

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 974 492**

51 Int. Cl.:

H02P 9/10 (2006.01)

H02P 27/08 (2006.01)

H02P 9/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.11.2020** **E 20207758 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.01.2024** **EP 4002678**

54 Título: **Método de funcionamiento de un aerogenerador y un aerogenerador**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
27.06.2024

73 Titular/es:

NORDEX ENERGY SE & CO. KG (50.0%)
Langenhorner Chaussee 600

22419 Hamburg, DE y

INGENIEURBÜRO HOFFMANN GMBH (50.0%)

72 Inventor/es:

HOFFMANN, NILS y
WESSELS, CHRISTIAN

74 Agente/Representante:

ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María

ES 2 974 492 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

Método de funcionamiento de un aerogenerador y un aerogenerador

- 5 La presente invención se refiere a un método de funcionamiento de un aerogenerador. También se refiere a un aerogenerador configurado para llevar a cabo dicho método.

Para el funcionamiento fiable de un aerogenerador, es importante poder controlar el aerogenerador incluso en el caso de, y para compensar, un fallo de red.

- 10 Los códigos de red nacionales, tales como los "Requisitos técnicos para la conexión y funcionamiento de las instalaciones de los clientes a la red de alta tensión" de Alemania, requieren que las instalaciones de generación conectadas a la red proporcionen soporte de tensión mediante potencia reactiva en el caso de fallos de red. Si se produce una desviación repentina de la tensión nominal de la red, se supone que las instalaciones de generación permanecen conectadas a la red y ajustan la corriente reactiva suministrada a la red en proporción a la desviación de la tensión nominal. Los componentes de la corriente reactiva deben dividirse entre los sistemas de secuencia positiva y negativa de acuerdo con la desviación de tensión en los sistemas de secuencia positiva y negativa.

- 15 El documento EP 2 955 808 A1 divulga un método para controlar un aerogenerador conectado a una red eléctrica trifásica en el caso de un fallo de red asimétrico, en donde un valor de consigna para una corriente reactiva que se va a suministrar a la red se divide entre el convertidor del lado del rotor y el convertidor del lado de la red de un convertidor que controla un generador de inducción de doble alimentación.

- 20 El documento WO 2008/061698 A2 divulga un aerogenerador que tiene un convertidor con un sistema de control que comprende un mecanismo de regulación del sistema de secuencia negativa. El mecanismo de regulación del sistema de secuencia negativa comprende un módulo de control de fase realizado de manera que una variable eléctrica del sistema de secuencia negativa se determine de acuerdo con la fase. De esta forma, se puede proporcionar la corriente disponible de acuerdo con la situación de funcionamiento para la potencia activa o la potencia reactiva en el sistema de secuencia negativa. El mecanismo de regulación del sistema de secuencia negativa es, por lo tanto, específico de cada fase, de manera que pueda contribuir directamente a una estabilización de la red en el caso de condiciones de red asimétricas.

- 25 El documento DE 10 2008 034 532 A1 divulga un método para controlar un convertidor de un aerogenerador que comprende un generador de inducción de doble alimentación. El convertidor comprende un inversor en el lado del generador y un inversor en el lado de la red. Se detecta un cambio en la corriente reactiva emitida por un inversor y, si hay una desviación de un valor establecido, se cambia el valor establecido para la corriente reactiva que debe emitir el otro inversor. Por lo tanto, el control de los dos inversores se coordina de manera que se optimice la salida de corriente total.

- 30 El documento DE 10 2008 034 532 A1 divulga un método para controlar un convertidor de un aerogenerador que comprende un generador de inducción de doble alimentación. El convertidor comprende un inversor en el lado del generador y un inversor en el lado de la red. Se detecta un cambio en la corriente reactiva emitida por un inversor y, si hay una desviación de un valor establecido, se cambia el valor establecido para la corriente reactiva que debe emitir el otro inversor. Por lo tanto, el control de los dos inversores se coordina de manera que se optimice la salida de corriente total.
- 35 Lie, Xu: "Coordinated Control of DFIG's Rotor and Grid Side Converters during Network Unbalance", IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 23, núm. 3, mayo de 2008, divulga un método de control para un sistema de generación eléctrica que comprende un generador de inducción de doble alimentación al producirse una tensión de red asimétrica. En caso de una tensión de red asimétrica, se controla el inversor del lado del rotor para suprimir las oscilaciones de par. Las variaciones de la potencia activa que el estátor suministra a la red se compensan controlando la potencia activa del inversor del lado de la red, de manera que el sistema de generación suministre una potencia activa constante a la red. El método de control se basa en un control interdependiente de las corrientes en los sistemas de secuencia positiva y negativa de los convertidores del lado del rotor y del lado de la red.

