la energía eléctrica producida a una red (9) y

con un sistema de medición (12, 13) para la determinación de parámetros eléctricos en el punto de interconexión (4), configurándose el Parkmaster (1) para la determinación de parámetros eléctricos en el punto de interconexión (4) y para la transmisión de valores nominales al aerogenerador (5),

5
caracterizado por que
el regulador de potencia reactiva del respectivo aerogenerador (5) presenta un sistema de doble precontrol (8) conectado con su primer ramal (81), que comprende un módulo de precontrol de la tensión, a la entrada de un núcleo de regulación (80) del regulador de potencia reactiva y, con su segundo ramal (82), que comprende un módulo de control posterior de potencia reactiva a la salida del núcleo de regulación (80).

10
15. Parque eólico según la reivindicación 14, caracterizado por haber sido perfeccionado conforme a una de las reivindicaciones 2 a 13.

15
16. Procedimiento para la explotación de un aerogenerador (5) con un generador (50) con un convertidor (6) para la producción de energía eléctrica y con un sistema de control del funcionamiento (52), aplicándose al aerogenerador (5) una medida para una potencia reactiva,

20
caracterizado por que
en el aerogenerador se calcula localmente un valor estimado para una pérdida de tensión de una sección entre el aerogenerador y el punto de interconexión y para la conexión adicional a una entrada de un núcleo de regulación (80) del regulador de potencia reactiva y

25
por que en el aerogenerador se calcula localmente un valor estimado para una pérdida de potencia reactiva de la sección hasta el punto de intersección (4) y para la conexión adicional a una salida del núcleo de regulación (80).

30
17. Procedimiento según la reivindicación 16, caracterizado por haber sido perfeccionado conforme a una de las reivindicaciones 2 a 13.

