

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 628 177**

51 Int. Cl.:

G01R 31/36 (2006.01)

H02J 9/06 (2006.01)

F03D 7/02 (2006.01)

G01R 31/34 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.05.2009 PCT/EP2009/003842**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.12.2009 WO09146848**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.05.2009 E 09757231 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.04.2017 EP 2313792**

54 Título: **Dispositivo de control para sistemas de inclinación de aerogeneradores**

30 Prioridad:

30.05.2008 DE 102008025944

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

02.08.2017

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**LETAS, HEINZ-HERMANN y
PETERS, MATTHIAS**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 628 177 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

Dispositivo de control para sistemas de inclinación de aerogeneradores

5 La invención se refiere a un dispositivo de control para sistemas de inclinación de aerogeneradores. Dicho más concretamente se refiere a aerogeneradores con un rotor, con un generador accionado por el mismo para la generación de energía eléctrica, presentando el rotor al menos una pala que se puede ajustar con un dispositivo de inclinación, comprendiendo el dispositivo de inclinación un suministro de energía por medio de una batería y un accionamiento de regulación y previéndose una unidad de control para la batería del dispositivo de inclinación.

10 Los aerogeneradores del tipo citado al principio presentan palas de rotor ajustables que pueden variar con respecto al ángulo de incidencia del viento. Los sistemas de inclinación de este tipo permiten dos funciones diferentes, en concreto, por una parte, un funcionamiento variable en cuanto al número de revoluciones y, por otra parte, una detención del aerogenerador. Ésta última se produce gracias a que las palas de rotor se colocan en una posición de bandera en la que el viento ya no las hace girar. Precisamente esta última función es realmente importante, dado que ésta actúa como función de frenado. Ésta representa un aspecto especialmente crítico en cuanto a la seguridad para el aerogenerador. A fin de poder garantizar mediante el ajuste de la inclinación una detención en caso de caída del suministro de corriente del aerogenerador, se prevén para el dispositivo de inclinación en la mayoría de los casos sistemas de acumulador propios. Éstos garantizan el suministro de corriente del dispositivo de inclinación también en caso de caída de la corriente. Como acumuladores de energía se utilizan acumuladores recargables convencionales o también condensadores con una capacidad especialmente alta (s.g. Ultra-Caps).
20 Independientemente del tipo de construcción que se utilice en concreto para los acumuladores, éstos conllevan no obstante el inconveniente común de que son piezas de desgaste. A causa de la funcionalidad crítica en cuanto a la seguridad, para evitar de forma segura un fallo del dispositivo de inclinación debido a un acumulador probablemente defectuoso, los acumuladores se comprueban en intervalos de tiempo regulares. Por el estado de la técnica se conocen distintos procedimientos con esta finalidad.

25 Por el documento DE 10 2005 030 709 se conoce la posibilidad de prolongar la vida útil de los acumuladores optimizando los procesos de solicitación y de carga, aplicando medidas de limitación de corriente, supervisando la temperatura de los acumuladores y midiendo la tensión en los bornes de los distintos acumuladores.

Otro ejemplo del estado de la técnica se conoce por el documento EP1739807.

30 La invención se basa en la tarea de proponer, partiendo del método citado, un dispositivo de control o un procedimiento mejorado que sea menos propenso a sufrir fallos.

La solución según la invención se basa en las características de las reivindicaciones independientes. Perfeccionamientos ventajosos son objeto de las reivindicaciones dependientes.

35 En un aerogenerador con un rotor, con un generador accionado por el mismo para la generación de energía eléctrica, presentando el rotor al menos una pala ajustable por medio de un dispositivo de inclinación, y comprendiendo el dispositivo de inclinación una unidad de suministro de energía con una batería y un accionamiento de regulación, así como una unidad de control, se prevé, según la invención, un módulo de solicitación que conmuta el accionamiento de regulación entre un modo de funcionamiento y un modo de comprobación, formando el accionamiento de regulación en el modo de comprobación una carga definida seleccionable para la batería. Con ésta es posible aplicar carga a la batería y comprobar su comportamiento bajo esta solicitación a carga (prueba de Stress).
40

Por una batería se entiende un acumulador para energía eléctrica. En especial puede tratarse de un acumulador recargable o de un condensador de gran capacidad (Ultra-Cap).

45 La invención se basa en la idea de crear con el accionamiento de regulación en el modo de comprobación unas condiciones marco definidas con las cuales sea posible comprobar la calidad de la unidad de suministro de energía del dispositivo de inclinación. Con la conexión adicional de una carga conocida determinada se pueden crear unas condiciones reproducibles para la prueba. De este modo existe la posibilidad de poder comparar entre sí las sucesivas mediciones. Así pueden detectarse las variaciones en las baterías a lo largo del tiempo y tenerlas en cuenta en la determinación del momento propicio para la sustitución. Las mediciones reproducibles ofrecen además la ventaja de que se pueden establecer valores límite más precisos. Esto no sólo aumenta la calidad de la medición,
50 sino que también permite la supresión de márgenes de seguridad como tampones frente a variaciones del medio ambiente no influenciados, de manera que las baterías se puedan utilizar hasta el verdadero momento propicio para la sustitución. Por consiguiente, el cambio realizado convencionalmente por motivos de seguridad en caso de duda más bien antes de tiempo ya no es necesario, lo que disminuye los costes. Al mismo tiempo, gracias a las condiciones reproducibles se evita que las baterías en sí listas para el recambio aún se clasifiquen erróneamente como aptas para el uso en virtud de unas condiciones de pruebas favorables para la misma. Hasta ahora, una clasificación errónea como ésta se asociaba a un riesgo de seguridad considerable en relación con la seguridad de parada del aerogenerador, evitándose ahora gracias a la invención. La invención une, por lo tanto, las ventajas con respecto a costes de funcionamiento más económicos con una mayor seguridad.
55

El accionamiento de regulación presenta preferiblemente una resistencia conmutable en su entrada. La previsión de esta resistencia significa un esfuerzo que se puede pasar por alto.