- 40 El documento DE 10 2008 003 299 A1 divulga un método de funcionamiento de un aerogenerador con un generador de inducción de doble alimentación, en el que en las frecuencias de la corriente que va a imprimir el inversor en el lado de la máquina de menos de 10 Hz, la frecuencia de conmutación de los circuitos con transistores y/o de los diodos de rodamiento libre del inversor se altera dependiendo de su comportamiento térmico. El documento US 2016/291613 A1 divulga un método de funcionamiento de un aerogenerador de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 y un aerogenerador de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 9.

- 45 Es un objeto de la presente divulgación proporcionar un método de funcionamiento de un aerogenerador que permita un funcionamiento fiable del aerogenerador en el caso de un fallo de red mediante los medios más sencillos posibles. También es un objeto de la presente divulgación proporcionar un aerogenerador que funcione de manera fiable en el caso de un fallo de red.

- 50 Los objetos se logran mediante un método de acuerdo con la reivindicación 1 y mediante un aerogenerador de acuerdo con la reivindicación 9. Las realizaciones ventajosas de la invención son la materia objeto de las reivindicaciones dependientes.

- 55 El método de esta divulgación está previsto para hacer funcionar un aerogenerador que comprende un sistema de accionamiento de velocidad variable. El sistema de accionamiento de velocidad variable comprende una máquina

- eléctrica y un convertidor controlado por modulación por ancho de pulso. El sistema de accionamiento está conectado a una red eléctrica y, en funcionamiento normal, suministra energía eléctrica a la red eléctrica. En el caso de un fallo de red transitorio, se determina una frecuencia de la modulación por ancho de pulso en respuesta a una corriente en un circuito eléctrico conectado al convertidor. Es decir, en caso de un fallo de red transitorio, el convertidor controlado por modulación por ancho de pulso se controla con una frecuencia portadora de la modulación por ancho de pulso que cambia en relación con el funcionamiento normal y que se determina dependiendo de una corriente presente en uno de los circuitos eléctricos conectados al convertidor, es decir, un circuito eléctrico que conecta la máquina eléctrica al convertidor o un circuito eléctrico que conecta el convertidor a la red eléctrica. Esto se basa en el entendimiento de que el estrés sobre los elementos semiconductores en el convertidor en caso de un fallo de red está influenciado significativamente por las corrientes y la frecuencia de conmutación impuestas por la modulación por ancho de pulso. Al cambiar la frecuencia de la modulación por ancho de pulso en respuesta a la resistencia de la corriente, es posible evitar la sobrecarga térmica en los elementos semiconductores del convertidor, preferentemente antes de superar cualquier límite de temperatura crítico.
- 15 En una realización preferida, el sistema de accionamiento de velocidad variable comprende un generador de inducción de doble alimentación. El estátor del generador está conectado directamente a la red eléctrica y el rotor devanado del generador está conectado a la red mediante el convertidor. El convertidor comprende un inversor del lado del rotor y un inversor del lado de la red, ambos conectados mediante un enlace de CC. Al menos uno de entre el inversor del lado del rotor y el inversor del lado de la red se controla con una frecuencia cambiada de la modulación por ancho de pulso tras el fallo de red transitorio. Basándose en el entendimiento de que, para mantener la controlabilidad del generador de inducción de doble alimentación, el inversor del lado del rotor debe proporcionar una corriente de magnetización controlada sin causar ninguna sobrecarga térmica por el amperaje que se produce, preferentemente, el inversor del lado del rotor se controla con una frecuencia cambiada de la modulación por ancho de pulso.
- 25 Una realización preferida del método comprende medir la corriente en al menos uno de entre el circuito que conecta el inversor del lado del rotor al rotor del generador y el circuito que conecta el inversor del lado de la red a la red. En una realización preferida, la frecuencia de la modulación por ancho de pulso disminuye a medida que aumenta la corriente. La disminución de la frecuencia puede ser monótona o estrictamente monótona con el aumento de la corriente al menos en algunos intervalos. También puede haber un cambio abrupto de la frecuencia cuando la corriente supera un umbral predefinido. También puede haber valores umbral escalonados en los que la frecuencia disminuye con cada umbral que se supera.
- 35 En el método de esta divulgación, preferentemente, una caída de tensión en la red eléctrica se detecta como un fallo de red transitorio. La caída de tensión puede producirse en una o más fases de la red. El método de esta divulgación es, en particular, adecuado para caídas de tensión inferiores al 20 % de la tensión nominal o incluso a cero. Se detecta preferentemente un fallo de red transitorio si la duración del fallo de red es inferior a 10 segundos y, en particular, oscila entre milisegundos y unos pocos segundos. Estos fallos transitorios son, por lo tanto, fallos que se producen durante un corto período de tiempo y pueden causar estrés severo en los semiconductores de potencia utilizados.
- 40 El objeto de esta divulgación también se logra mediante un aerogenerador que comprende un sistema de accionamiento de velocidad variable, que a su vez comprende una máquina eléctrica y un convertidor que se controla mediante modulación por ancho de pulso. El sistema de accionamiento de velocidad variable está conectado a una red eléctrica. El convertidor comprende un controlador que está configurado para detectar un fallo de red transitorio, para medir una corriente en un circuito conectado al convertidor, es decir, un circuito que conecta la máquina eléctrica al convertidor o un circuito que conecta el convertidor a la red y para controlar el convertidor mediante modulación por ancho de pulso. La frecuencia de la modulación por ancho de pulso se determina en respuesta a la corriente medida. Al controlar el convertidor mediante modulación por ancho de pulso con una frecuencia que depende de la corriente medida, el convertidor se expone a menos estrés en caso de fallo de red transitorio y, en particular, se evita una sobrecarga térmica.
- 50 En una realización preferida, la máquina eléctrica del sistema de accionamiento de velocidad variable es un generador de inducción de doble alimentación que tiene un estátor conectado a la red eléctrica y un rotor devanado conectado al convertidor. El convertidor comprende un inversor del lado del rotor conectado al rotor devanado, un inversor del lado de la red conectado a la red, y un enlace de CC que conecta el inversor del lado del rotor y el inversor del lado de la red. El controlador del convertidor está configurado para determinar la frecuencia de la modulación por ancho de pulso que controla al menos uno de entre el inversor de lado del rotor y el convertidor de lado de la red dependiendo de la corriente medida en el caso de un fallo de red transitorio. En particular, el controlador cambia la frecuencia de la modulación por ancho de pulso del inversor del lado de la red en respuesta a la corriente medida en caso de un fallo de red transitorio.
- 60 En una realización preferida, el controlador está configurado para medir la corriente en una o más fases en al menos uno de entre el circuito del lado del rotor o el circuito del lado de la red.
- 65 Para evitar una sobrecarga del convertidor en caso de un fallo de red, la frecuencia disminuye a medida que aumenta la corriente. Esto puede ser monótono o estrictamente monótono al menos en algunos intervalos. También puede haber uno o más umbrales para la corriente medida donde la frecuencia disminuye abruptamente cuando la corriente

