

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 739 075**

51 Int. Cl.:

F03D 9/11

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.09.2012 PCT/EP2012/067351**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.03.2013 WO13034610**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.09.2012 E 12753527 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.05.2019 EP 2753825**

54 Título: **Generación de potencia auxiliar para un aerogenerador**

30 Prioridad:

05.09.2011 EP 11180081

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

28.01.2020

73 Titular/es:

**XEMC DARWIND BV (100.0%)
Oude Enghweg 2
1217 JC Hilversum, NL**

72 Inventor/es:

BODEWES, FLORENTIUS JOHANNES

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 739 075 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

Generación de potencia auxiliar para un aerogenerador

Campo de la invención

5 La invención se refiere a generación de potencia auxiliar para un aerogenerador y, en particular, aunque no exclusivamente, a un método para generar potencia auxiliar para un aerogenerador, un aerogenerador que comprende una fuente de alimentación auxiliar, un controlador y un convertidor para su uso en tal aerogenerador y un producto de programa de ordenador que usa tal método.

Antecedentes de la invención

10 La tecnología de aerogeneradores y, en particular, la tecnología de aerogeneradores mar adentro es un campo de la tecnología que se desarrolla rápidamente. En ubicaciones mar adentro, están disponibles velocidades de viento más altas y la instalación de aerogeneradores de mayor tamaño es posible en comparación con los sistemas en la costa. La instalación y las operaciones de tales parques eólicos proporcionan algunos desafíos tecnológicos. Los aerogeneradores están flotando o se instalan en una base submarina y se interconectan eléctricamente con cables de potencia submarinos. Además, tales parques eólicos se instalan típicamente en áreas relativamente remotas, por
15 lo que el sistema de control del parque eólico y/o el sistema de control en cada aerogenerador del parque eólico deberían ser capaces de tomar medidas cuando ocurren problemas durante la operación. En tales circunstancias, los aerogeneradores en un parque eólico se deberían configurar para tratar de manera autónoma los problemas que surgen durante la operación del aerogenerador.

20 Uno de los problemas es que un parque eólico o parte de los aerogeneradores del parque eólico pueden llegar a ser desconectados de la red eléctrica, por ejemplo, debido a la acción de conmutación planificada, la conmutación de protección de un disyuntor en la red eléctrica o la conmutación de protección de un disyuntor debido a un fallo interno del aerogenerador, tal como un fallo (parcial) del convertidor (principal).

25 Después de la detección de tal fallo, los disyuntores pueden desconectar automáticamente una turbina de la red eléctrica y se pone a sí mismo en un estado de estacionamiento o de espera activa deteniendo la rotación de las palas e inclinando las palas en la posición de veleta. Tal estado de espera activa durará hasta que los aerogeneradores desconectados se puedan volver a conectar a la red eléctrica. Durante el estado de espera activa, el controlador del aerogenerador y otros componentes de la turbina, por ejemplo, el controlador ambiental, que controla que los parámetros ambientales (temperatura, humedad, etc.) de la instalación del aerogenerador permanezcan dentro de los límites solicitados, se han de suministrar con potencia de una fuente de potencia auxiliar, dado que la potencia de la red eléctrica no está disponible.
30

Además, también hay otras situaciones posibles, por ejemplo, un fallo interno de algunos elementos en el aerogenerador, en donde una turbina no se desconecta físicamente de la red eléctrica, pero aún requiere potencia de una fuente de alimentación auxiliar.

35 Un aerogenerador convencional usa típicamente una fuente de alimentación ininterrumpida (que comprende, por ejemplo, un sistema de baterías, supercondensadores, un grupo electrógeno diesel o combinaciones de los mismos) como fuente de potencia auxiliar. Los generadores diesel, no obstante, requieren mantenimiento y reabastecimiento de combustible y, de este modo, son menos adecuados para su uso en sistemas de parques eólicos mar adentro y/o remotos. Además, las baterías son sensibles a los cambios de temperatura y, con el fin de asegurar una fuente de alimentación de larga duración, típicamente se requiere un gran número de baterías. Además, con el tiempo la capacidad de las baterías puede degradarse.
40

45 A partir de lo anterior resulta que con el fin de que un aerogenerador trate de manera autónoma los problemas que surgen durante la operación, se requiere una fuente de potencia auxiliar fiable que sea capaz de entregar potencia a un aerogenerador durante un período de tiempo relativamente largo. Por lo tanto, hay una necesidad en la técnica anterior de métodos y sistemas para formas mejoradas de generación de potencia auxiliar para su uso en un aerogenerador.

El documento EP 2 236 821 A1 describe un método y un sistema para operación en isla de al menos dos aerogeneradores desconectados de la red eléctrica principal. El método comprende los pasos de configurar una red eléctrica local desconectada de la red eléctrica principal, activar al menos uno de dichos aerogeneradores desactivados, y acoplar el aerogenerador activado y al menos un aerogenerador desactivado a la red eléctrica local, el aerogenerador activado que acciona una fuente de alimentación para el aerogenerador desactivado.
50

El documento EP 1 903 213 A2 describe un controlador de paso (111), una fuente de alimentación ininterrumpida (112) y un detector de velocidad de rotación (114) dispuesto en el rotor (1) en un aerogenerador. Cuando ocurre un fallo de anillo deslizante o una rotura de cable, el controlador de paso (111) crea internamente un comando de ángulo de paso para controlar el ángulo de paso. Por consiguiente, incluso si el anillo deslizante (7) entre el rotor (1) y la góndola (2) falla en el aerogenerador, el control de ángulo de paso se realiza de manera fiable.
55

El documento WO 2008/00606020 A2 describe métodos, sistemas y aparatos que están configurados para facilitar características de operación normales para un aerogenerador durante una operación normal, así como durante irregularidades de tensión. En una implementación, un controlador de turbina coordina los sistemas de turbina primaria en operación y los sistemas de turbina auxiliar durante una operación normal y durante las irregularidades de tensión. Durante la operación normal, el controlador de turbina coordina la alimentación tanto de los sistemas de turbina principal como auxiliar a través de una fuente de alimentación. Durante un evento de tensión detectado, los sistemas de turbina auxiliar se puede hacer que hagan una transición para tener una fuente de alimentación ininterrumpida para alimentar estos sistemas. No obstante, el controlador de turbina coordina el mantenimiento de la fuente de alimentación como el único dispositivo de alimentación para los sistemas de turbina primarios a pesar de una irregularidad de tensión. En algunas implementaciones, cuando la fuente de alimentación alcanza un nivel crítico durante una irregularidad de tensión, se genera una marca de fallo del sistema y las palas de la turbina se pueden conducir a una posición operativa horizontal completa.

