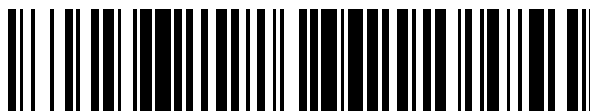


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 776 896**

51 Int. Cl.:

F03D 7/02 (2006.01)

F03D 9/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.06.2010** **E 10006099 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.12.2019** **EP 2267302**

54 Título: **Parque eólico y procedimiento para la regulación de un parque eólico**

30 Prioridad:

26.06.2009 DE 102009030725

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

03.08.2020

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**RIESBERG, ANDRÈ;
RADEMACHER, HENNIG;
HARDEN, HENNIG y
KUNFT, GUNTRAM**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 776 896 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

Parque eólico y procedimiento para la regulación de un parque eólico

La invención se refiere a un parque eólico con una pluralidad de instalaciones de energía eólica. El parque eólico comprende un punto de transferencia, en el que la energía eléctrica generada por las instalaciones de energía eólica se transfiere a una red eléctrica pública y para el que están predeterminados los valores de consigna. La invención se refiere además a un procedimiento para la regulación de un parque eólico semejante.

Hasta ahora en los parques eólicos está previsto un regulador central individual, que a partir de los valores reales eléctricos en el punto de transferencia y los valores de consigna recibidos de la red eléctrica pública determina las especificaciones para el funcionamiento de las instalaciones de energía eólica individuales. Las instalaciones de energía eólica individuales ajustan su funcionamiento conforme a las especificaciones. Esto conduce en la suma de todas las instalaciones de energía eólica a nuevos valores reales eléctricos en el punto de transferencia, que puede compararse con el regulador central de nuevo con los valores de consigna recibidos de la red eléctrica pública. Existe un circuito de regulación cerrado, en el que el regulador central actúa directamente sobre las instalaciones de energía eólica. Un parque eólico correspondiente se conoce por el documento DE 10 2004 048 341 A1.

Una regulación central semejante genera dificultades en el caso de parques eólicos que cada vez se vuelven más grandes. Evidentemente aumenta el esfuerzo de cálculo con el número de las instalaciones de energía eólica. Pese al elevado esfuerzo de cálculo no se puede resolver completamente el problema de que las modificaciones durante el funcionamiento de una instalación de energía eólica individual pueden tener muy diferentes repercusiones sobre los valores reales eléctricos en el punto de transferencia, según a qué distancia esté la instalación de energía eólica del punto de transferencia. Cuanto más se aleja una instalación de energía eólica del punto de transferencia, tanto menor es la calidad de regulación y tanto mayor es el peligro de inestabilidades en la regulación.

La invención tiene el objetivo, partiendo del estado de la técnica mencionado al inicio, de plantear un parque eólico y un procedimiento para la regulación de un parque eólico, que también permitan una elevada calidad de regulación en el caso de grandes parques eólicos. El objetivo se consigue mediante las características de las reivindicaciones independientes. En las reivindicaciones dependientes se encuentran formas de realización ventajosas.

En el parque eólico según la invención está previsto un regulador maestro y una pluralidad de reguladores submaestros. El regulador maestro está asociado a un plano de regulación superior, los reguladores submaestros están asociados a un plano de regulación inferior. El regulador maestro determina mediante los valores de consigna superiores y valores reales superiores los valores de consigna inferiores para una pluralidad de reguladores submaestros. Los reguladores submaestros hacen, mediante los valores de consigna inferiores y valores reales inferiores correspondientes, especificaciones para una pluralidad de instalaciones de energía eólica.

En el procedimiento según la invención para la regulación de un parque eólico, la energía eléctrica generada por las instalaciones de energía eólica se transmite en el punto de transferencia a una red eléctrica pública. En el punto de transferencia se miden los valores reales y se comparan con los valores de consigna recibidos de la red eléctrica pública. Un regulador maestro correspondiente a un plano de regulación superior compara los valores reales superiores con los valores de consigna superiores y a partir de ello determina las especificaciones para una pluralidad de reguladores submaestros. Los reguladores submaestros correspondientes a un plano de regulación inferior toman las especificaciones del regulador maestro como valores de consigna inferiores, los comparan con valores reales inferiores correspondientes y a partir de ello determinan una especificación para el funcionamiento de una pluralidad de instalaciones de energía eólica.

En primer lugar, se explican algunos términos. Los valores de consigna y los valores reales se refieren respectivamente a uno o varios parámetros eléctricos en un punto de la red eléctrica interna del parque eólico, como, por ejemplo, tensión, frecuencia, potencia reactiva, potencia activa. Los valores reales se pueden medir en los puntos en cuestión. También se pueden calcular mediante los valores de medición registrados en otro punto para el punto en cuestión.

