

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 581 052**

51 Int. Cl.:

F03D 7/02 (2006.01)

F03D 7/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.07.2012 E 12733693 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.05.2016 EP 2807370**

54 Título: **Cadena de seguridad y procedimiento para la operación de una turbina eólica**

30 Prioridad:

15.07.2011 DE 102011079269

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

31.08.2016

73 Titular/es:

**SUZLON ENERGY GMBH (100.0%)
Kurt-Dunkelmann-Str. 5
18057 Rostock, DE**

72 Inventor/es:

**VILBRANDT, REINHARD y
IBENDORF, INGO**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 581 052 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

Cadena de seguridad y procedimiento para la operación de una turbina eólica

5 La invención se refiere a una turbina eólica con una cadena de seguridad para la vigilancia y la desconexión de una turbina eólica, a un dispositivo de ajuste de pala necesario para ello así como a un procedimiento para la vigilancia y la desconexión de una turbina eólica.

10 La turbina eólica comprende una torre, una sala de máquinas que se puede montar sobre la torre, un generador que se puede montar en la sala de máquinas y un rotor que se puede unir al generador a través de un árbol de accionamiento. El rotor comprende un cubo, al menos una pala de rotor, un cojinete que se puede montar entre la pala de rotor y el cubo, y un dispositivo de ajuste. El cojinete comprende un anillo interior y un anillo exterior que están dispuestos de forma giratoria uno respecto a otro. Por lo tanto, la pala de rotor está dispuesta en el cubo sustancialmente de forma giratoria alrededor de su eje longitudinal. Mediante el dispositivo de ajuste, la pala de rotor se puede ajustar y detener en diferentes posiciones de inclinación. El dispositivo de ajuste comprende al menos un motor de ajuste eléctrico que acciona una rueda dentada unida a la pala de rotor, un convertidor que está acoplado a una red eléctrica y que controla el motor de ajuste, y una unidad de control para la regulación del convertidor y para la vigilancia de los componentes del dispositivo de ajuste de pala. Para garantizar que la turbina eólica no siga girando en caso de un fallo del sistema, la turbina eólica dispone de una cadena de seguridad de instalación que está realizada como cable y que une diferentes componentes de la turbina eólica como por ejemplo el dispositivo de ajuste de las palas de rotor y un control central de turbina. En caso de detectarse un fallo en uno de los componentes, mediante la apertura de la cadena de seguridad de instalación se inicia una marcha de seguridad de las palas de rotor.

25 En turbinas eólicas conocidas, la vigilancia de funcionamiento de los componentes de la turbina eólica es realizada por el control de turbina. El control de turbina está unido a los dispositivos de ajuste de las palas de rotor y puede comunicar con los dispositivos de ajuste correspondiente. Los dispositivos de ajuste de las palas de rotor normalmente son alimentados a través de una tensión de control general externa. Para la protección de la turbina eólica, por ejemplo en caso de fallos de operación o con fuerte viento, se inicia una marcha de seguridad, durante la que las palas de rotor se hacen girar a la llamada posición de bandera. La posición de bandera se alcanza cuando la pala de rotor se ha hecho girar saliendo del viento, de tal forma que sólo una superficie de ataque mínima de la pala de rotor está expuesta al viento. En el caso normal, para iniciar una marcha de seguridad, todos los dispositivos de ajuste de pala de las palas de rotor son excitados al mismo tiempo por el control de turbina. Pero cuando la unidad de control de uno de los dispositivos de ajuste de pala detecta un error crítico, según el estado de la técnica puede ser que el dispositivo de ajuste de pala defectuoso inicie inmediatamente una marcha de seguridad. Un mensaje de error es enviado al mismo tiempo por la unidad de control al control de turbina. El control de turbina procesa el mensaje de error y después transfiere el comando de iniciar una marcha de seguridad a los otros dispositivos de ajuste de pala. En caso de un fallo del control de turbina es elevado el riesgo de un daño de la turbina eólica, porque entonces falla también la comunicación entre los dispositivos de ajuste de pala. En caso de un fallo de la comunicación entre los dispositivos de ajuste de pala, los dispositivos de ajuste de pala deben iniciar la marcha de seguridad de manera totalmente autónoma. Si los distintos dispositivos de ajuste de pala inician en diferentes momentos un ajuste de las palas de rotor, por los diferentes ángulos de inclinación de las palas de rotor durante el proceso de ajuste se produce una sollicitación irregular en el rotor. Este desequilibrio causa daños en el rotor y la turbina.

45 El documento DE102005034899A1 describe una turbina eólica con un sistema para evitar estas altas sollicitaciones del rotor. El dispositivo de ajuste de pala de la turbina eólica presenta un módulo secundario, estando realizado el módulo secundario para la vigilancia del estado de funcionamiento de los otros dispositivos de ajuste de pala. Mediante el módulo secundario, especialmente señales relativas a una activación de una marcha de seguridad o a un fallo en uno de los dispositivos de ajuste de pala pueden ser detectadas o transferidas por uno de los otros dispositivos de ajuste de pala. En el caso normal, un ajuste de las palas de rotor se manda siempre a través de un dispositivo de control central de la turbina eólica. Pero cuando falla el dispositivo central de control y uno de los dispositivos de ajuste de pala detecta un estado de funcionamiento que se encuentre fuera de un intervalo definido previamente y por ello inicia una marcha de seguridad de la pala de rotor asignada a él, los demás dispositivos de ajuste de pala lo pueden detectar respectivamente por su módulo secundario. Por lo tanto, los dispositivos de ajuste de pala están capacitados para iniciar una marcha de seguridad para realizar de esta manera una marcha de seguridad sincrónica de las otras dos palas de rotor. En este sistema resultan desventajosos, entre otras cosas, la construcción compleja con un módulo secundario por cada dispositivo de ajuste y el elevado precio resultante.

60 La invención tiene el objetivo de proporcionar una vigilancia de funcionamiento mejorada que evite entre otras cosas las desventajas del estado de la técnica. En particular, se pretende presentar un método económico y seguro para realizar una marcha de seguridad de las palas de rotor.

