

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 533 843**

51 Int. Cl.:

F03D 7/02 (2006.01)

F03D 11/00 (2006.01)

F03D 7/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.11.2009 E 09014142 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.01.2015 EP 2192298**

54 Título: **Aerogenerador con un dispositivo de control central y una unidad de control en el rotor así como procedimiento para operar un aerogenerador de este tipo**

30 Prioridad:

19.11.2008 DE 102008057934

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

15.04.2015

73 Titular/es:

**NORDEX ENERGY GMBH (100.0%)
Langenhorner Chaussee 600
22419 Hamburg, DE**

72 Inventor/es:

**KABATZKE, WOLFGANG y
HOSE, GERD**

74 Agente/Representante:

ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María

ES 2 533 843 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

Aerogenerador con un dispositivo de control central y una unidad de control en el rotor así como procedimiento para operar un aerogenerador de este tipo

5

La invención se refiere a un aerogenerador con una góndola, un rotor que presenta al menos una pala de rotor cuyo ángulo de paso puede regularse, un dispositivo de control central para controlar el aerogenerador y una unidad de control dispuesta en el rotor para controlar el ángulo de paso de la pala del rotor, pudiendo el dispositivo de control central y la unidad de control en el rotor intercambiar datos entre sí a través de una conexión de datos que comprende al menos un primer dispositivo emisor-receptor del lado de la góndola y al menos un segundo dispositivo emisor-receptor del lado del rotor, así como un procedimiento para operar un aerogenerador de este tipo.

10

A partir del documento DE202005011896U1 se conoce un aerogenerador en el que el rotor presenta una unidad de control con un dispositivo de regulación que regula el ángulo de paso de las palas del rotor. La unidad de control está conectada con un dispositivo receptor, a través del cual recibe señales de control de un control central. La unidad de control comprende un módulo de perturbaciones que, al recibir una señal de perturbación, realiza un ajuste de las palas del rotor para casos de perturbación a la posición "fuera del viento" para disponer el aerogenerador en un estado seguro. El control central y la unidad de control en el rotor están conectados a través de una conexión por radio analógica. La señal de perturbación se transmite a través de la conexión por radio, mostrando preferiblemente la interrupción de una señal permanente enviada de forma continua una perturbación de la conexión por radio.

15

20

A partir del documento WO2006/069573A1 se ha dado a conocer un aerogenerador en el que se ha configurado de forma redundante un control para componentes principales del aerogenerador.

25

A partir del documento EP2080900A2 se ha dado a conocer un aerogenerador con varias subunidades y un procedimiento para su operación. En este caso, los controles pueden operarse en un modo de trabajo común o en un modo de trabajo aislado. En el modo de trabajo común, un control trabaja como maestro y los restantes controles funcionan como controles esclavos. En el modo de trabajo aislado, cada control es responsable en exclusiva de su tarea de control.

30

Partiendo de ello, el objetivo de la invención es facilitar un aerogenerador y un procedimiento para su operación que permitan un funcionamiento más seguro y fiable.

35

Este objetivo se alcanza mediante el aerogenerador con las características de la reivindicación 1 y gracias al procedimiento para la operación de un aerogenerador con las características de la reivindicación 9. Configuraciones ventajosas se indican en las reivindicaciones subordinadas subsiguientes en cada caso.

40

El aerogenerador según la invención presenta un rotor que dispone de al menos una pala de rotor cuyo ángulo de paso puede regularse, un dispositivo de control central para controlar el aerogenerador y una unidad de control dispuesta en el rotor para controlar el ángulo de paso de la pala del rotor, pudiendo el dispositivo de control central y la unidad de control en el rotor intercambiar datos entre sí a través de una conexión de datos que comprende al menos un primer dispositivo emisor-receptor en el lado de la góndola y al menos un segundo dispositivo emisor-receptor en el lado del rotor, y la conexión de datos presenta una conexión de red inalámbrica con un protocolo de comunicación orientado a la seguridad.

45

El rotor del aerogenerador puede presentar un eje horizontal, preferiblemente, dispone de tres palas de rotor. El dispositivo de control central controla todas las funciones del aerogenerador. Asimismo, a menudo se configura como sistema de hardware central con un software especializado para la gestión del funcionamiento. La unidad de control dispuesta en el rotor se encuentra preferiblemente en el buje del rotor. El dispositivo de ajuste para cada pala del rotor comprende un accionamiento, preferiblemente, un motor eléctrico, que se controla mediante una unidad de control de accionamiento. El accionamiento actúa, eventualmente a través de un mecanismo adecuado, sobre la pala del rotor que está dispuesta en el buje de modo que puede girar alrededor de su eje longitudinal.

50

55

A diferencia de la conexión analógica por radio conocida a partir del estado de la técnica, en el caso de la invención se emplea una conexión de red inalámbrica con un protocolo de comunicación orientado a la seguridad para la conexión de datos inalámbrica entre el dispositivo de control central y la unidad de control en el rotor. El uso de una conexión de red permite la transmisión de cantidades muy grandes de datos, gracias a lo cual pueden implementarse operaciones de control y regulación más complejas y, en especial, también más rápidas. Gracias al

protocolo de comunicación orientado a la seguridad, se incrementa fundamentalmente la seguridad y fiabilidad de la transmisión de datos. La expresión "orientado a la seguridad" significa que el protocolo de comunicación comprende medidas definidas que evitan fallos de comunicación. Ejemplos de este tipo de medidas que garantizan un intercambio sin fallos de los datos son el uso de una modulación tolerante contra perturbaciones y una reducción encauzada de la velocidad de transferencia de los datos en etapas definidas para mantener la conexión de datos cuando esta se ve perjudicada por influencias perturbadoras.

