



(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 332 525**

(51) Int. Cl.:
F03D 9/00 (2006.01)
H02J 3/38 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(96) Número de solicitud europea: **05794796 .2**
(96) Fecha de presentación : **30.09.2005**
(97) Número de publicación de la solicitud: **1802866**
(97) Fecha de publicación de la solicitud: **04.07.2007**

(54) Título: **Parque eólico con robusta regulación de la potencia reactiva, y procedimiento para su funcionamiento.**

(30) Prioridad: **01.10.2004 DE 10 2004 048 341**

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
08.02.2010

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
08.02.2010

(73) Titular/es: **REpower Systems AG.**
Alsterkrugchaussee 378
22335 Hamburg, DE

(72) Inventor/es: **Fortmann, Jens y**
Letas, Heinz-Hermann

(74) Agente: **Carpintero López, Mario**

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

Parque eólico con robusta regulación de la potencia reactiva, y procedimiento para su funcionamiento.

5 La invención se refiere a un parque eólico con un mínimo de dos instalaciones generadoras eólicas que presentan cada una un rotor, un generador acoplado a éste y una instalación de control, y que a través de unas líneas de conexión está unida a una línea principal, un punto de enlace que une la línea principal con una red de transmisión de energía, y un "Parkmaster" que está preparado para la regulación de la potencia reactiva, y que presenta líneas de comunicación para transmitir señales de control a las instalaciones de energía eólica. La invención se refiere además a un
10 procedimiento para el funcionamiento de un parque eólico de esta clase.

El desarrollo en el sector de las instalaciones de energía eólica se caracteriza por su tendencia a la gran magnitud. Esto no se refiere únicamente a la instalación individual de energía eólica sino también a los parques eólicos, que están formados por un número cada vez mayor de instalaciones de energía eólica. La potencia instalada que de este
15 modo aumenta considerablemente da lugar precisamente en las zonas rurales, donde se encuentran la mayoría de los parques eólicos y sobre todo los grandes, a dificultades debido a la capacidad limitada de la red de transmisión de energía eléctrica. Para poder mantener una calidad de suministro suficiente se están planteando requisitos cada vez más rigurosos para los parques eólicos en cuanto a su compatibilidad con la red.

20 Un criterio importante para el funcionamiento seguro con la red es la estabilidad de la tensión. Esto es tanto más importante en el caso de potencias de inyección grandes, es decir principalmente para los parques eólicos que están conectados a redes de alta y muy alta tensión. Es sabido que para soportar el nivel de tensión es conveniente inyectar en la red potencia reactiva (especialmente capacitiva). Otros criterios importantes son la capacidad de transmisión de las redes tal como por ejemplo la capacidad de carga de intensidad, los criterios de conexión como por ejemplo el
25 centelleo de la red y otros efectos tales como pérdidas en la red.

Es conocido el hecho de prever un punto de medición de la energía compleja en un punto de enlace del parque eólico con la red, y mediante un ordenador piloto del parque eólico (Parkmaster) compararla con especificaciones teóricas relativas al factor de potencia (documentos EP-A-1 519 040, WO-A-01/73518). A partir de ahí, el Parkmaster determina los valores teóricos del factor de potencia o de la potencia reactiva para las instalaciones individuales de energía eólica (véase también "Automatic Generation Control of a Wind Farm UIT Variable Speed Wind Turbines" de J.L. Rodríguez - Amenado, IEEE Trans. On Energy Conversion, Tomo 17, N° 2 Junio 2002, páginas 270-284). Éstas
30 convierten entonces las especificaciones facilitando para ello más o menos potencia reactiva. De este modo varían sin embargo las tensiones e intensidades en las líneas y transmisores del parque eólico. Un concepto similar con una regulación repartida se ha propuesto en el documento EP-A-1 512 869. El inconveniente de los conceptos conocidos es que pueden llegar a producirse unos aumentos de tensión no deseados, especialmente en aquellas instalaciones de energía eólica situadas dentro del parque eólico al final de una línea larga, y que dan lugar a inestabilidades. La consecuencia puede ser una desconexión indeseable de determinadas instalaciones individuales de energía eólica, o incluso daños en los convertidores.
35

40 La invención tiene como objetivo mejorar un parque eólico de la clase citada inicialmente así como un procedimiento de funcionamiento, de modo que se consiga un mejor soporte para la red.

La solución conforme a la invención se encuentra en las características de las reivindicaciones independientes.
45 Unos perfeccionamientos ventajosos constituyen el objeto de las reivindicaciones dependientes. De acuerdo con la invención, en un parque eólico con un mínimo de dos instalaciones de energía eólica, que presentan cada una un rotor, un generador accionado por éste y un sistema de control, y que a través de líneas de conexión están unidas a una línea principal, un punto de enlace que une la línea principal con una red de transmisión de energía y un Parkmaster realizado para regular la potencia reactiva, así como líneas de comunicación para transmitir señales de control a las
50 instalaciones de energía eólica, está previsto que la regulación de la potencia reactiva esté realizada como regulador repartido, comprendiendo un regulador superior en el Parkmaster, que está realizado para determinar una tensión teórica (U_{SOLL}) de la potencia entregada a la red de transmisión de energía, con el fin de determinar un coeficiente de potencia global, y emitirlo como señal a través de las líneas de comunicación, así como un regulador inferior en las instalaciones de energía eólica, que está realizado respectivamente para calcular a partir de la señal para la tensión teórica los valores locales necesarios de potencia reactiva, determinar la tensión efectiva suministrada por la instalación de energía eólica, y corregir los valores teóricos de potencia reactiva locales después de efectuar la comparación con la tensión teórica (U_{SOLL}).
55