En un plano de regulación se comparan entre sí los valores reales y valores de consigna para un punto determinado de la red eléctrica interna del parque eólico y se determina una especificación para uno o varios otros puntos de la red eléctrica interna del parque eólico. En el plano de regulación más inferior actúa un regulador de instalación directamente sobre una instalación de energía eólica individual. En el plano de regulación más superior se comparan los valores reales con los valores de consigna en el punto de transferencia. El plano de regulación inferior en el sentido de las reivindicaciones es un plano de regulación entre este plano de regulación más superior y el regulador de instalación. Entre el plano de regulación más superior y el regulador de instalación pueden estar previstos uno o varios otros planos de regulación. El plano de regulación superior y el plano de regulación inferior en el sentido de las reivindicaciones se suceden directamente dentro de esta jerarquía, donde las especificaciones del plano de regulación superior constituyen los valores de consigna para el plano de regulación inferior. Los reguladores del plano inferior usan respectivamente las especificaciones de un regulador del siguiente plano más elevado como valores de consigna. Puede estar previsto más de un regulador maestro. Las especificaciones de un regulador maestro se procesan por una pluralidad de reguladores submaestros. Las especificaciones, que recibe la pluralidad de reguladores submaestros del regulador maestro, pueden ser idénticas, pero en la mayoría de los casos cada regulador submaestro recibe

especificaciones determinadas específicamente para él. Desde el plano de regulación inferior se pueden transmitir las especificaciones directamente o a través de uno o varios otros planos de regulación a la pluralidad de instalaciones de energía eólica. En el caso de otro plano de regulación, los reguladores submaestros asumen según el sentido la función del regulador maestro para los reguladores submaestros regulados por él del siguiente plano de regulación más bajo. En tanto que las instalaciones de energía eólica individuales adaptan su producción de corriente según las especificaciones de los reguladores de instalación, actúan sobre el valor real en el punto de transferencia y por encima de todos los planos de regulación existe un circuito de regulación cerrado entre el punto de transferencia y las instalaciones de energía eólica. Para la estabilidad de una regulación semejante de tipo cascada es ventajoso que los planos de regulación inferiores tengan respectivamente una constante de tiempo más pequeña que los planos de regulación superiores.

El término genérico de módulo de regulación comprende todos los reguladores usados en los diferentes planos de regulación. Un módulo de regulación puede ser así un regulador maestro, un regulador submaestro o también un regulador de instalación. Un módulo de regulación puede estar diseñado de modo que solo se puede usar en un plano de regulación determinado. También hay módulos de regulación que se pueden usar según la necesidad en diferentes planos de regulación o al mismo tiempo se pueden usar en varios planos de regulación.

El parque eólico según la invención tiene la ventaja de que las respectivas decisiones de regulación se toman más cerca del punto en el que repercuten. Así se puede tener en cuenta, por ejemplo, en el plano de regulación inferior a qué distancia está una instalación de energía eólica y cuanto se tarda hasta que una especificación modificada en esta instalación de energía eólica repercute en un valor real modificado. Por consiguiente, se eleva la calidad de regulación.

Otra desventaja de la regulación central actual consiste en que no se puede compensar una avería del regulador central o un componente del regulador central. Cuando el parque eólico ya no recibe especificaciones del regulador central, en la mayoría de los casos se debe desconectar y separar de la red eléctrica pública. En la invención puede estar presente una pluralidad de módulos de regulación, que se pueden usar como regulador maestro. Los valores reales superiores y los valores de consigna superiores se les suministran a estos módulos de regulación, de modo que a partir de ello pueden determinar una especificación para el siguiente plano de regulación. Uno de los dos módulos de regulación se hace funcionar en un modo activo y el otro en un modo pasivo. Solo las especificaciones del módulo de regulación activo se procesan verdaderamente en el plano de regulación siguiente, mientras que las especificaciones del módulo de regulación pasivo no se siguen usando. Si el módulo de regulación activo falla, sin interrupción se puede cambiar al otro módulo de regulación que conmuta entonces del modo pasivo a un modo activo. De esta manera también se le puede asociar a cada regulador submaestro, que está en el modo activo, otro módulo de regulación que asume la misma tarea de regulación en el modo pasivo.

Si de esta manera dos módulos de regulación se ocupan de la misma tarea de regulación, entonces las especificaciones que hacen los dos módulos de regulación se pueden comparar entre sí para descubrir los errores. Si las especificaciones de los dos módulos de regulación concuerdan, entonces esto se puede valorar como un signo de que los dos módulos de regulación trabajan de forma correcta. Si hay desviaciones entre las especificaciones de los dos módulos de regulación, entonces se puede llevar a cabo un examen de plausibilidad de cuál de las dos especificaciones es errónea. Si, por ejemplo, las especificaciones de un módulo de regulación permanecen en un valor fijo, eso indica entonces que el módulo de regulación ya no trabaja de forma correcta. Entonces se pueden usar automáticamente las especificaciones del otro módulo de regulación para el plano de regulación en cuestión. Si no es evidente cuál de los módulos de regulación es erróneo, la parte en cuestión del parque eólico se debe poner fuera de servicio eventualmente o los módulos de regulación subordinados vuelven a los valores preajustados. Adicionalmente se puede realizar una notificación a una sala de control, a fin de permitir una intervención manual.

Aparte de los módulos de regulación que trabajan sin errores, la regulación también depende de que a los módulos de regulación se les suministren los valores reales correctos. Los sensores de medición para la detección de los valores reales pueden estar realizados por tanto respectivamente por duplicado. Los valores suministrados se pueden comparar entre sí para descubrir errores.