5 Resulta preferible cuando el accionamiento de regulación comprende un convertidor y un motor de corriente continua, configurándose el módulo de sollicitación a carga para sollicitar el motor de corriente continua con una corriente predeterminable según la carga definida. La invención se aprovecha del hecho de que por regla general en los aerogeneradores modernos el accionamiento de regulación de los dispositivos de inclinación presenta de todas maneras un convertidor y un motor, en la mayoría de los casos un motor de corriente continua. En este sentido no se produce ningún coste adicional. Conectando el convertidor con el motor alimentado por el mismo de manera que éste actúe como carga fija, es posible aplicar una sollicitación elevada fija y deseada sin costes adicionales con respecto al hardware. Con el convertidor es posible comprobar la batería incluso en caso de una corriente elevada. De este modo se puede llevar a cabo tanto una prueba rápida, como también una prueba de Stress que posee una alta fiabilidad con respecto a la idoneidad de la batería. Otra ventaja del uso del convertidor consiste en que la sollicitación a aplicar sobre la batería no está limitada por una resistencia ni por su capacidad de carga por unidad de potencia. Para aplicar, si se desea, una sollicitación a carga aún mayor, se activa convenientemente un freno del accionamiento de regulación contra el cual actúa el accionamiento de regulación. Esto permite realizar la prueba de la batería independientemente de la posición de las palas de rotor. De este modo no es necesario colocar la pala de rotor en una posición límite en la que se ajuste, por ejemplo, a un tope. Por consiguiente, la prueba de sollicitación se puede emplear de manera más universal. En especial, la prueba también se puede realizar durante el funcionamiento del aerogenerador, en concreto mientras que el mismo esté en régimen de funcionamiento a carga parcial. Para un posterior aumento de la carga de la batería se puede prever además que se aplique adicionalmente corriente a la resistencia en la entrada del accionamiento de regulación. Para evitar una sobrecarga precisamente en caso de grandes corrientes de prueba se prevé preferiblemente un sistema de control de temperatura en el convertidor y/o en la resistencia.

25 Según una variante perfeccionada preferida de la invención se prevé un módulo de control de descarga concebido para reducir la tensión que actúa en el accionamiento de regulación al comienzo de la prueba a un nivel de tensión predeterminable. Por regla general se trata del nivel de tensión de batería a la que se descarga el circuito intermedio. Sin embargo también se puede descargar la batería. Esto conviene cuando para garantizar una seguridad suficiente la unidad de suministro de energía se debe concebir de modo que no sólo pueda provocar una regulación de las palas de rotor en caso de una batería ideal completamente cargada, sino también con la batería cargada sólo parcialmente.

30 El módulo de sollicitación interactúa preferiblemente también con un seccionador de protección que separa la batería de un suministro de red. Con el seccionador de protección se consigue evitar una carga de la batería a través del suministro de red durante la prueba, con lo que se contrarresta un riesgo de falsificación de los resultados de prueba por parte del suministro de red.

35 Se prevé además preferiblemente un módulo de control que supervisa el estado, especialmente la temperatura de la resistencia, la posición de la pala de rotor (o el funcionamiento del freno) y/o del motor de corriente continua y que en caso necesario interrumpe la prueba. Así se contrarresta el riesgo de que especialmente en caso de pruebas con corrientes altas se produzca una sobrecarga de los componentes empleados para la prueba. Los daños que se podrían producir no sólo tendrían el inconveniente de provocar fallos de los componentes, sino que incluso podrían dar lugar a una parada del aerogenerador (lo que significa un coste elevado) dado que se trata en este caso de componentes críticos en cuanto a la seguridad.

40 Con ventaja se prevé un módulo de detección de carga que determina un estado de carga del aerogenerador y que en caso de superar un umbral bloquea el módulo de control de sollicitación. Por bloqueo se entiende que el módulo de control de sollicitación pasa a un estado en el que no se realiza ninguna prueba de la batería. Se ha comprobado que la invención permite en principio probar el aerogenerador en funcionamiento, lo que sin embargo no debería hacerse con plena carga o con una elevada carga parcial, dado que en estas gamas sería necesaria una regulación de la inclinación por parte del motor de inclinación. Las cargas adicionales aplicadas a causa de la prueba de la batería pueden dar lugar en caso de viento más fuerte a que el dispositivo de inclinación se someta a fuerzas de regulación excesivamente altas. Para excluir el riesgo de deterioros o fallos, el módulo de detección de carga detecta la aparición de una situación con una carga elevada e impide la ejecución de la prueba de batería o la interrumpe siempre que durante la prueba de batería se detecte una carga elevada, por ejemplo, por medio del número de revoluciones, de la potencia y/o de la velocidad del viento.

50 El módulo de detección de carga colabora convenientemente con un temporizador que provoca en intervalos predeterminables una comprobación y que vigila los ciclos durante la prueba. De esta manera se puede llevar a cabo un control en gran medida automatizado del aerogenerador durante el funcionamiento autárquico.

55 El módulo de control de sollicitación según la invención se puede diseñar preferiblemente para controlar la pala de rotor con el freno activado y detectar una variación de inclinación. Si la pala de rotor se mueve a pesar del accionamiento del freno durante la ejecución de la prueba de sollicitación, esto significa un error del freno por lo que se emite una señal correspondiente que se transmite al sistema de control de funcionamiento del aerogenerador. Esto también se puede llevar a cabo de forma específica. Para la comprobación del estado del freno se puede prever adicionalmente una unidad de comprobación de frenos que aplica corriente eléctrica al accionamiento de regulación con un momento de comprobación determinado. El momento de comprobación se elige de modo que sea

menor que el momento de retención aplicable por parte del freno. Si el freno resbala a pesar de ello, el freno está defectuoso y se emite una señal de error.

Preferiblemente se prevé además un módulo de monitorización que comprueba la funcionalidad del controlador de batería. Por lo tanto, se puede realizar un control propio. De este modo se evita especialmente la situación de riesgo de clasificar aún erróneamente como "aptas" baterías que ya no son capaces de funcionar como consecuencia de un módulo de control de sollicitación que funciona de manera defectuosa. Con esta finalidad, el módulo de monitorización presenta convenientemente un detector que al comienzo de la prueba controla la tensión de batería en relación con una caída y que en caso de falta de la misma emite una señal de error. También en caso de baterías aptas se produce una caída de tensión debido a la elevada carga al comienzo de la prueba. Si esta caída no se produce significa que el control de la tensión funciona de forma defectuosa o que la batería aún se alimenta a través de la red. En ambos casos no es posible una prueba y se emite de forma correspondiente una señal de error.

Un primer método de control consiste en comprobar la tensión del acumulador bajo carga. Para ello se activa el dispositivo de inclinación, tomando corriente del acumulador y determinándose la caída de tensión que se produce. En un segundo método de control que sigue a continuación no sólo se comprueba la magnitud de la caída de tensión, sino que también se controla el desarrollo en el tiempo. Con esta finalidad se prevé un controlador de batería que se elige para tolerar brevemente una caída de la tensión durante la sollicitación y comprobar a continuación en la curva de tensión si la tensión se vuelve a recuperar después de finalizar la sollicitación dentro de un período de tiempo definido. Si no se cumplen aquí unos valores límite predefinidos, el acumulador se clasifica como ya no apto. Un inconveniente de estos métodos radica en la dependencia de factores externos. Así puede darse el caso de que aumente el consumo de corriente del accionamiento de regulación a causa de la dureza del engranaje debido a una carga del viento desfavorable o a temperaturas muy frías. Un mayor consumo de corriente condicionado por estas circunstancias da lugar a una caída de tensión mayor y más prolongada, de manera que estos acumuladores en sí aún útiles aparezcan bajo esta sollicitación excesiva como listos para la sustitución. Por lo demás también puede suceder que en caso de una carga de viento determinada la sollicitación se reduzca en tal medida que los acumuladores en sí desgastados sólo presenten una caída de tensión reducida y, por consiguiente, se clasifiquen como aún aptos para el empleo.