El documento US 2004/145188 A1 describe un aerogenerador que incluye un sistema de control de paso de pala para variar un paso de una o más palas y un controlador de turbina acoplado con el sistema de control de paso de pala. Una primera fuente de potencia se acopla con el controlador de turbina y con el sistema de control de paso de pala para proporcionar potencia durante un primer modo de operación. Las fuentes de alimentación ininterrumpida se acoplan al controlador de turbina y con el sistema de control de paso de pala para proporcionar potencia durante un segundo modo de operación. El controlador de turbina detecta una transición desde el primer modo de operación al segundo modo de operación y hace que el sistema de control de paso de pala varíe el paso de una o más palas en respuesta a la transición.

Compendio de la invención

Es un objeto de la invención reducir o eliminar al menos uno de los inconvenientes conocidos en la técnica anterior y proporcionar en un primer aspecto de la invención un método de generación de potencia auxiliar para un aerogenerador, dicho aerogenerador que comprende un generador configurado para proporcionar potencia a un sistema de transmisión de potencia, siendo preferiblemente dicho generador un generador de tipo imán permanente (PM) o un generador de tipo síncrono, dicho método que comprende: un convertidor auxiliar conectado, preferiblemente conectado directamente, a la salida del generador que convierte al menos parte de la salida de potencia generada por el generador de dicho aerogenerador; y, suministrar dicha potencia convertida a un sistema de distribución de potencia auxiliar conectado a al menos una fuente de alimentación ininterrumpida.

La invención también puede hacer referencia a un método de generación de potencia auxiliar para un aerogenerador, dicho aerogenerador que comprende un generador, un convertidor principal y un convertidor auxiliar, en donde dicho generador está configurado para proporcionar potencia a través de dicho convertidor principal a un sistema de transmisión de potencia, dicho método que comprende: dicho convertidor auxiliar que está conectado a la salida de potencia de dicho generador convirtiendo al menos parte de la potencia generada por dicho generador; suministrar la potencia convertida por dicho convertidor auxiliar a un sistema de distribución de potencia auxiliar del aerogenerador, en donde dicho sistema de potencia auxiliar se conecta a al menos una fuente de alimentación ininterrumpida.

Por lo tanto, un convertidor auxiliar conectado al generador forma una fuente de alimentación auxiliar para el sistema de distribución de potencia auxiliar del aerogenerador. De esta forma se realiza la operación de una fuente de alimentación auxiliar fiable que es capaz de entregar potencia a un aerogenerador durante un período de tiempo relativamente largo.

En una realización, dicho generador se puede configurar como un generador de tipo imán permanente (PM) o como un generador de tipo síncrono.

En una realización, dicho convertidor auxiliar puede comprender al menos un transformador y un inversor y en donde la salida del convertidor se conecta a un nodo DC de dicha fuente de alimentación ininterrumpida.

En una realización, dicho convertidor auxiliar puede comprender al menos un transformador y un convertidor AC/AC y en donde la salida de dicho convertidor auxiliar se conecta a una salida AC de la fuente de alimentación ininterrumpida.

En otra realización, el método puede comprender además ajustar la velocidad de rotación de dicho aerogenerador a un valor de velocidad de rotación baja; convertir dicha salida de generador a un valor adecuado para cargar dicho sistema de distribución de potencia auxiliar.

En una realización adicional, el método puede comprender además: detectar una operación de protección de funcionamiento en isla en donde dicho aerogenerador se desconecta eléctricamente de dicho sistema de transmisión de potencia; en respuesta a dicha operación de protección de funcionamiento en isla detectada, ajustar la velocidad de rotación de dicho aerogenerador a un valor de velocidad de rotación baja; convertir dicha salida de generador a un valor adecuado para cargar dicho sistema de distribución de potencia auxiliar; y, conectar la salida de dicho convertidor a dicho sistema de distribución de potencia auxiliar.

En otra realización más, el método puede comprender: recibir la velocidad de rotación de dicha turbina y al menos un parámetro de turbina asociado con el par y/o el ángulo de paso de dicho aerogenerador; proporcionar una velocidad de rotación objetivo; y, regular dicha velocidad de rotación de dicha turbina a dicha velocidad de rotación objetivo ajustando dicho al menos un parámetro de turbina.

- 5 En una variante, el método puede comprender: determinar una diferencia entre dicha velocidad de rotación recibida con dicha velocidad de rotación objetivo; y, reducir dicha diferencia ajustando dicho ángulo de paso de dichas palas de rotor y/o dicho par.

En una realización, dicho convertidor auxiliar comprende un transformador variable giratorio que comprende al menos una primera bobina acoplada magnéticamente a al menos una segunda bobina, en donde dicho acoplamiento magnético se controla controlando el ángulo entre dichas primera y segunda bobinas.