65 El objetivo se consigue según la invención con las características de la reivindicación principal 1, porque el dispositivo de ajuste de pala presenta una cadena de seguridad interna y una cadena de seguridad de instalación. En la cadena de seguridad interna, la unidad de control del dispositivo de ajuste de pala está realizada para vigilar

entre otras todas las funciones y parámetros de funcionamiento, relevantes para la seguridad, de los componentes del dispositivo de ajuste de pala, como por ejemplo el convertidor, el motor de ajuste, el freno, el resolvidor, el conmutador de fin de carrera y/o la alimentación de tensión, así como el control de turbina. Los parámetros de funcionamiento que pueden ser vigilados pueden ser entre otros la temperatura, la posición, la tensión, las vibraciones y/o el número de revoluciones. La unidad de control del dispositivo de ajuste de pala está conectada a un control de turbina, por ejemplo a través de un bus CAN y puede intercambiar datos con la unidad de control a través de esta conexión. Tanto la unidad de control del dispositivo de ajuste de pala como el control de turbina están conectados a través de un conmutador a una cadena física de seguridad de instalación y puede abrir y/o cerrar dicha cadena de seguridad de instalación a través del conmutador. La cadena de seguridad de instalación está conectada a entradas de señales en la unidad de control de los dispositivos de ajuste de pala, de manera que una cadena de seguridad de instalación abierta arranca una marcha de seguridad de los dispositivos de ajuste de pala o se impide el abandono de la posición de bandera. Al abrirse la cadena de seguridad de instalación cambia al mismo tiempo la señal en todas las entradas de señales de los dispositivos de ajuste de pala. De esta manera, se consigue que se puede realizar una marcha de seguridad sustancialmente sincrónica de al menos dos palas de rotor. Aunque no se describa, la cadena de seguridad interna y la cadena de seguridad de instalación evidentemente también se pueden usar en otros tipos de turbinas eólicas como por ejemplo turbinas sin engranaje y turbinas con otros tipos de dispositivos de ajuste de pala como por ejemplo dispositivos de ajuste de pala accionados por correa o hidráulicos.

Antes del arranque de la turbina eólica es posible realizar una comprobación de funcionamiento de la instalación. Durante ello, los parámetros de funcionamiento vigilados de los componentes del ajuste de pala se cargan a la unidad de control a través de entradas señales. A continuación, la unidad de control compara los valores leídos con valores umbrales depositados en un módulo de memoria. Si los valores vigilados se sitúan dentro de un intervalo admitido, delimitado por los valores umbrales, la unidad de control comunica que las funciones y los parámetros de funcionamiento de los componentes del ajuste de pala están correctos. Después, la cadena de seguridad interna transmite una señal al conmutador y al control de turbina para el cierre de la cadena de seguridad de instalación. Por el cierre de la cadena de seguridad de instalación cambia la señal en las entradas de señales de la cadena de seguridad de instalación. Por el cambio de la señal se admite un abandono de la posición de bandera.

Durante el servicio de la turbina eólica pueden ser vigilados continuamente los parámetros de funcionamiento de la unidad de control y del control de turbina. Si se produce un error en el dispositivo de ajuste de pala, el dispositivo de ajuste de pala puede comunicar este error siempre al control de turbina. Al recibir el mensaje de error del dispositivo de ajuste de pala, el control de turbina puede iniciar una marcha de pala en dirección hacia la posición de bandera. En caso de errores pequeños, por ejemplo en caso de parámetros de funcionamiento que se encuentren fuera del intervalo admitido, pero que no pongan en peligro el funcionamiento del dispositivo de ajuste de pala, el control de turbina puede transmitir el comando de la marcha de pala en dirección hacia la posición de bandera, a través de la conexión directa entre la unidad de control del dispositivo de ajuste de pala y el control de turbina, por ejemplo a través de un bus CAN, a las unidades de control de los dispositivos de ajuste de pala. Al recibir el comando a través de esta vía de comunicación se puede realizar una marcha de pala lenta en dirección hacia la posición de bandera.

En caso de errores en el dispositivo de ajuste de pala que puedan conducir a un daño de la turbina eólica, la cadena de seguridad de instalación puede ser abierta por el control de turbina. Al mismo tiempo, por razones de redundancia también se puede enviar una señal para el ajuste de pala a través de la conexión directa entre el control de turbina y la unidad de control del dispositivo de ajuste de pala. Por la apertura de la cadena de seguridad de instalación no circula corriente por la cadena de seguridad de instalación y, por tanto, tampoco existe ninguna tensión en los componentes conectados a la cadena de seguridad de instalación. De esta manera, la señal en la cadena de seguridad de instalación se pone en bajo. Las unidades de control de los dispositivos de ajuste de pala reciben al mismo tiempo la señal baja de la cadena de seguridad de instalación y de esta manera realizan una marcha de seguridad sincrónica de las palas de rotor.

En caso de un fallo del control de turbina, en el caso normal, la cadena de seguridad de instalación es abierta por el control de turbina. Pero también puede ser que la cadena de seguridad de instalación se mantenga cerrada a pesar de un defecto en el control de turbina. Un defecto de este tipo puede ser por ejemplo un error de software en el que el control de turbina no detecta ningún error interno, porque los parámetros de funcionamiento están correctos, pero el mensaje de error no puede ser procesado correctamente por la unidad de control. En este caso, la cadena de seguridad de instalación también puede ser abierta por los dispositivos de ajuste de pala. Las unidades de control de los dispositivos de ajuste de pala están realizadas de tal forma que las unidades de control abren automáticamente la cadena de seguridad de instalación si dentro de cierto tiempo después del mensaje de error no han recibido ningún acuse de recibo del control de turbina. Esta ventana de tiempo puede ser de 500 milisegundos, pero preferentemente la cadena de seguridad de instalación es abierta por la unidad de control del dispositivo de ajuste de pala ya al cabo de 300 milisegundos después del envío del mensaje de error. Si una de las unidades de control de los dispositivos de ajuste de pala registra un fallo del control de turbina y abre la cadena de seguridad de instalación, la marcha en dirección hacia la posición de bandera no es iniciada por los dispositivos de ajuste de pala hasta que la señal baja de la cadena de seguridad de instalación esté presente en las entradas de señales de las unidades de control. De esta manera, se garantiza que el ajuste de las tres palas se inicia de forma sincrónica y por tanto se mantiene baja la sollicitación en la turbina.

5 Pero por razones de seguridad, cuando ha registrado un error interno realmente crítico, la unidad de control del dispositivo de ajuste de pala también puede activar una marcha de seguridad inmediata y al mismo tiempo abrir la cadena de seguridad de instalación. Este es un estado de excepción y ocurre sólo en caso de errores que perjudican el funcionamiento del dispositivo de ajuste de pala, por ejemplo en caso del fallo del convertidor, del fallo del freno o del fallo del resolovedor, por ejemplo por sobrecalentamiento o sobrecorriente. Por el funcionamiento reducido de uno de los dispositivos de ajuste de pala, este posiblemente no puede realizar ninguna o puede realizar sólo muy lentamente una marcha de seguridad. Por ello, un intento de marcha de seguridad se inicia lo más rápidamente posible. Pero mediante la apertura simultánea de la cadena de seguridad de instalación se garantiza que al menos los dos dispositivos de ajuste de pala que siguen siendo capaces de funcionar realizan de forma sincrónica una
10 marcha de seguridad.