Para cada plano de regulación pueden estar previstos sensores de medición para la detección de los valores reales. También puede ser suficiente medir los valores reales solo en puntos individuales, como por ejemplo el punto de transferencia y las instalaciones de energía eólica y calcular los valores reales para los restantes planos de regulación a partir de estos valores de medición. Si, por ejemplo, un regulador submaestro es responsable de cinco instalaciones de energía eólica, entonces a partir de los valores reales de las cinco instalaciones de energía eólica se puede calcular el valor real relevante para el regulador submaestro.

Además, pueden estar previstos módulos de regulación que se pueden usar facultativamente como regulador maestro o como regulador submaestro. Estos módulos de regulación se pueden asociar según la necesidad a uno de los planos de regulación. Los módulos de regulación pueden estar configurados como elementos separados en el parque eólico o estar integrados en las instalaciones de energía eólica. En el último caso se pueden usar el módulo de regulación al mismo tiempo como regulador de instalación y asumir la regulación de la instalación de energía eólica individual.

La regulación puede estar configurada de modo que a cada módulo de regulación solo se le suministran los valores reales y valores de consigna válidos para él mismo. Cada módulo de regulación recibe entonces solo los valores reales y valores de consigna que necesita para su tarea de regulación actual. Entonces es suficiente que cada regulador maestro solo se comuniquen con los reguladores submaestros asociados a él, no se requiere que los reguladores submaestros subordinados se comuniquen entre sí o intercambien información. Alternativamente puede estar previsto que los valores reales y valores de consigna válidos para un módulo de regulación también se transmitan a otros módulos de regulación, que ahora mismo no asumen ninguna tarea de regulación, que están subordinados al mismo plano de regulación o que están activos en otro plano de regulación. De este modo, los módulos de regulación se pueden cambiar de un lado a otro más fácilmente entre las tareas de regulación.

La regulación está construida preferentemente de manera que los módulos de regulación se organizan de forma autónoma. Entonces, por ejemplo, el módulo de regulación que está asociado a una instalación de energía eólica que después de una parada inicia de nuevo el funcionamiento como primera puede constatar que es el único módulo de regulación activo. Este módulo de regulación se registrará entonces como regulador maestro y procesará los valores reales y valores de consigna del punto de transferencia. El siguiente módulo de regulación que inicia su funcionamiento constata que ya está activo un regulador maestro, y se registra como regulador submaestro que procesa las especificaciones del regulador maestro. Los siguientes módulos de regulación se registran igualmente como reguladores submaestros hasta que están activos suficientes reguladores para este plano de regulación. Los siguientes planos de regulación se llenan sucesivamente hasta que los módulos de regulación que se activan en último término solo entran en acción para una única instalación de energía eólica.

Si un regulador maestro falla, entonces no siempre es posible pasar la tarea de regulación en cuestión sin interrupciones a otro módulo de regulación. En un caso semejante o también en el caso de una interrupción de la conexión de datos puede ocurrir que los reguladores submaestros dependientes de este regulador maestro no reciban especificaciones durante un período de tiempo. Los reguladores submaestros pueden estar establecidos de modo que durante un período de tiempo predeterminado siguen trabajando con la especificación recibida en último término. A continuación, pueden volver a valores preajustados.

Alternativamente puede estar previsto que los valores reales superiores y los valores de consigna superiores, de los que parte el regulador maestro, también se les suministren a los reguladores submaestros. En el caso de fallo del regulador maestro, los reguladores submaestros pueden tomar como referencia directamente estos valores reales superiores y valores de consigna superiores. Por ejemplo, los reguladores submaestros pueden seguir trabajando con las especificaciones que han recibido antes de la avería del regulador maestro, hasta que la diferencia entre el valor real superior y el valor de consigna superior sobrepasa un umbral predeterminado.

La invención se describe a continuación a modo de ejemplo en referencia a los dibujos adjuntos mediante formas de realización ventajosas. Muestran:

la figura 1: una primera forma de realización de un parque eólico según la invención; y

la figura 2: una representación esquemática de una segunda forma de realización de un parque eólico según la invención.

Un parque eólico mostrado en la figura 1 comprende cinco instalaciones de energía eólica 11, 12, donde las instalaciones de energía eólica 11 están asociadas a un primer ramal 13 y las instalaciones de energía eólica 12 a un segundo ramal 14. El término ramal designa un grupo de instalaciones de energía eólica, que alimentan eléctricamente en un punto común en el parque eólico y están conectadas (espacialmente) una tras otra en una línea de alimentación común. La energía eléctrica generada en el parque eólico se transfiere en un punto de transferencia 15 a una red eléctrica pública 16. El parque eólico recibe especificaciones de la red eléctrica pública 16 respecto a los valores eléctricos en el punto de transferencia 15, como, por ejemplo, tensión, frecuencia, fracción de potencia reactiva o potencia activa.