Según otra forma de realización ventajosa de la invención que en su caso adquiere una protección independiente prevé un módulo de control de comprobación. Éste se configura para conectar adicionalmente una característica de comprobación seleccionable en el accionamiento de regulación. Con esta finalidad el módulo de control de comprobación presenta una memoria con varias características de control de comprobación de las que se elige una para utilizarla en la comprobación por medio del módulo de control de sollicitación. La memoria contiene como perfiles preferiblemente al menos tres características de comprobación. Un primer perfil que forma una sollicitación con una resistencia fija, un segundo perfil que forma una sollicitación con una corriente constante y un tercer perfil que forma una sollicitación con una potencia constante. La sollicitación con una resistencia constituye el caso más sencillo que requiere la menor instalación de hardware. La sollicitación con potencia constante ofrece la ventaja de que es la que más se corresponde a la sollicitación en el funcionamiento real. La sollicitación con corriente constante ofrece la ventaja de que proporciona los resultados que mejor se pueden valorar, dado que las variaciones de tensión de la batería durante la sollicitación se pueden utilizar directamente como medida. En este caso, el accionamiento de regulación se acciona de manera que se conduzca una corriente constante a través del motor. Aquí el accionamiento de regulación actúa con su convertidor como un transformador para corriente continua, siendo posible modificar la relación de transformación por medio del control. Esto ocurre generalmente gracias a que el módulo de control de comprobación controla el accionamiento de regulación con un grado de modulación predeterminable. Éste puede modificar de forma correspondiente la sollicitación respectivamente deseada. Por consiguiente, la resistencia en sí fija del propio motor se convierte por el lado de la batería en una resistencia regulable. Por lo tanto, con una mínima instalación adicional de hardware se consiguen dos ventajas esenciales, concretamente, por una parte, que la sollicitación de la batería se puede modificar de forma variable y regular y, por otra parte, que las variaciones de la resistencia del motor se pueden compensar fácilmente, por ejemplo, estáticamente mediante dispersiones unitarias o dinámicamente mediante un aumento de la resistencia en virtud del calentamiento. Convenientemente el módulo de control de comprobación se configura con esta finalidad de manera que registre parámetros reales del motor y presente una unidad de compensación que compense las variaciones de los parámetros de un valor normal.

En los aerogeneradores de mayor tamaño se utilizan a menudo motores de excitación mixta como accionamientos de regulación que disponen de un devanado en serie o un devanado shunt. Se ha demostrado que para la comprobación de la sollicitación, el funcionamiento como puro motor devanado en serie resulta más favorable. El módulo de control de comprobación interactúa convenientemente con un módulo de conmutación de excitación que durante la comprobación aplica corriente al devanado en serie y separa el devanado shunt.

A fin de que la sollicitación adicional lo más reducida posible sea suficiente para los componentes del accionamiento de regulación se prevé preferiblemente un módulo de selección de dirección. Éste se configura para determinar durante el funcionamiento del aerogenerador una dirección de sollicitación de la pala de rotor y actuar de tal manera sobre el módulo de control de comprobación que el accionamiento de regulación active la pala en dirección contraria. De este modo, la sollicitación previa de la pala procedente de fuerzas aerodinámicas se utiliza favorablemente como carga adicional de manera que en este aspecto el accionamiento de regulación y el freno queden libres de la misma.

Preferiblemente se prevé una unidad de protocolo que se configura para protocolizar datos y señales de estado para la realización de la prueba, así como resultados. Ésta se conecta ventajosamente al sistema de control de funcionamiento del aerogenerador y/o de un sistema de control del dispositivo de inclinación. Puede llevarse a cabo una valoración y una transmisión, de manera que en caso de fallo se pueda transmitir un aviso de error correspondiente a una instancia superior (parkmaster u operador de red o empresa de mantenimiento). Ésta puede reaccionar al fallo y subsanar el problema.

La invención también se refiere a un dispositivo de control para un dispositivo de inclinación para aerogeneradores con una batería y con un accionamiento de regulación, comprendiendo el dispositivo de control un controlador de batería, previéndose según la invención un módulo de control de solitización que conmuta el accionamiento de regulación entre un modo de funcionamiento y un modo de comprobación, formando el accionamiento de regulación en el modo de comprobación una solitización definida preseleccionable.

Por otra parte la invención se refiere a un procedimiento para el control de un dispositivo de inclinación de aerogeneradores, presentando el dispositivo de inclinación una batería y un accionamiento de regulación y controlando durante la prueba una tensión de batería en caso de carga y conmutando según la invención el accionamiento de regulación entre un modo de funcionamiento y un modo de comprobación, utilizándose el accionamiento de regulación en el modo de comprobación para la generación de una carga definida.

En relación con una explicación más detallada se hace referencia a las explicaciones de arriba.

La invención se explica a continuación haciendo referencia al dibujo adjunto en el que se representa un ejemplo de realización ventajoso de la invención. Se muestra en la:

Figura 1 un aerogenerador según un ejemplo de realización de la invención en una visión general esquemática;

Figura 2 una representación ampliada del cubo con un dispositivo de inclinación del aerogenerador representado en la figura 1;

Figura 3 un diagrama funcional para una regulación de un accionamiento de regulación del dispositivo de inclinación;

Figura 4 un diagrama en bloques para la conexión eléctrica del dispositivo de inclinación con unidad de control; y

Figuras 5a-d diagramas referentes al desarrollo de tensiones y corrientes.

Un aerogenerador según un ejemplo de realización de la invención comprende una góndola 11 que puede bascular sobre una torre 10 en dirección acimutal, disponiéndose de forma giratoria en una de sus caras frontales un rotor de viento 12. El rotor de viento 12 comprende un cubo 13 y una o varias palas de rotor 14. Éste acciona un generador 15 por medio de un árbol de rotor (no representado). Éste convierte la potencia mecánica generada por el rotor de viento 12 a partir del viento en potencia eléctrica. En el caso del generador 15 se trata de una máquina asincrónica de doble alimentación (aunque también pueden preverse otros modelos de generador). A éste se conecta un convertidor 16. Al generador 15 y al convertidor 16 se conecta una línea 17 que transporta la potencia eléctrica generada a través de la torre 10 a un transformador de tensión media 18 dispuesto en el pie allí situado para su transmisión a una red (no representada). Además se dispone en la góndola 11 un sistema de control de funcionamiento 19 que controla el funcionamiento de todo el aerogenerador.