Gracias a la elevada fiabilidad de la conexión de red inalámbrica, puede reducirse fundamentalmente la frecuencia de paradas de emergencia que se activan en los aerogeneradores convencionales con el gran número de fallos de la conexión de datos. Esto influye directamente en la vida útil del aerogenerador dado que cada parada de emergencia representa una carga para los componentes afectados que es relevante para su vida útil.

La conexión de red inalámbrica comprende un primer dispositivo emisor-receptor en la góndola o junto a esta y un segundo dispositivo emisor-receptor en el rotor del aerogenerador o junto a este. Gracias a ello, también en caso de un dispositivo de control central dispuesto en el pie de la torre puede implementarse una conexión de red inalámbrica orientada a la seguridad con un tramo de radiotransmisión corto, lo cual mejora la seguridad de la transmisión.

El protocolo de comunicación puede cumplir, en especial, los requisitos de seguridad conformes a Nivel de Integridad de Seguridad 3 (SIL 3, por sus siglas en inglés) de la norma IEC 61508 y requisitos de seguridad equiparables, así como estar cifrado de forma correspondiente. La expresión "requisitos de seguridad equiparables" define, por ejemplo, la norma EN 954-1 en la categoría 4 y la norma ISO 13489 que sustituye a esta especificación. Gracias a la observancia de estas normas, la comunicación entre el dispositivo de control central y la unidad de control puede cumplir los máximos requisitos de seguridad conocidos en la industria de producción y procesos. Esto es importante en especial para el ajuste de las palas relevante para la seguridad. Los protocolos de comunicación adecuados presentan, entre otras cosas, un control temporizador (Watch Dog), una codificación identificativa entre emisor y receptor, por ejemplo, mediante direcciones de comunicación inequívocas, una comprobación de redundancia cíclica (CRC) optimizada para detectar bits de datos falseados de un telegrama, una detección automática de fallos y retransmisión de fallos por la red y una detección automática de re-arranque. Gracias a ello pueden tratarse todas las posibilidades de fallo durante la transmisión de mensajes, tales como falseamiento de dirección, pérdida, retraso, etc.

En el primer y en el segundo dispositivo emisor-receptor está dispuesto en cada caso un dispositivo de supervisión y comunicación que puede supervisar el correcto funcionamiento del dispositivo emisor-receptor correspondiente y, en caso de fallo, iniciar una acción predeterminada. La acción predeterminada puede ser, por ejemplo, la transmisión de un mensaje de fallo, la predeterminación de una potencia reducida, el ajuste de un ángulo de paso de seguridad o la puesta en funcionamiento de un componente de hardware. Los dispositivos de supervisión y comunicación pueden estar compuestos por componentes que cumplen en sí mismos los requisitos de seguridad antes especificados de conformidad con las normas pertinentes y, eventualmente, pueden estar certificados de forma correspondiente. Los dispositivos de supervisión y comunicación comprueban constantemente si los dispositivos emisores-receptores supervisados funcionan correctamente, es decir, en especial, si la intensidad de campo, la alimentación de corriente, el estado de las antenas y la velocidad de la comunicación se encuentran dentro de un intervalo de tolerancia predeterminado. Si, debido a una desviación, se constatan uno o varios fallos, el dispositivo de control central o uno de los dispositivos de supervisión y comunicación pueden incluso emprender medidas adecuadas para contrarrestarlos, en especial, es posible realizar una conmutación en el momento oportuno a un componente de hardware redundante, por ejemplo, un segundo dispositivo emisor-receptor.

Según la invención, los dos dispositivos de supervisión y comunicación están conectados entre sí mediante una línea eléctrica que presenta un anillo colector y están configurados para el intercambio continuo de mensajes de estado a través de la línea eléctrica. La comunicación a través de un anillo colector entre la góndola y el buje se conoce de los aerogeneradores convencionales y se utiliza allí para la transmisión de comandos de control, por ejemplo, la especificación de un ángulo de paso. En el caso de la invención, esta conexión de datos alternativa a través del anillo colector solo se utiliza, en el funcionamiento regular, para el intercambio de mensajes de estado entre los dos dispositivos de supervisión y comunicación. De esta manera, no se transmite información directamente relevante para la seguridad a través de la conexión con anillo colector que básicamente es propensa a fallos. Gracias a ello, por una parte, se crea una posibilidad de comunicación independiente de la conexión de radiotransmisión entre los dos dispositivos de supervisión y comunicación y, por otra parte, este canal de comunicación adicional está activo constantemente y, en caso de que falle la conexión por radio, puede utilizarse de inmediato también para la comunicación de datos ("hot standby").