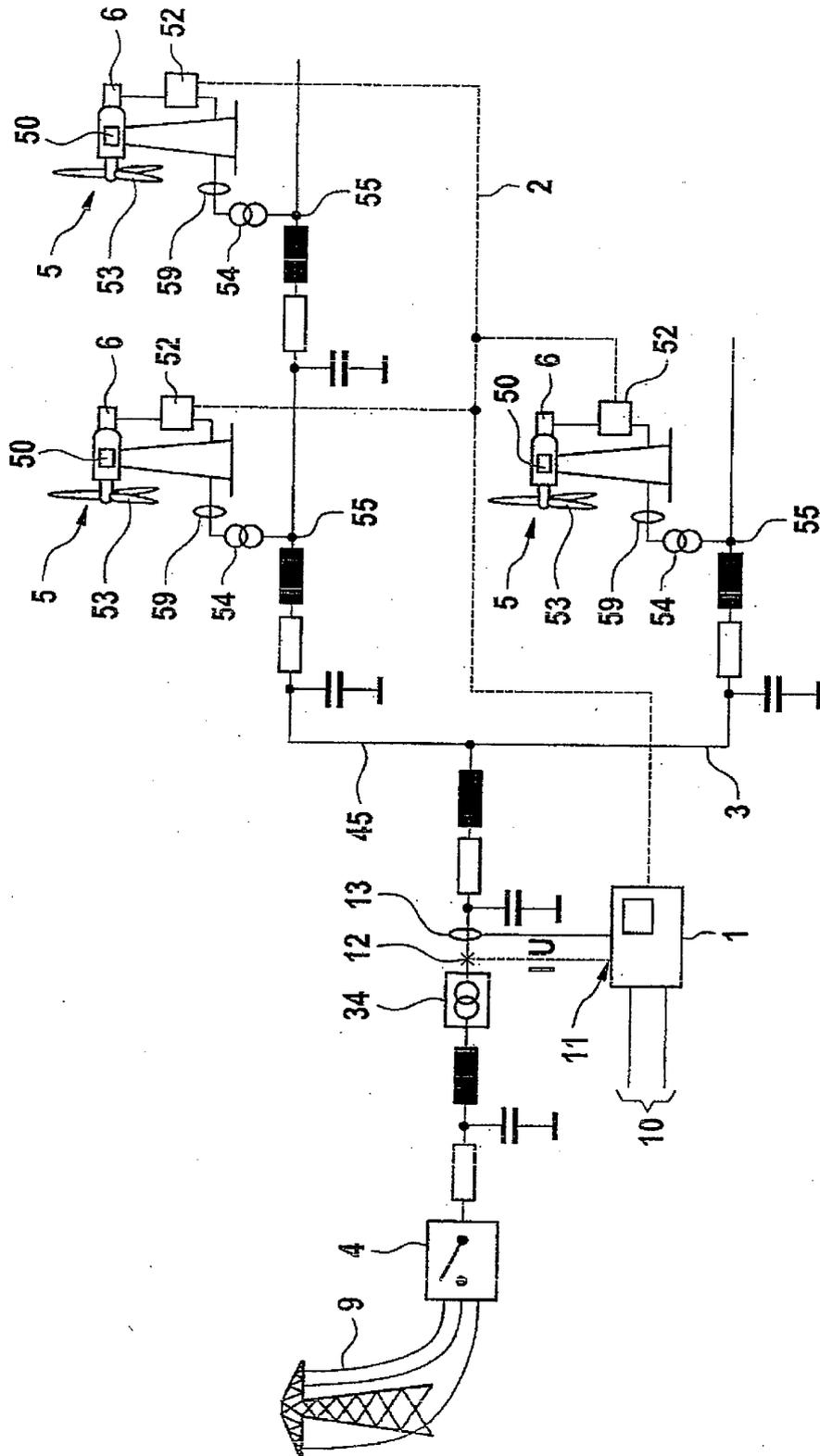


Fig. 1

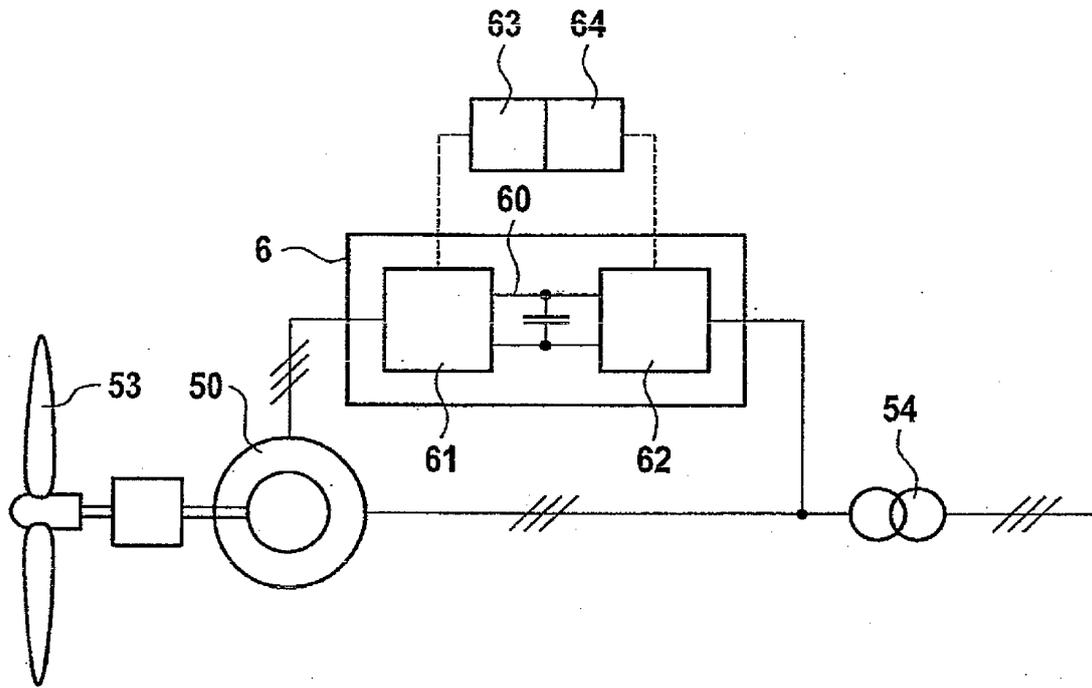


Fig. 2