Para el ajuste del ángulo de paso de las palas de rotor 14 se prevé en el cubo 13 un dispositivo de inclinación identificado en su totalidad con el número de referencia 2. Éste comprende una unidad de suministro de energía 20 que comprende una batería 21, así como una conexión a una fuente de alimentación interna de la instalación 22. La misma alimenta al menos un accionamiento de regulación 3 que comprende fundamentalmente un circuito intermedio 34, una resistencia 30, un convertidor 31, así como un motor de corriente continua 32 como actuador. Éste último provoca, a través de un juego de engranajes configurado como engranaje recto 33, un giro de las palas de rotor alrededor de su eje longitudinal, a fin de modificar así el ángulo de paso Θ . Un sensor 38 en la corona dentada registra dicho ángulo, así como la velocidad de ajuste n . El juego de engranajes 33 se realiza preferiblemente de manera que dispongan de un bloqueo automático. Aquí se entiende que bajo la influencia de cargas aerodinámicas la pala de rotor 14 no es capaz (o sólo en pequeña medida) de girar el motor de corriente continua 32 por medio del engranaje recto 33. Hay que añadir que también pueden preverse otros modelos de engranaje, por ejemplo, un engranaje helicoidal para el aumento del bloqueo automático. Para conseguir en todos los estados de funcionamiento un posicionamiento seguro de las palas de rotor 14 con respecto a su ángulo de paso Θ se prevé además un freno 39. Éste se puede realizar de un modo en sí conocido como un tipo de pinza portapastillas o como freno electromagnético.

Para el control del dispositivo de inclinación 2 se prevé una unidad de control 4. Ésta se conecta a través de líneas de señalización (no representadas) a los otros componentes del dispositivo de inclinación y recibe por su parte sus señales de guía a través de líneas de señalización (tampoco representadas) del sistema de control de funcionamiento 19 y transmite a la inversa las señales de estado y los avisos de error a la misma.

El funcionamiento para el ajuste del ángulo de paso se explica en relación con la figura 3. Un valor teórico para el ángulo de paso Θ se aplica a una entrada de valor teórico de la regulación para el ángulo de paso. Dicho más concretamente éste se aplica a la entrada positiva de un elemento sumador 41. A su entrada negativa se aplica un valor de medición determinado por el sensor 38 para el ángulo de paso real. A partir de aquí se forma una diferencia

y se aplica a un regulador de situación, de ángulo o de posición 42. Éste determina una velocidad de ajuste n que se limita por medio de un elemento de valor límite 43. De esta velocidad teórica se resta a su vez en el punto de suma 44 el valor determinado por el sensor 38 para la velocidad y la diferencia resultante se aplica a un regulador de números de revoluciones 45. Éste determina una medida de corriente para el momento solicitado por el motor 32. La medida de corriente se conecta a un limitador 46. La medida de corriente así limitada se aplica como valor teórico a un punto de suma 47 a cuya entrada negativa se aplica una medida para la corriente real del motor. La diferencia que resulta se aplica a la entrada de un regulador de corriente 48 que determina una señal para la longitud de los impulsos de conexión de los conmutadores activos del convertidor 31. Esta señal se limita a su vez por medio del limitador de máximo y mínimo y se aplica a continuación a la entrada de control del modulador de duración de impulsos 35. Éste controla la conexión del elemento activo del convertidor 31. En esta estructura se produce el problema de que, con el motor 32 bloqueado, una variación del valor teórico para la situación angular da lugar a que los valores teóricos correspondientes para el número de revoluciones y la corriente del motor lleguen al límite. Para evitarlo de antemano puede reducirse adicionalmente la regulación de corriente del regulador del número de revoluciones 45 mediante una señal de retorno y concretamente a límites superiores e inferiores para la corriente del motor. Esto se puede llevar a cabo en el marco de un sistema de control previo 50 como el que se reproduce en la figura 3. El sistema de control previo 50 se configura con la finalidad de generar un valor teórico de corriente de motor correspondiente para una corriente de batería deseada. De este modo se evita que los reguladores 42, 45 y 48 lleguen a la saturación durante la prueba.

A la unidad de control 4 se conecta un controlador de batería 40. Éste se configura para controlar el estado de carga de la batería 21. La batería 21 se puede cargar en principio durante el funcionamiento normal a través de la fuente de alimentación 22 interna de la instalación, de manera que la misma en caso de una interrupción de la corriente pueda garantizar un suministro de energía suficiente para el dispositivo de inclinación 2. Ésta se dimensiona de manera que las palas de rotor 14 puedan desplazarse bajo todas las condiciones de forma segura en la posición de bandera neutral. Se entiende que las baterías 21 deben presentar para ello una capacidad suficiente y no haber perdido por defecto o como consecuencia del desgaste tanta capacidad que la carga almacenada por las mismas ya no sea suficiente para el desplazamiento de las palas de rotor 14 a la posición de bandera segura. La funcionalidad de las baterías se comprueba por medio del controlador de batería 40 en intervalos regulares.

En primer lugar se explica más detalladamente por medio de la figura 4 la estructura del accionamiento de regulación 3 con su interacción con la batería 21. El convertidor 31 alimenta el motor de corriente continua 32 que se realiza como un motor de excitación mixta con un devanado en serie 36 y un devanado shunt 37. El convertidor 31 es alimentado a su vez por un circuito intermedio 34 con un condensador filtrador 35. El circuito intermedio 34 se alimenta con energía eléctrica de dos formas diferentes. Por una parte está disponible una fuente de alimentación 22 que se puede conectar a través de un contactor de separación 24 a una cara de entrada del circuito intermedio. Por otra parte se prevé una batería 21 que a través del contactor de batería 23 se conecta a la cara de entrada del circuito intermedio 34. La fuente de alimentación 22 sirve, por una parte, para el suministro directo del convertidor 31 con el motor de corriente continua 32, pero también para la carga de la batería 21. Como ya se ha explicado antes, en caso de un fallo de red la batería 21 se encarga del suministro, de manera que por medio del convertidor 31 sea posible controlar así el motor de corriente continua 32 para desplazar las palas de rotor a una posición segura. En el circuito intermedio 34 se dispone un sensor de tensión 25 entre el contactor de batería 23 y el convertidor 31. Además se conecta opcionalmente al circuito intermedio 34 una resistencia fija conmutable 30 paralelamente a la entrada del convertidor 31. Con ésta se puede solicitar el circuito intermedio 34 y, por consiguiente, la batería 21. La unidad de control activa los contactores 23, 24, así como el convertidor 31.

La unidad de control 4 interactúa con un módulo de control de solicitud 5, con un módulo de detección de carga 6, así como con un módulo de control de comprobación 7. El módulo de control de solicitud 5 comprende un módulo de control de descarga 51, un módulo de control 52, un temporizador 53, un módulo de monitorización 54 y un detector 55. El módulo de control de comprobación 7 comprende una memoria 70, un emisor de grado de modulación 71, así como una unidad de medición 72 para la determinación de los parámetros reales del motor de corriente continua 32, una unidad de compensación 73, una unidad de comprobación de frenos 74, un módulo de selección de dirección 75 y un módulo de conexión de excitación 76. La memoria 70 contiene varios perfiles para distintas solicitudes. En el modo de comprobación puede elegirse uno de los perfiles y accionarse de forma correspondiente el convertidor 31, de manera que el motor de corriente continua bloqueado 32 genere la solicitud de acuerdo con el perfil elegido. En este caso el módulo de control de comprobación 7 activa el módulo de conexión de excitación 76 que se configura para separar en el modo de comprobación el devanado shunt 37. Esto significa que la excitación sólo se provoca en el modo de comprobación por medio del devanado en serie 36. El par de giro del motor de corriente continua 32 es, por lo tanto, independiente de la tensión de batería, de modo que puede conseguirse un mejor comportamiento del motor de corriente continua 32 en el modo de comprobación. El convertidor 31 actúa aquí como un transformador para corriente continua, siendo posible variar la relación de transformación a través del control del convertidor 31 mediante el emisor de grado de modulación 71. La resistencia en sí fija del motor de corriente continua 32 se muestra así en el circuito intermedio 34 y por consiguiente para la batería 21 como resistencia (de carga) variable.