- En una configuración muy ventajosa, la conexión de red inalámbrica es una conexión denominada “Red de Área Local Inalámbrica Industrial” (o iWLAN, sigla en inglés de Industrial Wireless Local Area Network). Esta tecnología propietaria puede garantizar, en especial, una transmisión en tiempo real de los datos mediante una tecnología conocida como “Función de Coordinación de Puntos Industriales” (o iPCF, sigla en inglés de Industrial Point Coordination Function). Especialmente, la comunicación en tiempo real también puede garantizarse si abonados móviles se desplazan en el campo de radioenlace. Al mismo tiempo, se cumplen los estándares IEEE 802.11, es decir, la conexión de red inalámbrica es compatible con redes WLAN estándar.
- 10 En una configuración muy ventajosa, en el rotor está dispuesto uno o varios botones de parada de emergencia cuyo accionamiento puede comunicarse al dispositivo de control central a través de una red, estando configurado un componente de la red como conexión de red inalámbrica. Este tipo de botones de parada de emergencia deben posibilitar, en caso de emergencia, una detención inmediata del aerogenerador. Deben imponerse los máximos requisitos a la fiabilidad de su funcionamiento. Para ello, normalmente se antepone una conexión eléctrica independiente desde el rotor al dispositivo de control central, lo cual significa un elevado coste. Si, tal como en el caso de la invención, para la comunicación entre el dispositivo de control central y la unidad de control en el rotor está prevista una conexión de red inalámbrica suficientemente segura, esta también puede utilizarse para la transmisión de la señal del botón de parada de emergencia de modo que no sea necesario el coste adicional mencionado para la cadena de seguridad.
- 15 20 En una configuración muy ventajosa, el primer y el segundo dispositivo emisor-receptor están previstos en una realización múltiple en cada caso. Gracias a esta realización redundante de los dispositivos emisores-receptores, dado el caso, incluyendo las antenas correspondientes en cada caso, puede mantenerse la conexión de red inalámbrica también en caso de una avería de un dispositivo emisor-receptor.
- 25 Según una configuración, el primer dispositivo emisor-receptor está conectado, a través de una red por cable, con el dispositivo de control central, pudiendo estar configurada también la red por cable como conexión de fibra óptica. En otra configuración ventajosa, el segundo dispositivo emisor-receptor está conectado, a través de una red por cable, con la unidad de control en el rotor, pudiendo estar configurada también esta red por cable como conexión de fibra óptica. En especial, está previsto utilizar también estas redes por cable en conexión con un protocolo de comunicación orientado a la seguridad. Gracias a ello puede aprovecharse, por una parte, el ancho de banda de la conexión de red inalámbrica y, por otra parte, también la elevada fiabilidad y seguridad de transmisión a través de toda la conexión de datos entre el dispositivo de control central y la unidad de control en el rotor.
- 30 35 En una configuración ventajosa, la línea eléctrica entre los dos dispositivos de supervisión y comunicación es un sistema de bus según el principio maestro–esclavo, en el que el dispositivo de supervisión y comunicación dispuesto en la góndola o junto a esta es el maestro y el dispositivo de supervisión y comunicación dispuesto en el rotor o junto a este es el esclavo. Esto permite una comunicación de datos efectiva iniciada por el dispositivo de supervisión y comunicación dispuesto en la góndola o junto a ella.
- 40 Según una configuración ventajosa, el dispositivo de ajuste de pala presenta un dispositivo de supervisión que puede determinar continuamente el ángulo de paso real y compararlo con un valor teórico transmitido por el dispositivo de control central. Por tanto, está previsto un dispositivo de supervisión independiente que, al igual que también los dispositivos de supervisión y comunicación de los dispositivos emisores-receptores, puede estar compuesto por componentes orientados a la seguridad. El dispositivo de supervisión está presente de forma adicional a un dispositivo de regulación para el ángulo de paso. El objetivo de la comparación teórico – real que realiza el dispositivo de supervisión no es la regulación del ángulo de paso en sí misma sino la detección de fallos de la función de regulación realizada por el dispositivo de control central. A través del dispositivo de supervisión para el dispositivo de ajuste de las palas se introduce una etapa de seguridad adicional en el sistema de ajuste de las palas que puede impedir de forma segura un ajuste arbitrario del ángulo de paso que no se adecúe a un determinado comando de control.
- 45 50 El dispositivo de supervisión descrito para el dispositivo de ajuste de las palas también puede utilizarse de forma útil independientemente de la conexión de red inalámbrica entre el dispositivo de control central y la unidad de control en el rotor. Asimismo, en conexión con otras técnicas de comunicación conocidas entre el dispositivo de control central y la unidad de control, la supervisión del dispositivo de ajuste de las palas ofrece ventajas para la seguridad operativa del aerogenerador.

En una configuración ventajosa, el dispositivo de supervisión del dispositivo de ajuste de las palas presenta uno o

varios sensores independientes para el ángulo de paso y/o para la corriente de un motor del dispositivo de ajuste de las palas y/o para la tensión de un motor del dispositivo de ajuste de las palas y/o para el régimen de revoluciones de un motor del dispositivo de ajuste de las palas, siendo independientes el sensor o los sensores independientes de los sensores valorados por el dispositivo de control central. Por tanto, en esta configuración tiene lugar una
 5 determinación del ángulo de paso real independiente de los parámetros de entrada del dispositivo de control central. Gracias a ello, puede supervisarse de forma fiable el funcionamiento del dispositivo de ajuste de las palas, incluyendo los sensores asociados valorados por el dispositivo de control central.

En una configuración ventajosa, el dispositivo de supervisión del dispositivo de ajuste de las palas está configurado
 10 para comprobar continuamente la plausibilidad de los datos registrados por el o los sensores independientes y los comandos de control y/o valores teóricos transmitidos por el dispositivo de control central y, en caso de desviaciones, colocar la pala de rotor correspondiente en una posición segura mediante el ajuste del ángulo de paso. A diferencia de un dispositivo de ajuste convencional para el ángulo de paso, el cual realiza fundamentalmente una comparación entre valores teóricos y reales, el dispositivo de supervisión puede estar configurado de modo que
 15 pueda analizar relaciones complejas entre los valores medidos y teóricos y/o comandos de control. Por ejemplo, un comando de control transmitido por el dispositivo de control central de desplazar las palas del rotor un ángulo determinado puede relacionarse con los valores eléctricos medidos del motor utilizado para el ajuste y la velocidad de ajuste determinada por los sensores independientes. Gracias a ello, pueden detectarse, por ejemplo, dificultades en un mecanismo u otros perjuicios del funcionamiento del dispositivo de ajuste. Si el dispositivo de supervisión
 20 constata una desviación que indica un fallo que perjudica la seguridad del funcionamiento, puede llevar la correspondiente pala del rotor o todas las palas del rotor a una posición de seguridad, por ejemplo, a la posición fuera del viento. También es concebible y ventajosa una continuación encauzada del funcionamiento a una zona con reducida carga, por ejemplo, mediante una reducción de la potencia.

25 En una configuración ventajosa está previsto un dispositivo de ajuste de pala independiente para cada una de las palas del rotor. Esto permite una supervisión aún más precisa de las operaciones durante el ajuste de las palas.