En el parque eólico está establecida una estructura de reguladores con la que se debe garantizar que en el punto de transferencia 15 se observen determinados valores de consigna. Los valores de consigna pueden ser fijados una vez o transmitirse continuamente de nuevo de la red eléctrica pública 16. Aquí, por ejemplo, el valor de consigna de la frecuencia es fijo, el valor en cuestión está almacenado en el regulador maestro. Por el contrario, el regulador maestro recibe continuamente nuevos valores de consigna para, por ejemplo, la fracción de potencia reactiva de la potencia entregada por el parque eólico a través de una línea 20 desde la red eléctrica pública 16. La estructura de reguladores comprende un regulador maestro 17 y dos reguladores submaestros 18, 19, que están asociados respectivamente a uno de los ramales 13, 14. A través de una línea 21, el regulador maestro 17 recibe los valores eléctricos reales en el punto de transferencia 15. Si los valores de consigna se desvían de los valores verdaderos en el punto de transferencia 15, entonces el regulador maestro 17 determina nuevas especificaciones para el parque eólico. Estas especificaciones no están determinadas para las instalaciones de energía eólica 11, 12 individuales, sino para el regulador submaestro 18 del ramal 13 y el regulador submaestro 19 del ramal 14, donde el regulador submaestro 18 y el regulador submaestro 19 reciben diferentes especificaciones. Para los reguladores submaestros 18, 19 son válidas las especificaciones del regulador maestro 17 como valores de consigna para el respectivo ramal 13, 14. Si los valores reales en los ramales 13, 14 se desvían de los valores de consigna de los reguladores submaestros 18, 19, los

reguladores submaestros 18, 19 determinan nuevas especificaciones para las instalaciones de energía eólica 11, 12 individuales. Las especificaciones de los reguladores submaestros 18, 19 se implementan por reguladores de instalación no representados de las instalaciones de energía eólica 11, 12. Debido a la modificación del estado de funcionamiento de las instalaciones de energía eólica 11, 12 se modifican los valores reales en los ramales 13, 14 y se aproximan a los valores de consigna. Si se modifican los valores eléctricos en los ramales 13, 14, entonces también se modifican por consiguiente los valores eléctricos en el punto de transferencia 15 y el circuito de regulación está cerrado por el regulador maestro 17 a través de los reguladores submaestros 18, 19 y las instalaciones de energía eólica 11, 12.

Si, por ejemplo, el regulador maestro 17 tiene la especificación de la red eléctrica pública 16 de que se debe transmitir una cantidad determinada de potencia reactiva, entonces el regulador maestro 17 dividirá esta especificación entre los reguladores submaestros 18, 19. El regulador submaestro 18, que es responsable del ramal 13 con tres instalaciones de energía eólica 11, recibe por ejemplo la especificación de proporcionar 3/5 de la potencia reactiva requerida. El regulador submaestro 18 distribuye esta especificación de nuevo entre las tres instalaciones de energía eólica 11. Si es posible, por ejemplo, que cada una de las instalaciones de energía eólica 11 pueda suministrar 1/5 de la potencia reactiva requerida. Alternativamente, el regulador submaestro 18 puede tener en cuenta en su especificación que las instalaciones de energía eólica 11 están dispuestas a diferente distancia respecto al punto de transferencia 15, y adaptar correspondientemente las especificaciones a las instalaciones de energía eólica 11. En otra alternativa, el regulador submaestro 18 puede tener en cuenta la reserva de regulación disponible en las instalaciones de energía eólica 11 individuales y adaptar las especificaciones con relación al valor de consigna respecto a la reserva de regulación disponible en las instalaciones de energía eólica individuales. El regulador submaestro 19, que es responsable del ramal 14 con dos instalaciones de energía eólica 12, en este ejemplo recibiría la especificación del regulador maestro de proporcionar 2/5 de la potencia reactiva requerida. El regulador submaestro 19 puede dividir esta especificación de nuevo entre sus instalaciones de energía eólica 12, de modo que cada una proporciona 1/5 de la potencia reactiva requerida.

El parque eólico en la figura 1 comprende un plano de regulación superior, del que es responsable el regulador maestro 17, y un plano de regulación inferior, en el que están activos los reguladores submaestros 18, 19 en paralelo entre sí. Gracias al regulador maestro 17 y los reguladores submaestros 18, 19, en el parque eólico hay tres módulos de regulación para el plano de regulación superior y el inferior, los reguladores de instalación de las instalaciones de energía eólica 11, 12 son otros módulos de regulación. Las especificaciones recibidas de la red eléctrica pública 16 se corresponden con los valores de consigna superiores para el regulador maestro 17, los valores eléctricos medidos en el punto de transferencia 15 se corresponden con los valores reales superiores para el regulador maestro 17. Las especificaciones recibidas del regulador maestro 17 son los valores de consigna inferiores para los reguladores submaestros 18, 19. Los valores eléctricos aplicados verdaderamente en los ramales 13 o 14 se corresponden con los valores reales inferiores para los reguladores submaestros 18, 19. Los valores eléctricos en los ramales 13 o 14 no se miden directamente, sino que se calculan a partir de los valores reales en las instalaciones de energía eólica 11, 12.

Si el regulador maestro 17 falla, entonces los reguladores submaestros 18, 19 ya no reciben especificaciones del regulador maestro 17. En una alternativa, el parque eólico está preparado para este caso porque en el regulador submaestro 18 está depositada adicionalmente la funcionalidad del regulador maestro. Directamente después del fallo del regulador maestro 17 se conmuta la transmisión de datos, de modo que los valores de consigna superiores y los valores reales superiores se le transmiten al regulador submaestro 18. En su función como nuevo regulador maestro, el regulador submaestro 18 determina las especificaciones para el plano de regulación inferior. El regulador submaestro 18 procesa directamente por él mismo las especificaciones para el ramal 13, para el ramal 14 se le transmiten las especificaciones al regulador submaestro 19. Dado que el regulador submaestro 18 imita de forma idéntica la función del regulador maestro, el parque eólico se puede hacer funcionar posteriormente sin limitaciones.

