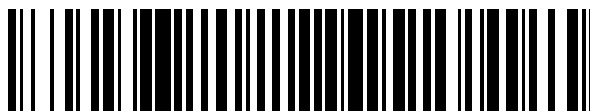


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 802 230**

51 Int. Cl.:

F03D 7/02

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.12.2016 E 16204812 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.04.2020 EP 3181898**

54 Título: **Aparato de diagnóstico de aerogenerador**

30 Prioridad:

18.12.2015 GB 201522385

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

18.01.2021

73 Titular/es:

**KEBA INDUSTRIAL AUTOMATION GERMANY
GMBH (100.0%)
Gewerbestraße 5-9
35633 Lahnau, DE**

72 Inventor/es:

ROESMANN, TOBIAS

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 802 230 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

Aparato de diagnóstico de aerogenerador

Campo de la invención

5 La presente invención está relacionada con la implementación de sistemas de reserva de energía usados en aerogeneradores. En particular, la presente invención está relacionada con mejorar la fiabilidad de mediciones de sistemas de reserva de energía.

Antecedentes

10 Los aerogeneradores típicamente comprenden un sistema de reserva eléctrica, que se proporciona para aumentar la seguridad y poner la turbina en un modo de inactividad durante un situación de emergencia, por ejemplo durante pérdida de un suministro de energía normal. El sistema de reserva adopta la forma de un suministro de energía de reserva que a menudo es alimentado ya sea por baterías o por condensadores de capacidad ultraalta. En caso de que se pierda un suministro de energía principal o sea incapaz de cambiar el ángulo de paso de las palas de rotor, el suministro de energía de reserva proporciona a los motores de ángulo de paso de pala de rotor suficiente energía para cambiar el ángulo de paso de las palas de rotor a una denominada "posición de bandera". Una vez en la posición de
15 bandera, las palas de rotor actúan para retardar la rotación de la turbina de manera que finalmente el rotor se detiene y no se genera potencia adicional y la turbina se pone en un modo de inactividad.

20 Es importante verificar regularmente la funcionalidad del sistema de reserva. La Pauta para la Certificación de Aerogeneradores, Edición 2010, así como la Norma Internacional (IEC 61400-1) para los requisitos de diseño de aerogeneradores requieren que el sistema de reserva y de seguridad de un aerogenerador sean probados cada semana.

25 Métodos para realizar un procedimiento de prueba se pueden encontrar en la solicitud de patente europea EP2824321 A1. Tales métodos requieren la medición de la corriente y la tensión de descarga del suministro de energía de reserva durante las pruebas. Asegurar un nivel de confianza aceptable en tales mediciones es una consideración importante cuando se prueban suministros de energía de reserva, ya que proporciona una indicación de que se puede confiar en las mediciones, y por tanto proporcionan una indicación de que se puede confiar en los resultados de las pruebas.

30 El documento US2007/0024227 (A1) está relacionado con un impulsor de accionamiento para una pala de rotor en una instalación de energía eólica con un motor eléctrico y un convertidor de frecuencia, que tiene un rectificador que va a ser alimentado desde un sistema de suministro de energía, un enlace conectado al rectificador, y un inversor de CC-CA para alimentar el motor, el enlace lleva una tensión de funcionamiento nominal especificada en un funcionamiento normal alimentado por red del convertidor de frecuencia.

Compendio de la invención

35 A fin de abordar al menos parcialmente las cuestiones anteriores, la presente invención proporciona un aparato según la reivindicación 1 independiente y un método según la reivindicación 11 independiente. En particular, la presente invención proporciona un aerogenerador que comprende: un suministro de energía de reserva; y una primera unidad de sensor y una segunda unidad de sensor configuradas para medir al menos uno de un valor de tensión y un valor de corriente, en donde el valor de tensión y el valor de corriente son indicativos de la condición del suministro de energía de reserva; en donde la primera unidad de sensor se configura para medir el al menos uno del valor de tensión y el valor de corriente en una primera ubicación en el aerogenerador; y en donde la segunda unidad de sensor se configura para medir el al menos uno del valor de tensión y el valor de corriente en una segunda ubicación en el
40 aerogenerador diferente de la primera ubicación.

45 El aerogenerador comprende además un procesador configurado para comparar el al menos uno del valor de tensión y el valor de corriente medidos por la primera unidad de sensor con el al menos uno del valor de tensión y el valor de corriente medidos por la segunda unidad de sensor; y asignar un nivel de confianza al por lo menos uno del valor de tensión y el valor de corriente medidos por la primera unidad de sensor sobre la base de la comparación.

50 Ventajosamente la invención proporciona unos medios para valorar la plausibilidad de mediciones de la corriente/tensión de carga de un suministro de energía de reserva tomadas por una primera unidad de sensor. Así la presente invención permite la identificación de casos en los que mediciones de las propiedades del suministro de reserva podrán potencialmente ser de menos confianza, y por tanto la condición del suministro de energía de reserva es menos conocida, permitiendo tomar mediciones apropiadas. Así la presente invención mejora la seguridad de un aerogenerador.

55 Opcionalmente, la primera ubicación está cerca del suministro de energía de reserva, y la segunda ubicación está a distancia del suministro de energía de reserva. En un ejemplo la primera ubicación está en una unidad de control y la segunda ubicación está en la al menos una unidad de impulsión de ángulo de paso. Esto proporciona ventajas desde el punto de vista de permitir colocar uno de los sensores en una ubicación adecuada para máxima precisión de medición, mientras que el otro se coloca en una ubicación en la que condiciones ambientales (por ejemplo

temperatura) son mejores para la integridad de dispositivo o en una ubicación que es fácil de acceder para mantenimiento/retroinstalación etcétera. En algunos ejemplos, la turbina comprende una unidad de impulsión de ángulo de paso por pala de rotor, cada unidad de impulsión de ángulo de paso tiene un suministro de energía de reserva, y preferiblemente está provista de un sensor diferente en cada una de las unidades de impulsión de ángulo de paso. Ventajosamente un sensor en la unidad de control permite valorar mediciones por cada uno de los sensores en las unidades de impulsión de ángulo de paso.

Opcionalmente el procesador se configura además para determinar al menos una de una tensión de motor de ángulo de paso, una corriente de motor de ángulo de paso, una corriente consumida por un interruptor periódico de freno, y tensión asociada con el interruptor periódico de freno, una corriente consumida por un condensador de suavizado y una tensión asociada con un condensador de suavizado; y comparar el al menos uno del valor de tensión y el valor de corriente medidos por la primera unidad de sensor con el al menos uno del valor de tensión y el valor de corriente medidos por la segunda unidad de sensor, sobre la base de la al menos una de la tensión de motor de ángulo de paso, una corriente de motor de ángulo de paso, una corriente consumida por un interruptor periódico de freno, y tensión asociada con el interruptor periódico de freno, una corriente consumida por un condensador de suavizado y una tensión asociada con un condensador de suavizado. Así el procesador se configura para tener en cuenta la corriente consumida y caídas de tensión asociadas con otros componentes eléctricos presentes en la unidad de impulsión de ángulo de paso. Beneficiosamente, esto permite hacer funcionar el motor de impulsión de ángulo de paso mientras se hace la medición de la corriente/tensión de carga, que a su vez permite hacer funcionar el rotor asociado con la unidad de impulsión de ángulo de paso mientras se están cuantificando las características de suministro de reserva. Así se puede aumentar la potencia que el aerogenerador puede generar durante las pruebas del suministro de reserva.

Opcionalmente el aerogenerador comprende además un diodo (tal como un diodo de desacoplamiento) entre la primera ubicación y la segunda ubicación, en donde el diodo se proporciona para permitir sustancialmente que fluya corriente en una primera dirección hacia el suministro de energía de reserva e impedir sustancialmente que fluya corriente en una segunda dirección opuesta a la primera dirección; en donde el procesador se configura además para determinar si el diodo está funcionando correctamente sobre la base de la comparación del al menos uno del valor de tensión y el valor de corriente medidos por la primera unidad de sensor con el al menos uno del valor de tensión y el valor de corriente medidos por la segunda unidad de sensor. Así ventajosamente la disposición de dos sensores en ubicaciones remotas también permite verificar el funcionamiento de un diodo de desacoplamiento.

En algunas realizaciones, una de las unidades de sensor se retroinstala en el aerogenerador. Por ejemplo la unidad de sensor retroinstalada puede ser de tipo robusto, y/o tener un SIL mayor que la unidad de sensor preexistente, mejorando un nivel de integridad de seguridad asociado con el aerogenerador. En algunas realizaciones, la unidad de sensor retroinstalada tiene una complejidad reducida en comparación con la unidad de sensor preexistente, reduciendo así los requisitos de mantenimiento y mejorando la fiabilidad de la comprobación de plausibilidad del sensor preexistente.