Según una configuración ventajosa, los dispositivos de supervisión para cada una de las palas del rotor están conectados entre sí mediante una red que utiliza un protocolo de comunicación orientado a la seguridad.
 30 Preferiblemente, se emplea una red anular. Gracias a ello, es posible una comunicación activa entre los dispositivos de supervisión en el buje. En especial, puede realizarse una comparación y, dado el caso, una compensación entre los datos medidos e implementarse un control de plausibilidad ampliado en este sentido.

En una configuración ventajosa, el dispositivo emisor-receptor presenta en el rotor o junto a este al menos una
 35 antena que está formada por una guía de ondas con fugas y está dispuesta en la zona del lado del buje dirigido a la góndola. Preferiblemente, la guía de ondas con fugas es un cable coaxial con pequeñas aberturas en el apantallamiento, denominado un "cable RCoax". Básicamente, para los dispositivos emisores-receptores puede utilizarse cualquier antena, por ejemplo, antenas de varillas adecuadas. Sin embargo, la configuración con una guía de ondas con fugas permite una mejor adaptación al tramo de radiotransmisión y a las intensas e inevitables
 40 perturbaciones electromagnéticas en la zona de la góndola de un aerogenerador. Gracias a la disposición en la zona del lado del buje dirigido a la góndola, puede reducirse a un mínimo la extensión del tramo de radiotransmisión.

Según una configuración ventajosa, la antena tiene una forma anular y está dispuesta simétricamente al eje del rotor. Esta disposición conlleva que las condiciones de la conexión por radio sean en gran medida independientes
 45 del movimiento de giro del rotor. En especial, la separación entre la antena en el rotor y la otra antena dispuesta en la góndola o junto a esta no se ve influenciada por el movimiento de giro.

Preferiblemente, la antena para el dispositivo emisor-receptor en el rotor o junto a este y/o en la góndola o junto a ella se dota de una protección contra rayos independiente. Esta medida sirve para la seguridad operativa.
 50

En una configuración ventajosa, el dispositivo emisor-receptor en la góndola o junto a ella presenta al menos una antena que está formada por una guía de ondas con fugas y está dispuesta en la zona del lado de la góndola dirigido al buje, cerca del buje. Esta configuración sirve para minimizar las perturbaciones en la conexión de red
 55 inalámbrica.

En una configuración ventajosa, el dispositivo de control central y/o la unidad de control y/o los dispositivos de supervisión y comunicación y/o las conexiones de red están realizadas de forma que sean seguras frente a fallos y/o altamente disponibles. La expresión "altamente disponibles" significa especialmente que, por ejemplo, se utilizan dos microprocesadores o controles del mismo tipo y, en caso de fallo, puede conmutarse de un sistema principal a un

sistema de reserva. En este sentido, pueden conseguirse actualmente tiempos de conmutación inferiores a 10 ms, lo cual permite un funcionamiento continuo de un aerogenerador. El sistema operativo interno de un sistema altamente disponible de este tipo se ocupa de que se ejecuten de forma sincrónica entre sí todos los comandos cuya ejecución ocasionaría diferentes estados en los dos sistemas alternativos. La expresión “seguro frente a fallos” significa que un fallo no pueda conllevar accidentes o daños. Los sistemas seguros frente a fallos deben garantizar la máxima seguridad para las personas, la máquina y el medio ambiente. A menudo, los sistemas seguros frente a fallos también se denominan “sistemas orientados a la seguridad”. Un control orientado a la seguridad se supervisa de forma autónoma, detecta fallos por sí mismo y, al acaecer un fallo, pasa inmediatamente a un estado seguro o se mantiene en un estado de este tipo.

10

El procedimiento según la invención sirve para operar un aerogenerador que presenta una góndola, un rotor con al menos una pala de rotor cuyo ángulo de paso puede regularse, un dispositivo de control central que controla el aerogenerador y una unidad de control dispuesta en el rotor que controla el ángulo de paso, pudiendo el dispositivo de control central y la unidad de control en el rotor intercambiar datos entre sí a través de una conexión de datos que comprende al menos un primer dispositivo emisor-receptor en el lado de la góndola y al menos un segundo dispositivo emisor-receptor en el lado del rotor, intercambiándose los datos a través de una conexión de red inalámbrica con un protocolo de comunicación orientado a la seguridad, estando asociados el primer y el segundo dispositivo emisor-receptor a un dispositivo de supervisión y comunicación en cada caso que supervisa el funcionamiento del dispositivo emisor-receptor y, en caso de un fallo, inicia una acción predeterminada. Para explicar el procedimiento se prescinde de las realizaciones anteriores relativas al aerogenerador. A continuación, se explican de forma complementaria algunas particularidades del procedimiento reivindicado.

La conexión de red inalámbrica un primer dispositivo emisor-receptor dispuesto en la góndola o junto a esta y un segundo dispositivo emisor-receptor dispuesto en el rotor o junto a este, los cuales están asociados a un dispositivo de supervisión y comunicación en cada caso que supervisa el correcto funcionamiento del dispositivo emisor-receptor correspondiente y, en caso de un fallo, puede, por ejemplo, transmitir un mensaje de fallo o iniciar otra acción.

Según la invención, los dos dispositivos de supervisión y comunicación están conectados entre sí mediante una línea eléctrica que presenta un anillo colector, a través de la cual intercambian constantemente mensajes de estado entre sí.

Según una configuración ventajosa, en caso de un fallo de la conexión de red inalámbrica, los dos dispositivos de supervisión y comunicación no solo intercambian información de estado sino también datos de control sobre la conexión eléctrica.