La invención se basa en la idea de acoplar el ajuste del coeficiente de potencia deseado con un procedimiento estabilizador de la tensión. Para ello está prevista una regulación repartida. Para mantener un determinado coeficiente de potencia frente a la red de transmisión de energía (la red) del Parkmaster les especifica las distintas instalaciones de energía eólica una determinada tensión teórica. Ésta está calculada por el regulador superior de tal modo que se establezca el coeficiente de potencia (global) deseado frente a la red. La tensión teórica se emite como señal y está aplicada a través de las líneas de comunicación a los reguladores inferiores de las distintas instalaciones de energía eólica. Los reguladores inferiores, basándose en la señal para la tensión teórica, determinan de modo automático
60 unos valores locales teóricos de potencia reactiva. Mediante el sistema de control se explotan los generadores de tal modo que se genere potencia reactiva y potencia activa de acuerdo con las especificaciones. Se mide la tensión de salida y se devuelve al regulador inferior formando un bucle de regulación cerrado. Los sistemas de control de las

ES 2 332 525 T3

diferentes instalaciones de energía eólica ajustan de este modo y en la medida de lo posible la tensión teórica deseada. El regulador superior en el Parkmaster determina el factor de potencia total efectivamente resultante y en caso de necesidad corrige la tensión teórica para los reguladores inferiores.

5 A continuación se van a explicar algunos de los conceptos empleados.

Bajo el concepto de coeficiente de potencia se entiende un parámetro que describe la potencia reactiva requerida para la respectiva potencia activa. Esto incluye en sentido estrecho el factor de potencia $\cos \varphi$ y sus variantes $\tan \varphi$, $\sin \varphi$ así como el mismo ángulo φ , pero en el sentido más amplio también valores especificados para la potencia reactiva Q_V o una tensión de red deseada U_{VN} . Esto último es especialmente conveniente en el caso de centrales de mayor envergadura conectadas directamente a la red de alta tensión. En este caso estará prevista preferentemente en un parque eólico una lo que se llama estática de potencia reactiva mediante la cual y a partir del valor especificado se determinan para la tensión de red deseada los correspondientes valores especificados para la potencia reactiva requerida o el coeficiente de potencia.

15 Se entiende por generador una máquina que convierte energía mecánica en energía eléctrica. Esto incluye tanto las máquinas de corriente continua como también las de corriente alterna monofásica o polifásica. Puede tratarse de máquinas síncronas o asíncronas, de alimentación simple o doble. Por lo general el generador presenta un convertidor, pero esto no es obligatorio. El convertidor puede estar realizado como convertidor total o convertidor parcial. La forma de construcción puede ser cualquiera, y en particular puede estar realizado como convertidor directo o convertidor de circuito intermedio.

20 Se entiende por parque eólico un conjunto compuesto por un mínimo de dos instalaciones de energía eólica y una instalación directora central. Esta última se denomina Parkmaster. Este vigila el comportamiento de todo el parque eólico con respecto a la red de suministro de energía a la que está conectado el parque eólico. Para ello influye en el funcionamiento de las distintas instalaciones de energía eólica.

30 El coeficiente de potencia global se refiere a la potencia entregada a la red por el parque eólico en su conjunto, mientras que el coeficiente de potencia local se refiere a la potencia entregada por una instalación individual de energía eólica, teniendo eventualmente en cuenta las correspondientes instalaciones de compensación.

La invención ha reconocido que el comportamiento del funcionamiento de un parque eólico con respecto a su estabilidad se puede mejorar notablemente si el Parkmaster especifica para las distintas instalaciones de energía eólica tensiones de consigna, y se deja a las instalaciones de regulación de las diferentes instalaciones de energía eólica ocuparse de su aplicación, basándose en ello localmente para las correspondientes especificaciones de potencia reactiva de modo que como resultado se obtenga en el punto de enlace el coeficiente de potencia deseado.

Gracias a la invención se realizan considerables ventajas:

40 En primer lugar se ejerce un control de la tensión en las distintas instalaciones de energía eólica. Las potencias reactivas máximas posibles de las distintas instalaciones de energía eólica se pueden obtener así sin problemas. No hay ningún riesgo de que lleguen a producirse inestabilidades o daños de componentes, puesto que no aparecen unas desviaciones de tensión nocivas. No se requieren reducciones de seguridad, o sólo en una medida muy escasa.