Breve descripción de los dibujos

Ahora se describen realizaciones de la invención, a modo de ejemplo únicamente, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

la figura 1A muestra un esquema de un aerogenerador según una realización preferida de la presente invención.

la figura 1B muestra un esquema de un aerogenerador según una realización preferida de la presente invención.

la figura 2 muestra un diagrama de flujo de un método para asignar un nivel de confianza en mediciones de una condición de suministro de energía de reserva.

Descripción detallada

La presente invención proporciona un sistema robusto en el que se puede mejorar la fiabilidad de las mediciones de las características de un suministro de energía de reserva. Al aumentar la confianza en las mediciones, las características de funcionamiento del suministro de energía de reserva se pueden conocer con más confianza, mejorando así la seguridad del propio aerogenerador. En caso de que el nivel de confianza sea alto no se tienen que realizar acciones ya que se puede confiar totalmente en las mediciones. En caso de que el nivel de confianza sea bajo, se pueden realizar acciones apropiadas. Un nivel de confianza bajo indica que no se puede confiar en la medición del nivel de carga del suministro de energía de reserva. Podría significar que la medición muestra que en caso de una situación de emergencia el suministro de energía de reserva está suficientemente cargado para rotar las palas de rotor a la posición de bandera. Sin embargo, si no se puede confiar en las mediciones esto podría significar que a diferencia de la lectura real el suministro de energía de reserva puede no estar suficientemente cargado para realizar una ejecución completa de emergencia a la posición de bandera. El nivel de confianza para una aplicación de este tipo se puede comparar con un único umbral de modo que el nivel de confianza finalmente tiene como resultado una acción binaria, tal como "confiar en la medición y continuar la acción normal" y "no confiar en la medición y por lo tanto girar las palas de rotor a la posición de bandera"

El nivel de confianza puede ser comparado con más de un umbral y se puede realizar una acción apropiada como función del nivel de confianza medido, permitiendo así un respuesta flexible al nivel de confianza. En caso de que el nivel de confianza sea bajo, pero considerado no suficientemente grave como para detener el aerogenerador, se puede emitir un mensaje de advertencia al usuario del aerogenerador. El operario puede decidir enviar personal de mantenimiento y continuar el funcionamiento, por ejemplo a un nivel de carga reducido hasta que el personal de servicio ha localizado la causa del nivel de confianza bajo. En caso de que el nivel de confianza detectado sea tan bajo que el aerogenerador se deba considerar que ya no está en un estado seguro, es decir, que ya no esté en un estado donde el aerogenerador por ejemplo se puede detener en cualquier momento, una medida apropiada es por ejemplo transitar el aerogenerador a una posición de bandera y mantenerlo en este estado hasta que un técnico hay visitado el aerogenerador y por ejemplo haya cambiado las piezas defectuosas que provocaron el nivel de confianza bajo.

Comparar los valores recibidos de diferentes ubicaciones es más fiable, luego simplemente se duplica el número de sensores que todavía están ubicados uno junto a otro. Dos sensores uno junto a otro pueden sufrir el mismo fallo, es decir, temperatura demasiado alta. Comparar la medición de dos sensores que no están en las inmediaciones entre sí aumenta su nivel de confianza más allá de solo tener mediciones redundantes.

Tales aportaciones pueden resultar en que el aerogenerador tenga un mayor nivel de integridad de seguridad (SIL). Además, la presente invención permite una retroinstalación fácil y mantenimiento de una segunda unidad de sensor para mejorar la seguridad de aerogeneradores preexistentes.

La figura 1A muestra una representación esquemática de ciertos componentes internos de un aerogenerador 100 en una realización preferida de la invención. El aerogenerador 100 incluye una unidad central 102 que comprende circuitería central 103, y una unidad de impulsión de ángulo de paso 104 que comprende circuitería de impulsión de ángulo de paso 105. La unidad central se conecta a un suministro de energía principal 106, y se conecta a la unidad de impulsión de ángulo de paso 104 por medio de un bus 107 (también conocido como bus de campo) y una conexión de alimentación 108. El aerogenerador también comprende un diodo de desacoplamiento 118 posicionado entre la unidad central 102 y la unidad de impulsión de ángulo de paso 104, configurado para permitir un flujo de la corriente de suministro de energía desde la unidad central 102 a la unidad de impulsión de ángulo de paso 104 pero no viceversa. El suministro de energía principal 106 puede ser una conexión a una red de energía eléctrica. La unidad de impulsión de ángulo de paso 104 se conecta a un motor de ángulo de paso 110. En una realización preferida, la unidad central se ubica en un buje rotatorio (no se muestra) del aerogenerador 100. En otra realización, la unidad central se ubica en una góndola (no se muestra) del aerogenerador 100.

Durante funcionamiento normal, el suministro de energía principal 106 suministra alimentación a la unidad central 102. La unidad central proporciona alimentación a la unidad de impulsión de ángulo de paso 104 por medio de la conexión de alimentación 108 y señales de control a la unidad de impulsión de ángulo de paso 104 por medio del bus 107. La unidad de impulsión de ángulo de paso 104 proporciona alimentación al motor de impulsión de ángulo de paso 110, y las señales de control son interpretadas por circuitería de unidad de impulsión de ángulo de paso 105, y usadas para controlar el motor de impulsión de ángulo de paso, controlando de ese modo el ángulo de paso de las palas de rotor del aerogenerador (no se muestra).

El aerogenerador también comprende un suministro de energía de reserva 112. El suministro de energía de reserva puede ser una batería electroquímica, o más preferiblemente un condensador de alta capacidad tal como un supercondensador. El suministro de energía de reserva 112 se conecta a la unidad de impulsión de ángulo de paso 104, y se configura para proporcionar suficiente alimentación al motor de impulsión de ángulo de paso para permitir cambiar el ángulo de paso de la pala de rotor (no se muestra) hasta una posición de bandera en una emergencia. Este tipo de emergencia puede ser por ejemplo un fallo en el suministro de energía principal 106, u otro acontecimiento que lleva a la pérdida de potencia en la unidad de control de ángulo de paso.

La figura 1A muestra una única unidad de impulsión de ángulo de paso 104 y un único motor de impulsión de ángulo de paso 110. Se apreciará que el aerogenerador 100 puede contener además unidades de impulsión de ángulo de paso y motores. Ciertamente, un aerogenerador típicamente incluirá un motor de impulsión de ángulo de paso por pala de rotor. Es más, en una realización preferida, se proporciona una unidad diferente de impulsión de ángulo de paso para cada pala de rotor. Por ejemplo, un aerogenerador que tiene tres palas de rotor preferiblemente tiene tres unidades de impulsión de ángulo de paso, en donde cada unidad de impulsión de ángulo de paso controla un motor de impulsión de ángulo de paso para una de las palas de rotor. Las unidades de impulsión de ángulo de paso se conectan preferiblemente a la unidad central 102 por buses separados. El suministro de energía de reserva 112 se puede conectar a todas las unidades de impulsión de ángulo de paso, aunque preferiblemente se proporciona un suministro de energía de reserva diferente para cada unidad de control de ángulo de paso. Beneficiosamente esto aumenta la seguridad del aerogenerador, puesto que en caso de que un suministro de reserva no funcione correctamente, los suministros de energía de reserva restantes se podrían usar para poner las palas restantes a una posición de bandera en parada de seguridad de la turbina.

El funcionamiento del suministro de energía de reserva 112 puede ser probado como se describe en la patente europea EP2824321 A1. Este procedimiento de prueba implica aislar la unidad de impulsión de ángulo de paso 104 desde la unidad central 102 por medio de hacer funcionar un conmutados (no se muestra) conectado a la conexión de

alimentación 108 para impedir que se proporcione alimentación a la unidad de impulsión de ángulo de paso 104 y realizar una prueba de esfuerzos del suministro de energía de reserva 112 asociados con la unidad de impulsión de ángulo de paso 104. Durante la prueba de esfuerzos, el suministro de energía de reserva 112 se descarga para entregar una corriente a la unidad de impulsión de ángulo de paso 104, la corriente preferiblemente es la corriente requerida para cambiar el ángulo de paso de la pala de rotor asociada hasta una posición de bandera o un mayor corriente. En algunas realizaciones, el suministro de corriente permite al motor de impulsión de ángulo de paso 110 continuar el funcionamiento normal durante la prueba de esfuerzos, permitiendo así al aerogenerador generar mayor potencia durante la prueba de esfuerzos que si el motor de impulsión de ángulo de paso no estuviera en funcionamiento normal durante la prueba de esfuerzos. Tras realizar la prueba de esfuerzos, la unidad de impulsión de ángulo de paso 104 se reconecta a la unidad central 102 usando el conmutador, y el suministro de energía de reserva 112 se recarga. Durante la recarga, el suministro de reserva 112 consume una corriente de carga y tiene una tensión de carga asociada. La corriente de carga y la tensión de carga son indicativas de la condición del suministro de energía de reserva 112, y así mediciones de la tensión de carga/corriente proporcionan una indicación en cuanto a si el suministro de energía de reserva 112 está funcionando correctamente. Como alternativa, la prueba de esfuerzos se realiza cuando la turbina 100 está en una posición de inactividad, en cuyo caso no se genera energía. Por ejemplo, la prueba de esfuerzos se puede realizar cuando no hay viento o hay poco a fin de minimizar el impacto que realizar la prueba de esfuerzos tiene en la generación de energía.