15 En la solución según la invención se ha mostrado de forma sorprendente que de esta manera se soluciona por primera vez el problema de una marcha de seguridad no sincrónica de todas las palas. Mediante intensos estudios de las turbinas eólicas se encontró que incluso en caso de usar la solución del estado de la técnica todavía se puede seguir produciendo una marcha de seguridad no sincrónica de las diferentes palas de rotor. Es que por el envío de las señales y el procesamiento del mensaje de error se produce cierto retraso en los procesos de conmutación de los distintos dispositivos de ajuste de pala. De esta manera, la marcha de seguridad de las últimas hojas se inicia algo más tarde que la de la primera pala. Por la marcha de seguridad no sincrónica de las palas de rotor se produce un desequilibrio en el rotor que conduce a fuertes sollicitaciones en la turbina eólica. Incluso con una diferencia de
20 ángulo de 2 a 3° entre las palas de rotor se pueden producir daños en la turbina.

25 Por lo tanto, la invención da a conocer que cada dispositivo de ajuste de pala presenta una propia cadena de seguridad interna que actúa exclusivamente sobre el conmutador de la cadena de seguridad de instalación y sobre el control de turbina. Por lo tanto, no se produce ninguna comunicación directa entre las distintas cadenas de seguridad internas. Tan sólo en cuanto a su acción como habilitación de funcionamiento para la turbina eólica o como señal de activación de una marcha de seguridad de los dispositivos de ajuste de pala, las distintas cadenas de seguridad internas están interconectadas lógicamente a través de la cadena de seguridad de instalación.

30 La cadena de seguridad de instalación puede estar conectada tanto al control de turbina y a una cadena de conmutadores de parada de emergencia a través de un conmutador y puede ser abierta tanto por el control de turbina como por la cadena de conmutadores de parada de emergencia.

35 Por lo tanto, la cadena de seguridad de instalación se abre cuando está abierta al menos una de las cadenas de seguridad internas y/o cuando está abierta la cadena de conmutadores de parada de emergencia y/o cuando el control de turbina no comunica ninguna disposición de funcionamiento. La cadena de seguridad de instalación sólo se cierra cuando estén cerradas todas las cadenas de seguridad internas, el control de turbina comunique disposición de funcionamiento y esté cerrada la cadena de conmutadores de parada de emergencia. De manera ventajosa, los sistemas para la apertura y/o el cierre de la cadena de seguridad de instalación están conectados a la cadena de seguridad de instalación respectivamente a través de un conmutador propio. De esta manera, en caso del
40 fallo de un conmutador, la cadena de seguridad de instalación todavía puede ser accionada por los otros conmutadores. En otra forma de realización, la cadena de seguridad de instalación también puede ser abierta y cerrada desde otros componentes de la turbina eólica como por ejemplo trampillas de servicio. Como último remedio - si fallan tanto las cadenas de seguridad internas de los dispositivo de ajuste de pala como el control de turbina - en caso de excederse un valor umbral, la cadena de seguridad de instalación preferentemente también puede ser
45 abierta por un sensor de número de revoluciones que detecta números de revoluciones excesivas del rotor y/o por un sensor de vibraciones.

50 De manera ventajosa, la cadena de seguridad de instalación comprende un cable y al menos un conmutador para la apertura y/o el cierre de la cadena de seguridad de instalación. A través del cable se conduce una señal dependiente del estado de los componentes vigilados. La señal puede presentar dos estados diferentes, y en el primer estado, la señal consiste preferente en una tensión con un valor dentro de un primer intervalo elevado, y en el segundo estado, la señal consiste en una tensión con un valor dentro de un segundo intervalo bajo. La señal con la tensión más alta corresponde a una cifra binaria uno y la señal con la tensión baja corresponde a una cifra binaria Cero. Los intervalos de la señal de tensión se eligen de tal forma que estén separados claramente entre ellos. Por ejemplo, el
55 primer intervalo puede ser de 2,0V a 5,0V y el segundo intervalo de 0V a 0,8V. Si están correctos todos los sistemas vigilados, se cierra la cadena de seguridad de instalación y la señal alta, el uno binario, se envía a los componentes conectados a la cadena de seguridad de instalación. Estando cerrada la cadena de seguridad de instalación puede circular una corriente por la cadena de seguridad de instalación y, por tanto, también existe una tensión en los componentes conectados a la cadena de seguridad de instalación. Cuando se registra un error, se abre la cadena de seguridad de instalación y la señal se pone en bajo, lo que corresponde al 0 binario. Al recibir la señal baja, el dispositivo de ajuste de pala puede iniciar automáticamente una marcha de seguridad de su pala de rotor. También sería posible poner una señal alta como signo de un error y una señal baja como signo de un funcionamiento correcto del sistema. Pero cuando está abierta la cadena de seguridad de instalación no puede circular corriente por la cadena de seguridad de instalación y, por tanto, no existe tampoco ninguna tensión en los componentes
60 conectados a la cadena de seguridad de instalación y la señal presenta un valor bajo. Por lo tanto, de manera ventajosa, se usa una señal baja como indicio de un error, porque de esta manera se garantiza que el dispositivo de
65

ajuste de pala inicia una marcha de seguridad en caso del fallo de la cadena de seguridad, por ejemplo por una rotura de cable.

5 En particular, la invención se caracteriza porque se puede realizar una marcha de seguridad sustancialmente sincrónica de los dispositivos de ajuste de pala. A continuación, la solución según la invención se describe en detalle.

10 Durante el arranque de la turbina eólica, las palas de rotor normalmente se encuentran en la posición de bandera y la cadena de seguridad de instalación y las cadenas de seguridad internas están abiertas. Antes de que las palas de rotor puedan abandonar la posición de bandera es posible que el funcionamiento del convertidor y de los demás componentes del dispositivo de ajuste de pala sean controlados por la unidad de control del dispositivo de ajuste de pala. Durante el control, los parámetros de funcionamiento de los componentes vigilados del dispositivo de ajuste de pala se comparan con valores umbrales inferiores y/o superiores, definidos previamente. Cuando los parámetros de funcionamiento se encuentran dentro del intervalo admitido, definido por los valores umbrales, el estado del componente se pone como correcto, es decir, sin errores.