10 En otra realización, siendo dicho transformador variable giratorio un transformador trifásico que comprende una bobina primaria configurada en estrella y una bobina secundaria configurada en estrella en donde dichas bobinas primaria y secundaria se montan de manera giratoria una con respecto a la otra de manera que el acoplamiento magnético se puede variar en dependencia de un ángulo de rotación, dicho método que comprende además: controlar dicho transformador variable sobre la base de la tensión de salida de dicho generador, tal que la salida de dicho transformador variable, genera un valor de tensión sustancialmente constante que es adecuado para cargar dicho sistema de distribución de potencia auxiliar.

15 En otra realización, el método puede comprender: determinar la tensión de salida actual de dicho generador; proporcionar una tensión de salida objetivo; controlar dicho ángulo de rotación entre dichas primera y segunda bobinas sobre la base de dicha tensión de salida actual y objetivo de manera que la salida de tensión de dicho convertidor sea sustancialmente igual a dicha tensión de salida objetivo.

20 En otro aspecto, la invención puede relacionarse con una turbina configurada para generar potencia auxiliar para un sistema de distribución de potencia auxiliar de dicho sistema de aerogenerador que comprende: un generador configurado para proporcionar potencia a un sistema de transmisión de potencia, preferiblemente dicho generador comprende uno o más imanes permanentes; y, un convertidor auxiliar para convertir la salida de dicho generador a un valor adecuado para cargar dicho sistema de distribución de potencia auxiliar.

25 La invención también puede hacer referencia a un aerogenerador para generar potencia para la red eléctrica y potencia auxiliar para un sistema de distribución de potencia auxiliar en dicho aerogenerador, dicho aerogenerador que comprende: un generador configurado para proporcionar potencia a través de un convertidor principal a un sistema de transmisión de potencia, preferiblemente dicho generador comprende uno o más imanes permanentes; y, un convertidor auxiliar conectado a la salida de potencia de dicho generador para convertir al menos parte de la potencia generada por dicho generador para dicho sistema de distribución de potencia auxiliar, en donde dicho sistema de distribución de potencia auxiliar está conectado a al menos una fuente de alimentación ininterrumpida.

30 En una realización, dicho convertidor auxiliar puede comprender al menos un transformador y un inversor y en donde la salida del convertidor se conecta a un nodo DC de dicha fuente de alimentación ininterrumpida.

En una realización, dicho convertidor auxiliar puede comprender al menos un transformador y un convertidor AC/AC y en donde la salida del convertidor AC/AC se conecta a una salida AC de dicha fuente de alimentación ininterrumpida.

35 En otra realización, dicho aerogenerador puede comprender un controlador configurado para ajustar la velocidad de rotación de dicho aerogenerador a un valor de velocidad de rotación baja de manera que dicha salida de generador sea adecuada para cargar dicho sistema de distribución de potencia auxiliar.

40 En otra realización más, dicho aerogenerador puede comprender un controlador configurado para detectar una operación de protección de funcionamiento en isla en donde dicho aerogenerador se desconecta eléctricamente de dicho sistema de transmisión de potencia y para ajustar la velocidad de rotación de dicho aerogenerador a un valor de valores de velocidad de rotación bajos si se detecta dicha operación de protección de funcionamiento en isla.

45 En una realización adicional, dicho controlador se puede configurar además para: recibir la velocidad de rotación de dicha turbina y al menos un parámetro de turbina asociado al par y/o al ángulo de paso de dicho aerogenerador; proporcionar una velocidad de rotación objetivo; y, regular dicha velocidad de rotación de dicha turbina a dicha velocidad de rotación objetivo ajustando dicho al menos un parámetro de turbina.

50 En una realización, dicho convertidor auxiliar puede comprender un transformador variable giratorio, que comprende al menos una primera bobina acoplada magnéticamente a al menos una segunda bobina, en donde dicho acoplamiento magnético se controla controlando el ángulo entre dichas primera y segunda bobinas.

55 En otra realización, dicho convertidor auxiliar se puede configurar para controlar dicho ángulo entre dicha primera y segunda bobinas en base a una tensión de salida actual y una tensión de salida objetivo de manera que la tensión de salida de dicho convertidor sea sustancialmente igual a dicha tensión de salida objetivo.

En otro aspecto, la invención puede hacer referencia a un controlador para su uso en un aerogenerador como se ha descrito anteriormente, el controlador que comprende medios para recibir la velocidad de rotación de dicha turbina y al menos un parámetro de turbina asociado al par y/o al ángulo de paso de dicho aerogenerador; medios para proporcionar una velocidad de rotación objetivo; y, medios que regulan dicha velocidad de rotación de dicha turbina a dicha velocidad de rotación objetivo ajustando dicho al menos un parámetro de turbina.

En otro aspecto más, la invención puede hacer referencia a un convertidor para su uso en un aerogenerador como se ha descrito anteriormente, dicho convertidor que se configura para convertir la potencia generada por el generador del aerogenerador a una potencia adecuada para cargar un sistema de distribución de potencia auxiliar de dicho aerogenerador, dicho convertidor auxiliar que comprende además: un transformador variable giratorio, que comprende al menos una primera bobina acoplada magnéticamente a al menos una segunda bobina, en donde dicho acoplamiento magnético se controla controlando el ángulo entre dichas primera y segunda bobinas.

En una realización, dicho convertidor puede comprender además un controlador configurado para controlar dicho ángulo entre dicha primera y segunda bobinas sobre la base de una tensión de salida actual y una tensión de salida objetivo de manera que la salida de tensión de dicho convertidor sea sustancialmente igual a dicha tensión de salida objetivo.

La invención también puede relacionarse con un producto de programa de ordenador que comprenden partes de código de software configuradas para, cuando se ejecutan en la memoria de un ordenador, ejecutar los pasos del método como se ha descrito anteriormente.

La invención se ilustrará además con referencia a los dibujos adjuntos, que mostrarán esquemáticamente realizaciones según la invención. Se entenderá que la invención no está restringida de ninguna forma a estas realizaciones específicas.

Breve descripción de los dibujos

La Fig. 1 representa un esquema de una configuración de aerogenerador.