En la presente invención, se proporciona una primera unidad de sensor 114 para medir ya sea la corriente de carga del suministro de reserva 112, la tensión de carga del suministro de reserva 112, o ambas durante las pruebas del suministro de energía de reserva 112. El experto en la técnica apreciará que la primera unidad de sensor 114 puede comprender elementos separados para la medición de corriente y la medición de tensión. Por ejemplo la primera unidad de sensor 114 puede comprender una pluralidad de sensores, en donde uno o más sensores se configuran para medir corriente, y uno o más sensores se configuran para medir tensión. Preferiblemente la primera unidad de sensor se ubica en la unidad de impulsión de ángulo de paso 104 como se muestra en la figura 1A o en el suministro de energía de reserva 112. Preferiblemente la primera unidad de sensor 114 hace mediciones en una posición cerca del suministro de energía de reserva 112, es decir, las mediciones de corriente/tensión de carga se hacen directamente. Ventajosamente este posicionamiento reduce cualquier efecto negativo que pérdidas resistivas debidas a otros componentes en el aerogenerador tienen en la medición - dicho de otro modo, mediciones en la posición preferida son más precisas debido a tener en cuenta pérdidas de corriente en otras partes de circuitería dentro de la turbina. Así el posicionamiento preferido permite beneficiosamente una medición precisa de la corriente y la tensión de carga. Hacer mediciones en dos ubicaciones efectivas remotas entre sí aumenta la fiabilidad de las dos mediciones cuando se comparan entre sí. En algunas realizaciones, se logra otro efecto de diversidad cuando la primera unidad de sensor 114 se elige como sensor sobre la base de la utilización de un efecto físico diferente para la medición que la segunda unidad de sensor. Por ejemplo la medición del segundo sensor se puede basar en la caída de tensión que se mide en un reostato en la línea de suministro y la primera unidad de sensor 114 se puede elegir como sensor de corriente que comprende un elemento Hall. Para aerogeneradores que comprenden más de una unidad de impulsión de ángulo de paso, preferiblemente se proporciona una primera unidad de sensor 114 para cada unidad de impulsión de ángulo de paso.

Preferiblemente el aerogenerador comprende una segunda unidad de sensor 116 adicional. La segunda unidad de sensor también se configura para medir ya sea la corriente de carga del suministro de reserva 112, la tensión de carga del suministro de reserva 112, o ambas durante las pruebas del suministro de energía de reserva. Como con las primeras unidades de sensor 114, la segunda unidad de sensor puede comprender elementos separados para la medición de corriente y la medición de tensión, por ejemplo uno o más sensores para medir corriente y uno o más sensores para medir tensión.

Preferiblemente la primera unidad de sensor 114 y la segunda unidad de sensor 116 se configuran para enviar datos de medición a un sistema informático remoto (no se muestra). Por ejemplo, la circuitería central 103 puede comprender una conexión a un enlace de comunicaciones (no se muestra) por medio del cual se pueden enviar datos al sistema informático remoto. La primera unidad de sensor 114 preferiblemente envía datos de medición a la unidad circuitería central 103, por ejemplo por medio del bus 107, en donde la unidad circuitería central 103 envía entonces los datos al sistema informático remoto. De manera similar la segunda unidad de sensor 116 envía datos a la unidad circuitería central 103 para reenviar a un sistema informático remoto, por ejemplo por medio del bus 107 o por medio de otra conexión, dependiendo de la ubicación de la segunda unidad de sensor 116 dentro del aerogenerador 100.

En una realización alternativa, los datos de medición de la primera unidad de sensor 114 y la segunda unidad de sensor 116 se almacenan localmente en el aerogenerador.

Ventajosamente, la aportación de la segunda unidad de sensor 116 proporciona unos medios para determinar si se puede confiar en las mediciones realizadas por la primera unidad de sensor 114. Preferiblemente las mediciones realizadas por la segunda unidad de sensor 116 se comparan con las mediciones realizadas por la primera unidad de sensor 114, y sobre la base de la comparación se asigna un nivel de confianza. El nivel de confianza es una indicación de si las mediciones de la primera 114 y/o la segunda unidad de sensor 116 pueden ser de confianza. Cuando se comparan los valores medidos por la primera unidad de sensor 114 y la segunda unidad de sensor 116, cualquier discrepancia entre los valores se puede comparar con un umbral, y dependiendo de si se supera o no el umbral, un

nivel de confianza, es decir, una indicación de si se puede confiar en las mediciones de la primera unidad de sensor 114 y/o la segunda unidad de sensor 116 como que son precisas (es decir, si las mediciones son plausibles). Por ejemplo, si las mediciones de la corriente/tensión de carga realizadas por la primera unidad de sensor 114 y la segunda unidad de sensor 116 son iguales o similares, se puede asignar un nivel de confianza alto a las mediciones realizadas por la primera unidad de sensor 114 (o segunda unidad de sensor 116, o ambos), mientras que si los resultados son significativamente diferentes, se puede asignar un nivel de confianza bajo en las mediciones de la primera unidad de sensor (o segunda unidad de sensor 116, o ambos). Por consiguiente, la segunda unidad de sensor 116 verifica la plausibilidad de mediciones realizadas por la primera unidad de sensor 114. En una realización el sistema informático remoto se configura para comparar los datos de medición proporcionados por la primera unidad de sensor 114 y la segunda unidad de sensor 116, y asignar un nivel de confianza en las mediciones ya sea de la primera unidad de sensor 114, la segunda unidad de sensor 116 o ambas sobre la base de la comparación. Como alternativa, la comparación se realiza localmente en el aerogenerador, por ejemplo usando circuitería de procesamiento (no se muestra). Preferiblemente tal circuitería de procesamiento se ubica en la unidad central 102, y por ejemplo puede comprender una tarjeta de seguridad que tiene una alta capacidad nominal SIL, en donde la tarjeta de seguridad es un dispositivo de hardware adicional que se puede reinstalar en un aerogenerador.

En algunas realizaciones una diferencia en los valores medidos de la primera unidad de sensor 114 y la segunda unidad de sensor 116 del 10 % o menos se puede asignar a un nivel de confianza alto, mientras que una diferencia de más del 10 % se puede asignar un nivel de confianza bajo. Como alternativa, la distinción entre un nivel de confianza alto y un nivel de confianza bajo se puede asociar con un valor de umbral diferente, por ejemplo una diferencia entre valores medidos del 5 %, o 15 % o 20 %. Como alternativa, se pueden utilizar más de dos niveles de confianza, por ejemplo una diferencia del 10 % o menos se podría asignar a un nivel de confianza alto, una diferencia entre el 10 % y el 20 % a un nivel de confianza intermedio, y una diferencia de más del 20 % a un nivel de confianza bajo - en tales casos, un nivel de confianza alto indicaría que la medición de la primera unidad de sensor 114 es de confianza y no se necesita realizar acción, un nivel intermedio puede proporcionar una advertencia que indica que se deberían hacer más mediciones para determinar la fiabilidad de la primera unidad de sensor, y un nivel bajo que indica que la primera unidad de sensor 116 no puede ser de confianza y requiere sustitución o mantenimiento. Aunque lo anterior describe comparar diferencias relativas entre las mediciones (tales como diferencias de porcentaje), también se pueden usar diferencias absolutas entre mediciones para comparar con un valor de umbral para determinar un nivel de confianza.

Preferiblemente, en respuesta a determinar un nivel de confianza bajo, el aerogenerador se pone en un modo seguro (es decir, un modo de inactividad) en el que los motores de impulsión de ángulo de paso 110 en el aerogenerador se configuran para cambiar el ángulo de paso las palas de rotor hasta una posición de bandera, de manera que rotación de la turbina se detiene. En otras palabras la turbina se hace segura si la confiabilidad de las mediciones no es suficiente, es decir, si la diferencia en las mediciones está por encima de un umbral predeterminado. Así se reduce el riesgo de daño al aerogenerador, a personas o al ambiente en situaciones en las que no se sabe de manera fiable si el suministro de reserva 112 está funcionando correctamente.