20 Dado que, desde un estado desconectado, el convertidor no puede generar ninguna tensión de control a partir de la tensión de alimentación, el convertidor puede conectarse, para la puesta en servicio de la turbina eólica, a una alimentación de tensión de control general externa. De manera ventajosa, la alimentación de tensión de control general externa tiene el mismo valor de tensión que la tensión de servicio del dispositivo de ajuste de pala que normalmente es de 24 voltios. La alimentación de tensión de control externa puede ser suministrada a los dispositivos de ajuste de pala por ejemplo por un armario de distribución en la sala de máquinas de la turbina eólica a través de un anillo rozante en los dispositivos de ajuste de pala. El convertidor se arranca con la ayuda de la alimentación de tensión de control general externa. A continuación, la unidad de control del dispositivo de ajuste de pala conecta una alimentación de tensión y una batería que se puede conectar a un circuito intermedio de tensión del convertidor para la alimentación de emergencia del dispositivo de ajuste de pala en caso de un fallo de la alimentación de tensión. Después de haberse encendido la alimentación de tensión y la batería, la unidad de control puede comprobar el funcionamiento de la batería y de la alimentación de tensión. Si no existen errores, a través de una fuente de alimentación, a partir de la tensión de alimentación se genera una tensión de control interna. La fuente de alimentación está realizada de tal forma que independientemente de la tensión existente en el circuito intermedio de tensión continua se genere siempre una tensión constante, normalmente baja. Dado que un error en la alimentación de tensión de control general externa puede repercutir en todos los dispositivos de ajuste de pala al igual y un fallo de los dispositivos de ajuste de pala podría conducir en el peor de los casos a una destrucción de la instalación completa, antes del arranque de la turbina eólica, la alimentación de tensión de control del dispositivo de ajuste de pala es conmutada, por un conmutador, de la alimentación general externa a la alimentación interna. De esta manera, las alimentaciones de tensión de control de los dispositivos de ajuste de pala pueden separarse galvánicamente de forma completa entre sí y un error en una de las alimentaciones de tensión de control no puede repercutir de ninguna manera en las otras alimentaciones de tensión de control.

40 Mediante la conmutación a la alimentación de tensión de control interna, los dispositivos de ajuste de pala pueden hacerse funcionar de forma desacoplada unos de otros y, por tanto, un error en la alimentación de tensión de control puede repercutir solamente en un dispositivo de ajuste de pala. De esta manera, a pesar de un fallo de la alimentación de tensión de control del primer dispositivo de ajuste de pala, los otros dispositivos de ajuste de pala pueden poner sus palas de rotor en posición de bandera y por tanto frenar la turbina eólica. Antes de que se desconecte la alimentación de tensión de control externa y se conecte la alimentación de tensión de control interna, se puede realizar una comprobación de funcionamiento adicional de los componentes del dispositivo de ajuste de pala. Si esta comprobación de funcionamiento muestra también que no existen errores y que los parámetros de funcionamiento se encuentran dentro de un intervalo admitido, se conmuta a la alimentación de tensión de control interna y la unidad de control del dispositivo de ajuste de pala puede cerrar la cadena de seguridad interna y enviar al conmutador de la cadena de seguridad de instalación una señal para cerrar la cadena de seguridad de instalación. Una señal para comunicar la disposición de funcionamiento puede ser enviada también al control de turbina.

55 Después de haberse cerrado todas las cadenas de seguridad internas y la cadena de conmutador de parada de emergencia y de que el control de turbina ha comunicado la disposición de funcionamiento, se puede cerrar también la cadena de seguridad de instalación. Por el cierre de la cadena de seguridad de instalación, el dispositivo de ajuste de pala recibe una señal de alta tensión que corresponde a un uno binario, y se habilita el abandono de la posición de bandera.

60 Durante el funcionamiento de la turbina eólica, las funciones críticas del convertidor y de los demás componentes del dispositivo de ajuste de pala pueden ser vigiladas continuamente por la unidad de control del dispositivo de ajuste de pala correspondiente. El estado del dispositivo de ajuste de pala es transferido por la unidad de control del dispositivo de ajuste de pala al control de turbina. Cuando se detecta un error en uno de los dispositivos de ajuste de pala, en el caso normal, el control de turbina manda los dispositivos de ajuste de pala de tal forma que se inicie una marcha sincrónica de las palas de rotor en dirección hacia la posición de bandera. En el caso de errores no críticos se realiza de manera ventajosa una marcha lenta, con una velocidad angular reducida en relación con la velocidad angular máxima, en dirección hacia la posición de bandera, ya que de esta manera se mantienen bajas las

solicitaciones en la turbina eólica. Esta marcha de palas se puede excitar a través la conexión directa entre las unidades de control de los dispositivos de ajuste de pala y el control de turbina.

5 En caso de errores críticos, las palas de rotor pueden ponerse en la posición de bandera mediante una marcha de seguridad. Durante la marcha de seguridad, las palas de rotor se hacen girar saliendo del viento con la velocidad angular máxima del dispositivo de ajuste de pala, lo que permite un frenado rápido de la turbina eólica. Pero por el frenado rápido, la turbina eólica se ve expuesta a altas solicitaciones, ya que la fuerza que actúa sobre las palas de rotor se quita bruscamente. Para arrancar la marcha de seguridad, la cadena de seguridad de instalación es abierta por el control de turbina. Pero por razones de redundancia también puede ser enviada una señal a través de la
10 conexión directa entre las unidades de control de los dispositivos de ajuste de pala y el control de turbina. Pero dado que la transferencia de señales a través de la cadena de seguridad de instalación es mucho más rápida, esta señal llegará primero a las unidades de control. Mediciones efectuadas en una turbina arrojaron que un arranque de una marcha de palas a través de la conexión directa entre unidades de control de los dispositivos de ajuste de pala y el control de turbina puede tardar entre 50 y 200 milisegundos, mientras que un arranque a través de la cadena de seguridad de instalación tarda sólo alrededor de 5 milisegundos. Por la apertura de la cadena de seguridad de
15 instalación cambia la señal presente en las entradas de señales de las unidades de control y las unidades de control inician de forma sincrónica las marchas de seguridad de las palas de rotor. De esta manera, no se produce ningún desequilibrio en el rotor por diferentes ángulos de inclinación de las palas de rotor. Durante el proceso de ajuste de pala y después de alcanzar la posición de bandera, el dispositivo de ajuste de pala puede permanecer en la alimentación de tensión interna. Después de alcanzar la posición de bandera, es posible que se compruebe el funcionamiento de los componentes del dispositivo de ajuste de pala y del convertidor. Si se encuentra un error, se desconecta la turbina eólica; en caso contrario se realiza un nuevo intento de arranque.