Las Fig. 2A y 2B representan partes de un aerogenerador según diversas realizaciones de la invención.

Las Fig. 3A y 3B representan esquemas de un gráfico del valor absoluto de la salida de tensión de un generador de PM como una función de la velocidad de rotación y un esquema de un sistema de control según una realización de la invención.

La Fig. 4 representa un esquema de un proceso según diversas realizaciones de la invención.

Las Fig. 5A y 5B representan esquemas de un convertidor que comprende un transformador variable según una realización de la invención.

Descripción detallada

La Fig. 1 representa un esquema de los componentes principales de un aerogenerador 100 conectado mediante conmutadores a un sistema de transmisión de potencia. Tal aerogenerador puede ser parte de un parque eólico (no mostrado) que comprende una pluralidad de aerogeneradores que se pueden interconectar eléctricamente usando un sistema de transmisión de potencia (local) (es decir, una red eléctrica local) que comprende cables y uno o más transformadores (subestación) para conectar el parque eólico a un sistema de transmisión de potencia externo (es decir, la red eléctrica principal, típicamente la red eléctrica pública o un enlace de corriente continua de alta tensión (HVDC)). El aerogenerador se puede conectar a través de uno o más conmutadores, por ejemplo, disyuntores, a la red eléctrica local.

El aerogenerador puede comprender un generador 102, por ejemplo, un generador que comprende imanes permanentes (un generador de tipo imán permanente (PM)), que transforma la energía giratoria de las palas 103 en una potencia eléctrica AC de frecuencia variable. La salida AC 104 del generador, que es típicamente una tensión AC trifásica que tiene una amplitud y una frecuencia dependiente de la velocidad de rotación del generador, se puede alimentar a un convertidor (principal) 105. Tal convertidor puede comprender un inversor para convertir la potencia AC a una potencia DC y un inversor para convertir la potencia DC a una potencia AC de una frecuencia usada por la red eléctrica principal. Preferiblemente, convertidor hace referencia a un inversor autoconmutado bien conocido en la técnica. Tal inversor autoconmutado se configura para generar una señal de salida AC estable sin requerir la sincronización de la señal de salida a una fuente externa.

La salida 106 del convertidor se puede conectar a través de un transformador principal 107, un conmutador principal 108, un cable principal 110 y una barra de bus común 112 a la red eléctrica local 114 (no mostrada). Además, un controlador de aerogenerador 116 puede controlar la operación del aerogenerador. El controlador puede recopilar datos operativos (por ejemplo, nivel de potencia, temperatura, velocidad del viento, eficiencia de conversión, velocidad de rotación, par, paso de pala, etc.) y usar estos datos operativos para controlar el aerogenerador de manera que se logre una operación óptima del aerogenerador.

El aerogenerador comprende además un sistema de distribución de potencia auxiliar de baja tensión 120, que se conecta a través de un transformador auxiliar 122 y un cable auxiliar 124 a la barra de bus común 112. Se presenta que la configuración de barra de bus 110, 112, 124 en la Fig. 1 es solamente una de las muchas implementaciones posibles para conectar el aerogenerador y el sistema de distribución de potencia auxiliar a la red eléctrica.

5 El sistema de distribución de potencia auxiliar proporciona una fuente de alimentación, que puede estar en el intervalo de 100-500 V AC y 20-50 V DC, a los componentes eléctricos en el aerogenerador. Estos componentes pueden incluir el controlador del aerogenerador, elementos sensores 125₁, sistema de paso de pala 125₂, accionamiento de orientación y los elementos de control ambiental 125₃, tales como sistemas de calentamiento y enfriamiento en el aerogenerador. El sistema de distribución de potencia auxiliar se puede conectar o desconectar de la red eléctrica local usando un conmutador o fusible de red eléctrica local 126. Durante la operación normal, el conmutador de red eléctrica local se puede cerrar de modo que el sistema de distribución de potencia auxiliar se alimente por la red eléctrica local.

10 El sistema de distribución de potencia auxiliar se puede conectar a la red eléctrica local de varias formas. En una variante (no mostrada) en lugar de un transformador principal y auxiliar separado, puede usarse un devanado terciario del transformador principal para conectar el sistema de distribución de potencia auxiliar a la red eléctrica. En una variante adicional, el conmutador principal y el conmutador de red eléctrica local pueden implementarse como un único conmutador controlado por el controlador de aerogenerador.

15 Si un controlador de aerogenerador detecta un fallo de alimentación, puede desconectar, como medida de protección, uno o más aerogeneradores de la red eléctrica local abriendo el conmutador principal 108 y el conmutador de red eléctrica 126 de un número predeterminado de aerogeneradores. Durante la desconexión, conmutadores adicionales, por ejemplo, los conmutadores secundarios 128, 130, se pueden abrir proporcionando un aislamiento eléctrico adicional del aerogenerador de la red eléctrica. Cada uno de los conmutadores (de alta tensión) y/o disyuntores de alta velocidad se pueden controlar (abrir/cerrar) por el controlador del aerogenerador, el controlador de parque eólico y/o los dispositivos de protección.

20 Cuando se abren los disyuntores, el controlador de aerogenerador 116 puede poner el aerogenerador en modo de espera activa deteniendo la rotación de la turbina y lanzando las palas de viento en la posición de veleta. Un aerogenerador en el modo de espera activa (al que se hace referencia en lo sucesivo como aerogenerador "desactivado") se desconecta de la red eléctrica principal. Por lo tanto, con el fin de asegurar la operación en espera activa continua del aerogenerador, el sistema de distribución de potencia auxiliar 120 puede recibir su potencia de una fuente de alimentación ininterrumpida (UPS) 134. Típicamente, la UPS comprende un sistema de almacenamiento eléctrico, por ejemplo, baterías y/o supercondensadores. Además, la UPS puede comprender un grupo electrógeno diesel instalado en o cerca del aerogenerador para cargar el sistema de almacenamiento eléctrico.