En una forma de realización alternativa, en la que la funcionalidad del regulador maestro no está presente de forma redundante, los valores de consigna superiores y los valores reales superiores del regulador maestro 17 también se le transmiten al regulador submaestro 18, 19. En caso de fallo del regulador maestro 17, los reguladores submaestros 18, 19 siguen trabajando con las especificaciones recibidas en último término del regulador maestro 17 y a este respecto observan constantemente como se desarrollan los valores reales superiores y los valores de consigna superiores. El funcionamiento según las últimas especificaciones recibidas se continua hasta que la diferencia entre los valores reales superiores y los valores de consigna superiores sobrepasa un umbral predeterminado. Tras el sobrepaso del umbral, los reguladores submaestros 18, 19 vuelven a un modo de solución de emergencia preajustada. En el modo de solución de emergencia, los valores de consigna superiores se dividen sencillamente de forma porcentual entre los reguladores submaestros 18, 19. Luego, por ejemplo, el ramal 13 con sus tres instalaciones de energía eólica 11 recibe la especificación fija de proporcionar 3/5 de la potencia reactiva requerida como valor de consigna superior, mientras que 2/5 se proporcionan por las dos instalaciones de energía eólica 12 del ramal 14.

En la forma de realización de la figura 2, las instalaciones de energía eólica WEC se distribuyen en cinco ramales 22, 23, 24, 25, 26. El ramal 22 comprende cinco instalaciones de energía eólica WEC, el ramal 23 comprende tres instalaciones de energía eólica WEC, el ramal 24 comprende siete instalaciones de energía eólica WEC, el ramal 25 comprende tres instalaciones de energía eólica WEC y el ramal 26 comprende doce instalaciones de energía eólica WEC. A través de una red eléctrica interna del parque eólico 40 representada a trazos se conduce la corriente eléctrica

producida por las instalaciones de energía eólica WEC al punto de transferencia 15. En cada una de las instalaciones de energía eólica WEC está integrado un módulo de regulación, no están previstos otros módulos de regulación separados de las instalaciones de energía eólica WEC. Cada módulo de regulación comprende la funcionalidad de actuar como regulador de instalación para la instalación de energía eólica WEC individual. En la función como regulador de instalación, el módulo de regulación recibe las especificaciones de un plano de regulación de orden superior y ajusta la instalación de energía eólica según las especificaciones. Todos los módulos de regulación del parque eólico están conectados a través de una red de datos 28 y se pueden comunicar entre sí.

Además, cada uno de los módulos de regulación comprende la funcionalidad de actuar adicionalmente como regulador submaestro para el ramal al que pertenece la instalación de energía eólica WEC en cuestión o como regulador maestro para todo el parque eólico. En el estado de funcionamiento representado en la figura 2, el módulo de regulación de la instalación de energía eólica WEC representada totalmente arriba en el ramal 22 asume la tarea del regulador maestro 27 para todo el parque eólico. A través de la red de datos 28, el regulador maestro 27 está informado tanto sobre las especificaciones de la red eléctrica pública como también sobre los valores eléctricos verdaderos aplicados en el punto de transferencia 15. Para la constatación de los valores eléctricos verdaderos en el punto de transferencia 15 están previstos sensores de medición 29 realizados de forma redundante. El regulador maestro 27 toma las especificaciones de la red eléctrica pública como valor de consigna superior y los valores eléctricos verdaderos en el punto de transferencia 15 como valor real superior y a partir de ello determina las especificaciones para el plano de regulación inferior. El regulador maestro 27 está asociado al plano de regulación superior del parque eólico. Las especificaciones del regulador maestro 27 se le transmiten al plano de regulación inferior a través de la red de datos 28. La parte de la red de datos 28, a través de la que se transmiten las especificaciones del plano de regulación superior, está representada para la mejor observación con línea doble, donde las flechas indican la dirección en la que se transmiten las especificaciones.

En el plano de regulación inferior, el parque eólico está subdividido en segmentos. En cada segmento está activo un regulador submaestro, que implementa las especificaciones recibidos del regulador maestro 27 en especificaciones para las instalaciones de energía eólica individuales. Las especificaciones pueden consistir, por ejemplo, en que las especificaciones recibidas de la red eléctrica pública se distribuyen porcentualmente en los segmentos. Las especificaciones se distribuyen a través de la red de datos 28 en los módulos de regulación individuales. Esta parte de la red de datos 28 está representada en la línea normal, donde las flechas indican la dirección en la que se conducen las especificaciones. Puede ser suficiente que cada módulo de regulación solo recibe la información que es válida para el segmento al que pertenece la instalación de energía eólica WEC en cuestión. Alternativamente puede estar previsto que cada módulo de regulación se informa sobre las especificaciones de todos los segmentos.