45 En segundo lugar ya no aparece la problemática que existía en los conceptos actuales, de que en el caso de producirse en la red unas variaciones de tensión a modo de impulsos (Spikes), si bien se calcula un nuevo valor para el $\cos \varphi$, sin embargo no se puede transmitir con suficiente rapidez a las distintas instalaciones de energía eólica debido a la limitación en la velocidad de comunicación, de modo que éstas siguen todavía intentando recuperar el Spike con el valor antiguo de $\cos \varphi$. Gracias a la invención las distintas instalaciones de energía eólica se comportan correctamente también durante esta clase de procesos rápidos, y se mantienen en el valor de consigna de potencia reactiva que ha sido ajustado.

50 En tercer lugar, a pesar de especificarse un determinado valor de consigna para el coeficiente de potencia en el punto de enlace, no es necesario fijar cada vez con exactitud el coeficiente de potencia de las distintas instalaciones de energía eólica. Gracias al regulador inferior se establece allí en cada caso automáticamente la relación correcta entre potencia activa y potencia reactiva. Con ello se consigue también un comportamiento robusto del parque eólico frente a un comportamiento erróneo o insuficiente suministro de potencia reactiva de las distintas instalaciones de energía eólica.

60 De este modo la invención reúne de forma elegante ventajas relativas a un comportamiento robusto y rápido.

El regulador superior presenta convenientemente una instalación de compensación para las líneas de unión con las instalaciones de energía eólica. De este modo se pueden tener en cuenta durante el cálculo de la tensión de consigna las influencias causadas por las líneas de unión, eventualmente inclusive la línea principal y/o los transformadores intercalados. Esto es importante porque al modificarse las tensiones (de consigna) en los puntos de unión también resultan unas condiciones distintas con respecto a la caída de tensión a través de las líneas de comunicación, etc.

De acuerdo con una forma de realización preferente, el regulador superior presenta una memoria de valores de corrección en la que figuran valores de corrección individuales de las líneas de conexión para las instalaciones de energía eólica, en particular parámetros de trayecto. De este modo se tiene la posibilidad de tener en cuenta diferencias en los parámetros de trayecto (complejos). Se puede adaptar el valor de consigna individualmente para cada instalación de energía eólica de acuerdo con la respectiva línea de transmisión con sus parámetros eléctricos. Esto es una gran ventaja especialmente en el caso de parques eólicos con varias instalaciones de energía eólica dispuestas una tras otra en una línea. También se pueden aplicar valores de corrección distintos, individualmente para cada instalación de energía eólica. De este modo resulta con el Parkmaster una mejor conducción de las distintas instalaciones de energía eólica, incluso en el caso de comportamientos eléctricamente muy distintos de las diversas instalaciones de energía eólica.

Con frecuencia será suficiente memorizar en la memoria de valores de corrección unos valores prefijados. Pero para los valores de corrección individuales, en particular para los parámetros de línea está prevista convenientemente una instalación de identificación adaptiva que opcionalmente actúa también conjuntamente con la instalación de compensación. De este modo ya no es necesaria la especificación activa de valores por parte del usuario. Esto es una ventaja considerable especialmente en parques eólicos que con motivo de su topología son difíciles de determinar. Además, los valores de corrección se adaptan así automáticamente a las variaciones paulatinas que resultan con motivo de influencias de medio ambiente o por el envejecimiento de componentes.

El punto de enlace está situado convenientemente en la red de alta tensión, y unido a la línea principal a través de un transformador de alta tensión. Especialmente para parques eólicos con una gran potencia instalada es esto un modo conveniente de conexión a la red. Sin embargo tiene el inconveniente de que las líneas de alta tensión presentan, debido a sus capacidades que no son despreciables, a diferencia de las líneas de media tensión, lo que se llama una potencia natural para la cual se obtiene el funcionamiento óptimo. En el caso de producirse desviaciones es necesario compensar correspondientemente con potencia reactiva. Es conveniente que para este fin el punto de medición esté situado por el lado de alta tensión del transformador. Es cierto que esto requiere unas instalaciones de medida de alta tensión complejas y caras. Por eso se puede prever convenientemente situar las instalaciones de medida por el lado de la línea principal del transformador de alta tensión. Si se conocen las características de transmisión del transformador de alta tensión, esto permite utilizar sensores más económicos.

El regulador repartido está realizado convenientemente de modo que su comportamiento de conducción presente una constante de tiempo que sea considerablemente mayor que las de las oscilaciones de tensión breves a modo de impulsos (transitorios de tensión). Esto tiene la ventaja de que las pequeñas oscilaciones de tensión a modo de impulsos quedan sin influir en el regulador. También es posible con ello diseñar el regulador inferior de modo que reaccione con rapidez ante fallos. De este modo se mantiene un comportamiento de funcionamiento robusto del parque eólico incluso en condiciones de fallo.

En una forma de realización acreditada el regulador repartido presenta una instalación limitadora para la tensión de consigna. De este modo se asegura que no lleguen a producirse daños en el generador o en sus convertidores debido a unas tensiones de consigna demasiado altas. Esto es especialmente importante para aquellas instalaciones de energía eólica que estén conectadas a una línea de conexión relativamente larga. Debido a la resistencia compleja de la línea de conexión el nivel de tensión puede ser allí distinto que en el Parkmaster, y en particular puede ser más alto. Si no hubiera limitación se producirían fácilmente daños que se evitan con la limitación. La instalación de limitación está prevista convenientemente en el respectivo regulador inferior. Esto permite un ajuste individual mejorado de acuerdo con las distintas instalaciones de energía eólica. Pero también puede estar prevista la colocación en el regulador superior.