Una prueba de la batería 21 se demanda en la mayoría de los casos a través del sistema de control de funcionamiento 19. No obstante también se puede prever que la unidad de control 4 ejecute la prueba de forma autárquica o que requiera una realización de la prueba en el sistema de control, por ejemplo, a través del

temporizador 53. Así la prueba puede llevarse a cabo en intervalos de tiempo regulares, por ejemplo, semanalmente, en función de la solicitación de la batería, por ejemplo, después de cada diez procesos de carga o en situaciones especiales como, por ejemplo, al volver la tensión después de un fallo de red o a petición manual por parte del personal de servicio.

5 En un primer paso de la prueba se establecen condiciones iniciales definidas. Para ello el módulo de control de solicitación 5 acciona el módulo de control de descarga 51 de manera que a través de la resistencia fija 30 el circuito intermedio 34 se descargue a un nivel de tensión previamente definido, por regla general al nivel de tensión de la batería. La intensidad de la tensión se determina a través del sensor de tensión 25 y del controlador de batería 40. De este modo se crean unas condiciones definidas para la prueba que garantizan una reproducibilidad. Mediante el
10 módulo de control de comprobación 7 se determina qué tipo de prueba se va a realizar.

A modo de ilustración esto se explica en un caso sencillo no conforme a la invención en el que se produce una solicitación definida provocada por la resistencia fija 30. Para la prueba se activa la resistencia fija 30. Una corriente eléctrica pasa de la batería 21 al circuito intermedio 34 y a la resistencia 30. Por medio del sensor de tensión 25 el controlador de batería 40 mide la tensión de la batería y comprueba si existe una caída de tensión. Si no se alcanza un umbral de tensión previamente establecido, el controlador de batería 40 detecta un error. La unidad de control 4 devuelve una señal de error correspondiente al sistema de control de funcionamiento 19.
15

La solicitación con una resistencia pasiva también se puede simular por medio del convertidor 31 en combinación con el motor 32, por lo que no se necesita ninguna resistencia fija especial 30. Para ello se descarga de la memoria 70 el perfil para la resistencia fija. El módulo de control de comprobación 7 activa el convertidor 31 de acuerdo con este perfil, de modo que el motor de corriente continua 32 en el circuito intermedio 34 y, por consiguiente, para la batería 21 se comporte como una resistencia fija.
20

También es posible emplear para el aumento de la solicitación de batería en la prueba el motor de corriente continua 32 con el perfil de "resistencia fija" junto con la resistencia fija 30 a modo de carga. De esta manera se puede ajustar una corriente de solicitación muy alta sin sobrecargar los componentes empleados. Este conjunto presenta especialmente una capacidad de absorción de energía térmica considerablemente mayor que la de una resistencia fija. El módulo de control de comprobación 7 activa, como se ha descrito antes, el convertidor 31 de forma que éste se comporte como una resistencia fija. Como consecuencia se produce una solicitación similar que se puede valorar de la manera antes descrita fácilmente por medio del sensor de tensión 25 y del controlador de batería 40.
25

Para evitar una torsión no deseada de la pala de rotor 14 durante la aplicación de corriente al motor de corriente continua 32, el módulo de control de solicitación 5 activa el freno 39. Así se garantiza que el ángulo de paso Θ se mantenga. Convenientemente el ángulo de paso Θ se vigila por medio de sensores (no representados). Si a pesar del freno activado 39 se produce una variación del ángulo de la pala, esto es una señal de que el freno 39 está defectuoso. Una unidad de comprobación de freno 74 lo controla y transmite en caso de error una señal de error correspondiente a la unidad de control 4 y ésta la envía a su vez al sistema de control de funcionamiento 19. Los momentos de regulación que se producen pueden ser considerables. En conjunto, la prueba supone una solicitación notable. Para poder facilitar información segura sobre el estado de la batería 21 conviene que la corriente tomada supere durante un tiempo determinado una corriente específica. Los valores no son constantes y dependen del respectivo estado de funcionamiento. Como orden de magnitud se puede indicar para un aerogenerador de 2 MW una duración mínima de aproximadamente 7 segundos y al menos 50 amperios; con ello se tomaría aproximadamente 0,1 Ah. Convenientemente por medio de sensores de temperatura (no representados) se vigila la temperatura tanto de la resistencia conmutable 30 como la del motor de corriente continua 32 para evitar un sobrecalentamiento. A estos efectos se prevé el módulo de control 52.
30
35
40

Con el módulo de monitorización 55 se comprueba además si el controlador de batería 40 está listo para el servicio. Se aplica una carga tal o se descarga la batería en la medida que al aplicar la carga se produzca una caída de tensión a la que reacciona el controlador de batería. Si a pesar de ello no reacciona, es probable que el controlador de batería 40 no funcione correctamente. Si se detecta un error, por ejemplo, un bloqueo de un contacto de conmutación de manera que siempre indique "apta", la prueba se da por finalizada.
45

La memoria 70 también puede contener otros perfiles. Se han obtenido buenos resultados con perfiles para la solicitación con corriente constante y para la solicitación con potencia constante. Ésta última opción ofrece la ventaja de que acerca al menos aproximadamente la solicitación de la batería 21 durante el funcionamiento real en el desplazamiento de las palas de rotor 14 a la posición de bandera. El perfil para la solicitación con corriente constante en cambio ofrece la ventaja de permitir una mejor evaluación a través del módulo de control de comprobación 5. Esto se explicará a continuación con mayor detalle.
50

Para el modo de comprobación con corriente constante se tiene que medir la corriente de batería manteniéndola constante por medio de un sistema de regulación. Para ello es necesario determinar el flujo de corriente. A estos efectos se puede disponer un sensor de corriente 28 en el circuito intermedio 34. Para evitar el sensor de corriente adicional 28, la corriente de batería se puede determinar mediante una primera estimación a partir de otros valores ya existentes. Para ello se aprovecha el conocimiento de que el balance de potencia se tiene que compensar a través de la batería 21 y del motor 32 en el modo de comprobación cuando el contactor de separación 24 está abierto para la alimentación de red 22. El producto de la tensión de batería y de la corriente de batería debe ser por
60

lo tanto igual al producto de la tensión de motor y de la corriente de motor. Por consiguiente, la corriente que carga la batería es antiproporcional a las respectivas tensiones, es decir,

$$I_{batt} = I_{motor} \times U_{motor} / U_{batt}.$$

5 El valor correspondiente a la tensión de batería existe de por sí en la unidad de control 4 y el valor para la tensión del motor U_{motor} lo determina el convertidor 31, concretamente en dependencia del accionamiento de sus elementos de conmutación activos. La medida para el accionamiento es el grado de modulación M . Desde el punto de vista técnico se trata de una señal de salida de un modulador de duración de impulsos 35 que controla el convertidor 31. El grado de modulación M está disponible de por sí como parámetro del sistema de control del convertidor. Por consiguiente, la determinación de la corriente de batería se simplifica quedando en