25 El controlador de aerogenerador se puede configurar además para el arranque en negro del aerogenerador si está en su estado desactivado. Tales procedimientos de arranque en negro son bien conocidos en la técnica (véase, por ejemplo, el documento US 7.394.166 que describe un procedimiento de arranque en negro de aerogenerador ejemplar). Si el controlador se desencadena para iniciar un procedimiento de arranque en negro, puede usar la potencia proporcionada por la UPS con el fin de lanzar las palas de viento fuera de la posición de veleta y aumentar gradualmente la operación de potencia hasta que se logre una operación estable de circuito abierto.

30 Cuando se requiere que los aerogeneradores desconectados permanezcan en el modo de espera activa durante un período de tiempo más largo, la UPS (que comprende, por ejemplo, un sistema de baterías, supercondensadores, un grupo electrógeno diesel o combinaciones de los mismos) se pueden quedar sin potencia. Los generadores diesel requieren mantenimiento y reabastecimiento de combustible y, de este modo, son menos adecuados para su uso en sistemas de parques eólicos mar adentro y/o remotos. Además, las baterías son sensibles a los cambios de temperatura y, con el fin de asegurar una fuente de alimentación de larga duración, se requiere típicamente un gran número de baterías. Por lo tanto, en general, estas fuentes de potencia auxiliares convencionales son menos adecuadas para situaciones de protección de funcionamiento en isla, especialmente situaciones de protección de funcionamiento en isla en parques eólicos mar adentro, que se extienden durante un largo período de tiempo.

35 La Fig. 2A representa un esquema de un aerogenerador según una realización de la invención. En particular, la Fig. 2A representa un aerogenerador que comprende elementos similares que el aerogenerador descrito con referencia a la Fig. 1, es decir, un generador 202 que tiene una salida 204 conectada al convertidor principal 205. El generador puede entregar potencia a un convertidor principal 205 que comprende los inversores 203₁, 203₂, que se conecta a través del transformador principal 207, un conmutador principal 208, un cable principal 210 a una barra de bus común 222. De manera similar, un sistema de distribución de potencia auxiliar 220 que entrega potencia a los elementos de aerogenerador 125₁₋₄, se conecta a través de un transformador auxiliar 222 y un cable auxiliar 224 a la barra de bus común 222.

40 En contraste con el esquema de aerogenerador convencional de la Fig. 1, se proporciona el aerogenerador representado en la Fig. 2A con un convertidor auxiliar 240 conectado a la salida 204 del generador y al sistema de distribución de potencia auxiliar. En una realización, el convertidor auxiliar se conecta directamente a la salida de

potencia del generador, que puede ser un generador de tipo imán permanente (PM) o un generador de tipo síncrono. Durante la operación del aerogenerador, el convertidor auxiliar puede funcionar como una fuente de suministro de potencia extra para el sistema de distribución de potencia auxiliar.

- 5 Además, cuando el aerogenerador se desconecta completamente de la red eléctrica (por ejemplo, en una situación de protección de funcionamiento en isla) o cuando el sistema de distribución de potencia auxiliar se desconecta de la red eléctrica (por ejemplo, debido a un fallo del sistema), el convertidor auxiliar puede entregar directamente la potencia generada por el generador del aerogenerador al sistema de distribución de potencia auxiliar.

- 10 En una realización, el controlador de aerogenerador puede desencadenar una función de control de potencia auxiliar 236 (APCF), que reduce de manera controlable la velocidad de rotación de las palas, por ejemplo, ajustando el ángulo de paso de las palas. Una vez que la velocidad de rotación cae dentro de una región de velocidad baja predeterminada, la función de potencia auxiliar puede mantener la velocidad de rotación dentro de esta región usando un bucle de realimentación. Se puede lograr una velocidad de rotación constante evaluando los parámetros de la turbina, tales como el paso de pala 246, la velocidad de rotación 244, el par del generador 245 y la salida de tensión de generador 242. La región de velocidad de rotación baja se selecciona de manera que se genera potencia suficiente por el generador con el fin de cargar el sistema de almacenamiento eléctrico 234.

De esta forma, la función de potencia auxiliar puede controlar el aerogenerador en una operación de baja potencia continua en donde la velocidad de rotación de las palas se mantiene dentro de una región de baja velocidad. En esta operación de baja potencia, el aerogenerador genera suficiente potencia para el sistema de distribución de potencia auxiliar sin requerir el uso de una UPS 234 o drenar el sistema de almacenamiento eléctrico de la UPS.

- 20 En una realización, la función de control de potencia auxiliar se puede desencadenar si se detecta una situación de protección de funcionamiento en isla. En otra realización, la función de control de potencia auxiliar se puede desencadenar si se detecta un fallo, por ejemplo, un elemento de turbina defectuoso. En este último caso, puede no ser necesario desconectar físicamente el aerogenerador de la red eléctrica.

- 25 Las Fig. 2B-I y 2B-II representan esquemas de sistemas de distribución de potencia auxiliar según diversas realizaciones de la invención. En particular, la Fig. 2B-I representa una primera realización de un sistema de distribución de potencia auxiliar que comprende una fuente de alimentación ininterrumpida (UPS) 234 conectada al convertidor auxiliar 240.

- 30 La UPS puede comprender un sistema de almacenamiento eléctrico 235, por ejemplo, un conjunto de baterías y/o (super) condensadores conectados a un primer inversor 246 y un segundo inversor 248, cada uno que tiene al menos un nodo AC y un nodo DC. El sistema de almacenamiento eléctrico y el nodo DC del primer inversor 246 y el segundo inversor 248 se conectan a un nodo común 245.