Convenientemente está previsto un canal de retorno que conduzca del regulador inferior al regulador superior para la realimentación de la señal, que transmita una señal de sobrecarga emitida por el regulador inferior. De este modo se le señala al regulador superior cuando una instalación de energía eólica no puede suministrar la potencia reactiva deseada. De este modo el regulador superior queda en condiciones de llevar a cabo las correspondientes medidas de compensación con respecto a las demás instalaciones de energía eólica.

Preferentemente están previstos unos modificadores de fase adicionales. Éstos pueden estar realizados de diversos modos, de por sí conocidos. En las instalaciones de energía eólica se han acreditado los bloques de condensadores. De este modo se consigue por una parte una gama de ajuste más amplia para el suministro de potencia reactiva. Por otra parte se puede reducir la frecuencia con la que ha de conmutar el regulador repartido. Esto permite mayor cuidado del material durante el funcionamiento del parque eólico.

La invención se refiere además al correspondiente procedimiento. Para una descripción más detallada se remite a lo expuesto anteriormente.

La invención se describe a continuación con mayor detalle haciendo referencia al dibujo en el que está representado un ejemplo de realización preferente. Las figuras muestran:

Fig. 1 una representación esquemática de un ejemplo de realización de un parque eólico conforme a la invención, con Parkmaster e instalaciones de energía eólica;

Fig. 2 una representación esquemática del Parkmaster con un regulador superior conforme al ejemplo de realización representado en la Fig. 1; y

Fig. 3 una representación esquemática de un sistema de control de la instalación de energía eólica con un regulador inferior conforme al ejemplo de realización representado en la Fig. 1.

En la Fig. 1 está representado un ejemplo de realización de un parque eólico conforme a la invención. En el ejemplo de realización representado comprende una pluralidad de cinco instalaciones de energía eólica (1-5) y un ordenador piloto centralizado (Parkmaster) 7. Las instalaciones de energía eólica 1-5 están unidas a un extremo de una línea principal 60 a través de líneas de conexión 10, 20, 30, 40, 50.

La estructura de las instalaciones de energía eólica 1-5 se explica a título de ejemplo mediante la instalación de energía eólica 1. La instalación de energía eólica 1 comprende un rotor 14 que está dispuesto de modo giratorio en una carcasa de máquina 15 en la cima de una torre 16. El rotor 14 acciona un generador (que no está representado). Se trata preferentemente de un generador asíncrono de doble alimentación, si bien son también posibles otras formas de construcción. Unido al generador hay un convertidor 17. Éste convierte la energía eléctrica suministrada por el generador en una corriente trifásica de frecuencia fija (la frecuencia de la red). El funcionamiento de la instalación de energía eólica 1 está controlado por un sistema de control 18. Éste actúa a través de unas líneas de mando (no representadas) sobre los distintos componentes de la instalación de energía eólica 1. En la instalación de energía eólica 1 está previsto también un transformador (no representado) que transforma la tensión emitida por el convertidor 17 a un nivel más alto.

La conducción de la energía eléctrica generada por la instalación de energía eólica 1 a la línea principal 60 tiene lugar a través de la línea de conexión 16. Esta está representada en la Fig. 1 con su esquema eléctrico equivalente. Presenta respectivamente una inductividad, impedancia o capacidad representada como elemento concentrado. En su conjunto se designan por impedancia compleja 11. La línea de conexión 10 de la instalación de energía eólica 1 va conectada directamente a un extremo de la línea principal 60. La instalación de energía eólica 3 situada más próxima en esta rama está conectada a la línea principal 60 a través de su línea de conexión 30 y sigue por la línea de conexión 10. La instalación de energía eólica 3 dispuesta como más próxima en esta rama está conectada a la línea principal 60 a través de su línea de conexión 30 y después a través de la línea de conexión 10. De modo correspondiente está conectada la instalación de energía eólica 5 a la línea principal 60 a través de su línea de conexión 50 y las líneas de conexión 30 y 60.

En el otro extremo de la línea principal 60 va conectada a través de un punto de enlace 69 una red de suministro de energía (red) 9 de una empresa distribuidora de energía (EVU). El punto de enlace 69 sirve para la alimentación de la potencia eléctrica generada por las instalaciones de energía eólica 1-5 y conducida a la línea principal 60. Según la realización del parque eólico, la línea principal 60 puede llegar a presentar una longitud considerable. Ésta puede ser de varios kilómetros, y en el caso de parques eólicos situados en el mar, incluso de más de 50 kilómetros. En el ejemplo de realización representado, la red 9 es una red de alta tensión. Para elevar la tensión de la línea principal 60 que se encuentra a un nivel de tensión media, está previsto un transformador de alta tensión 66.