Preferiblemente la segunda unidad de sensor 116 es de un tipo diferente a la primera unidad de sensor 114, es decir, emplea diferentes aportaciones de hardware, técnicas de medición y/o técnicas de análisis. En algunas realizaciones, las unidades de sensor primera y segunda son proporcionadas por diferentes proveedores. Al utilizar diversos aparatos para la primera unidad de sensor 114 y la segunda unidad de sensor 116, se puede aumentar la confianza en los valores medidos. En particular, este tipo de primera unidad de sensor 114 y segunda unidad de sensor 116 son menos propensas a sufrir las mismas posibles fuentes de error sistemático. Así si los valores medidos de ambas unidades de sensor concuerdan, y es improbable que ambos valores medidos sean sometidos al mismo error sistemático, se puede tener mayor confianza en la veracidad de las mediciones.

En algunas realizaciones, la segunda unidad de sensor 116 es de un tipo que es de complejidad reducida en comparación con la primera unidad de sensor 114, y por lo tanto la segunda unidad de sensor 116 puede ser barata mientras que puede verificar adecuadamente la plausibilidad de la medición realizada por la primera unidad de sensor 114. Las unidades de sensor menos complejas también pueden ser robustas, y así requerir mantenimiento infrecuente.

Así se puede determinar si una primera unidad de sensor 114 y/o una segunda unidad de sensor 116 puede requerir reparación, recalibración o sustitución a distancia, (es decir, cuando se determina que las unidades de sensor no concuerdan) sin necesidad de enviar primero a un ingeniero a valorar la funcionalidad de la primera unidad de sensor 114 y la segunda unidad de sensor 116. Como se apreciará, como los componentes mostrados en la figura 1A se ubican típicamente en el buje de un aerogenerador, que es difícil acceder - particularmente en el contexto de aerogeneradores mar adentro. Por consiguiente reducir la necesidad de enviar ingenieros para probar componentes a un aerogenerador reduce el coste asociado con dichas pruebas.

Preferiblemente la segunda unidad de sensor 116 se posiciona en una ubicación dentro del aerogenerador que está a distancia de la primera unidad de sensor 114, es decir, las unidades de sensor primera y segunda se posicionan en diferentes componentes de hardware dentro del aerogenerador que están separadas espacialmente (por ejemplo la primera unidad de sensor 114 y la segunda unidad de sensor 116 puede estar separada por 1 m o más). Preferiblemente la segunda unidad de sensor 116 realiza mediciones en una posición a distancia del suministro de energía de reserva 112, es decir, las mediciones de corriente/tensión de carga se realizan indirectamente. Preferiblemente, la segunda unidad de sensor 116 se posiciona en la unidad central 102 mientras la primera unidad

de sensor 114 se posiciona en la unidad de control de ángulo de paso 104 como se muestra en la figura 1A. Ventajosamente, los inventores han descubierto que la corriente y la tensión de carga son sustancialmente las mismas en posiciones en ambas de la unidad central 102 y la unidad de impulsión de ángulo de paso 104, aparte de pérdidas menores asociadas con el diodo de desacoplamiento 118. Las pérdidas esperadas asociadas con el diodo de desacoplamiento 118 se pueden estimar usando técnicas conocidas en la técnica, y considerarse en la comparación de los valores medidos de una manera apropiada. Ventajosamente, si después de considerar pérdidas esperadas en el diodo de desacoplamiento 118 los valores medidos por la primera unidad de sensor 114 y la segunda unidad de sensor 116 concuerdan, la comparación también proporciona una indicación de que el diodo de desacoplamiento 118 está funcionando correctamente. Si los valores medidos difieren, puede ser una indicación de que las pérdidas en el diodo de desacoplamiento 118 difieren de valores esperados, indicando una posible disfunción en el diodo de desacoplamiento 118. Como alternativa la segunda unidad de sensor 116 se puede posicionar en una ubicación en el conector de potencia 108, o cualquier otra ubicación en la que la corriente y/o la tensión de carga del suministro de reserva 112 se pueden medir durante la realización de una prueba de esfuerzos de suministro de reserva que está a distancia de la posición de la primera unidad de sensor 114.

Tal posicionamiento de la primera unidad de sensor 114 y la segunda unidad de sensor 116 proporciona varias ventajas. En primer lugar el comportamiento de la primera unidad de sensor 114 y la segunda unidad de sensor 116 puede verse afectado por temperatura u otras condiciones ambientales. La primera unidad de sensor 114, se posiciona en o cerca de la unidad de impulsión de ángulo de paso 104, puede ser sometida a mayor temperatura debido al funcionamiento del motor de impulsión de ángulo de paso 110. Al posicionar la segunda unidad de sensor 116 en una ubicación diferente dentro de la turbina, más alejada del motor de impulsión de ángulo de paso, la segunda unidad de sensor 116 se puede posicionar en un ambiente que tiene una temperatura más estable, permitiendo así la identificación de casos en los que la temperatura podría estar afectando negativamente a las prestaciones de la primera unidad de sensor 114. En segundo lugar, la segunda unidad de sensor 116 se puede instalar en una ubicación fácilmente accesible dentro de la turbina, mientras que la primera unidad de sensor en o cerca de la unidad de impulsión de ángulo de paso puede ser más difícil de acceder. Por lo tanto el posicionamiento de la segunda unidad de sensor 116 permite fácil acceso para mantenimiento o reparación de la segunda unidad de sensor 116. Además, el posicionamiento de la segunda unidad de sensor 116 permite la fácil retroinstalación de una segunda unidad de sensor 116 a un aerogenerador preexistente que tiene únicamente una primera unidad de sensor 114 - así se pueden verificar mediciones de tensión/corriente de carga para turbinas preexistentes que previamente tienen únicamente una primera unidad de sensor 114, y así se mejora la confianza en las mediciones.

Opcionalmente la segunda unidad de sensor 116 tiene una mayor capacidad nominal de nivel de integridad de seguridad (SIL) que la primera unidad de sensor 114. Así cuando se retroinstala la segunda unidad de sensor 116 a un aerogenerador preexistente que tiene únicamente una o más primeras unidades de sensor 114, se mejora la capacidad nominal SIL del aerogenerador.

Opcionalmente, la segunda unidad de sensor 116 incluye un indicador de seguridad ante fallos, en donde el indicador de seguridad ante fallos incluye circuitería de diagnóstico configurada para determinar si la segunda unidad de sensor 116 está funcionando correctamente. Preferiblemente el indicador de seguridad ante fallos se configura para transmitir una indicación al sistema informático remoto, en donde la indicación indica si la segunda unidad de sensor 116 está funcionando correctamente o no. Beneficiosamente, esto permite al sistema informático remoto determinar si se puede confiar en la medición desde la segunda unidad de sensor 116, y por tanto permite la identificación de situaciones en las que ni la primera unidad de sensor 114 ni la segunda unidad de sensor 116 pueden estar funcionando correctamente, pero los valores medidos devueltos por ambas unidades de sensor son acordes. Así la aportación de una seguridad ante fallos mejora además la fiabilidad de los valores medidos.

La figura 1B muestra un esquema diferente del aerogenerador 100 de la figura 1A, que muestra detalle adicional de los componentes del aerogenerador 100 según una realización preferida. Números de referencia semejantes designan componentes semejantes. La figura 1B muestra la unidad central 102 conectada a la unidad de impulsión de ángulo de paso 104 y a dos unidades de impulsión de ángulo de paso 104a, 104b adicionales. Preferiblemente para cada pala de rotor del aerogenerador 100 se proporciona una unidad separada de impulsión de ángulo de paso 104, 104a, 104b, permitiendo así controlar por separado el ángulo de paso de cada pala. La unidad central 102 comprende circuitería central 103, que preferiblemente incluye un convertidor CA/CC 120, y un convertidor CC/CC 122, en donde los convertidores CA/CC y CC/CC 120 122 actúan para convertir energía de CA desde el suministro de energía principal 106 en energía de CC adecuada para alimentar el motor de impulsión de ángulo de paso 110, y otros componentes que requieren energía. Por ejemplo, el convertidor CA/CC 120 y el convertidor CC/CC 122 preferiblemente también proporcionan energía de CC adecuada para la primera unidad de sensor 114 y la segunda unidad de sensor 116, eliminando ventajosamente la necesidad de suministros de energía separados para la primera unidad de sensor 114 y la segunda unidad de sensor 116. Como alternativa se pueden proporcionar diferentes suministros de energía para la primera unidad de sensor 114 y la segunda unidad de sensor 116.