10 $I_{batt} = I_{motor} \times M.$

Conviene hacer constar que, según la definición, M e I_{motor} siempre presentan el mismo signo, con lo que independientemente de la dirección de momentos del motor de corriente continua 32 siempre resulta un valor positivo para la corriente de batería. Por lo tanto, la dirección de giro puede ser cualquiera en el modo de comprobación. Para mantener reducida la sollicitación del freno 39, el módulo de selección de dirección 75 determina el momento que actúa en conjunto sobre el freno 39 teniendo en cuenta las demás cargas, especialmente aerodinámicas, que actúan sobre la pala de rotor 14. También determina en qué dirección de giro el freno 39 está sometido a una sollicitación menor (dado que la carga aerodinámica actúa en contra del par de giro del motor de corriente continua 32), seleccionando esta dirección de giro.

La unidad de medición 72 se diseña para determinar a partir de los valores de la tensión de motor y de la corriente de motor la resistencia activa del motor de corriente continua 32. Para ello emplea la relación

$$R_{motor} = U_{motor} / I_{motor}.$$

Si se producen cambios bruscos y/o graves, esto indica un error en forma de errores de contacto, interrupción, contacto a tierra o cortocircuitos. Por otra parte, a través del valor de resistencia se pueden sacar conclusiones en relación con el calentamiento del motor de corriente continua 32, pudiéndose abandonar el modo de comprobación y, por lo tanto, finalizar la prueba al rebasarse determinados límites junto con el módulo de comprobación. De este modo por medio de la prueba se reduce al mínimo el riesgo de una sobrecarga de los componentes. De esta manera las pruebas no sólo se pueden llevar a cabo durante la parada del aerogenerador sino también durante su funcionamiento, en cualquier caso a carga parcial.

El efecto de la invención se explicará a la vista de la figura 5. La curva de la tensión de batería se esboza en la figura 5a). En el momento t_0 la prueba comienza aplicándose una carga a la batería a comprobar. Se ve que la tensión cae primero de forma brusca y después bastante plana hasta el final de la carga de prueba en el momento T_1 . La corriente de motor correspondiente I_{motor} se representa en la figura 5b). Se ve que la corriente es tanto más alta cuanto más cae la tensión de batería. Debido al efecto de transformador del convertidor 31, la corriente I_{batt} de la batería 21 se diferencia claramente. Según la figura 5c) la corriente de batería no presenta una subida tan marcada al caer la tensión. El motivo es que para la compensación se varía el grado de modulación M , tal como se representa en la figura 5d).

La unidad de comprobación de frenos 74 se ha diseñado para comprobar el freno 39. Para ello el motor de corriente continua 32 se hace funcionar, como se ha descrito antes, como carga, empleándose el par de giro generado por el mismo como momento de comprobación. La unidad de comprobación de frenos 74 incrementa el par de giro hasta un valor que aún queda por debajo o como máximo iguala el momento de retención del freno 39. El freno no debe resbalarse en este momento. Si esto se produce a pesar de ello, se genera un mensaje de error que se envía al sistema de control de funcionamiento 19. Para que la influencia de la pala de rotor 14 y de las cargas que actúan sobre la misma sea reducida, se emplea en la forma debida el módulo de selección de dirección 77. También se puede prever realizar sucesivamente de forma rápida sendas mediciones por dirección de giro y proceder a base de las mismas al menos a una valoración cualitativa de apto/no apto.

Los parámetros determinados del modo antes descrito se pueden aportar a la unidad de compensación 73. Ésta sirve para determinar cambios en los parámetros y para emitir las correspondientes señales de compensación. Así se puede controlar la resistencia del motor y emitir, en caso de aumento, una señal de corrección acerca del grado de modulación M por lo que la reducción de la corriente del motor resultante del aumento de la resistencia se compensa. De manera correspondiente también se pueden detectar y compensar diferencias en virtud de dispersiones ejemplares. La calidad de la prueba se puede incrementar de esta forma lo que da lugar a una mayor seguridad de funcionamiento de los aerogeneradores.