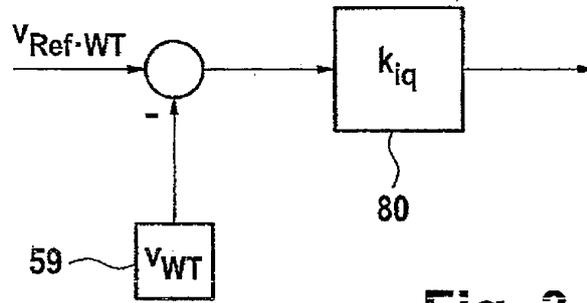


Fig. 3

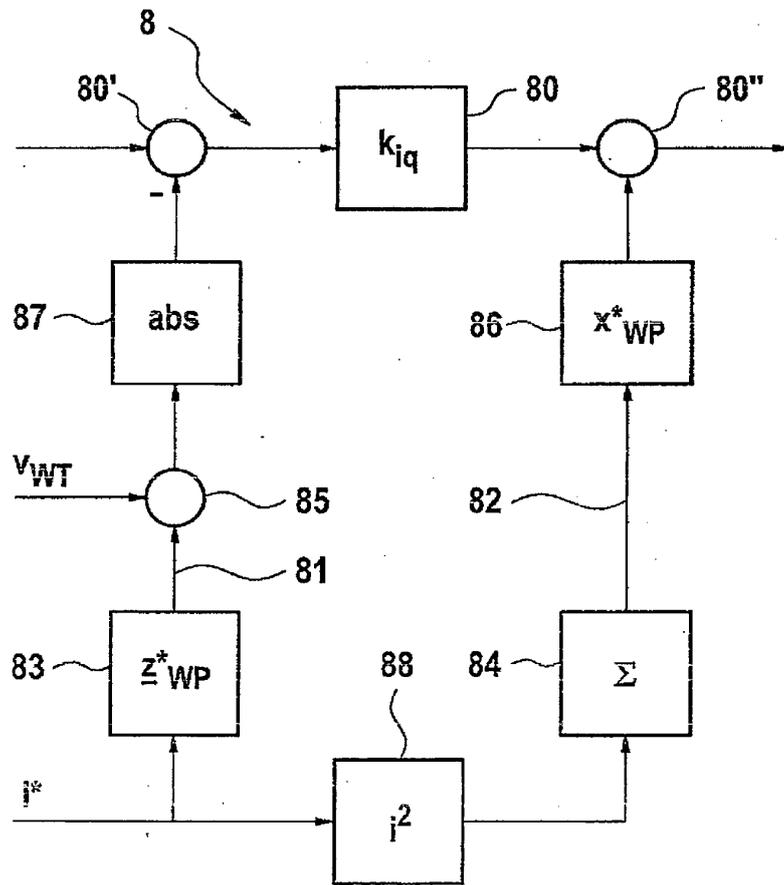


Fig. 4

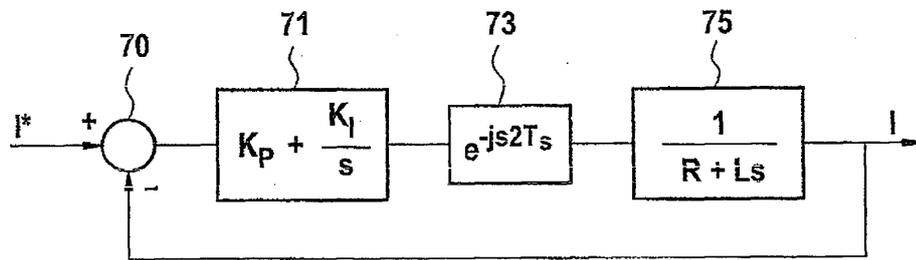