En el parque eólico de la figura 2, el primer segmento del plano de regulación inferior comprende los ramales 22 y 23. El módulo de regulación 30 del ramal 22 está activo como regulador submaestro 30 para los ramales 22 y 23. Procesa las especificaciones del regulador maestro 27 como valor de consigna inferior y los valores eléctricos aplicados verdaderamente en los ramales 22 y 23 como valor real inferior. La información sobre los valores reales en cuestión procede del sensor de medición 31 conectado con el ramal 22. El regulador submaestro 30 determina las especificaciones para las instalaciones de energía eólica WEC individuales de los ramales 22 y 23. Los módulos de regulación de las instalaciones de energía eólica WEC actúan como reguladores de instalación y ajustan el funcionamiento de las instalaciones de energía eólica WEC individuales según las especificaciones del regulador submaestro 31. En particular, el regulador maestro 27 también está activo adicionalmente como regulador de instalación para su instalación de energía eólica WEC y en esta función implementa las especificaciones recibidas del regulador submaestro 30 para su instalación de energía eólica.

Los segmentos restantes del plano de regulación inferior se corresponden respectivamente con los ramales 24, 25, 26. En el ramal 24 está activo el módulo de regulación 32 como regulador submaestro, en el ramal 25 está activo el módulo de regulación 33 como regulador submaestro y en el ramal 26 está activo el módulo de regulación 34 como regulador submaestro. En los ramales 25 y 26 con 31 están indicados de nuevo los sensores de medición para los valores eléctricos verdaderos. De los sensores de medición 31 proceden los valores reales inferiores. La dirección, en la que se distribuyen las especificaciones de los reguladores submaestros 30, 32, 33, 34 a través de la parte dibujada en línea normal de la red de datos 28 en los módulos de regulación de las instalaciones de energía eólica WEC, está caracterizada en la red de datos 28 con flechas.

Adicionalmente al regulador maestro 27 y los reguladores submaestros 30, 32, 33, 34, que satisfacen de forma activa la tarea de regulación en cuestión, están previstos respectivamente los módulos de regulación que tienen la misma tarea de regulación, pero la realizan solo de forma pasiva. Se habla de una satisfacción activa de la tarea de regulación cuando las tareas determinadas por el módulo de regulación se procesan verdaderamente por un módulo de regulación subordinado. Se habla de una satisfacción pasiva de la tarea de regulación cuando un módulo de regulación determina las especificaciones para los módulos de regulación subordinados, pero las especificaciones no se procesan. En paralelo al regulador maestro activo 27, el módulo de regulación 35 asume la tarea del regulador maestro pasivo. En paralelo a los reguladores submaestros activos 30, 32, 34, los módulos de regulación 36, 37, 38 se usan como reguladores submaestros pasivos. Si falla uno de los módulos de regulación activos, entonces el módulo de regulación pasivo correspondiente puede saltar sin interrupción y asumir la tarea de regulación en cuestión. Todos los módulos de regulación del parque eólico son informados de qué módulos de regulación pasivos saltan a módulos de regulación activos, y reaccionan correspondientemente. Además, en una lista de prioridades está fijado que módulo

de regulación asume ahora el papel del módulo de regulación pasivo, después de que el módulo de regulación pasivo hasta ahora se ha convertido en el módulo de regulación activo.

Durante el funcionamiento continuo del parque eólico se comparan entre sí regularmente las especificaciones determinadas por el módulo de regulación activo y el módulo de regulación pasivo correspondiente. Si concuerdan las especificaciones en los módulos de regulación, esto es una indicación de un funcionamiento exento de errores. En el caso de una desviación se envía inmediatamente una notificación a una sala de control, para que desde allí se pueda decidir sobre si se requiere una intervención desde fuera. Eventualmente, mediante una orden remota se puede establecer qué módulo de regulación se debe tratar como el activo. De la misma manera, los datos de sensores de medición presentes de forma redundante se comparan entre sí de forma continua, a fin de poder reaccionar de forma temprana a errores en esta zona.

Si falla ahora el regulador maestro 27, entonces esta información se difunde a través de la red de datos 28. El módulo de regulación 35, que ha ejercido la funcionalidad del regulador maestro solo de forma pasiva, cambia acto seguido al modo activo. Para los reguladores submaestros 30, 32, 33, 34 esto conduce a que ahora procesan las especificaciones del módulo de regulación 35 como valores de consigna. Para los reguladores de instalación individuales no se modifica nada, reciben acto seguido sus especificaciones de los reguladores submaestros 30, 32, 33, 34. De esta manera se continua el funcionamiento del parque eólico sin interrupción. Análogamente también se puede continuar el funcionamiento sin interrupción después de la avería de un regulador submaestro. La función del regulador submaestro que falla se puede asumir por otro regulador submaestro o por un módulo de regulación, que hasta ahora solo estaba activo como regulador de instalación.

La figura 2 muestra una configuración posible que puede adoptar la estructura de reguladores del parque eólico. En otros estados de funcionamiento pueden estar activos otros módulos de regulación completamente diferentes como regulador maestro y reguladores submaestros. Si, por ejemplo, después de una parada se arranca de nuevo el parque eólico, entonces el módulo de regulación de la instalación de energía eólica WEC que inicia el funcionamiento de nuevo como primero se registra como regulador maestro. A continuación de cada segmento se registra respectivamente el primer módulo de regulación como regulador submaestro activo y el segundo módulo de regulación como regulador submaestro pasivo. Los módulos de regulación siguientes constatan que ya todas las tareas de regulación están cubiertas en el plano de regulación superior y el plano de regulación inferior, y se registran como simples reguladores de instalación. Los módulos de regulación se comunican entre sí a través de la red de datos 28, a fin de constatar qué tareas de regulación todavía están libres.