- 35 El nodo AC del primer inversor se puede conectar además a un transformador auxiliar 222, que se puede conectar a la red eléctrica local de una manera similar como se ha descrito con referencia a la Fig. 2A. El nodo AC del segundo inversor se puede considerar como la salida 249 del sistema de distribución de potencia auxiliar. Se puede conectar a la salida una serie de cargas eléctricas, por ejemplo, los elementos del aerogenerador que se describen con referencia a la Fig. 2A.

- 40 Además, la salida del generador se acopla a través del convertidor auxiliar 240 al nodo común. En una realización, el convertidor puede comprender un transformador 242 y un inversor 224 que tiene su nodo DC conectado al nodo común de la UPS. Por lo tanto, en esta realización, la UPS se alimenta tanto por la potencia de la red eléctrica como del generador. Esta configuración de convertidor auxiliar solamente requiere un pequeño número de conversiones AC-DC con el fin de proporcionar una operación fiable y continua del sistema de distribución de potencia auxiliar. Además, permite reducir la escala de los componentes eléctricos usados en el sistema de distribución de potencia auxiliar. Por ejemplo, el convertidor auxiliar puede permitir usar un inversor más pequeño 246 (en comparación con la situación convencional sin el convertidor auxiliar).

- 45 La Fig. 2B-II representa una segunda realización que comprende una UPS 234 similar a la descrita en la Fig. 2B-I. De nuevo, el nodo AC del primer inversor 256 de la UPS se conecta a través de un transformador auxiliar 222 a la red eléctrica local y la salida 249 de la UPS se conecta a una o más cargas eléctricas.

- 50 Además, la salida del generador se acopla a través del convertidor auxiliar 240 al nodo común. En este caso, el convertidor puede comprender un transformador 250 conectado a un convertidor AC/AC 252 para convertir la tensión AC que se origina desde el transformador en una tensión AC de una frecuencia y amplitud predeterminadas. Típicamente, el convertidor AC/AC 252 tiene una configuración similar a la de la UPS 234 que comprende un sistema de almacenamiento eléctrico, por ejemplo, un conjunto de baterías y/o (super) condensadores conectados a un primer inversor y un segundo inversor. Por lo tanto, en esta realización, el convertidor auxiliar 240 tiene su propia UPS independiente conectada a la UPS que se conecta a la red eléctrica.

- 55 Solamente si las condiciones del viento no permiten una operación de velocidad lenta, el controlador de aerogenerador puede decidir usar la UPS. La funcionalidad de control proporcionada por la función de control de potencia auxiliar y sus usos ventajosos se describirán con más detalle con referencia a las Fig. 3A y 3B.

La Fig. 3A representa un gráfico de la salida de tensión directa de un generador de PM como una función de la velocidad de rotación y un esquema de un sistema de control según una realización de la invención. En particular, el gráfico de la Fig. 3A representa el gráfico (casi) lineal 302 que representa el valor absoluto de la salida de tensión $|V|$ de un generador de PM como una función de la velocidad de rotación ω . En operación normal, la velocidad de rotación del generador estará dentro de un primer intervalo 304 denotado por las velocidades de rotación ω_1 y ω_2 y las tensiones de salida correspondientes $|V_1|$ y $|V_2|$. Cuando se requiera a la función de control de potencia auxiliar entonces regulará la velocidad de rotación de vuelta a un segundo intervalo 306 de velocidades de rotación relativamente bajas denotadas por las velocidades de rotación ω'_1 y ω'_2 y las tensiones de salida $|V'_1|$ y $|V'_2|$ correspondientes. Este segundo intervalo se selecciona de manera que la salida de potencia sea suficiente para alimentar el sistema de distribución de potencia auxiliar.

La dependencia de tensión como se muestra en la Fig. 3A se usa por la función de fuente de alimentación auxiliar 336 (APSF) como se representa en la Fig. 3B. La APSF puede recibir una señal de desencadenante T_{io} 308 que indica que el aerogenerador requiere una operación de baja potencia como se describe, por ejemplo, con referencia a la Fig. 2A.

En ese caso, la APSF recoge parámetros de aerogenerador actuales tales como la velocidad de rotación ω y el par del generador 310, el paso de pala θ 312 y la tensión de salida $|V|$ 314. Estos valores se comparan con los valores de punto de ajuste ω_{sp} y $|V_{sp}|$ 316 predeterminados en el intervalo de rotación de baja velocidad. Si se determina una diferencia entre los valores actuales y los valores de punto de ajuste, la APSF regula de manera iterativa la velocidad de rotación hacia abajo hasta el valor del punto de ajuste lanzando 318 las palas y/o ajustando el par del generador de manera que se alcance la velocidad de rotación deseada.

La Fig. 4 representa un esquema de un proceso 400 según una realización de la invención. En particular, la Fig. 4 representa un proceso ejecutado por la función de fuente de alimentación auxiliar como se representa en la Fig. 3B. En un primer paso 402, se detecta un modo de operación en isla en donde el aerogenerador se desconecta eléctricamente de la red eléctrica. En ese caso, la APSF se desencadena para recibir parámetros del aerogenerador y para ajustar sobre la base de los parámetros del aerogenerador, la velocidad de rotación del aerogenerador de vuelta a un valor de punto de ajuste en un intervalo de velocidad de rotación baja (paso 404). Cuando se alcanza un estado estable de rotación baja, la salida de tensión AC del generador se convierte en una tensión DC (paso 406), que es adecuada para alimentar el sistema de distribución de potencia auxiliar. En ese caso, la salida del convertidor se conecta al sistema de distribución de potencia auxiliar (paso 408).

La señal de salida de tensión AC del generador de PM es una señal trifásica en donde tanto su frecuencia como la amplitud dependen de la velocidad de rotación de la turbina. La conversión descendente o ascendente de esta señal de salida de generador AC más bien compleja se puede realizar mediante un convertidor eléctrico que comprende dos inversores. No obstante, tales convertidores de amplio intervalo son dispositivos eléctricos relativamente grandes y complicados, que son sensibles a los defectos, que, especialmente en el contexto de situaciones de protección de funcionamiento en isla, no son características deseables.