supera el umbral. Este puede ser preferentemente el caso para el inversor del lado del rotor, pero también se puede aplicar al inversor del lado de la red, siendo las respectivas curvas características o los umbrales iguales o diferentes.

Las características de la presente divulgación se explicarán con más detalle a continuación con referencia a las figuras que muestran:

la Figura 1 es un diagrama esquemático de un aerogenerador,

la Figura 2 una presentación simplificada de una modulación por ancho de pulso controlada por la corriente,

la Figura 3a, b dos curvas características para la frecuencia de la modulación por ancho de pulso sobre la corriente.

La Figura 1 muestra una vista esquemática de un aerogenerador 10. El rotor 12 del aerogenerador 10 absorbe un par del viento y transfiere este par a través del tren de accionamiento 14, que puede comprender una caja de engranajes, al rotor 16 del generador 15. El generador 15 de la Figura 1 está configurado para convertir la energía cinética absorbida por el rotor 12 en energía eléctrica y para suministrarla a una red eléctrica trifásica 22. El estátor 18 del generador 15 está conectado a la red eléctrica trifásica 22 a través de una conexión trifásica 20 y un transformador 21. El rotor 16 del generador 15 está conectado al convertidor 26 a través de una conexión trifásica 24. El lado de la red del convertidor 26 está conectado a la conexión trifásica 20 y a la red eléctrica 22 a través de una conexión trifásica 28. Para una mejor visión general, solo se muestra una línea para cada conexión eléctrica trifásica.