El ramal 26 del parque eólico está subdividido en otros ramales 26a, 26b, 26c. El regulador submaestro 34 hace directamente especificaciones en la figura 2 a las instalaciones de energía eólica WEC de todos los ramales 26a, 26b, 26c. También es posible considerar todos los ramales 26a, 26b, 26c de nuevo como plano de regulación propio, donde en cada ramal está previsto un regulador submaestro, que recibe las especificaciones del regulador submaestro 34 y las convierte en las especificaciones para las instalaciones de energía eólica individuales del ramal en cuestión.

REIVINDICACIONES

1. Parque eólico con una pluralidad de instalaciones de energía eólica (11, 12, WEC), con un punto de transferencia (15), en el que la energía eléctrica generada por las instalaciones de energía eólica (11, 12, WEC) se transmite a una red eléctrica pública (16) y para el que están predeterminados los valores de consigna, con un sensor de medición (29) para la medición de los valores reales eléctricos en el punto de transferencia (15), donde están previstos un regulador maestro (17, 27) asociado a un plano de regulación superior y una pluralidad de reguladores submaestros (18, 19, 30, 32, 33, 34) asociados a un plano de regulación inferior, donde el regulador maestro (17, 27) está establecido para determinar especificaciones para el segundo plano de regulación mediante los valores de consigna superiores y valores reales superiores en el primer plano de regulación y los reguladores submaestros (18, 19, 30, 32, 33, 34) están establecidos respectivamente para tomar las especificaciones como valores de consigna inferiores y hacer especificaciones para una pluralidad de instalaciones de energía eólica (11, 12, WEC) mediante los valores de consigna inferiores y valores reales inferiores, donde los reguladores de instalación de las instalaciones de energía eólica (11, 12, WEC) individuales están establecidos para implementar las especificaciones de los reguladores submaestros (18, 19, 30, 32, 33, 34).
2. Parque eólico según la reivindicación 1, caracterizado por que está prevista una pluralidad de módulos de regulación (27, 35) utilizables como regulador maestro (27).
3. Parque eólico según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que está previsto un módulo de regulación que está configurado de manera que se puede utilizar facultativamente como regulador maestro (17, 27), como regulador submaestro (18, 19, 30, 32, 33, 34) o como regulador de instalación para una instalación de energía eólica (11, 12, WEC) individual.
4. Parque eólico según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que está previsto un módulo de regulación que está configurado de manera que se puede utilizar al mismo tiempo como regulador maestro (17, 27), como regulador submaestro (18, 19, 30, 32, 33, 34) y/o como regulador de instalación para una instalación de energía eólica (11, 12, WEC) individual.
5. Parque eólico según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que están previstos dos sensores de medición (29) para medir los mismos valores reales en el punto de transferencia (15).
6. Procedimiento para la regulación de un parque eólico, en el que la energía eléctrica generada por las instalaciones de energía eólica (11, 12, WEC) se transmite en un punto de transferencia (15) a una red eléctrica pública (16), en el que se miden los valores reales en el punto de transferencia (15) y se comparan con los valores de consigna recibidos de la red eléctrica pública (16), en el que un regulador maestro (17, 27) correspondiente a un plano de regulación superior compara valores reales superiores y valores de consigna superiores y a partir de ello determina las especificaciones para un plano de regulación inferior, y en el que una pluralidad de reguladores submaestros (18, 19, 30, 32, 33, 34) correspondientes al plano de regulación inferior toma respectivamente las especificaciones del regulador maestro (17, 27) como valor de consigna inferior, las compara con un valor real inferior y a partir de ello determina una especificación para el funcionamiento de una pluralidad de instalaciones de energía eólica (11, 12, WEC), donde las especificaciones de los reguladores submaestros (18, 19, 30, 32, 33, 34) se implementan por reguladores de instalación de las instalaciones de energía eólica (11, 12, WEC) individuales.
7. Procedimiento según la reivindicación 6, caracterizado por que en el plano de regulación superior está previsto un segundo módulo de regulación (35), que tiene la misma tarea de regulación que el regulador maestro (17, 27) y que en el caso de una avería del regulador maestro (17, 27) asume activamente la tarea de regulación del regulador maestro (17, 27).
8. Procedimiento según la reivindicación 7, caracterizado por que las especificaciones del regulador maestro (17, 27) y del segundo módulo de regulación (35) se comparan entre sí.
9. Procedimiento según la reivindicación 8 o 9, caracterizado por que un módulo de regulación asociado a una instalación de energía eólica (11, 12, WEC) hace una consulta durante el arranque de la instalación de energía eólica (11, 12, WEC) sobre qué otros módulos de regulación ya están activos y por que mediante la consulta se decide si el módulo de regulación se activa como regulador maestro (17, 27), como regulador submaestro (18, 19, 30, 32, 33, 34) y/o como regulador de instalación para una instalación de energía eólica (11, 12, WEC) individual.
10. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 6 a 9, caracterizado por que los valores reales superiores y los valores de consigna superiores válidos para el regulador maestro (17, 27) se transmiten adicionalmente a los reguladores submaestros (18, 19, 30, 32, 33, 34).
11. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 6 a 10, caracterizado por que el valor real inferior se calcula a partir de una pluralidad de valores reales de la instalación.
12. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 6 a 11, caracterizado por que está previsto un sensor de medición (31) con el que se mide directamente el valor real inferior.