Preferiblemente la segunda unidad de sensor 116 se configura para medir características de corriente y tensión para suministros de reserva asociados con cada unidad de impulsión de ángulo de paso 104, 104a, 104b. Por ejemplo, el segundo sensor se conecta a conexiones de alimentación para cada una de las unidades de impulsión de ángulo de paso 104, 104a, 104b. La segunda unidad de sensor 116 puede entonces medir la corriente por medio de una conexión

de medición 130, 130a, 130b y tensión por medio de otra conexión de medición 132, 132a, 132b para cada unidad de impulsión de ángulo de paso 104, 104a, 104b. Ventajosamente, esto permite usar una única segunda unidad de sensor 116 para verificar la plausibilidad de las mediciones de cada primera unidad de sensor 114 asociada con los diferentes suministros de energía de reserva 112.

5 La circuitería de impulsión de ángulo de paso 105 preferiblemente incluye un interruptor periódico de freno 124 configurado para frenar el motor de impulsión de ángulo de paso 110 cuando sea necesario al cortocircuitar selectivamente los devanados del motor de manera que la fuerza electromotriz generada por la rotación del motor actúa contra el sentido de rotación. La circuitería de impulsión de ángulo de paso preferiblemente también incluye un condensador de suavizado 126 configurado para suavizar la corriente proporcionada por el convertidor CA/CC y CC/CC 120, 122 al motor de ángulo de paso 110, asegurando de ese modo un funcionamiento más eficaz del motor 110. La circuitería de impulsión de ángulo de paso también comprende preferiblemente una unidad de impulsión de motor 128 para controlar el motor 110. La figura 1B muestra el diodo de desacoplamiento 118 ubicado en la unidad de impulsión de ángulo de paso 104, aunque se apreciará que el diodo 118 se puede ubicar en la unidad central 102 o en una ubicación a lo largo del conector de potencia 108. En una realización preferida, el suministro de energía de reserva 112 comprende un supercondensador 113. Como alternativa se pueden proporcionar una batería.

En algunos aspectos de la invención, cada primera unidad de sensor 114 se conecta a un suministro de energía de reserva 112, y se configura para medir la corriente que fluye entrando/saliendo del suministro de reserva 112 directamente por medio de una primera conexión 134. Cada primera unidad de sensor 114 también se configura para medir la tensión asociada con el suministro de reserva 112 directamente por medio de otra conexión 136.

20 En el sistema como se muestra en la figura 1B, la total corriente I medida por un segundo sensor 116 en la unidad central 102 se puede describir por la siguiente ecuación:

$$I = I_{ch} + I_{sm} + I_b + I_m + I_{log};$$

en donde I_{ch} es una primera corriente consumida por el interruptor periódico de freno 124, I_{sm} es una segunda corriente consumida por el condensador de suavizado 126, I_b es una tercera corriente consumida por el suministro de energía de reserva 112, I_m es una cuarta corriente consumida por el motor, y I_{log} es una quinta corriente consumida por cualquier lógica en la unidad de impulsión de ángulo de paso 104 (que incluye cualquier corriente consumida por la primera unidad de sensor 114). Si se hace una medición mientras el aerogenerador está en un modo de inactividad, la primera corriente I_{ch} , la segunda corriente I_{sm} y la cuarta corriente I_m serán cero.

30 Como se señala anteriormente, en algunas realizaciones, se configura circuitería de procesamiento local para realizar la comparación de mediciones hechas por la primera unidad de sensor 114 y la segunda unidad de sensor 116. Opcionalmente, la circuitería de procesamiento se configura para tener en cuenta la primera corriente I_{ch} usada por el interruptor periódico de freno 124, la segunda corriente I_{sm} consumida por el condensador de suavizado 126 y la cuarta corriente I_m consumida por el motor de ángulo de paso 110 cuando se realiza la comparación. Por ejemplo, la circuitería de procesamiento puede sustraer la primera corriente I_{ch} consumida por el interruptor periódico de freno 124, la segunda corriente I_{sm} consumida por condensador de suavizado 126 y la cuarta corriente I_m consumida por el motor de ángulo de paso 110 de la corriente medida por el primer sensor 114 en la unidad de impulsión de ángulo de paso 104 para determinar la tercera corriente I_b consumida por el suministro de reserva 112 mientras recarga. En una realización, las corrientes/tensiones asociadas con el interruptor periódico de freno 124, el condensador de suavizado 126 y el motor de ángulo de paso 110 se estiman usando un modelo predeterminado del funcionamiento del aerogenerador, y/o se estima sobre la base de información de un controlador de motor de ángulo de paso (no se muestra) que indica las operaciones de corriente realizadas por el motor de ángulo de paso 110. Como alternativa, las corrientes/tensiones asociadas con el interruptor periódico de freno 124, el condensador de suavizado 126 y el motor de ángulo de paso 110 son medidas directamente por unidades sensitivas adicionales (no se muestra). Ventajosamente, al proporcionar medios para tener en cuenta corriente consumida/pérdidas de tensión asociadas con estos componentes, se puede hacer la medición de la corriente/tensión de carga del suministro de reserva mientras el motor de ángulo de paso 110 está en uso - por consiguiente todas las palas de rotor se pueden usar normalmente mientras se hacen las mediciones, aumentando (o al menos manteniendo) la potencia que el aerogenerador 100 es capaz de generar mientras están teniendo lugar las mediciones. Si bien lo anterior describe el uso de circuitería de procesamiento en el aerogenerador 100 para realizar la comparación y teniendo en cuenta las propiedades de elementos de la circuitería de impulsión de ángulo de paso 105, se apreciará que estas funciones podrían ser realizadas por el sistema informático remoto tratado anteriormente.

Como otra alternativa, las mediciones realizadas por la primera unidad de sensor 114 y la segunda unidad de sensor 116 se realizan cuando el aerogenerador está inactivo de manera que el motor de ángulo de paso 110 no consume cuarta corriente I_m . Beneficiosamente esto obvia la necesidad de emplear sensores adicionales para medir el uso de corriente/tensión de otros componentes en la unidad de impulsión de ángulo de paso 104, o para modelos a usar para estimar el uso de corriente/tensión. Así se requieren menos componentes/menos análisis computacional, reduciendo a su vez el coste y la complejidad del aerogenerador. En esta realización, se prefiere realizar mediciones durante periodos sin viento o poco viento, en los que el aerogenerador no estaría generando energía de ninguna manera, permitiendo ventajosamente al aerogenerador seguir generando energía cuando hay viento adecuado para generación de energía sin ponerlo en un modo de inactividad para realizar una comprobación de plausibilidad usando la primera

unidad de sensor 114 y la segunda unidad de sensor 116.

El valor absoluto de las mediciones proporcionadas por la primera unidad de sensor 114 y/o la segunda unidad de sensor 116 también se puede usar para decidir si poner o no el aerogenerador en un modo de inactividad seguro en el que se cambia el ángulo de paso de las palas de rotor hasta posiciones de bandera. Por ejemplo, si la tensión de carga medida es menor que un nivel predeterminado, o si la corriente y la tensión de carga son indicativas de que la unidad de reserva 112 es capaz de almacenar una cantidad máxima de energía que es menor que una cantidad predeterminada, ventajosamente se puede determinar que el suministro de energía de reserva 112 requiere reparación o sustitución. Este tipo de determinación se puede hacer localmente en el aerogenerador, por ejemplo en circuitería de procesamiento (no se muestra) presente en la unidad central 102. En respuesta a la determinación, las unidades de impulsión de ángulo de paso 104 hacen funcionar los motores de impulsión de ángulo de paso 110 para poner las palas de rotor en una posición de bandera.

En una realización adicional, las mediciones hechas por la primera unidad de sensor 114 asociada con una unidad particular de impulsión de ángulo de paso 104 se puede comparar con mediciones hechas por otros primeros sensores asociados con otras unidades de impulsión de ángulo de paso. Por ejemplo, se pueden comparar respectivas mediciones de corriente/tensión de carga para cada unidad de impulsión de ángulo de paso. Beneficiosamente, esta comparación puede proporcionar confirmación de que los suministros de reserva asociados con cada unidad de impulsión de ángulo de paso se están realizando de manera similar - si mediciones para una unidad de impulsión de ángulo de paso 104 indican que el suministro de reserva 112 para esa unidad de impulsión de ángulo de paso tiene características que son diferentes de características para otros suministros de reserva en el aerogenerador 100, puede ser indicativo de un fallo con dicho suministro de energía de reserva 112 y/o indicar que ese suministro de reserva 112 está envejeciendo de manera diferente a los otros suministros de reserva. Así se puede identificar que un suministro de energía de reserva particular puede necesitar reparación o sustitución. Preferiblemente esta comparación se hace localmente en el aerogenerador, por ejemplo usando circuitería de procesamiento presente en la unidad central 102. En otra realización, datos desde los primeros sensores de cada unidad de impulsión de ángulo de paso se envían a un sistema informático remoto y la comparación se realiza en el sistema informático remoto.