El convertidor 26 comprende un inversor del lado del rotor 30 y un inversor del lado de la red 32. Ambos están conectados mediante un enlace de CC 34. El convertidor 26 tiene un controlador 27 configurado para controlar el funcionamiento de los inversores 30, 32 dependiendo de diversas variables de entrada 58, 60, 62, 64, 70 presentes en el controlador 27 y parámetros y/o curvas características almacenadas en el controlador 27. El controlador 27 está configurado para controlar el convertidor 26 de acuerdo con el método de la presente divulgación. Para ilustración, la Figura 1 muestra un número de elementos necesarios para implementar el método de esta divulgación. Estos elementos pueden implementarse como módulos de software de un software de control o como dispositivos separados que están configurados para seguir las etapas del método.

Para una mejor visión general, no se muestra un controlador que controla el funcionamiento del aerogenerador. Sin embargo, se puede concebir que partes del método de esta divulgación se implementen en un controlador de este tipo y que, a modo de ejemplo, un controlador de este tipo determine un valor de consigna para una variable eléctrica en función de la tensión de red. También se puede concebir implementar el método de esta divulgación en su totalidad o en parte mediante medios análogos.

Los inversores 30, 32 están controlados mediante controladores de corriente 40, 42 y moduladores por ancho de pulso 36, 38. Más específicamente, el controlador de corriente 40 controla el modulador por ancho de pulso 36 que proporciona la modulación por ancho de pulso para el inversor del lado del rotor 30, y el controlador de corriente 42 controla el modulador por ancho de pulso 38 que proporciona la modulación por ancho de pulso para el inversor del lado de la red 32. Los valores de consigna 43, 46 y los valores reales 63, 65 para controlar el inversor del lado del rotor 30 y el inversor del lado de la red 32 están presentes en los controladores de corriente 40, 42. Los valores de consigna 43, 46 están determinados por un módulo de consigna 44. Los valores medidos 62, 64 para las corrientes en el lado del rotor y en el lado de la red también pueden estar presentes en los controladores de corriente 40, 42, como se muestra en la Figura 1.

Las tensiones medidas 58 y las corrientes medidas 60 de la conexión trifásica 20 a la red 22 están presentes en el controlador 27. Además, las corrientes medidas 62 medidas en el circuito de conexión trifásica 24 entre el rotor 16 del generador 15 y el inversor del lado del rotor 30 y las corrientes medidas 64 medidas en el circuito de conexión trifásica 28 del inversor del lado de la red 32 están presentes como cantidades de entrada en el controlador del convertidor 27. Las corrientes 62 medidas en la conexión trifásica 20 del inversor del lado del rotor 30 al rotor 16 también pueden estar presentes en el controlador de corriente 40 que controla el modulador por ancho de pulso 36 y, por consiguiente, el inversor del lado del rotor 30. En consecuencia, las corrientes 64 medidas en la conexión trifásica 28 del inversor del lado de la red 32 también pueden estar presentes en el controlador de corriente 42 que controla el modulador por ancho de pulso 38 y, por consiguiente, el inversor del lado de la red 32. De esta manera, es posible controlar la frecuencia de la modulación por ancho de pulso dependiendo de las corrientes, como se explica a continuación con referencia a las figuras 2, 3a y 3b.

El plural utilizado para las cantidades medidas 58, 60, 62, 64 se debe al hecho de que se miden y procesan en un sistema multifase. Por ejemplo, en el caso de la tensión medida 58, hay mediciones de tensión para las tres fases de la conexión trifásica 20 presente en el controlador 27. Como alternativa, para un sistema trifásico, sin un conductor neutro, solo puede haber dos mediciones de dos fases y se puede calcular el valor de la tercera fase.

Las cantidades de entrada 58, 60, 62, 64 presentes en el controlador del convertidor 27 se miden mediante sensores adecuados que capturan las cantidades relevantes en las conexiones trifásicas 20, 24, 28 y las reenvían al controlador 27 como valores de entrada. Los puntos representan estos sensores en la Figura 1. Los sensores pueden ser

preferentemente sin contacto. Aparte de las mediciones mostradas en la Figura 1, puede haber otras mediciones que permitan extraer conclusiones acerca de las cantidades de entrada. También se puede concebir que las cantidades de entrada se obtengan mediante estimación u otras formas de observación. Otras cantidades de entrada 70 pueden estar presentes en el controlador 27.

5 Normalmente, el controlador 27 tiene un módulo de transformación 56, que está configurado para transformar las cantidades de entrada trifásicas 58, 60, 62, 64 en un sistema de secuencia positiva y un sistema de secuencia negativa. Por lo tanto, el módulo de transformación 56 proporciona valores reales 52, 54, 63, 65 para las tensiones y corrientes de los sistemas de secuencia positiva y negativa al módulo de consigna 44 y a los controladores de corriente 40, 42.