Se prevé además una unidad de protocolo 8. Ésta misma se dispone en el sistema de control de inclinación 2. La misma se concibe para recibir y almacenar señales de estado y valores de medición del módulo de control de comprobación y del módulo de monitorización. También puede realizar una valoración y en caso necesario transmitir señales de error correspondientes a una instancia superior como el sistema de control de funcionamiento.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Dispositivo de control para un dispositivo de inclinación (2) para aerogeneradores con una batería (21) y con un accionamiento de regulación (3) con un motor, caracterizado por que se prevé un módulo de control de solicitud (5) que conmuta el accionamiento de regulación (3) entre un modo de funcionamiento y un modo de comprobación, formando el accionamiento de regulación (3) con su motor en el modo de comprobación una carga definida preseleccionable para la batería (21).
- 10 2. Aerogenerador con un rotor (12) y con un generador (15) accionado por el mismo para la generación de energía eléctrica, presentando el rotor (12) al menos una pala (14) ajustable por medio de un dispositivo de inclinación (2) y comprendiendo el dispositivo de inclinación (2) una unidad de suministro de energía con una batería (21) y un accionamiento de regulación (3) con un motor y además una unidad de control (4), caracterizado por que se prevé un dispositivo de control según la reivindicación 1.
- 15 3. Aerogenerador según la reivindicación 2, caracterizado por que el accionamiento de regulación (3) presenta en su entrada una resistencia conmutable (30) y por que la resistencia actúa como carga fija adicional.
- 20 4. Aerogenerador según la reivindicación 2 ó 3, caracterizado por que el accionamiento de regulación (3) comprende un convertidor (31) y un motor de corriente continua (32) y por que el módulo de control de solicitud (5) se configura de manera que el motor de corriente continua (32) se solicite con una corriente predeterminable que corresponda a la solicitud definida.
- 25 5. Aerogenerador según la reivindicación 4, caracterizado por que se activa un freno (39) contra el que actúa el accionamiento de regulación (3) y especialmente controlando el módulo de control de solicitud (5) con el freno (39) activado las variaciones de inclinación de la pala (14) y emitiendo una señal de error.
- 30 6. Aerogenerador según una de las reivindicaciones 2 a 5, caracterizado por que se prevé un módulo de control de descarga (51) que al comenzar la prueba reduce la tensión que actúa en el accionamiento de regulación (3) a un nivel de tensión predeterminado.
- 35 7. Aerogenerador según una de las reivindicaciones 2 a 6, caracterizado por que se prevé un módulo de detección de carga (6) que determina un estado de carga del aerogenerador y que bloquea el módulo de control de solicitud (5) al rebasar un umbral.
- 40 8. Aerogenerador según una de las reivindicaciones 2 a 7, caracterizado por que se prevé un módulo de control de comprobación (7) que conecta adicionalmente una característica de comprobación seleccionable en el accionamiento de regulación (3).
- 45 9. Aerogenerador según la reivindicación 8, caracterizado por que se prevé una memoria (70) en la que se almacenan perfiles, preferiblemente para una resistencia pasiva, una corriente constante y una potencia constante y/o por que el módulo de control de comprobación (7) presenta un modulador de duración de impulsos (35) que se configura para regular la corriente suministrada por el accionamiento de regulación (3) de modo que se regule el grado de modulación deseado y/o por que el módulo de control de comprobación (7) presenta una unidad de medición (72) para el registro de parámetros reales del motor de corriente continua (72) y una unidad de compensación (73) que compensa las variaciones de los parámetros de un valor normal y/o por que el módulo de control de comprobación (7) interactúa con un módulo de conexión de excitación (76) que sólo aplica corriente a un devanado en serie (36) y separa un devanado shunt (37) y/o por que el módulo de control de comprobación (7) presenta un módulo de selección de dirección (75) que durante el funcionamiento del aerogenerador determina una dirección de carga de la pala (14), actuando sobre el módulo de control de comprobación de manera que el accionamiento de regulación (3) active la pala (14) en dirección contraria.
- 50 10. Aerogenerador según la reivindicación 8, caracterizado por que el módulo de control de comprobación (5) presenta una unidad de comprobación de frenos (74) que por medio del accionamiento de regulación (3) genera un momento de comprobación determinado.
- 55 11. Aerogenerador según la reivindicación 10, caracterizado por que la unidad de comprobación de frenos (74) lleva a cabo una comprobación bidireccional mediante la activación del motor de corriente continua (32) en ambas direcciones del par de giro contra el freno y realizándose por medio de un clasificador una detección de apto/no apto.
- 60 12. Aerogenerador según una de las reivindicaciones 2 a 11, caracterizado por que se prevé adicionalmente al menos uno de los siguientes dispositivos:
un módulo de control de descarga (51) que al comienzo de la prueba reduce la tensión que actúa en el accionamiento de regulación (3) a un nivel de tensión predeterminado;
un controlador de batería (40) que controla la batería especialmente con respecto a su estado de tensión;

- un módulo de control (52) que controla el estado, especialmente la temperatura de la resistencia (30) y/o del motor de corriente continua (32);
un temporizador (53) en el módulo de control de solicitud (5) que provoca en intervalos predeterminables una prueba y que vigila los ciclos durante la prueba;
- 5 un módulo de detección de carga (6) que determina un estado de carga del aerogenerador y que al rebasar un umbral bloquea el módulo de control de solicitud (5);
un módulo de monitorización (54) para el controlador de batería (40) que controla su funcionalidad.
- 10 13. Procedimiento para el control de un dispositivo de inclinación de aerogeneradores, presentando el dispositivo de inclinación (2) una batería (21) y un accionamiento de regulación (3) y que durante la prueba controla una tensión de batería en caso de carga, caracterizado por que el accionamiento de regulación (3) conmuta entre un modo de funcionamiento y un modo de comprobación, utilizándose el accionamiento de regulación en el modo de comprobación bajo una carga definida para la batería (21).
- 15 14. Procedimiento según la reivindicación 13, caracterizado por la utilización de una unidad de control según una de las reivindicaciones 2 a 12.

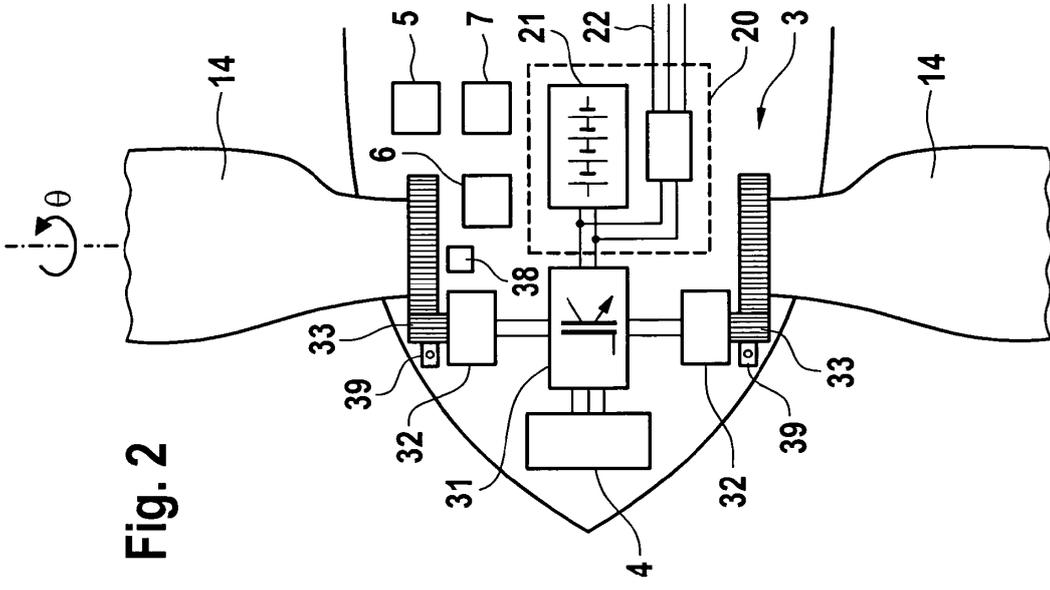
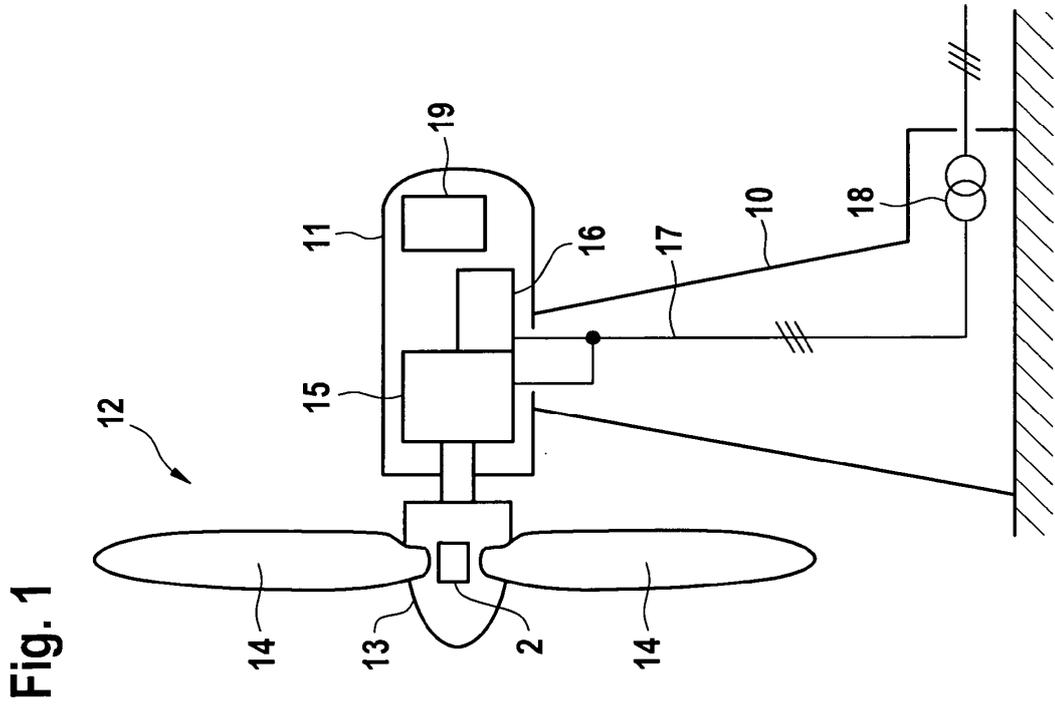