En otra configuración ventajosa, en caso de un fallo más prolongado y/o grave del intercambio de datos a través de la conexión de red inalámbrica, la conexión eléctrica entre los dos dispositivos de supervisión y comunicación se utiliza para una detención controlada del aerogenerador. Es decir, el aerogenerador no tiene que detenerse con cualquier fallo del intercambio de datos a través de la conexión de red inalámbrica. Si se trata de un fallo muy breve o clasificado como leve, puede mantenerse el funcionamiento del aerogenerador mediante la transmisión de datos de control a través de la conexión eléctrica entre los dos dispositivos de supervisión y comunicación. Si se trata de un fallo de la conexión de red inalámbrica más prolongado y/o clasificado como grave, tampoco es necesario realizar una parada de emergencia repentina sino que sigue siendo posible una detención controlada del aerogenerador. Esta es una ventaja esencial con repercusiones positivas directas en la vida útil del aerogenerador.

A continuación, se explica de forma detallada la invención mediante un ejemplo de realización ilustrado en cuatro figuras. Muestran:

la fig. 1, góndola, rotor y dispositivo de control central de un aerogenerador según la invención en una representación esquemática muy simplificada;

la fig. 2, un diagrama de bloques esquemático de componentes seleccionados de un aerogenerador según la invención;

55

la fig. 3, detalles de la conexión de red inalámbrica en una representación esquemática muy simplificada; y

la fig. 4, detalles de la unidad de control en el rotor del aerogenerador según la invención en un diagrama de bloques esquemático muy simplificado.

El aerogenerador mostrado en la figura 1 presenta un rotor compuesto por un buje 12 y palas de rotor 10 cuyo ángulo de paso puede regularse. Un eje de rotor 14 conecta el rotor con una góndola 16, que está colocada en la torre —no mostrada— del aerogenerador y presenta, entre otras cosas, un generador para transformar la energía eólica captada por el rotor en energía eléctrica. Un dispositivo de control central 18 del aerogenerador se encuentra en la torre o en la góndola. Está conectado, a través de una red por cable 30, con un dispositivo de supervisión y comunicación 32 que está asociado a dos primeros dispositivos emisores-receptores 22 cuyo correcto funcionamiento supervisa, estando dispuestos en la góndola los primeros dispositivos emisores-receptores 22 y el dispositivo de supervisión y comunicación 32. Cada dispositivo emisor-receptor 22 presenta una antena 24 que está montada en la góndola con pies de montaje. Los pies de montaje están anclados en la góndola. Cada una de las antenas presenta un dispositivo de protección contra rayos —no mostrado—.

En el buje 12 del rotor, están dispuestos dos segundos dispositivos emisores-receptores 26 que están conectados con una antena 28 en cada caso. Las antenas 28 están configuradas preferiblemente como antenas anulares. Cada una de las antenas anulares está formada por lo que se denomina “una guía de ondas con fugas”, también conocida frecuentemente como “cable RCoax”, que está dispuesta simétricamente al eje del rotor 14 en forma anular alrededor del buje 12 o alrededor del eje del rotor 14 en el lado del buje 12 dirigido a la góndola 16. En este caso, las antenas anulares mantienen preferiblemente una separación de aproximadamente 50 cm respecto al buje o a otros objetos metálicos. También estas antenas presentan un dispositivo de protección contra rayos. La conexión entre las antenas 28 y los dos dispositivos emisores-receptores 26 se realiza a través de un cable en cada caso que pasa a través del buje de modo que no puede penetrar agua en el buje. De forma alternativa a las antenas anulares, también pueden disponerse tres a cuatro antenas individuales de forma estanca en el lado del buje 12 dirigido a la góndola 16. También a los segundos dispositivos emisores-receptores 26 está asociado un dispositivo de supervisión y comunicación 34.

Como se desprende de la figura 1, los primeros dispositivos emisores-receptores 22 y los segundos dispositivos emisores-receptores 26, incluidas las antenas 24 o 28 correspondientes, están realizados de forma correspondiente.

Mediante una conexión de red inalámbrica 76, los primeros dispositivos emisores-receptores 22 están conectados con los segundos dispositivos emisores-receptores 26.

Una conexión eléctrica 56 conecta el dispositivo de supervisión y comunicación 32 en la góndola 16 con el dispositivo de supervisión y comunicación 34 en el buje 12. La conexión eléctrica 56 presenta un anillo colector.

La figura 2 muestra otros componentes del sistema mostrado en la figura 1. El dispositivo de supervisión y comunicación 34 está conectado con la unidad de control 36 en el rotor del aerogenerador —solo indicada en la figura 2— mediante otra red inalámbrica 38.

El convertidor principal 42 del aerogenerador está conectado con la red por cable 30 a través de un acoplador de red 40. Mediante otro acoplador de red 44 está conectada la red por cable 30 con sensores 46, pudiendo ser consultados sus valores de medición por el dispositivo de control central 18 a través de la red 30. Otro acoplador de red 48 sirve para la conexión de una rama de red o sistema bus 50 adicional, a través del cual se conectan con la conexión de red 30 dispositivos de entrada-salida estándares 52 y, adicionalmente, dispositivos de entrada-salida relevantes para la seguridad 54. Entre los dispositivos de entrada-salida relevantes para la seguridad 54 se encuentran en especial un botón de parada de emergencia y un medidor de vibraciones.

El dispositivo de control central 18 está realizado preferiblemente de forma segura frente a fallos y/o altamente disponible. También los componentes del dispositivo de supervisión y comunicación 32, 34 están realizados preferiblemente de forma segura frente a fallos y/o altamente disponibles.