25 En caso de un fallo de la alimentación de tensión interna durante el funcionamiento, por ejemplo por faltar la alimentación eléctrica de la red, se puede conectar la batería para la alimentación eléctrica de emergencia del dispositivo de ajuste de pala. La batería alimenta el circuito intermedio de tensión continua del convertidor con una tensión, de manera que el convertidor puede alimentar el motor de ajuste con tensión de servicio. Para poder seguir haciendo funcionar el convertidor, a través de la fuente de alimentación dispuesta en el circuito intermedio de tensión se deriva una tensión de control de la batería. De esta manera, se puede mantener el funcionamiento del dispositivo
30 de ajuste de pala.

Si el control de turbina detecta un fallo de la alimentación de tensión, el control de turbina puede mandar los dispositivos de ajuste de pala para desplazar las palas de rotor en dirección hacia la posición de bandera. En función del tipo de error, se puede realizar una marcha lenta o una marcha de seguridad. Al alcanzar la posición de bandera, para no descargar demasiado las baterías, después de cierto tiempo puede separarse la batería y conectarse la alimentación de tensión general externa. En caso de errores críticos, por ejemplo en caso del fallo de la alimentación de tensión interna a pesar de la existencia de tensión de alimentación, es posible que la alimentación de tensión por la batería se desconecte ya antes de transcurrir un tiempo predeterminado y que la tensión de control general externa sea conectada por la unidad de control del dispositivo de ajuste de pala para poder comprobar de esta
35 manera el dispositivo de ajuste de pala en cuanto a errores. Cuando vuelva la tensión de alimentación puede iniciarse entonces automáticamente un nuevo proceso de arranque de la turbina eólica.

Más detalles de la invención resultan de los dibujos con la ayuda de la descripción.

45 En los dibujos, muestran

la figura 1 una turbina eólica,

la figura 2 un dispositivo de ajuste de la turbina eólica,

50 la figura 3 el funcionamiento de la cadena de seguridad en el control del dispositivo de ajuste de pala

la figura 4 una cadena de seguridad de instalación de la turbina eólica.

55 En la figura 1 está representada una turbina eólica 2 con una torre 3, con una sala de máquinas 4 soportada de forma giratoria sobre la torre 3 y con un rotor 5 unido, a través de un árbol de rotor, al generador dispuesto en la sala de máquinas 4. El rotor 5 comprende un cubo 8, tres palas de rotor 6 soportadas de forma giratoria respectivamente alrededor de un eje de pala 7 y un cojinete montado entre el cubo 8 y la pala de rotor 6. Cada pala de rotor 6 comprende un dispositivo de ajuste de pala P1, P2, P3 (figura 4) para el ajuste de la posición de inclinación de la pala de rotor 6 y un freno para la detención de la pala de rotor en una posición de inclinación deseada. El dispositivo de ajuste de pala P1, P2, P3 comprende un motor de ajuste 9, un piñón de accionamiento 11 dispuesto sobre un árbol de salida 11 del motor de ajuste 9, una corona dentada que está en engrane con el piñón de accionamiento 11, un convertidor 12 para alimentar una corriente y/o una tensión al motor de ajuste 9 y una unidad de control 13 para el control y/o la regulación del convertidor 12.
60

65

La figura 2 muestra el dispositivo de ajuste de pala P1, P2, P3 de la turbina eólica 2. El ajuste de la pala de rotor 6 se realiza a través del motor de ajuste 9 unido al cubo 8, que a través de un piñón de accionamiento 11 que se puede fijar sobre un árbol de accionamiento 10 del motor de ajuste 9 acciona la pala de rotor 6 soportada de forma giratoria sobre el cubo 8. Los dispositivos de ajuste de pala P1, P2, P3 son alimentados de tensión de servicio respectivamente a través de un convertidor 12. Para el control o la regulación de la tensión de servicio emitida por el convertidor 12 al motor de ajuste 9 y para la vigilancia de los estados y las funciones de los componentes en el dispositivo de ajuste de pala P1, P2, P3, los dispositivos de ajuste de pala P1, P2, P3 comprenden también respectivamente una unidad de control 13. En este ejemplo de realización, la unidad de control 13 está integrada en el convertidor 12.

Para arrancar el dispositivo de ajuste de pala P1, P2, P3, la unidad de control 13 del convertidor 12 del dispositivo de ajuste de pala P1, P2, P3 es alimentado por una tensión de control general externa U_{ext} . Después de que la unidad de control 13 ha arrancado el convertidor 12, la alimentación de tensión U_N y la batería 21 se conectan para la alimentación de emergencia del dispositivo de ajuste de pala P1, P2, P3. Después de la comprobación de la batería 21 y de la alimentación de tensión U_N en cuanto a errores y si no existen errores, el convertidor 12 del dispositivo de ajuste de pala P1, P2, P3 genera a partir de la tensión de alimentación U_N una tensión de control U_{int} interna, a través de la fuente de alimentación 25 dispuesta en el circuito intermedio de tensión continua 27. Después de la comprobación de la tensión de control interna U_{int} , si no existen errores, a través de un conmutador 26 se conmuta de la tensión de control general externa a la tensión de control interna, y la unidad de control 13 del convertidor 12 es alimentada por la tensión de control interna U_{int} . El conmutador 26 puede estar conectado a la unidad de control 13 y puede ser mandado por la unidad de control 13. Para finalizar el proceso de ajuste de pala, la unidad de control 13 está conectada a varios conmutadores de fin de carrera 14 que al alcanzar una posición de inclinación determinada envían una señal a la unidad de control 13. El funcionamiento de los componentes del dispositivo de ajuste de pala P1, P2, P3 es vigilado a través de una cadena de seguridad 23 interna que está integrada en la unidad de control 13.