10 El módulo de consigna 44 está configurado para proporcionar valores de consigna 43, 46 a los controladores de corriente 40, 42. Por ejemplo, el módulo de consigna 44 puede tener una curva característica 48, que se puede utilizar para determinar una consigna para una corriente reactiva que se va a suministrar a la red basándose en una tensión real del sistema de secuencia negativa. El módulo de consigna 44 y/o los controladores de corriente 40, 42 pueden estar configurados adicionalmente para detectar un fallo de red basándose en los valores reales de la tensión de red.

15 Por ejemplo, se detecta un fallo de red asimétrico a partir de la tensión del sistema de secuencia negativa.

La Figura 2 muestra una presentación simplificada de una modulación por ancho de pulso controlada por la corriente implementada en el controlador de corriente 40, 42 y el modulador por ancho de pulso 36, 38. Una corriente real 71 está presente en la función de adaptación 75. Utilizando una curva característica, como se explica a continuación con referencia a las figuras 3a y 3b, se determina un valor de consigna para la frecuencia 72 de la modulación por ancho de pulso. Esto se aplica al generador portador 76, que está configurado para generar un portador con la frecuencia establecida 73. El modulador por ancho de pulso 77 está configurado para generar una señal de control 74 que se aplica al respectivo inversor 30, 32 para accionar los conmutadores semiconductores electrónicos. Esta secuencia se aplica básicamente tanto para el inversor del lado del rotor 30 como para el inversor del lado de la red 32; sin embargo,

20 puede haber diferencias en la implementación real, tales como curvas características diferentes para la función de adaptación 75.

Las Figuras 3a y 3b muestran dos ejemplos de curvas características de cómo el valor de consigna para la frecuencia 72 depende de la corriente real 71. La curva característica de la Figura 3a tiene una forma discontinua, que comprende un intervalo constante 80, un rango lineal 82 entre un primer umbral 78 y un segundo límite 79 y un segundo rango constante más allá del umbral 79. A medida que la corriente 71 supera el primer umbral 78 durante un fallo de red, el valor de consigna para la frecuencia 72 de la modulación por ancho de pulso disminuye para evitar una sobrecarga térmica en los conmutadores semiconductores electrónicos del convertidor 26. Más allá del segundo umbral 79, los conmutadores semiconductores funcionan a una frecuencia 72 constante, pero mucho más baja que en funcionamiento normal.

30

35

La curva característica de la Figura 3b tiene una forma continua 83, de manera que la frecuencia 72 disminuya gradualmente con una corriente creciente 71. La sección media de la curva tiene una disminución más pronunciada, lo que conduce a una reducción correspondiente de la carga en los conmutadores semiconductores principalmente en esta sección.

40

Lista de números de referencia

10	Aerogenerador
12	Rotor
14	Tren de accionamiento
15	Generador
16	Rotor del generador
18	Estátor del generador
20	Conexión trifásica
21	Transformador
22	Red eléctrica
24	Conexión trifásica
26	Convertidor
27	Controlador
28	Conexión trifásica
30	Inversor del lado del rotor
32	Inversor del lado de la red
34	Enlace de CC
36	Modulador por ancho de pulso
38	Modulador por ancho de pulso
40	Controlador de corriente
42	Controlador de corriente
43	Valor de consigna

44	Módulo de consigna
46	Valor de consigna
48	Curva característica
52	Valores reales (en el sistema de secuencia positiva)
54	Valores reales (en el sistema de secuencia negativa)
56	Módulo de transformación
58	Tensión medida
60	Corriente medida
62	Valor medido
63	Valores reales
64	Valor medido
65	Valores reales
70	Cantidades de entrada
71	Corriente
72	Valor de consigna para frecuencia
73	Portador con frecuencia establecida
74	Señal de control
75	Función de adaptación
76	Generador portador
77	Modulador por ancho de pulso
78	Umbral
79	Umbral
80	Rango constante
81	Rango constante
82	Rango lineal
83	Curva continua