Para controlar la potencia eléctrica alimentada a la red 9 se ha previsto el Parkmaster 7. Éste ejerce una función directora sobre las instalaciones de energía eólica (1-5). El Parkmaster 7 incluye un ordenador piloto 70, una unidad de entrada / salida 71 y un regulador superior 73, como componentes de la regulación repartida conforme a la invención. En el ordenador piloto 70 están implantadas estrategias de dirección para el parque eólico y además presenta una entrada 72 para instrucciones de dirección del explotador de la red EVU 9. Esto está representado a título de ejemplo en la Fig. 2 mediante una entrada para un coeficiente de potencia deseado (φ , $\cos \varphi$, $\tan \varphi$, valor de la potencia reactiva Q o valor especificado para la tensión de la red U_{VN}). Si se ajusta el coeficiente de potencia por medio del valor especificado de la tensión de la red, tal como es usual en las redes de alta tensión, está previsto adicionalmente un módulo estático de potencia reactiva 75. Éste contiene una curva característica que se puede pre-establecer y que pone la tensión especificada en relación con una potencia reactiva. En el Parkmaster 7 están conectadas además instalaciones de medida 68 para la potencia entrega a la red y/o para el coeficiente de potencia. En el ejemplo de realización representado se trata de un sensor de tensión para la tensión de la red U_n y un sensor de intensidad para la corriente I_n inyectada en la red. Pero también se puede prever que la instalación de medición esté situada de forma parcial (68') o total por el lado de la línea principal del transformador de alta tensión (66). Esto tiene la ventaja de que se pueden utilizar sensores más sencillos, realizados para un nivel de tensión media.

La regulación repartida conforme a la invención presenta como componentes esenciales el regulador superior 73, en el Parkmaster 7, y el regulador inferior en cada una de las instalaciones de energía eólica 1-5. A partir del coeficiente de potencia deseado, el regulador superior 73 determina un valor para la tensión de consigna U_{SOLL} de la línea principal 60. Este valor se transmite a través de la instalación de entrada / salida 71 y de las líneas de comunicación 74 a los reguladores inferiores de los sistemas de control de las distintas instalaciones de energía eólica 1-5. La estructura y el funcionamiento de las instalaciones de control se explican a continuación mediante el ejemplo del sistema de control 18 de la instalación de energía eólica 1, representado en la Fig. 3.

El sistema de control 18 comprende una unidad de entrada / salida 181, una unidad de dirección del funcionamiento 180, una instalación limitadora 182 y un regulador inferior 184, así como un control del conmutador 189. En la unidad

de entrada / salida 181 están conectadas las líneas de comunicación 74. Las especificaciones y órdenes de control transmitidas por el Parkmaster 7 se retransmiten según la señal a la unidad de conducción de la explotación 180 y al regulador inferior 184. La señal para la tensión de consigna U_{SOLL} se conduce a través de la instalación limitadora 182. Está preparada para limitar los valores excesivos a una magnitud que sea todavía admisible. Además se aplica a través de un punto de sustracción 183 al regulador inferior 184. Este calcula a partir de la señal para la tensión de consigna U_{SOLL} unas señales de control adecuadas para el control del conmutador 189. Las señales de control se modifican en caso de necesidad aplicando medidas adecuadas, por ejemplo filtros, para evitar que los reguladores inferiores de varias instalaciones eólicas interfieran mutuamente entre sí. En el ejemplo de realización representado se conduce la tensión de consigna más allá como señal para la tensión de salida del convertidor 17 (también se pueden emplear otras magnitudes, por ejemplo la potencia reactiva). La unidad de dirección de la explotación 180 emite en el ejemplo de realización una señal al control del convertidor 189 para obtener una potencia activa de consigna. El convertidor 17 es accionado por el control del convertidor 189 en forma de por sí conocida, de acuerdo con las señales de excitación que se han ajustado. A su salida facilita la potencia eléctrica activa y reactiva P o Q respectivamente a una tensión de salida U conforme a los valores ajustados, y las inyecta en la línea de conexión 10. La tensión de salida se mide y se devuelve al punto de sustracción 183. De este modo se pueden regular las eventuales desviaciones respecto al valor de consigna U_{SOLL} . - Las instalaciones de energía eólica 2-5 del parque eólico se explotan de forma correspondiente.