La figura 3 muestra el modo de funcionamiento de la cadena de seguridad 23 interna integrada en la unidad de control 13 del convertidor 12. Para la comprobación del funcionamiento y del estado de los componentes del dispositivo de ajuste de pala P1, P2, P3, la unidad de control 13 envía en el paso (1) una consulta a los respectivos componentes del dispositivo de ajuste de pala P1, P2, P3. Los componentes contestan la consulta con los parámetros de funcionamiento X_{1-n} correspondientes. En el paso (2), los parámetros de funcionamiento x_{1-n} se comparan con valores umbrales y_{11-1n} e y_{21-2n} depositados en un módulo de memoria de la unidad de control 13. Los parámetros de funcionamiento pueden ser, entre otros, estados como la temperatura, la posición, la tensión, las vibraciones y el número de revoluciones y controlan que los estados estén dentro del intervalo admitido definido por los valores umbrales y_{11-1n} e y_{21-2n} . Si los parámetros de funcionamiento vigilados están correctos, se envía al conmutador 17 una señal para el cierre de la cadena de seguridad de instalación 1, y en caso contrario, se envía al conmutador 17 una señal para la apertura de la cadena de seguridad de instalación. La unidad de control 13 también comunica la disposición de funcionamiento, es decir la no existencia de errores, al control de turbina 15.

En la figura 4 están representados una cadena de seguridad de instalación 1 con los dispositivos de ajuste de pala P1, P2, P3 de las tres palas de rotor 6, un control de turbina 15 y las vías de comunicación de los componentes. Los dispositivos de ajuste de pala P1, P2, P3 están conectados a través de sus unidades de control 13 al control de turbina 15 a través de la vía de comunicación 24 y a través de esta pueden tanto enviar datos al control de turbina 15 como recibir datos del control de turbina 15. Durante el funcionamiento normal de la turbina eólica 2, la comunicación y la regulación de los dispositivos de ajuste de pala P1, P2, P3 se transmite a través de la vía de comunicación 24. Adicionalmente a la comunicación entre la unidad de control 13 y el control de turbina 15, las cadenas de seguridad 23 internas, integradas en las unidades de control 13 de los dispositivos de ajuste de pala P1, P2, P3, y el control de turbina 15 están conectados a través de al menos un conmutador 17 a la cadena de seguridad de instalación 1, de tal forma que pueden abrir y/o cerrar la cadena de seguridad de instalación 1. También pueden conectarse sistemas adicionales al conmutador 17 para la apertura y/o el cierre de la cadena de seguridad de instalación 1. Estos sistemas pueden ser por ejemplo una cadena 18 de conmutadores de parada de emergencia 19 para la apertura manual de la cadena de seguridad de instalación 1 o un sensor 20 para la vigilancia de parámetros de funcionamiento de la turbina eólica 2, como por ejemplo la temperatura, las vibraciones y/o el número de revoluciones. De manera ventajosa, los sistemas para la apertura y/o el cierre de la cadena de seguridad de instalación 1 están conectados a la cadena de seguridad de instalación 1 respectivamente a través de un conmutador 17 propio. La cadena de seguridad de instalación 1 está conectada a entradas de señales 16 de los dispositivos de ajuste de pala P1, P2, P3 y del control de turbina 15. Estando cerrada la cadena de seguridad de instalación, una señal de alta tensión es enviada por la cadena de seguridad de instalación 1 a las unidades de control 13 de los dispositivos de ajuste de pala P1, P2, P3 para la habilitación de un proceso de ajuste de pala. Estando abierta la cadena de seguridad de instalación 1 no circula corriente por la cadena de seguridad de instalación 1 y por tanto tampoco existe ninguna tensión en los componentes conectados a la cadena de seguridad de instalación 1. Por lo tanto, al abrirse la cadena de seguridad de instalación 1, la tensión de la señal cambia de un valor alto a un valor bajo. Cuando las unidades de control 13 de los dispositivos de ajuste de pala P1, P2, P3 reciben una señal baja de la cadena de seguridad de instalación 1, se quita la habilitación para el ajuste de pala y el dispositivo de ajuste de pala P1, P2, P3 permanece en la posición de bandera, o bien, si las palas de rotor 6 no están ya en posición de bandera, inicia una marcha de seguridad.

5 Estando desconectada la turbina eólica 2, las palas de rotor 6 están en posición de bandera y están abiertas tanto las cadenas de seguridad internas de los dispositivos de ajuste de pala P1, P2, P3 como la cadena de seguridad de instalación 1. Dado que desde un estado desconectado, el convertidor 12 no puede generar ninguna tensión de control a partir de la tensión de alimentación U_N , el dispositivo de ajuste de pala P1, P2, P3 es alimentado con una
 10 tensión de control general externa U_{ext} para el arranque. Antes de que las palas de rotor 6 puedan abandonar la posición de bandera se comprueba el estado del convertidor 12 y de los demás componentes de los dispositivos de ajuste de pala P1, P2, P3. Si no existen errores en los dispositivos de ajuste de pala P1, P2, P3, la unidad de control 13 del dispositivo de ajuste de pala P1, P2, P3 conecta la tensión de alimentación U_N y la batería 21 para la alimentación de emergencia del dispositivo de ajuste de pala. Después, la batería 21 y la conexión de tensión son comprobadas por la unidad de control 13 en cuanto a errores.

15 Si no existen errores, el convertidor conmuta de la alimentación de tensión externa U_{ext} a la tensión de control interna U_{int} generada por la fuente de alimentación 25 dispuesta en el circuito intermedio de tensión continua 27. La alimentación de tensión de control interna U_{int} está realizada de tal forma que las alimentaciones de tensión de control de los dispositivos de ajuste de pala P1, P2, P3 están separados galvánicamente entre sí y un error en una de las alimentaciones de tensión de control no puede repercutir en las otras alimentaciones de tensión de control. Las funciones de los dispositivos de ajuste de pala P1, P2, P3 se comprueban otra vez y si está todo correcto se desconecta la alimentación de tensión de control general externa U_{ext} y se conecta la alimentación de tensión de control interna U_{int} . A continuación, se cierra la cadena de seguridad interna del dispositivo de ajuste de pala.
 20 Después, la unidad de control 13 envía al conmutador 17 una señal para cerrar la cadena de seguridad de instalación 1 y al control de turbina 15 una señal para comunicar la disposición de funcionamiento.

25 Si el control de turbina 15 y otros componentes conectados a la cadena de seguridad de instalación 1, como por ejemplo al menos un sensor 20 que mide el número de revoluciones y/o las vibraciones, y la cadena 18 de conmutadores de parada de emergencia 19 también comunican disponibilidad de funcionamiento, se cierra la cadena de seguridad de instalación 1. Por el cierre de la cadena de seguridad de instalación 1 puede volver a circular una corriente por la cadena de seguridad de instalación y una señal de alta tensión está presente en las entradas de señales 16 de las unidades de control 13 conectadas a la cadena de seguridad de instalación 1. Si en la entrada de señales 16 de la unidad de control 13 de los dispositivos de ajuste de pala P1, P2, P3 está presente una
 30 alta señal, los dispositivos de ajuste de pala P1, P2, P3 tienen el permiso de mover la pala de rotor 6 de la posición de bandera y se puede arrancar la turbina eólica 2.