REIVINDICACIONES

1. Un método de funcionamiento de un aerogenerador (10) que comprende un sistema de accionamiento de velocidad variable que comprende una máquina eléctrica (15) y un convertidor controlado por modulación por ancho de pulso (26), en donde el sistema de accionamiento de velocidad variable está conectado a una red eléctrica (22), **caracterizado por que** en el caso de un fallo de red transitorio, se determina una frecuencia de la modulación por ancho de pulso en respuesta a una corriente en al menos uno de entre un circuito eléctrico (24) que conecta la máquina eléctrica al convertidor (26) y un circuito eléctrico (28) que conecta el convertidor (26) a la red (22).
2. El método de la reivindicación 1, **caracterizado por que** la máquina eléctrica (15) es un generador de inducción de doble alimentación (16, 18) y el convertidor (26) comprende un inversor del lado del rotor (30) conectado a un rotor (16) del generador de inducción de doble alimentación, un inversor del lado de la red (32) conectado a la red eléctrica (22) y un enlace de CC (34) que conecta el inversor del lado del rotor (30) con el inversor del lado de la red (32), en donde, en el caso de un fallo de red transitorio, la frecuencia de la modulación por ancho de pulso de al menos uno de entre el inversor del lado del rotor (30) y el inversor del lado de la red (32) se determina en respuesta a la corriente.
3. El método de la reivindicación 2, **caracterizado por que** la corriente es al menos una de entre una corriente en el circuito (24) que conecta el rotor (16) del generador con el inversor del lado del rotor (30) y una corriente en el circuito (28) que conecta el inversor del lado de la red (32) con la red (22).
4. El método de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que**, en el caso de un fallo de red transitorio, la frecuencia de la modulación por ancho de pulso disminuye en respuesta a un aumento de la corriente.
5. El método de la reivindicación 4, **caracterizado por que** la disminución de la frecuencia de la modulación por ancho de pulso con el aumento de la corriente es monótona o estrictamente monótona al menos en algunos intervalos.
6. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 4 o 5, **caracterizado por que** la frecuencia de la modulación por ancho de pulso disminuye abruptamente cuando la corriente supera un límite predeterminado.
7. El método de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el fallo de red transitorio se detecta si una caída de tensión en la red eléctrica está presente.
8. El método de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el fallo de red transitorio está presente durante un tiempo de entre milisegundos y segundos, en particular menos de 10 segundos.
9. Un aerogenerador (10) que comprende un sistema de accionamiento de velocidad variable que comprende una máquina eléctrica (15) y un convertidor controlado por modulación por ancho de pulso (26), en donde el sistema de accionamiento de velocidad variable está conectado a una red eléctrica (22), **caracterizado por que** el convertidor (26) comprende un controlador (27) configurado para detectar un fallo de red transitorio, para controlar el convertidor (26) mediante modulación por ancho de pulso, y para, en el caso de un fallo de red transitorio, determinar una frecuencia de la modulación por ancho de pulso en respuesta a una corriente en al menos uno de entre un circuito eléctrico (24) que conecta la máquina eléctrica (15) al convertidor (26) y un circuito eléctrico (28) que conecta el convertidor (26) a la red (22).
10. El aerogenerador de la reivindicación 9, **caracterizado por que** la máquina eléctrica (15) es un generador de inducción de doble alimentación (16, 18) y el convertidor (26) comprende un inversor del lado del rotor (30) conectado a un rotor (16) del generador de inducción de doble alimentación, un inversor del lado de la red (32) conectado a la red eléctrica (22) y un enlace de CC (34) que conecta el inversor del lado del rotor (30) y el inversor del lado de la red (32), en donde el controlador (27) del convertidor (26) está configurado para, en el caso de un fallo de red transitorio, controlar la frecuencia de la modulación por ancho de pulso de al menos uno de entre el inversor del lado del rotor (30) y el inversor del lado de la red (32) en respuesta a la corriente.
11. El aerogenerador de la reivindicación 10, **caracterizado por que** la corriente es al menos una de entre una corriente en una o más fases en el circuito (24) que conecta el rotor (16) del generador (15) con el inversor del lado del rotor (30) y una corriente en una o más fases en el circuito (28) que conecta el inversor del lado de la red (32) con la red (22).
12. El aerogenerador de una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, **caracterizado por que** el controlador (27) está configurado para, en el caso de un fallo de red transitorio, disminuir la frecuencia de la modulación por ancho de pulso en respuesta a un aumento de la corriente.
13. El aerogenerador de la reivindicación 12, **caracterizado por que** el controlador (27) está configurado para disminuir la frecuencia de la modulación por ancho de pulso con el aumento de la corriente de una manera monótona o estrictamente monótona, al menos en algunos intervalos.
14. El aerogenerador de una de las reivindicaciones 12 o 13, **caracterizado por que** el controlador (27) está

configurado para disminuir la frecuencia de la modulación por ancho de pulso abruptamente cuando la corriente supera un límite predeterminado.