- 5 13. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 6 a 12, caracterizado por que un regulador submaestro (18, 19, 30, 32, 33, 34), cuando ya no recibe especificaciones del regulador maestro (17, 27), se sigue haciendo funcionar durante un período de tiempo predeterminado con las especificaciones recibidas en último término del regulador maestro (17, 27) y por que el regulador submaestro (18, 19, 30, 32, 33, 34) recurre a continuación a los valores de consigna inferiores predeterminados.
14. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 6 a 13, caracterizado por que los valores reales inferiores medidos por un sensor de medición (31), válidos para un regulador submaestro (18, 19, 30, 32, 33, 34) se transmiten a todos los reguladores submaestros (18, 19, 30, 32, 33, 34).
- 10 15. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 6 a 14, caracterizado por que la especificación del regulador maestro (17, 27) válida para un regulador submaestro (18, 19, 30, 32, 33, 34) como valor de consigna inferior se transmite a todos los reguladores submaestros (18, 19, 30, 32, 33, 34).

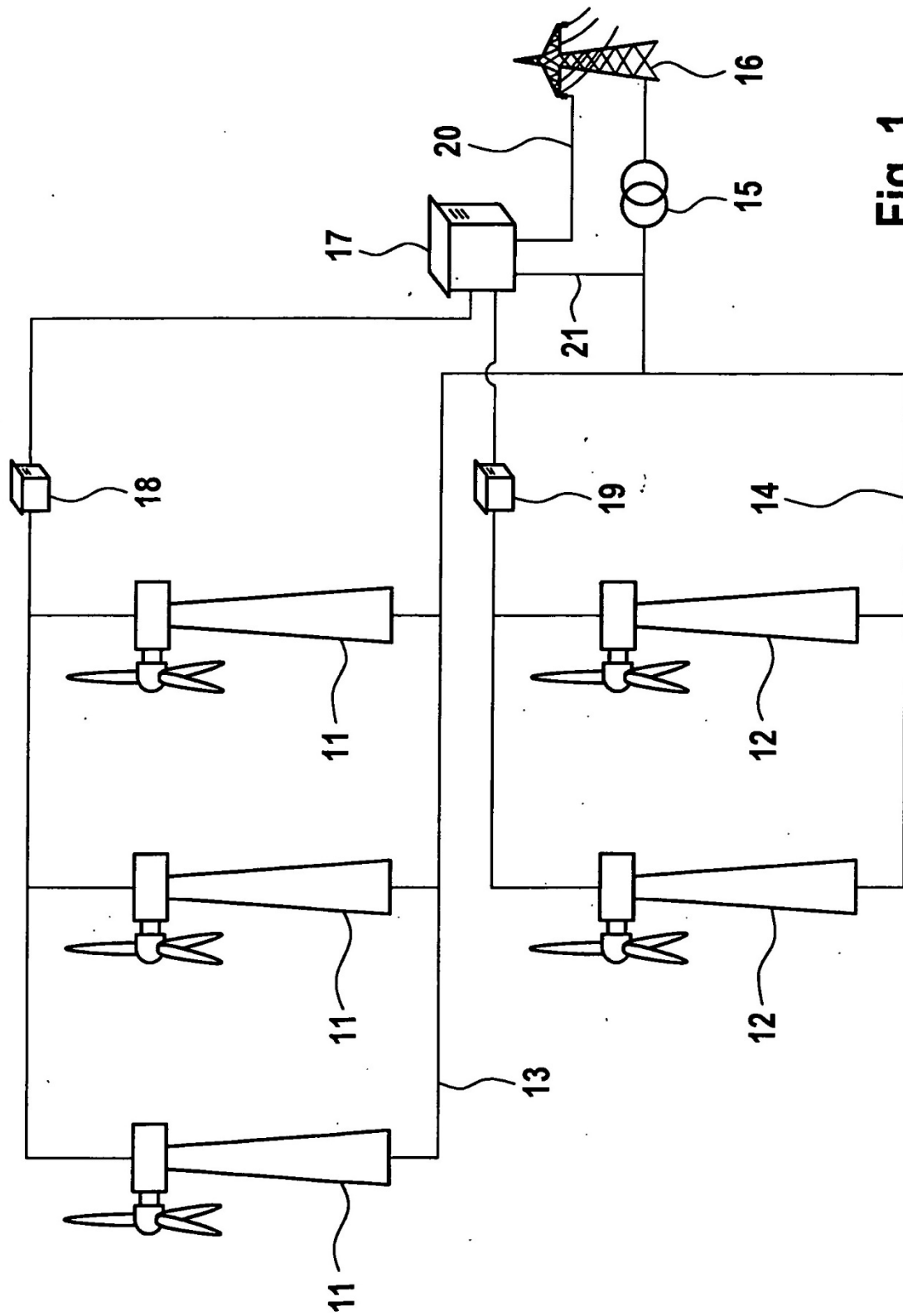


Fig. 1