35 Durante el funcionamiento de la turbina eólica 2, en el caso normal, el estado de los dispositivos de ajuste de pala P1, P2, P3 es enviado por las unidades de control 13 correspondientes continuamente al control de turbina 15. En caso de un error en uno de los dispositivos de ajuste de pala P1, P2, P3, esto se comunica al control de turbina 15. Después, el control de turbina da el comando, o bien a través de la conexión directa 24 o bien a través del conmutador 17, de una marcha sincrónica de las palas de rotor 6 en dirección hacia la posición de bandera.

40 En caso del fallo de la alimentación de tensión, se conecta la alimentación de emergencia del dispositivo de ajuste de pala P1, P2, P3 por la batería 21. La batería se conecta al circuito intermedio de tensión continua 27 del convertidor y, por tanto, puede tanto emitir a través del convertidor 12 una tensión de servicio al motor de ajuste 9, como emitir a través de la fuente de alimentación 25 una tensión de control a la unidad de control 13. Por lo tanto, a pesar de un fallo de la tensión de alimentación, el dispositivo de ajuste de pala P1, P2, P3 puede poner las palas de rotor 6 en la posición de bandera.
 45

50 En caso de errores críticos, por ejemplo en caso del fallo del control de turbina 15 o en caso de una comunicación defectuosa o perturbada entre el control de turbina 15 y la unidad de control 13 del dispositivo de ajuste de pala P1, P2, P3, la cadena de seguridad de instalación 1 puede ser abierta por una de las unidades de control 13. Al abrirse la cadena de seguridad de instalación, la señal se pone en bajo y, al recibirse la señal baja en la entrada de señales 16 de la unidad de control 13, los dispositivos de ajuste de pala P1, P2, P3 inician de forma sincrónica una marcha de seguridad. Si fallan todas las unidades de control 16 de los dispositivos de ajuste de pala P1, P2, P3, la cadena de seguridad de instalación 1 también puede ser abierta por el al menos un sensor 20 o por la cadena 18 de conmutadores de parada de emergencia 19.

55 Las combinaciones de características expuestas en los ejemplos de realización descritos anteriormente no pretenden limitar la invención, sino que más bien, las características de las diferentes formas variantes también se pueden combinar entre sí.

60 Lista de signos de referencia

1	Cadena de seguridad de instalación	19	Conmutador de parada de emergencia
2	Turbina eólica	20	Sensor
3	Torre	21	Batería
4	Sala de máquinas	22	Salida de señales
5	Rotor	23	Cadena de seguridad interna
6	Pala de rotor	24	Vía de comunicación

ES 2 581 052 T3

7	Eje de pala	25	Fuente de alimentación
8	Cubo	26	Conmutador
9	Motor de ajuste	27	Circuito intermedio de tensión continua
10	Árbol de accionamiento	P1	Dispositivo de ajuste de pala
11	Piñón de accionamiento	P2	Dispositivo de ajuste de pala
12	Convertidor	P3	Dispositivo de ajuste de pala
13	Unidad de control	U _N	Tensión de alimentación
14	Conmutador de fin de carrera	U _{ext}	Alimentación de tensión de control externa
15	Control de turbina	U _{int}	Alimentación de tensión de control interna
16	Entrada de señales		
17	Conmutador		
18	Cadena de conmutadores de parada de emergencia		

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de ajuste de pala (P1, P2, P3) para una pala de rotor (6) de un rotor (5) de una turbina eólica (2),
- 5 - en el que el rotor (5) comprende un cubo (8), al menos una pala de rotor (6) soportada en el cubo (8) de forma giratoria alrededor de un eje longitudinal (7) de la pala de rotor (6), y el rotor (5) está dispuesto de forma giratoria en una sala de máquinas (4) de la turbina eólica (2),
- a través del dispositivo de ajuste de pala (P1, P2, P3), la pala de rotor (6) puede hacerse girar y detenerse en diferentes posiciones de inclinación,
- 10 - la turbina eólica (2) presenta un control de turbina (15) central para la vigilancia y la excitación de componentes en la turbina eólica (2), entre otros, el dispositivo de ajuste de pala (P1, P2, P3),
- y en el que el dispositivo de ajuste de pala (P1, P2, P3) presenta un motor de ajuste (9) para el accionamiento y/o la inmovilización de la pala de rotor (6), un convertidor (12) para la excitación del motor de ajuste (9), una unidad de control (13) para la excitación del convertidor (12) y una batería (21) para la alimentación de emergencia del
- 15 dispositivo de ajuste de pala (P1, P2, P3),
- el dispositivo de ajuste de pala (P1, P2, P3) presenta una cadena de seguridad de instalación (1) y una cadena de seguridad (23) interna integrada en la unidad de control (13) del dispositivo de ajuste de pala (P1, P2, P3),
- 20 caracterizado por que el convertidor (12) comprende una fuente de alimentación (25) para la generación de una tensión de control interna (U_{int}) a partir de la tensión de alimentación (U_N), estando la fuente de alimentación (25) dispuesta en un circuito intermedio de tensión continua (27) del convertidor (12).
2. Dispositivo de ajuste de pala (P1, P2, P3) según la reivindicación 1, caracterizado por que la cadena de seguridad de instalación (1) presenta al menos un conmutador (17), y el conmutador está conectado a salidas de señales (23) de la unidad de control (13) del dispositivo de ajuste de pala (P1, P2, P3) y del control de turbina (15), y la cadena de seguridad interna de la unidad de control (13) y/o el control de turbina (15) están realizados para poder generar señales para la apertura y/o el cierre de la cadena de seguridad de instalación (1) y emitir las al conmutador (17).
- 25
3. Dispositivo de ajuste de pala (P1, P2, P3) según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la cadena de seguridad de instalación (1) emite una señal dependiente del estado de la cadena de seguridad de instalación (1) a una entrada de señales (22) de la unidad de control (13) del dispositivo de ajuste de pala (P1, P2, P3) y/o del control de turbina (15).
- 30
4. Dispositivo de ajuste de pala (P1, P2, P3) según la reivindicación 3, caracterizado por que la señal puede presentar dos estados distintos, presentando la señal un alto valor de tensión cuando está cerrada la cadena de seguridad de instalación (1) y un bajo valor de tensión cuando está abierta la cadena de seguridad de instalación (1).
- 35
5. Dispositivo de ajuste de pala (P1, P2, P3) según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la unidad de control (13) del convertidor (12) el dispositivo de ajuste de pala (P1, P2, P3) puede conectarse a una alimentación de tensión de control general externa (U_{ext}) y a la alimentación de tensión de control interna (U_{int}).
- 40
6. Dispositivo de ajuste de pala (P1, P2, P3) según la reivindicación 5, caracterizado por que, durante la puesta en servicio, la unidad de control (13) del convertidor (12) del dispositivo de ajuste de pala (P1, P2, P3) es alimentada por la tensión de control general externa (U_{ext}).
- 45
7. Dispositivo de ajuste de pala (P1, P2, P3) según la reivindicación 5 o 6, caracterizado por que, cuando la cadena de seguridad interna está cerrada, la unidad de control (13) del convertidor (12) del dispositivo de ajuste de pala (P1, P2, P3) es alimentada por la tensión de control interna (U_{int}).
- 50
8. Turbina eólica (2) con una sala de máquinas (4) soportada de forma giratoria sobre una torre (3) y con un rotor (5) conectado, a través de un árbol de accionamiento (10), a un generador montado dentro de la sala de máquinas (4), en la cual el rotor (5) comprende un cubo (8) y al menos una pala de rotor (6), la pala de rotor (6) está unida al cubo (8) a través de un cojinete de forma giratoria alrededor de su eje de pala (7) que se extiende en sentido axial, y la pala de rotor (6) puede ser accionada y detenida en diferentes posiciones de inclinación, por un dispositivo de ajuste de pala (P1, P2, P3), caracterizada por que el dispositivo de ajuste de pala (P1, P2, P3) está realizado según una o varias de las reivindicaciones anteriores.
- 55
9. Procedimiento para el arranque de una turbina eólica (2), comprendiendo la turbina eólica (2) un dispositivo de ajuste de pala según una de las reivindicaciones 1 a 7, encontrándose las palas de rotor (6) en la posición de partida en la posición de bandera y comprendiendo el procedimiento los siguientes pasos:
- 60
- alimentación de la unidad de control 13 del convertidor 12 del dispositivo de ajuste de pala (P1, P2, P3) a través de una alimentación de tensión de control general externa U_{ext} ,
- 65 - arranque del convertidor (12),