La figura 2 muestra un diagrama de flujo de un método 200 para asignar un nivel de confianza en mediciones de un suministro de energía de reserva condición. El método de la figura 2 puede ser realizado usando el aparato tratado anteriormente en relación a las figuras 1A y 1B.

En la etapa S202, se realiza una prueba de esfuerzos en un suministro de energía de reserva tal como el suministro de energía de reserva 112 tratado anteriormente. La prueba de esfuerzos puede proceder según un método conocido, por ejemplo, el tratado en la solicitud de patente EP2824321. La prueba de esfuerzos puede implicar la desconexión de una unidad de impulsión de ángulo de paso de un suministro de energía de red eléctrica por medio de un interruptor de aislamiento como se ha tratado anteriormente. En la etapa S204, si la unidad de ángulo de paso se ha desconectado de la unidad central, se reconecta de manera que el suministro de energía de reserva puede consumir corriente.

En la etapa S208 se miden las características de carga del suministro de energía de reserva en una primera ubicación. Las características de carga preferiblemente comprenden ya sea la corriente de carga del suministro de energía de reserva, la tensión de carga del suministro de energía de reserva, o ambas. Preferiblemente la medición es realizada por una primera unidad de sensor tal como la primera unidad de sensor 114 tratada anteriormente. Preferiblemente la primera ubicación es un punto dentro de la unidad de impulsión de ángulo de paso correspondiente al suministro de energía de reserva que es valorado como se ha descrito anteriormente.

En la etapa S210 se miden las características de carga del suministro de energía de reserva en una segunda ubicación. Preferiblemente la medición es realizada por una segunda unidad de sensor tal como la segunda unidad de sensor 116 tratada anteriormente. Preferiblemente la segunda ubicación es un punto dentro del aerogenerador que está a distancia de la primera unidad de sensor, por ejemplo dentro de la unidad central como se ha descrito anteriormente.

Cabe señalar que la etapa S208 se puede realizar antes de la etapa S210 o viceversa. Más preferiblemente, las etapas S208 y S210 se realizan simultáneamente, permitiendo de ese modo una determinación precisa de fiabilidad de medición en situación en la que la corriente y/o la tensión de carga varían a lo largo del tiempo. Es más, preferiblemente las etapas S208 y S210 se repiten en cierto intervalo de tiempo, de manera que se puede medir el perfil de corriente y/o tensión de carga a lo largo del tiempo, y se puede determinar la fiabilidad de medición correspondiente a diferentes partes de la perfil.

En la etapa S212 se comparan las mediciones hechas en las etapas S208 y S210. Por ejemplo, la corriente de carga medida por una primera unidad de sensor se compara con la corriente de carga medida por una segunda unidad de sensor. En algunas realizaciones, la comparación implica calcular una diferencia porcentual entre los valores. En otras realizaciones la comparación implica calcular una diferencia absoluta entre valores medidos. Para comparar valores se pueden emplear otros métodos como se conoce en la técnica.

Sobre la base de la comparación realizada en la etapa S212, se asigna un nivel de confianza a la medición en la primera ubicación y/o la medición en la segunda ubicación en la etapa S214. El nivel de confianza proporciona una indicación de si se puede confiar en las mediciones realizadas por la primera y/o la segunda unidad de sensor, es

decir, son plausibles, como se ha descrito anteriormente en relación a las figuras 1A y 1B. En algunas realizaciones el nivel de confianza se asigna a valores medidos por una primera unidad de sensor ubicada en una unidad de impulsión de ángulo de paso. En algunas realizaciones una diferencia en los valores medidos del 10 % o menos se puede asignar a un nivel de confianza alto, mientras que una diferencia de más del 10 % se puede asignar a un nivel de confianza bajo. Como alternativa, la distinción entre un nivel de confianza alto y un nivel de confianza bajo se puede asociar a un valor de umbral diferente distinto al 10 %, por ejemplo una diferencia entre valores medidos del 5 %, o 15 % o 20 %. Como alternativa, se pueden utilizar más de dos niveles de confianza, en donde se usa más de un valor de umbral para definir el nivel de confianza - por ejemplo una diferencia del 10 % o menos se podría asignar a un nivel de confianza alto, una diferencia entre el 10 % y el 20 % a un nivel de confianza intermedio, y una diferencia de más del 20 % a un nivel de confianza bajo - en tales casos, un nivel de confianza alto indicaría que la medición en la primera (y/o segunda) ubicación es de confianza y no es necesario realizar una acción, un nivel intermedio puede proporcionar una advertencia que indica que se deben realizar más mediciones para determinar la fiabilidad de una o más unidades de sensor que hacen las mediciones, y un nivel bajo que indica que no se puede confiar en una o más unidades de sensor y requieren sustitución o mantenimiento. De manera similar se pueden usar otros valores de comparación, tales como una diferencia absoluta, para asignar un nivel de confianza (por ejemplo se puede asignar un nivel de confianza alto si la diferencia absoluta está por debajo de un valor de umbral, y un nivel bajo si la diferencia está por encima del umbral).

En la etapa S216, se elige un curso de acción sobre la base del nivel de confianza asignado en la etapa S214.

Si el nivel de confianza no es bajo (es decir, se asigna un nivel de confianza alto o en algunas realizaciones un nivel de confianza intermedio), el método procede a la etapa S218, en la que puede continuar el funcionamiento normal del aerogenerador. En algunas realizaciones, se puede proporcionar una indicación a un usuario de que la medición es de confianza en la etapa S218. Como se señala anteriormente, en algunas realizaciones los sensores primero y segundo pueden hacer mediciones cuando el aerogenerador está en un modo de inactividad. En este caso, en la etapa S218 el aerogenerador puede dejar su modo de inactividad de manera que se cambia el ángulo de paso de las palas de rotor fuera de su posiciones de bandera, y se inicia un funcionamiento normal.

Si el nivel de confianza es bajo, el método procede a la etapa S220, en la que el aerogenerador se pone en un estado seguro. Preferiblemente esto implica poner las palas de rotor en una posición de bandera usando los motores de impulsión de ángulo de paso presentes en el aerogenerador, haciendo así que las palas actúen para retardar la rotación de la turbina de manera que no se genera potencia adicional y la turbina se pone en un modo de inactividad. Ventajosamente esto actúa para reducir el riesgo de daño al ambiente, personas o equipamiento en caso de que no se pueda verificar que el suministro de energía de reserva de emergencia está trabajando correctamente. Preferiblemente en la etapa S220 al personal de servicio se la proporciona automáticamente una indicación de que no se puede verificar la funcionalidad del suministro de energía de reserva, que entonces puede realizar aportaciones para que una o ambas de las unidades de sensor sean sustituidas o reparadas según sea apropiado. En algunas realizaciones, los sensores primero y segundo pueden hacer mediciones cuando el aerogenerador ya está en un modo de inactividad como se ha tratado anteriormente. En este caso, en la etapa 220 el aerogenerador se mantiene en un estado de inactividad en el que las palas se mantienen en posiciones de bandera.

Dicho de otro modo, se toma una decisión sobre si poner o no en bandera las palas de rotor del aerogenerador y poner en un modo seguro de inactividad (o mantener el aerogenerador en un modo de inactividad, si ya está en un modo de inactividad) en respuesta a la comprobación de plausibilidad sobre la base de si una diferencia en valores medidos por la primera y la segunda unidad de sensor supera o no un valor de umbral predeterminado o no.