Fig. 1

Fig. 2

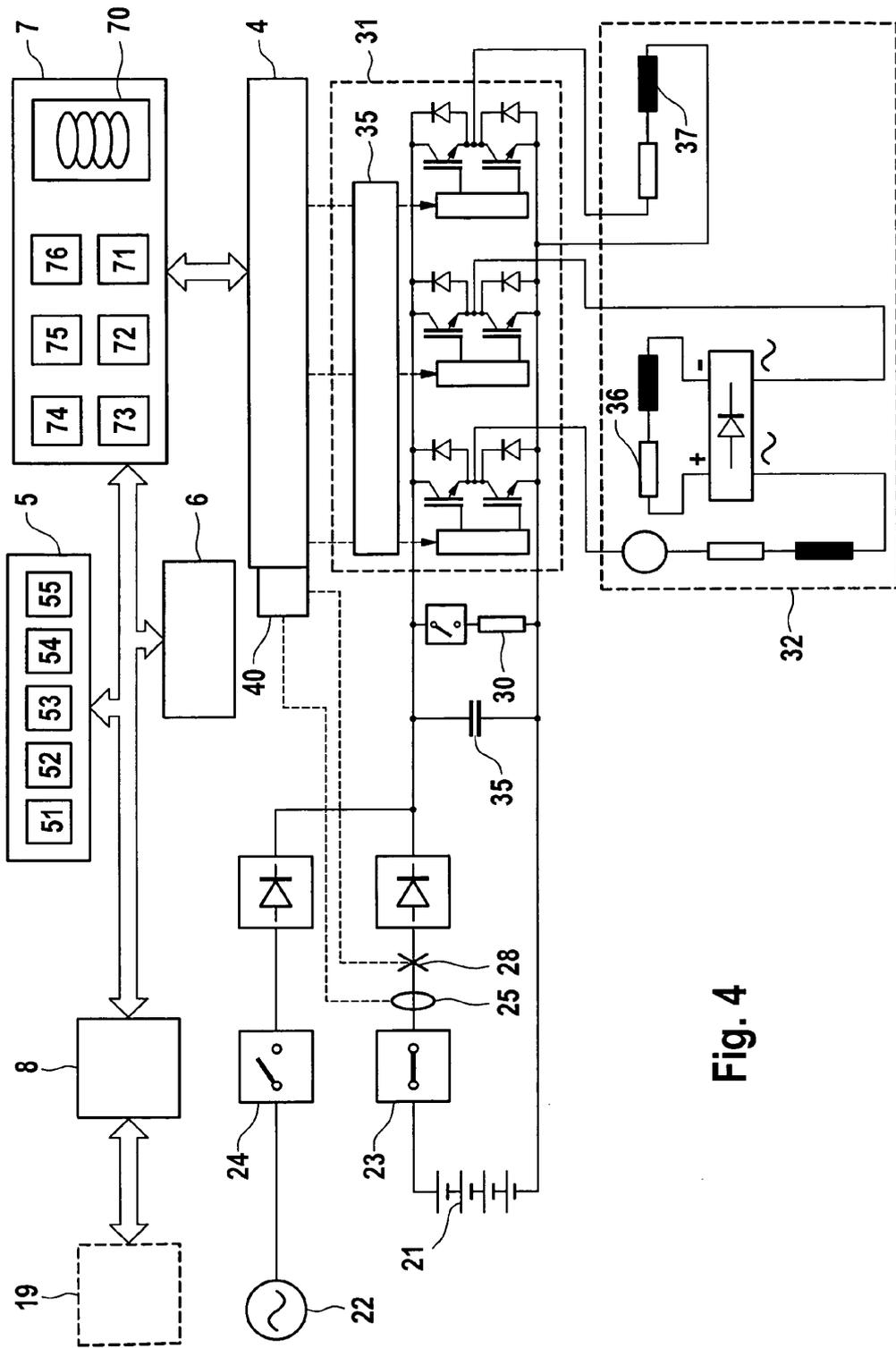


Fig. 4

Fig. 3

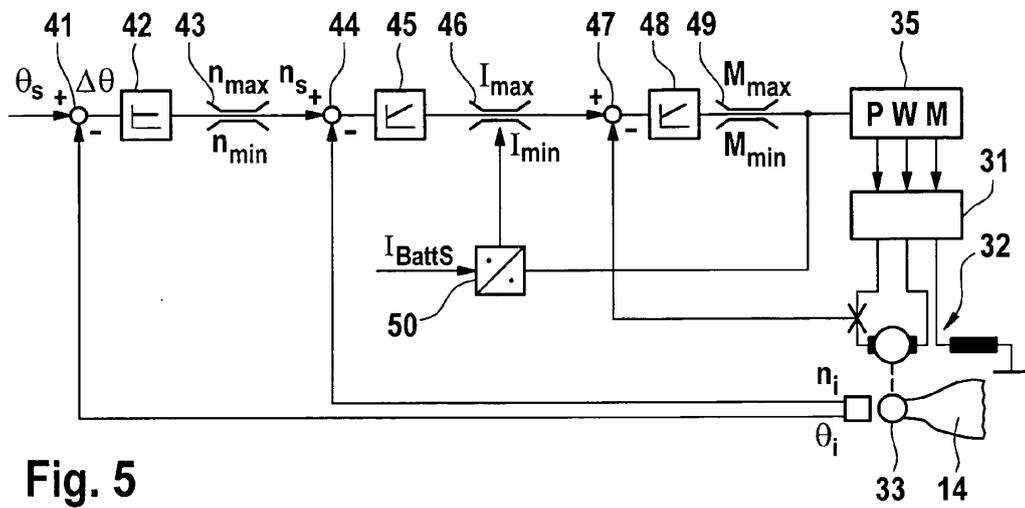


Fig. 5