Las líneas de conexión 10, 20, 30, 40, 50 presentan impedancias complejas. Las variaciones de la tensión suministrada por las instalaciones de energía eólica también dan lugar a unas caídas de tensión variadas a lo largo de las líneas de conexión 10, 20, 30, 40, 50. Para compensar las influencias perturbadoras resultantes de esto se ha previsto en el regulador superior 73 una instalación de compensación 77. Ésta modifica la tensión de consigna calculada de acuerdo con la caída de tensión prevista a través de la impedancia compleja 11. De este modo se reduce la influencia de las líneas de conexión 10, 20, 30, 40, 50 sobre la regulación repartida. Dado que las distintas instalaciones de energía eólica 1-5 están dispuestas en diferentes lugares en las líneas de conexión, resultan para cada una de las instalaciones de energía eólica unas impedancias complejas distintas hasta la línea principal 60. Esto da lugar a que difieran entre sí las condiciones de tensión en las distintas instalaciones de energía eólica 1-5. Esto da lugar a que aparezca una gran caída de tensión a través de las líneas de conexión 10, 30, 50, especialmente con respecto a la instalación de energía eólica 5 situada en la cola. Esto entraña el riesgo de que, al especificar un valor idéntico para la tensión de consigna U_{SOLL} , la tensión de salida de la instalación de energía eólica 5 alcance un valor inadmisiblemente alto. Para contrarrestar esto se ha previsto una memoria de valores de corrección 78. En ésta se tienen en cuenta individualmente para cada una de las instalaciones de energía eólica 1-5 las caídas de tensión resultantes a causa de las diferentes impedancias complejas de las líneas de conexión 10, 20, 30, 40, 50. La tensión de consigna U_{SOLL} se puede modificar con el correspondiente valor de corrección de tal modo que se compense la influencia de la respectiva línea de conexión sobre la instalación de energía eólica concreta. Los valores de corrección respectivos son determinados por una instalación de reconocimiento adaptiva 70 mediante procedimientos de identificación y se graban en la memoria de valores de corrección 78. Con ello se determinan también valores de corrección válidos cuando las condiciones en las líneas de conexión se vayan modificando lentamente (por ejemplo a causa de envejecimiento o influencias del medio ambiente), o si son difíciles de calcular debido a la topología.

En las instalaciones de energía eólica están dispuestos opcionalmente unos bloques de condensadores 49. Por motivos de claridad se ha representado en la Fig. 1 solamente uno de éstos en la instalación de energía eólica 4, pudiendo estar previstos correspondientemente en las restantes instalaciones de energía eólica. Ofrecen una posibilidad adicional para facilitar potencia reactiva. De este modo se amplía el campo de trabajo para la regulación repartida conforme a la invención. Por otra parte se puede efectuar por medio de los bloques de condensadores 49 un amplio preajuste de la potencia reactiva. Para el accionamiento de los bloques de condensadores 49 está prevista una unidad modificadora de fase 79 en el regulador superior 73. Puede estar realizada como filtro de paso bajo o como Moving-Average-Filter. Con ello se consigue que se reduzca el número de conmutaciones a realizar por el convertidor 47 para la adaptación de la potencia reactiva. Esto contribuye de forma positiva al comportamiento del sistema (en particular al centelleo de la red) y a la vida útil.

REIVINDICACIONES

1. Parque eólico con un mínimo de dos instalaciones de energía eólica (1-5) que comprenden cada una un rotor (14), un generador accionado por éste y un sistema de control (18), y que están unidas a una línea principal (60) a través de líneas de conexión (10), un punto de enlace (69) que une la línea principal (60) con una red de transmisión de energía (9), y

un Parkmaster (7) realizado para la regulación de la potencia reactiva y unas líneas de comunicación (74) para transmitir señales de control a las instalaciones de energía eólica (1-5),

caracterizado porque

la regulación de la potencia reactiva está realizada como regulador repartido, comprendiendo

un regulador superior (73) en el Parkmaster (7) realizado para determinar una tensión de consigna (U_{SOLL}) para ajustar un coeficiente de potencia global de la potencia entregada a la red de transmisión de energía (69), y emitirla en forma de señal a través de las líneas de comunicación (74), y unos reguladores inferiores (184) en las instalaciones de energía eólica (1-5) que están realizados cada uno para calcular a partir de la señal para la tensión de consigna los valores teóricos locales de potencia reactiva, determinar la tensión efectivamente entregada por la instalación de energía eólica (1-5), y para corregir los valores de consigna locales de potencia reactiva después de efectuada la comparación con la tensión de consigna (U_{SOLL}).

2. Parque eólico según la reivindicación 1,

caracterizado porque

el regulador superior (73) presenta una instalación de compensación (77) para las líneas de conexión (10, 20, 30, 40, 50) a las instalaciones de energía eólica (1-5).

3. Parque eólico según la reivindicación 1 ó 2,

caracterizado porque

el regulador superior (73) presenta una memoria de valores de corrección (78) en la que están contenidos valores de corrección individuales, especialmente para las instalaciones de energía eólica (1-5), en particular parámetros de trayecto de las líneas de conexión (10, 20, 30, 40, 50).

4. Parque eólico según la reivindicación 2 ó 3,

caracterizado porque

está prevista una instalación de identificación adaptiva (76) para la instalación de compensación (77) y/o para los valores de corrección individuales.

5. Parque eólico según las reivindicaciones anteriores,

caracterizado porque

el punto de enlace (69) está situado en la red de alta tensión (9) y está unido a la línea principal (60) a través de un transformador de alta tensión (66).

6. Parque eólico según la reivindicación 5,

caracterizado porque

la instalación de medida (68') está dispuesta por el lado de la línea principal del transformador de alta tensión (66).

7. Parque eólico según una de las reivindicaciones anteriores,

caracterizado porque

el comportamiento directriz del regulador repartido presenta una constante de tiempo que es considerablemente mayor que la de los transitorios de tensión.

ES 2 332 525 T3

8. Parque eólico según una de las reivindicaciones anteriores,

caracterizado porque

el regulador repartido presenta una instalación limitadora (182) para la tensión de consigna (U_{SOLL}).

9. Parque eólico según la reivindicación 8,

caracterizado porque

la instalación limitadora (182) está prevista en el regulador inferior (184).