La exposición anterior describe realizaciones específicas de la presente invención. Como se señala anteriormente el aerogenerador 100 mostrado en la figura 1B es preferiblemente el mismo aerogenerador 100 que se muestra en la figura 1A, y por consiguiente rasgos tratados en relación a la figura 1A o la figura 1B son compatibles cuando se implementa la presente invención. Es más, el método 200 de la figura 2 se puede aplicar preferiblemente al aerogenerador 100 que se muestra en las figuras 1A y 1B. Aspectos adicionales de la presente invención se entenderán mejor a partir de la reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un aerogenerador que comprende:
un suministro de energía de reserva;
un procesador; y
- 5 una primera unidad de sensor y una segunda unidad de sensor configuradas para medir al menos uno de un valor de tensión y un valor de corriente, en donde el valor de tensión y el valor de corriente son indicativos de la condición del suministro de energía de reserva;
en donde la primera unidad de sensor se configura para medir el al menos uno del valor de tensión y el valor de corriente en una primera ubicación en el aerogenerador;
- 10 en donde la segunda unidad de sensor se configura para medir el al menos uno del valor de tensión y el valor de corriente en una segunda ubicación en el aerogenerador diferente de la primera ubicación; caracterizada por que
el procesador se configura para:
15 comparar el al menos uno del valor de tensión y el valor de corriente medidos por la primera unidad de sensor con el al menos uno del valor de tensión y el valor de corriente medidos por la segunda unidad de sensor; y
asignar un nivel de confianza al por lo menos uno del valor de tensión y el valor de corriente medidos por la primera unidad de sensor sobre la base de la comparación;
- 20 provocar que el aerogenerador entre a un estado de inactividad sobre la base del nivel de confianza asignado.
2. El aerogenerador de la reivindicación 1 en donde la primera ubicación está cerca del suministro de energía de reserva, y la segunda ubicación está a distancia del suministro de energía de reserva.
3. El aerogenerador de cualquier reivindicación anterior que comprende además una unidad de control configurada para controlar al menos una unidad de impulsión de ángulo de paso, en donde:
- 25 la primera ubicación están en la unidad de control y la segunda ubicación está en la al menos una unidad de impulsión de ángulo de paso.
4. El aerogenerador de la reivindicación 2 en donde la al menos una unidad de impulsión de ángulo de paso se configura para hacer funcionar un motor de ángulo de paso mientras las unidades de sensor primera y segunda están midiendo el al menos uno del valor de tensión y el valor de corriente y en donde el procesador se configura además para:
- 30 determinar al menos una de una tensión de motor de ángulo de paso, una corriente de motor de ángulo de paso, una corriente consumida por un interruptor periódico de freno, y tensión asociada con el interruptor periódico de freno, una corriente consumida por un condensador de suavizado y una tensión asociada con un condensador de suavizado; y
- 35 comparar el al menos uno del valor de tensión y el valor de corriente medidos por la primera unidad de sensor con el al menos uno del valor de tensión y el valor de corriente medidos por la segunda unidad de sensor, sobre la base de la al menos una de la tensión de motor de ángulo de paso, una corriente de motor de ángulo de paso, una corriente consumida por un interruptor periódico de freno, y tensión asociada con el interruptor periódico de freno, una corriente consumida por un condensador de suavizado y una tensión asociada con un condensador de suavizado.
- 40 un condensador de suavizado.
5. El aerogenerador de cualquier reivindicación anterior que comprende además un diodo entre la primera ubicación y la segunda ubicación, en donde el diodo se proporciona para permitir sustancialmente que fluya corriente en una primera dirección hacia el suministro de energía de reserva e impedir sustancialmente que fluya corriente en una segunda dirección opuesta a la primera dirección;
- 45 en donde el procesador se configura además para determinar si el diodo está funcionando correctamente sobre la base de la comparación del al menos uno del valor de tensión y el valor de corriente medidos por la primera unidad de sensor con el al menos uno del valor de tensión y el valor de corriente medidos por la segunda unidad de sensor.
6. El aerogenerador de cualquier reivindicación anterior en donde el suministro de energía de reserva es un supercondensador que es cargado por un suministro de energía primario, en donde:
- 50

- el valor de tensión es una tensión de carga del supercondensador; y
- el valor de corriente es una corriente de carga consumida por el supercondensador cuando se carga el supercondensador.
7. El aerogenerador de cualquier reivindicación anterior en donde: ya sea
- 5 la primera unidad de sensor es una unidad de sensor preexistente en el aerogenerador, y la segunda unidad de sensor se retroinstala en el aerogenerador; o
- la segunda unidad de sensor es una unidad de sensor preexistente en el aerogenerador, y la primera unidad de sensor se retroinstala en el aerogenerador.
8. El aerogenerador de la reivindicación 6 en donde la unidad de sensor retroinstalada tiene una capacidad nominal SIL mayor que la unidad de sensor preexistente.
- 10 9. El aerogenerador de cualquier reivindicación anterior en donde las unidades de sensor primera y segunda se configuran para medir el al menos uno del valor de tensión y el valor de corriente cuando el aerogenerador está en un modo de inactividad.
- 15 10. El aerogenerador de cualquier reivindicación anterior en donde el procesador se configura además para determinar si al menos uno del valor de corriente y el valor de tensión medidos por la primera unidad de sensor o la segunda unidad de sensor es indicativo del suministro de energía de reserva que necesita reparación o sustitución; y
- en donde en respuesta a determinar que el suministro de energía de reserva requiere reparación o sustitución, el procesador se configura además para provocar que el aerogenerador entre a un estado de inactividad.
- 20 11. Un método para monitorizar la condición de un suministro de energía de reserva en un aerogenerador, que comprende:
- medir, usando una primera unidad de sensor, al menos uno de un valor de tensión y un valor de corriente en una primera ubicación en el aerogenerador, en donde el valor de tensión y el valor de corriente son indicativos de la condición del suministro de energía de reserva;
- 25 medir, usando la segunda unidad de sensor, el al menos uno del valor de tensión y el valor de corriente en una segunda ubicación en el aerogenerador diferente de la primera ubicación;
- el método se caracteriza por que comprende además:
- 30 comparar el al menos uno del valor de tensión y el valor de corriente medido por la primera unidad de sensor con el al menos uno del valor de tensión y el valor de corriente medidos por la segunda unidad de sensor; y
- asignar un nivel de confianza al por lo menos uno del valor de tensión y el valor de corriente medidos por la primera unidad de sensor sobre la base de la comparación;
- 35 provocar que el aerogenerador entre a un estado de inactividad sobre la base del nivel de confianza asignado.
12. El método de la reivindicación 11 en donde la etapa de medir usando la primera unidad de sensor se realiza en una unidad de control del aerogenerador, y en donde la etapa de medir usando la segunda unidad de sensor se realiza en una unidad de impulsión de ángulo de paso del aerogenerador.
13. El método de cualquiera de las reivindicaciones 11 o 12 que comprende además:
- determinar al menos una de una tensión de motor de ángulo de paso y una corriente de motor de ángulo de paso; y
- 40 comparar el al menos uno del valor de tensión y el valor de corriente medidos por la primera unidad de sensor con el al menos uno del valor de tensión y el valor de corriente medidos por la segunda unidad de sensor, sobre la base de la al menos una de la tensión de motor de ángulo de paso y la corriente de motor de ángulo de paso.