La comunicación entre los primeros dispositivos emisores-receptores 22 y los segundos dispositivos emisores-receptores 26 se ilustra nuevamente en la figura 3. Conviene observar la construcción redundante de los dispositivos emisores-receptores 22 o 26, incluidas las antenas correspondientes. A cada par de dispositivos emisores-receptores 22 o 26 está asociado un dispositivo de supervisión y comunicación 32 o 34. Entre los dos dispositivos de supervisión y comunicación 32 o 34 existe, alternativamente a la conexión de red inalámbrica 76, una conexión eléctrica 56 que presenta un anillo colector y se utiliza en el funcionamiento “hot standby” (espera en caliente o activa) para el intercambio continuo de información de estado con una reducida velocidad de transferencia de datos. En relación con esta conexión eléctrica 56, el dispositivo de supervisión y comunicación 32 asociado a los primeros dispositivos emisores-receptores 22 está realizado como maestro y el dispositivo de supervisión y comunicación 34

asociado a los segundos dispositivos emisores-receptores 26 está realizado como esclavo. En caso de fallo de la conexión de red inalámbrica 76, los datos necesarios para el funcionamiento del aerogenerador pueden transmitirse a través de la conexión eléctrica 56. No obstante, este modo de funcionamiento solo se mantiene por un breve periodo de tiempo predeterminado. Si la conexión de red inalámbrica 76 no se ha restaurado una vez transcurrido ese periodo de tiempo, el dispositivo de control central 18 detiene el aerogenerador a través de la conexión eléctrica 56. Incluso en este caso de un fallo grave y/o duradero de la conexión de red inalámbrica 76, puede evitarse una parada de emergencia abrupta del aerogenerador.

El dispositivo de supervisión y comunicación 32 está conectado, a través de la red por cable 30, con el dispositivo de control central 18. El dispositivo de supervisión y comunicación 34 está conectado, a través de la red por cable 38, con la unidad de control 36.

Esto último se ilustra también en la figura 4, en la que los segundos dispositivos emisores-receptores 26 se muestran a la izquierda. La red por cable 38 está configurada de forma anular y conecta el dispositivo de supervisión y comunicación 34, a través de tres acopladores de red 58, con tres dispositivos de ajuste de pala 601, 602, 603 que están asociados en cada caso a una pala de rotor —no mostradas—.

Cada dispositivo de ajuste de pala 601, 602, 603 comprende una unidad de control de accionamiento 62 para controlar un motor eléctrico 64 que puede ajustar la pala del rotor, dado el caso, a través de un mecanismo adecuado. Cada dispositivo de ajuste de pala 601, 602, 603 presenta además un dispositivo de supervisión 68 que supervisa el correcto funcionamiento del dispositivo de ajuste de pala. Con el árbol del motor eléctrico 64 está conectada una unidad de sensor 66. El régimen de revoluciones y/o la posición determinados por la unidad de sensor 66 se transmite a la unidad de control de accionamiento 62 y al dispositivo de supervisión 68. Un acumulador de energía presente de forma independiente para cada dispositivo de ajuste de pala 601, 602, 603 alimenta energía eléctrica a la unidad de control de accionamiento 62, el dispositivo de supervisión 68 y todos los demás componentes de los dispositivos de ajuste de pala 601, 602, 603 así como el dispositivo de supervisión y comunicación 34.

A través de otro acoplador de red 72, la red por cable 38 está acoplada con dispositivos de entrada-salida relevantes para la seguridad 74, en especial, con un botón de parada de emergencia y un detector de vibraciones.

REIVINDICACIONES

1. Aerogenerador con una góndola (16), un rotor que presenta al menos una pala (10) cuyo ángulo de paso puede regularse, un dispositivo de control central (18) para controlar el aerogenerador y una unidad de control (36) dispuesta en el rotor para controlar el ángulo de paso de la al menos una pala (10), pudiendo el dispositivo de control central (18) y la unidad de control (36) en el rotor intercambiar datos entre sí a través de una conexión de datos que comprende al menos un primer dispositivo emisor-receptor en el lado de la góndola (22) y al menos un segundo dispositivo emisor-receptor en el lado del rotor (26), estando prevista una conexión de red inalámbrica (76) con un protocolo de comunicación orientado a la seguridad entre el al menos un primer dispositivo emisor-receptor (22) y el al menos un segundo dispositivo emisor-receptor (26), y al primer y al segundo dispositivo emisor-receptor (22, 26) está asociado un dispositivo de supervisión y comunicación (32, 34) en cada caso que supervisa el funcionamiento de los dispositivos emisores-receptores (22, 26) y, en caso de un fallo, puede iniciar una determinada acción, **caracterizado porque** los dispositivos de supervisión y comunicación (32, 34) están conectados entre sí mediante una conexión eléctrica (56) que presenta un anillo colector para el intercambio continuo de mensajes de estado.
2. Aerogenerador según la reivindicación 1, **caracterizado porque** en el rotor se dispone al menos un botón de parada de emergencia (74) cuyo accionamiento puede comunicarse al dispositivo de control (18) a través de una red, representando la conexión de red inalámbrica (76) un componente de esta red.
3. Aerogenerador según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado porque** el primer y el segundo dispositivo emisor-receptor (22, 26) están previstos en una realización redundante en cada caso.
4. Aerogenerador según la reivindicación 1 a 3, **caracterizado porque** la unidad de control (36) presenta al menos un dispositivo de ajuste de pala (601, 602, 603), al que está asociado un dispositivo de supervisión (68) que puede determinar continuamente el ángulo de paso real y compararlo con un valor teórico predeterminado por el dispositivo de control central (18).
5. Aerogenerador según la reivindicación 4, **caracterizado porque** el dispositivo de supervisión (68) asociado al dispositivo de ajuste de pala (601, 602, 603) presenta uno o varios sensores independientes para el ángulo de paso y/o para la corriente de un motor eléctrico (64) del dispositivo de ajuste de pala (601, 602, 603) y/o para la tensión de un motor eléctrico (64) del dispositivo de ajuste de pala (601, 602, 603) y/o para el régimen de revoluciones de un motor eléctrico (64) del dispositivo de ajuste de pala (601, 602, 603), siendo independientes el o los sensores independientes de los sensores valorados por el dispositivo de control central (18).
6. Aerogenerador según la reivindicación 4 o 5, **caracterizado porque** el dispositivo de supervisión (68) asociado al dispositivo de ajuste de pala (601, 602, 603) está configurado para comprobar constantemente la plausibilidad de los datos registrados por el o los sensores independientes y los comandos de control y/o valores teóricos transmitidos por el dispositivo de control central (18), y, en caso de desviaciones, llevar la pala de rotor (10) correspondiente a una posición de seguridad mediante el ajuste del ángulo de paso.
7. Aerogenerador según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado porque** el segundo dispositivo emisor-receptor (26) en el rotor o junto a este presenta al menos una antena (28) que está formada por una guía de ondas con fugas y está dispuesta en la zona del lado del buje (12) dirigido a la góndola (16).
8. Aerogenerador según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado porque** el dispositivo emisor-receptor (22) en la góndola o junto a esta presenta al menos una antena (24) que está formada por una guía de ondas con fugas y está dispuesta en la zona del lado de la góndola (16) dirigido al buje (12), cerca del buje (12).
9. Procedimiento para operar un aerogenerador con una góndola, un rotor que presenta al menos una pala (10) cuyo ángulo de paso puede regularse, un dispositivo de control central (18) que controla el aerogenerador y una unidad de control (36) dispuesta en el rotor que controla el ángulo de paso de la al menos una pala (10), pudiendo el dispositivo de control central (18) y la unidad de control (36) en el rotor intercambiar datos entre sí a través de una conexión de datos que comprende al menos un primer dispositivo emisor-receptor en el lado de la góndola (22) y al menos un segundo dispositivo emisor-receptor en el lado del rotor (26), intercambiándose los datos a través de una conexión de red inalámbrica (76) con un protocolo de comunicación orientado a la seguridad, estando asociado al primer y al segundo dispositivo emisor-receptor (22, 26) un dispositivo de supervisión y comunicación (32, 34) en cada caso que supervisa el funcionamiento de los dispositivos emisores-receptores (22, 26) y, en caso de un fallo, inicia una determinada acción, y estando conectados entre sí los dispositivos de