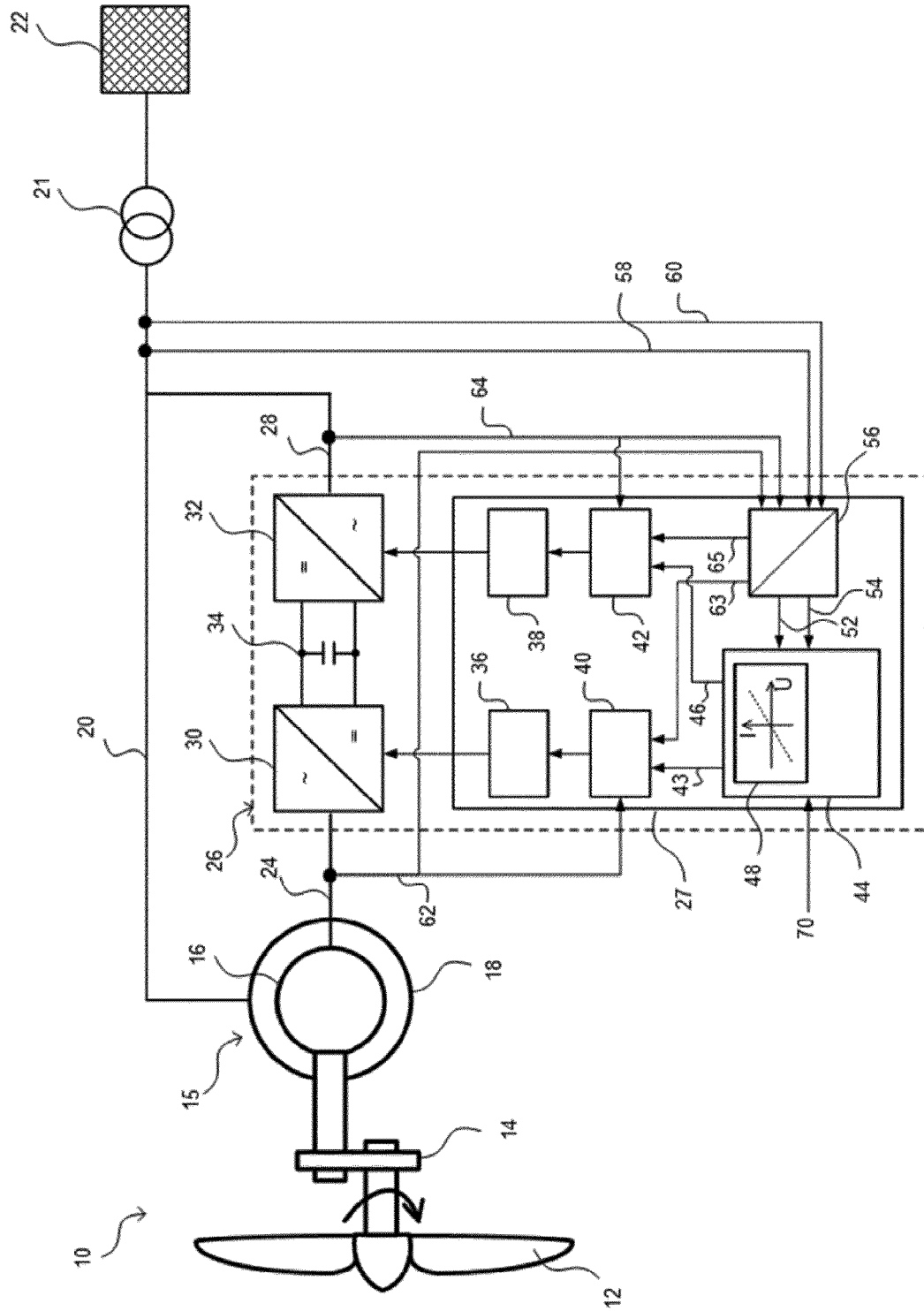


Fig. 1

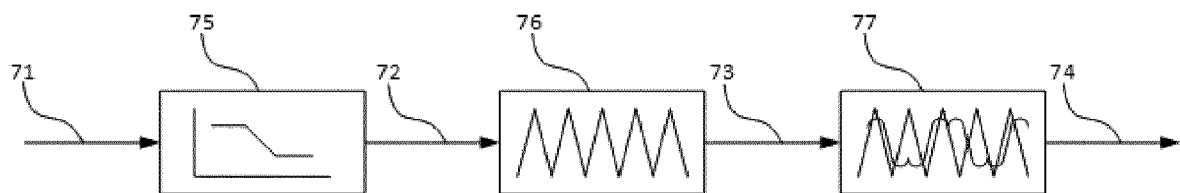


Fig. 2