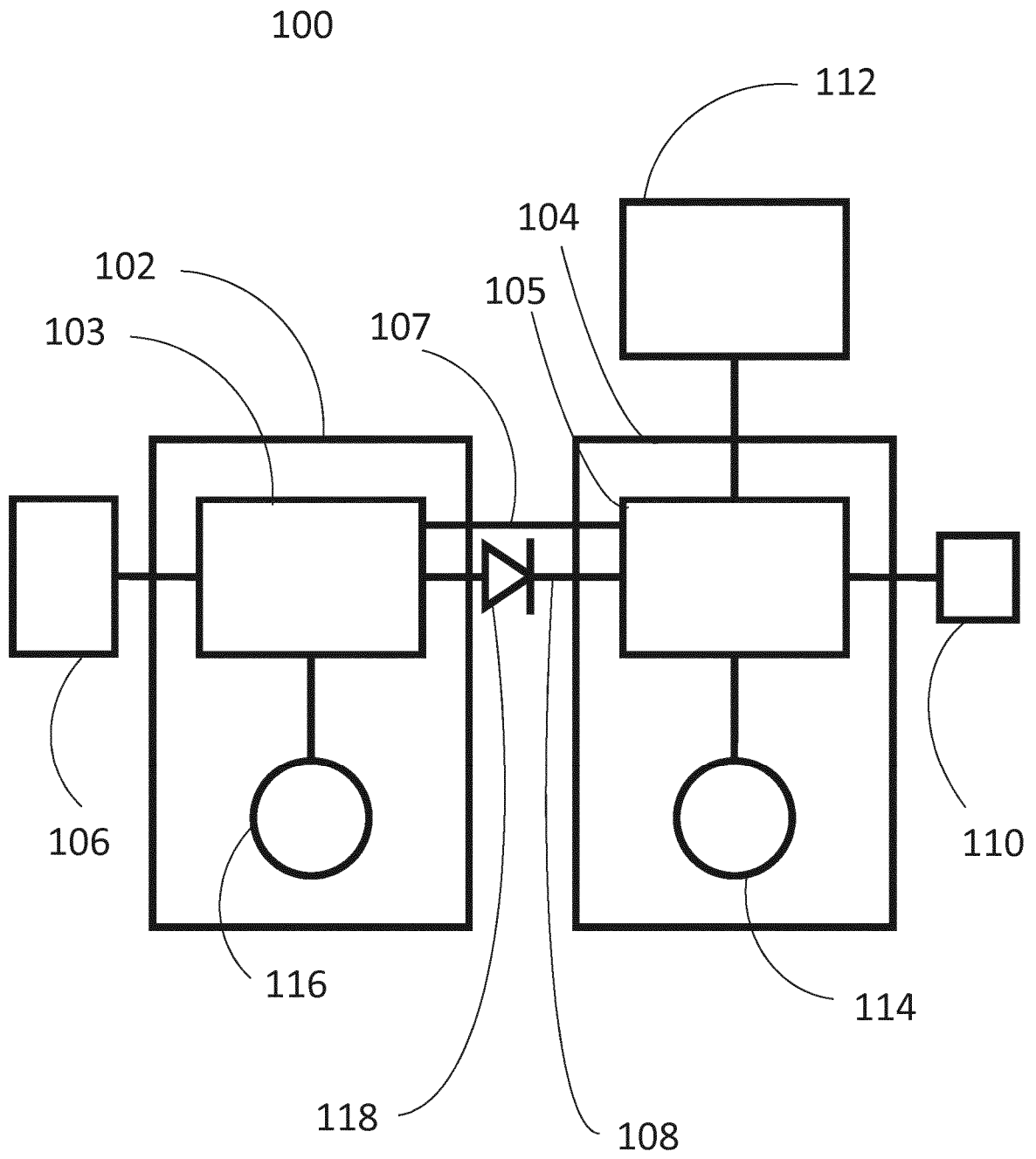


Figura 1A

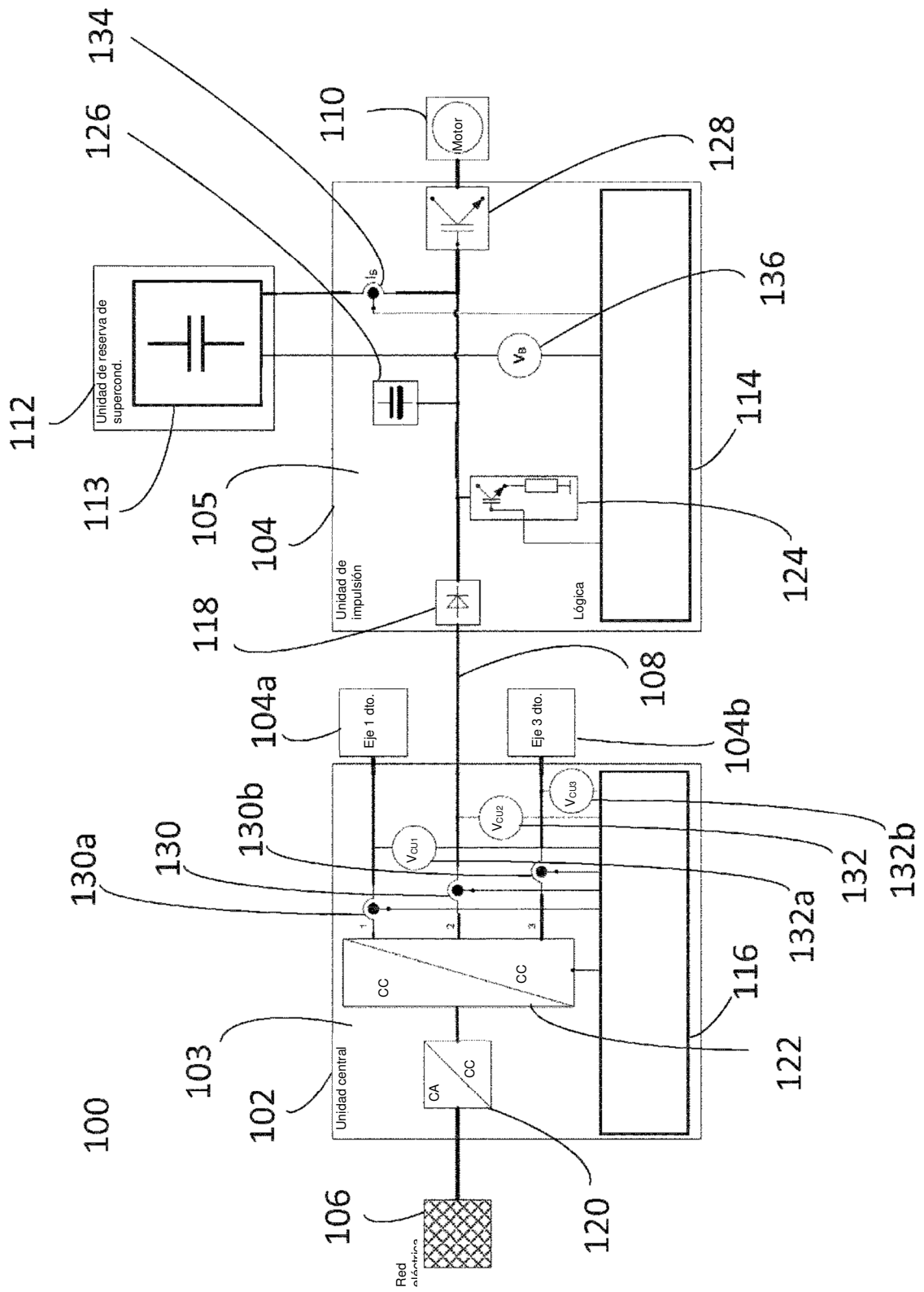


Figura 1B

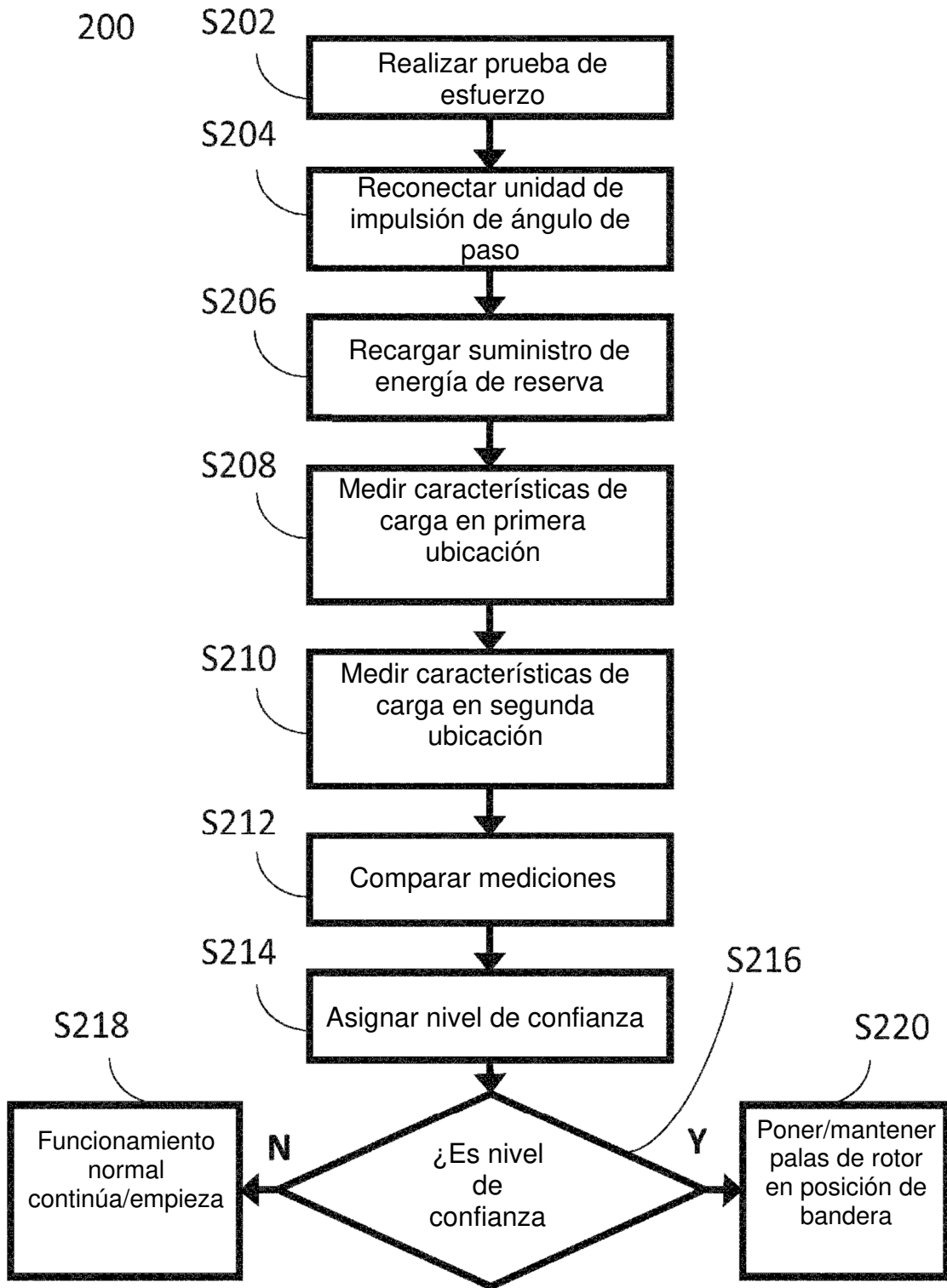


Figura 2