10. Parque eólico según una de las reivindicaciones anteriores,

caracterizado porque

están previstos unos modificadores de fase pasivos adicionales.

11. Parque eólico según la reivindicación 10,

caracterizado porque

como modificador de fase están previstos unos bloques de condensadores (49) en las instalaciones de energía eólica (1-5).

12. Procedimiento para la explotación de un parque eólico con un mínimo de dos instalaciones de energía eólica (1-5) que presentan cada una un rotor (14), un generador accionado con éstos y un sistema de control (18), y que a través de las líneas de conexión (10, 20, 30, 40, 50) están unidos a una línea principal (60),

un punto de enlace (69) que une la línea principal (60) con una red de transmisión de energía (9), y

un Parkmaster (7) realizado para la regulación de la potencia reactiva, y que presenta unas líneas de comunicación (74) para transmitir señales de mando a las instalaciones de energía eólica (1-5),

caracterizado por

efectuarse la regulación de la potencia reactiva mediante una regulación repartida, que comprende

un regulador superior (73) en el Parkmaster (7), para ajustar un coeficiente de potencia global de la potencia entregada a la red de transmisión de energía (69), determinar una tensión de consigna (U_{SOLL}) y emitir la tensión de consigna (U_{SOLL}) como señal a través de las líneas de comunicaciones (74), y

un regulador inferior (184) en las instalaciones de energía eólica (1-5), cada uno de los cuales calcula a partir de la señal para la tensión de consigna (U_{SOLL}) los valores locales de consigna de potencia reactiva, determina la tensión efectivamente entregada por la instalación de energía eólica (1-5) y la compara con la tensión de consigna (U_{SOLL}), para corregir los valores de consigna locales de potencia reactiva.