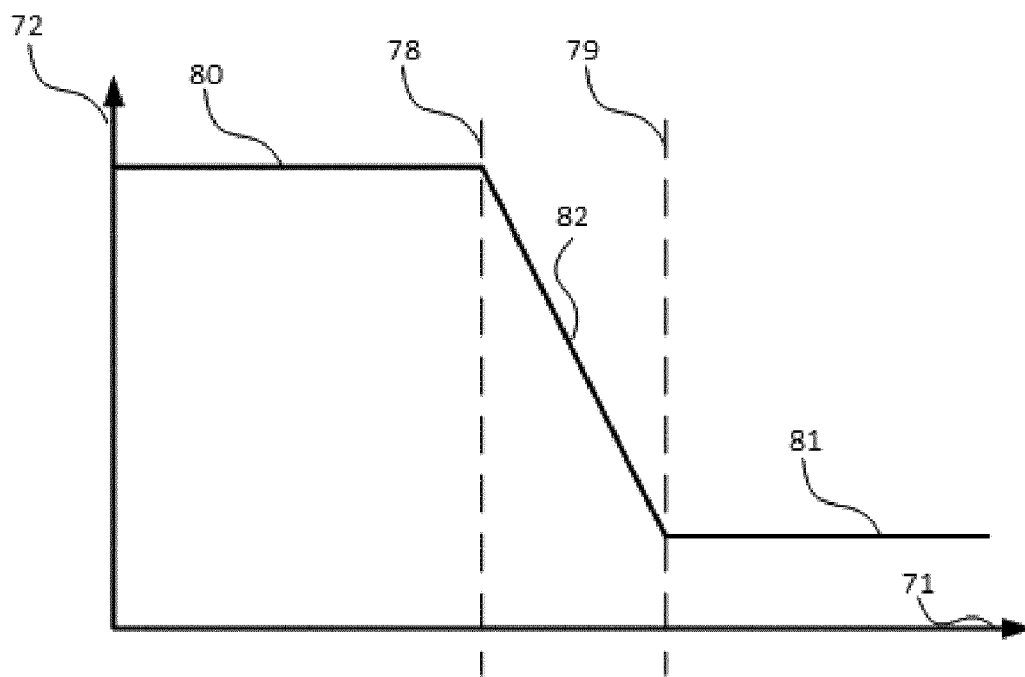


Fig. 3a

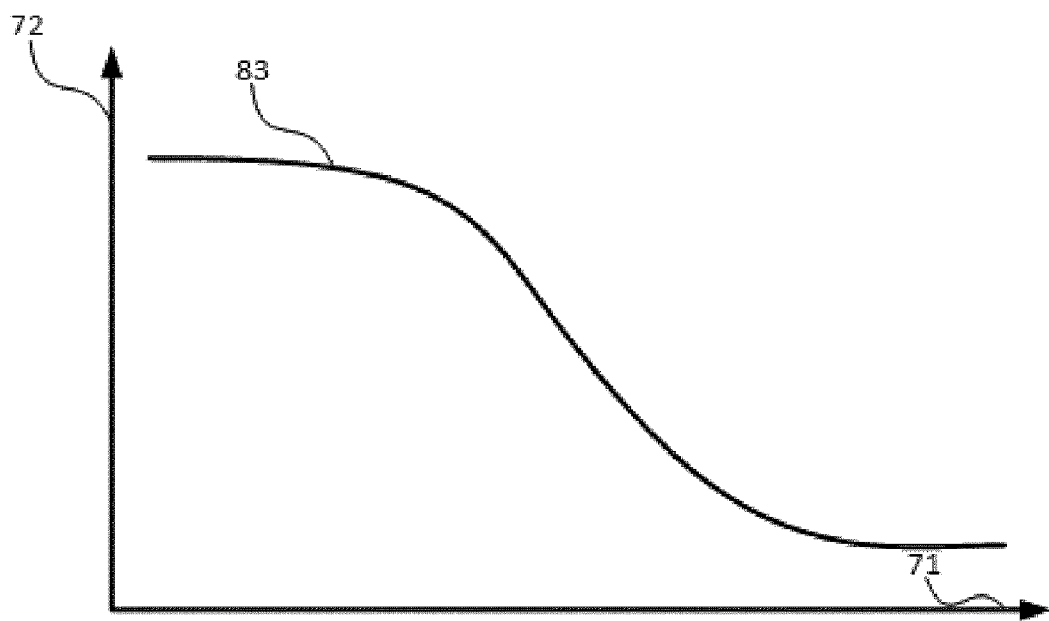


Fig. 3b