supervisión y comunicación (32, 34) a través de una conexión eléctrica (56) que presenta un anillo colector, a través de la cual intercambian continuamente mensajes de estado entre sí.

10. Procedimiento según la reivindicación 9, **caracterizado porque** en el rotor está dispuesto al menos un
5 botón de parada de emergencia (74) cuyo accionamiento se notifica al dispositivo de control central (18) a través de una red, representando la conexión de red inalámbrica (76) un componente de dicha red.

11. Procedimiento según la reivindicación 9, **caracterizado porque**, en caso de un fallo de la conexión de
10 red inalámbrica (76), los dos dispositivos de supervisión y comunicación (32, 34) no solo transmiten información de estado sino también datos de control a través de la conexión eléctrica (56).

12. Procedimiento según una de las reivindicaciones 9 a 11, **caracterizado porque** el dispositivo de
ajuste de pala (601, 602, 603) presenta en cada caso un dispositivo de supervisión (68) asociado que determina
15 continuamente el ángulo de paso real y/o su variación y los compara con un comando de control y/o valor teórico transmitido por el dispositivo de control central (18).

13. Procedimiento según la reivindicación 12, **caracterizado porque**, en caso de una desviación entre los
comandos de control y/o valores teóricos transmitidos por el dispositivo de control central (18) y el ángulo de paso
20 real y/o su variación registrados por el dispositivo de supervisión (68) asociado, el dispositivo de ajuste de pala (601, 602, 603) desplaza la al menos una pala del rotor (10) a una posición de seguridad mediante el ajuste del ángulo de paso.