Fig. 5

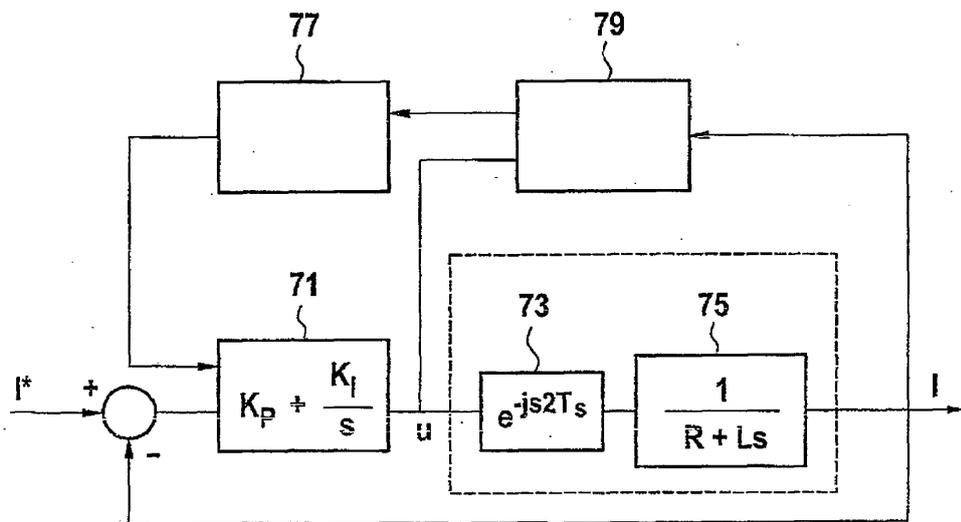


Fig. 6

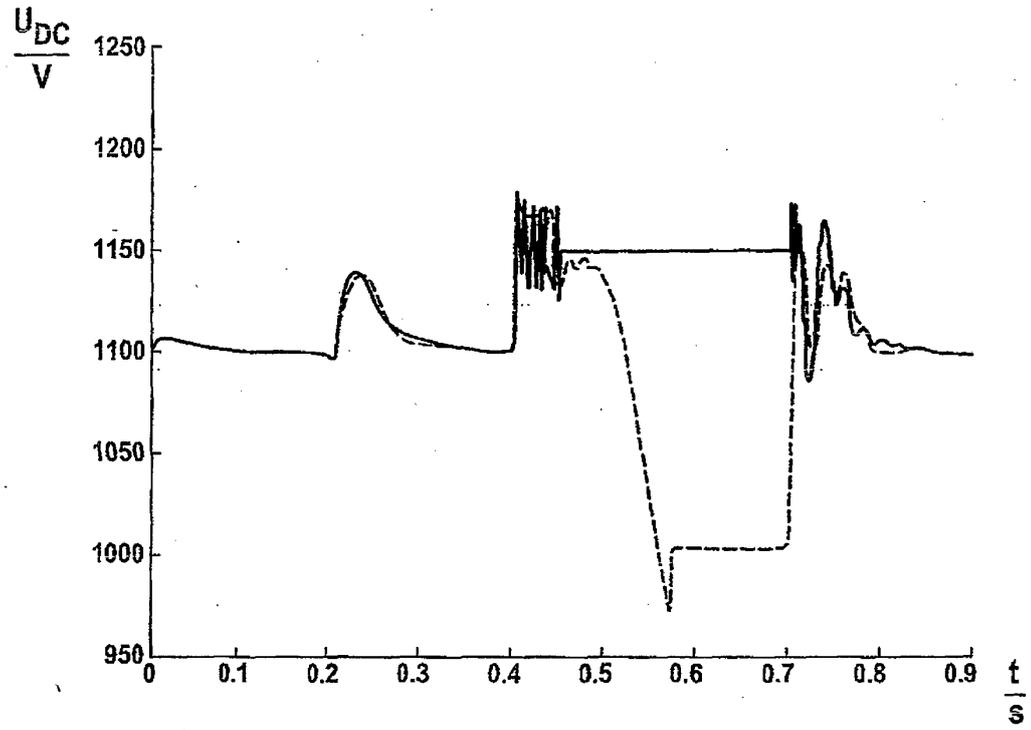


Fig. 7