- comprobación del funcionamiento del convertidor (12) y/o de los demás componentes del dispositivo de ajuste de pala (P1, P2, P3) por la unidad de control (13) del dispositivo de ajuste de pala (P1, P2, P3),
- conexión de la batería (21) y de la alimentación de tensión (U_N),
- realización de una comprobación de funcionamiento de la batería (21) y de la alimentación de tensión (U_N) por la unidad de control (13) del dispositivo de ajuste (P1, P2, P3),
- si no existen errores, generación de una tensión de control interna (U_{int}) por la fuente de alimentación (25) dispuesta en el circuito intermedio de tensión continua (27) del convertidor,
- realización de una comprobación de funcionamiento de la alimentación de tensión de control interna U_{int} por la unidad de control (13) del dispositivo de ajuste de pala (P1, P2, P3),
- si está correcta la alimentación de tensión de control interna U_{int} , conmutación de la alimentación de tensión de control general externa (U_{ext}) a la tensión de control interna (U_{int}) y cierre de la cadena de seguridad interna,
- si están cerradas las cadenas de seguridad internas de los dispositivos de ajuste de pala (P1, P2, P3) y también el control de turbina (15) comunica la disposición de funcionamiento, cierre de la cadena de seguridad de instalación (1),
- puesta en alto de la señal en la cadena de seguridad de instalación (1) para la habilitación de un abandono de la posición de bandera.

10. Procedimiento según la reivindicación 9, comprendiendo el procedimiento en caso del funcionamiento normal de la turbina eólica (2) los siguientes pasos:

- vigilancia de funciones críticas del convertidor (12) y/o de los componentes del dispositivo de ajuste de pala (P1, P2, P3) por la unidad de control (13) del dispositivo de ajuste de pala (P1, P2, P3),
- envío del estado del dispositivo de ajuste de pala (P1, P2, P3) al control de turbina (15),

en caso de la detección de un estado de error:

- los dispositivos de ajuste de pala (P1, P2, P3) son mandados por el control de turbina (15) para iniciar una marcha sincrónica lenta en dirección hacia la posición de bandera,
- los dispositivos de ajuste de pala (P1, P2, P3) permanecen en la alimentación de tensión interna (U_{int}) durante la marcha de seguridad y en la posición de bandera,
- comprobación del funcionamiento del convertidor (12) y/o de los componentes del dispositivo de ajuste de pala (P1, P2, P3) y si todo está correcto, nuevo intento de arranque.

11. Procedimiento según la reivindicación 9, comprendiendo el procedimiento en caso del fallo de la tensión de alimentación los siguientes pasos:

- se conecta la batería (12) para la alimentación de emergencia del dispositivo de ajuste de pala (P1, P2, P3),
- la marcha de seguridad de los dispositivos de ajuste de pala (P1, P2, P3) es activada por el control de turbina (15)
- al alcanzar la posición de bandera, al cabo de cierto tiempo se separa la batería (12) y se conecta la alimentación de tensión general externa (U_{ext}),
- en caso de errores críticos, conmutación a la alimentación de tensión general externa (U_{ext}) antes del transcurso del tiempo y apertura de la cadena de seguridad de instalación (1),
- comprobación del funcionamiento del convertidor (12) y/o de los demás componentes del dispositivo de ajuste de pala (P1, P2, P3) y, si todo está correcto, nuevo intento de arranque.

12. Procedimiento según la reivindicación 9, comprendiendo el procedimiento en el caso de errores críticos, por ejemplo el fallo del control de turbina (15), o de un error crítico en el dispositivo de ajuste de pala (P1, P2, P3), los siguientes pasos:

- la detección de un estado de error por la unidad de control (13) del dispositivo de ajuste (P1, P2, P3),
- la apertura de la cadena de seguridad interna en la unidad de control (13) y, por tanto, la apertura de la cadena de seguridad de instalación (1),
- la señal se pone en bajo por la apertura de la cadena de seguridad de instalación (1),
- al recibir la señal baja, marcha de seguridad simultánea de los dispositivos de ajuste de pala (P1, P2, P3).

Fig. 1