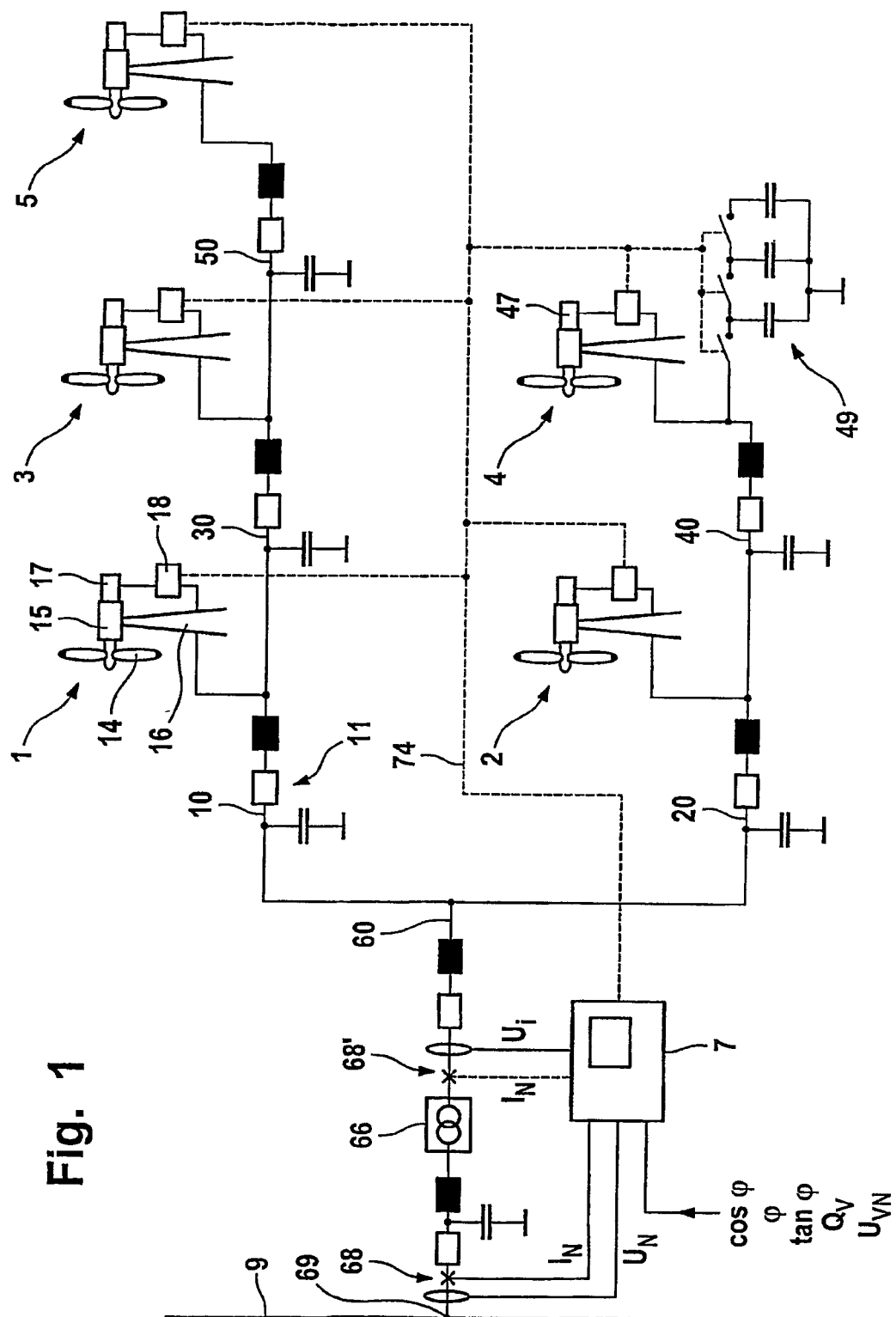


Fig. 1

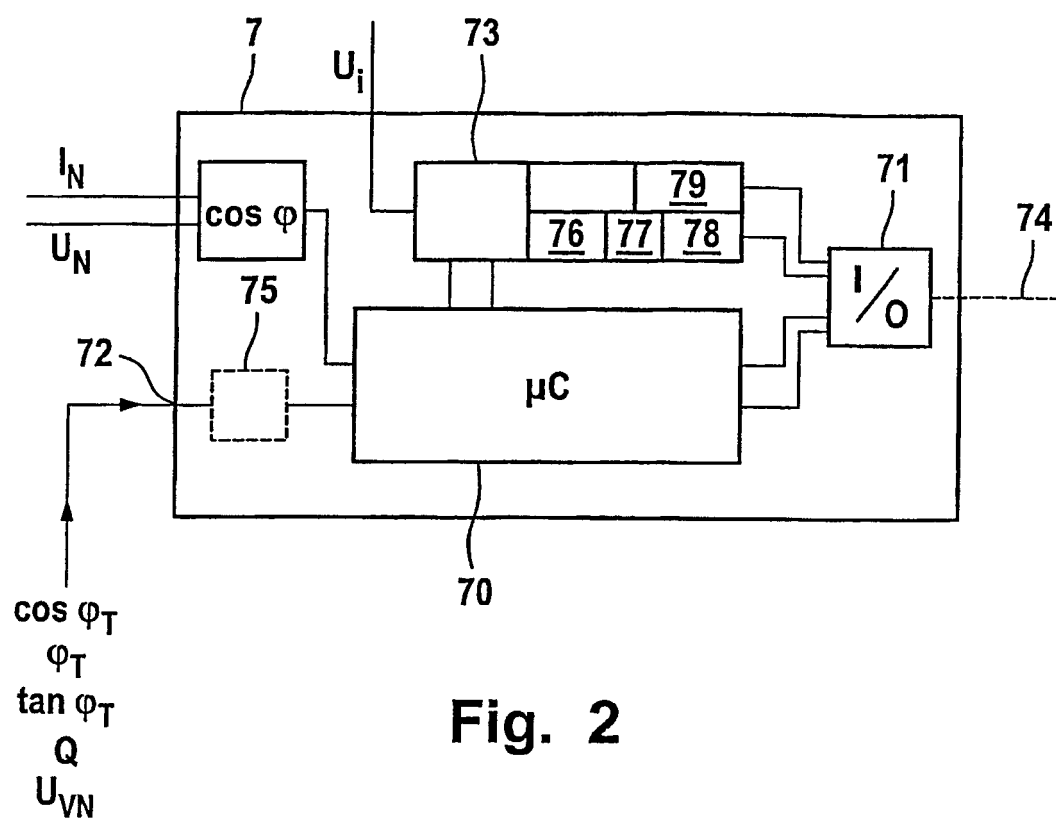


Fig. 2

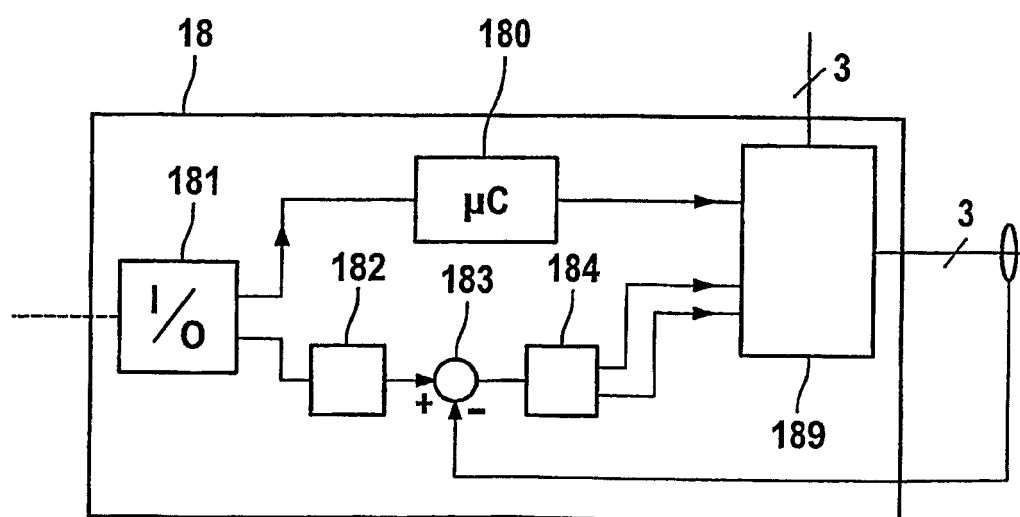


Fig. 3