Fig. 1

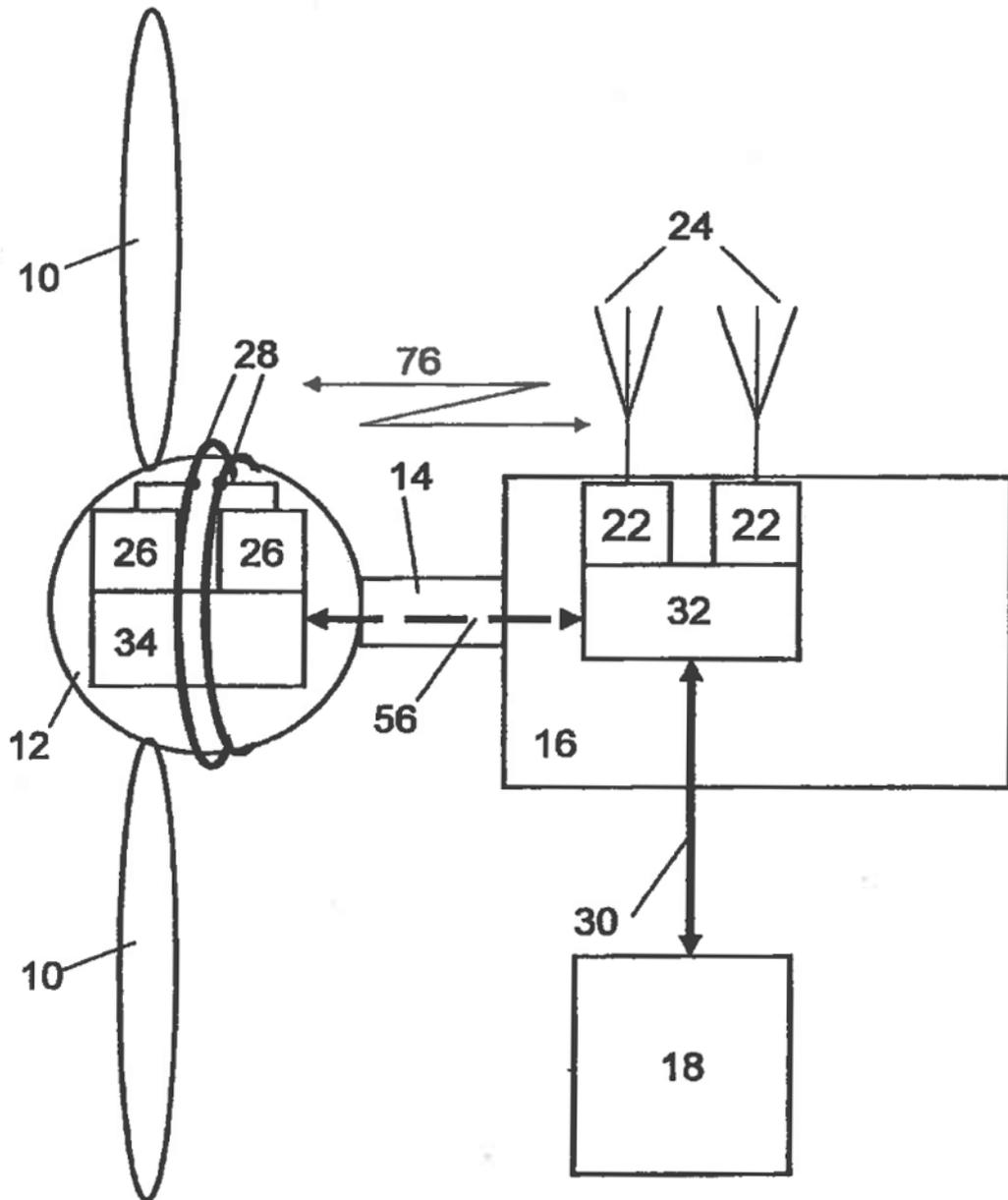


Fig. 2

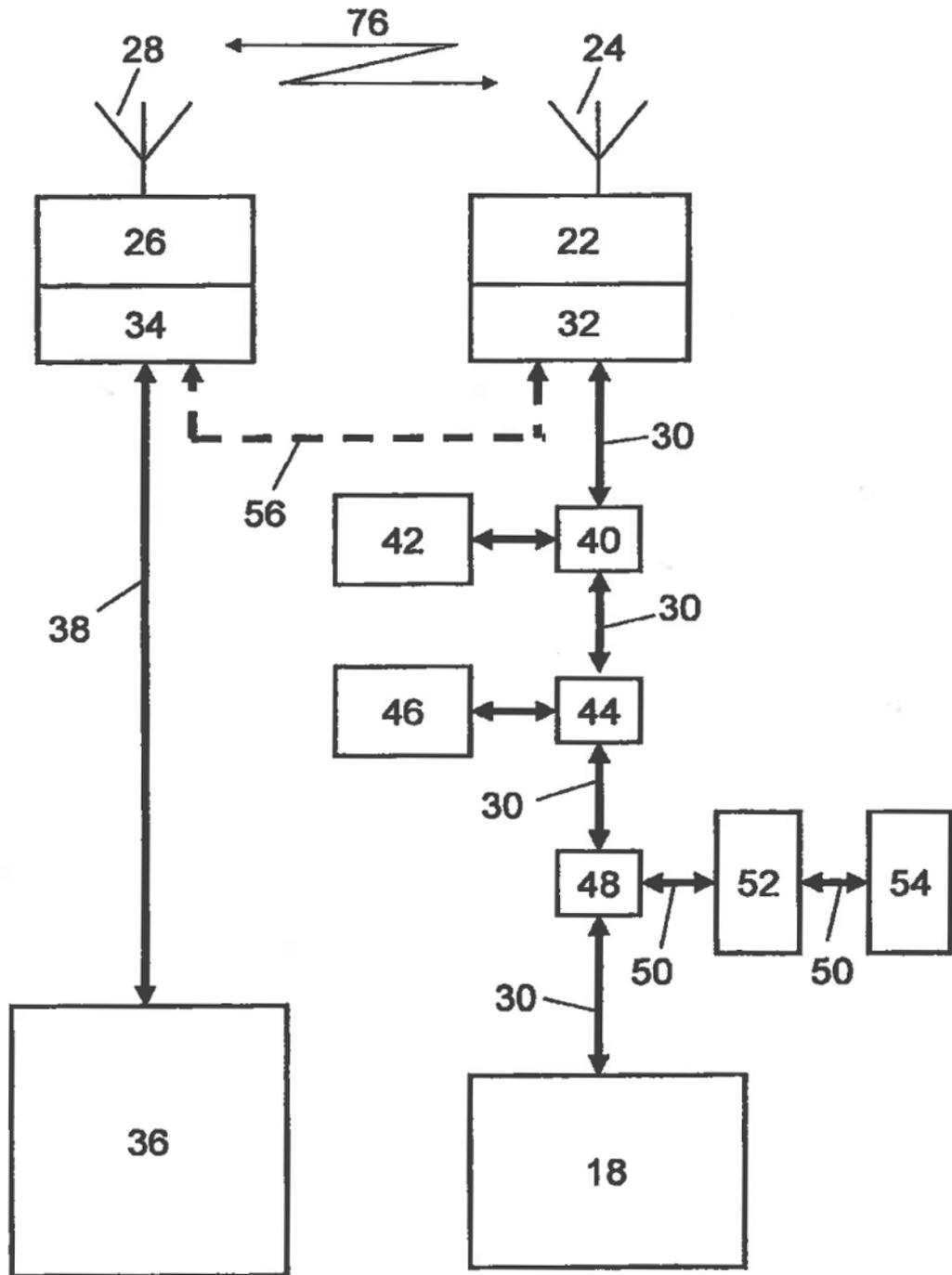


Fig. 3