Las Fig. 5A y 5B representan esquemas de un convertidor auxiliar según una realización adicional de la invención. En particular, la Fig. 5A representa un convertidor auxiliar que comprende un transformador electromecánico de tensión variable 502 conectado a un circuito de conversión AC-DC 504. La Fig. 5B representa una realización de tal transformador variable electromecánico. Tal transformador puede comprender un elemento de bobina primaria 506 y un elemento de bobina secundaria 508, ambos de los cuales implementados en una configuración en estrella en donde cada elemento de bobina comprende tres patas. Los elementos de las bobinas primaria y secundaria se montan de manera giratoria uno con respecto al otro de manera que en una primera posición (el ángulo Φ entre las patas de los elementos de las bobinas primaria y secundaria es aproximadamente cero) el acoplamiento magnético entre las patas de los elementos de las bobinas primaria y secundaria es máximo.

En ese caso la tensión U inducida en la bobina secundaria puede ser aproximadamente igual a la tensión V aplicada a la bobina primaria. En una segunda posición (el ángulo Φ entre las patas de los elementos de las bobinas primaria y secundaria es aproximadamente sesenta grados) el acoplamiento magnético entre las bobinas primaria y secundaria puede ser mínimo de modo que la tensión inducida en la bobina secundaria sea mucho más pequeña que la tensión aplicada a la bobina primaria: $U \ll V$. Por lo tanto, tal configuración de transformador trifásico define un transformador trifásico variable en donde el acoplamiento magnético se puede ajustar ajustando el ángulo entre las bobinas primaria y secundaria.

Tal transformador variable trifásico se puede usar en el esquema del convertidor como se representa en la fig. 5A. El transformador se configura para transformar la tensión V del generador AC en la salida del generador hacia abajo a una señal de tensión trifásica que sea adecuada para la conversión a un valor DC U_{aux} para su uso por la distribución de potencia auxiliar. Las fluctuaciones inevitables en la velocidad de rotación se pueden eliminar o, al menos, reducir por el controlador del convertidor 510, que monitoriza tanto la tensión en la entrada 512 como la salida 514 del transformador. Si se detectan grandes desviaciones de la conversión descendente predeterminada, el controlador del convertidor contrarresta esta desviación ajustando el ángulo Φ entre los elementos de las bobinas primaria y secundaria.

De esta forma se puede lograr una conversión descendente estable de la señal de tensión trifásica. La tensión convertida descendentemente se transforma posteriormente en una tensión DC usando una técnica bien conocida en la técnica, por ejemplo, un circuito rectificador de puente de onda completa. Por lo tanto, el esquema del convertidor representado en la Fig. 5A incluye un transformador electromecánico que permite una conversión simple y eficiente de la salida del generador AC a una tensión DV para su uso por el sistema de distribución de potencia auxiliar. Además, el transformador electromecánico proporciona una variante mecánica robusta de los convertidores variables eléctricos completos convencionales. Además, proporciona la transformación y el aislamiento necesario entre el lado de alta tensión de la turbina y el lado de baja tensión del sistema de distribución de potencia auxiliar.

También se ha de entender que cualquier característica descrita en relación con cualquier realización se puede usar sola, o en combinación con otras características descritas, y también se puede usar en combinación con una o más características de otra cualquiera de las realizaciones, o cualquier combinación de otra cualquiera de las realizaciones. Una realización de la invención se puede implementar como un producto de programa para su uso con un sistema informático. El programa o los programas del producto de programa definen las funciones de las realizaciones (incluyendo los métodos descritos en la presente memoria) y se pueden contener en una variedad de medios de almacenamiento legibles por ordenador. Los medios de almacenamiento legibles por ordenador ilustrativos incluyen, pero no se limitan a: (i) medios de almacenamiento no escribibles (por ejemplo, dispositivos de memoria de solo lectura dentro de un ordenador, tales como discos CD-ROM legibles por una unidad de CD-ROM, memoria rápida, chips de ROM o cualquier tipo de memoria de semiconductores no volátil de estado sólido) en los cuales se almacena información permanentemente; y (ii) medios de almacenamiento escribibles (por ejemplo, discos flexibles dentro de una unidad de disquete o unidad de disco duro o cualquier tipo de memoria de semiconductores de acceso aleatorio de estado sólido) en los cuales se almacena información alterable. Además, también se pueden emplear equivalentes y modificaciones no descritas anteriormente sin apartarse del alcance de la invención, que se define en las reivindicaciones que se acompañan.

REIVINDICACIONES

1. Un método de generación de potencia auxiliar para un aerogenerador, dicho aerogenerador que comprende un generador (202), un convertidor principal (205) y un convertidor auxiliar (240), en donde dicho generador (202) se configura para proporcionar potencia a través de dicho convertidor principal a un sistema de transmisión de potencia,
5 dicho método que comprende:

dicho convertidor auxiliar (240) que se conecta a la salida de potencia (204) de dicho generador (202) que convierte al menos parte de la potencia generada por dicho generador;

suministrar la potencia convertida por dicho convertidor auxiliar a un sistema de distribución de potencia auxiliar (220) del aerogenerador, en donde dicho sistema de potencia auxiliar se conecta a al menos una fuente de alimentación ininterrumpida.
10
2. El método según la reivindicación 1, en donde dicho convertidor auxiliar comprende al menos un transformador y un inversor y en donde la salida del convertidor se conecta a un nodo DC de dicha fuente de alimentación ininterrumpida; o,

en donde dicho convertidor auxiliar comprende al menos un transformador y un convertidor AC/AC y en donde la salida de dicho convertidor auxiliar se conecta a una salida AC de la fuente de alimentación ininterrumpida.
15
3. El método según las reivindicaciones 1 o 2, que comprende:

ajustar la velocidad de rotación de dicho aerogenerador a un valor de baja velocidad de rotación;

convertir dicha salida del generador para dicho sistema de distribución de potencia auxiliar.
4. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1-3, que comprende:
20 detectar que dicho aerogenerador se desconecta eléctricamente de dicho sistema de transmisión de potencia;

en respuesta a dicha desconexión detectada, ajustar la velocidad de rotación de dicho aerogenerador a un valor de velocidad de rotación baja;

convertir dicha salida del generador para dicho sistema de distribución de potencia auxiliar; y,

conectar la salida de dicho convertidor auxiliar a dicho sistema de distribución de potencia auxiliar.
5. El método según la reivindicación 4, que comprende además:
25 recibir la velocidad de rotación de dicha turbina y al menos un parámetro de turbina asociado al par y/o al ángulo de paso de dicho aerogenerador;

proporcionar una velocidad de rotación objetivo;

regular dicha velocidad de rotación de dicha turbina a dicha velocidad de rotación objetivo ajustando dicho al menos un parámetro de turbina.
30
6. El método según las reivindicaciones 4 o 5, que comprende además:

determinar una diferencia entre dicha velocidad de rotación recibida con dicha velocidad de rotación objetivo; y,

reducir dicha diferencia ajustando dicho ángulo de paso de dichas palas del rotor y/o dicho par.
7. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en donde dicho convertidor auxiliar comprende un transformador variable giratorio que comprende al menos una primera bobina acoplada magnéticamente a al menos una segunda bobina, en donde dicho acoplamiento magnético se controla controlando el ángulo entre dicha primera y segunda bobinas.
35
8. El método según la reivindicación 7, dicho transformador variable giratorio que es un transformador trifásico que comprende una bobina primaria configurada en estrella y una bobina secundaria configurada en estrella en donde dichas bobinas primaria y secundaria se montan giratorias una con respecto a la otra de manera que el acoplamiento magnético puede variar en dependencia de un ángulo de rotación, opcionalmente dicho método que comprende además:
40 controlar dicho transformador variable sobre la base de la tensión de salida de dicho generador, tal que la salida de dicho transformador variable genera un valor de tensión sustancialmente constante que es adecuado para cargar dicho sistema de distribución de potencia auxiliar.
45
9. El método según las reivindicaciones 7 y 8, que comprende:

determinar la tensión de salida actual de dicho generador;

proporcionar una tensión de salida objetivo;

controlar dicho ángulo de rotación entre dichas bobinas primera y segunda sobre la base de dicha tensión de salida actual y objetivo de manera que la salida de tensión de dicho convertidor sea sustancialmente igual a dicha tensión de salida objetivo.

10. Un aerogenerador para generar potencia para la red eléctrica y para generar potencia auxiliar para un sistema de distribución de potencia auxiliar (220) en dicho aerogenerador, dicho aerogenerador que comprende:

un generador (202) configurado para proporcionar potencia a través de un convertidor principal (205) a un sistema de transmisión de potencia;

un convertidor auxiliar (240) conectado a la salida de potencia (204) de dicho generador para convertir al menos parte de la potencia generada por dicho generador para dicho sistema de distribución de potencia auxiliar, en donde dicho sistema de distribución de potencia auxiliar se conecta a al menos una fuente de alimentación ininterrumpida.

11. El aerogenerador según la reivindicación 10, en donde dicho convertidor auxiliar comprende al menos un transformador y un inversor y en donde la salida del convertidor se conecta a un nodo DC de dicha fuente de alimentación ininterrumpida; o,

en donde dicho convertidor auxiliar comprende al menos un transformador y un convertidor AC/AC y en donde la salida del convertidor AC/AC se conecta a una salida AC de dicha fuente de alimentación ininterrumpida; preferiblemente, dicho aerogenerador que comprende un controlador configurado para ajustar la velocidad de rotación de dicho aerogenerador a un valor de velocidad de giro baja de manera que dicha salida del generador sea adecuada para cargar dicho sistema de distribución de potencia auxiliar.

12. El aerogenerador según cualquiera de las reivindicaciones 10-11, en donde dicho aerogenerador comprende un controlador configurado para detectar una operación de protección de funcionamiento en isla en donde dicho aerogenerador se desconecta eléctricamente de dicho sistema de transmisión de potencia y para ajustar la velocidad de rotación de dicho aerogenerador a un valor de valores de velocidad de rotación baja si se detecta dicha operación de protección de funcionamiento en isla, opcionalmente dicho controlador que se configura para:

recibir la velocidad de rotación de dicha turbina y al menos un parámetro de turbina asociado al par y/o al ángulo de paso de dicho aerogenerador;

proporcionar una velocidad de rotación objetivo; y,

regular dicha velocidad de rotación de dicha turbina a dicha velocidad de rotación objetivo ajustando dicho al menos un parámetro de turbina.

13. El aerogenerador según las reivindicaciones 10 o 12, en donde dicho convertidor auxiliar comprende un transformador variable giratorio, que comprende al menos una primera bobina acoplada magnéticamente a al menos una segunda bobina, en donde dicho acoplamiento magnético se controla controlando el ángulo entre dichas primera y segunda bobinas, opcionalmente dicho convertidor auxiliar que se configura para controlar dicho ángulo entre dichas primera y segunda bobinas sobre la base de una tensión de salida actual y una tensión de salida objetivo de manera que la salida de tensión de dicho convertidor sea sustancialmente igual a dicha tensión de salida objetivo.

14. Un controlador para su uso en un aerogenerador según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 13, que comprende:

medios para recibir la velocidad de rotación de dicha turbina y al menos un parámetro de turbina asociado al par y/o al ángulo de paso de dicho aerogenerador;

medios para proporcionar una velocidad de rotación objetivo; y,

medios que regulan dicha velocidad de rotación de dicha turbina a dicha velocidad de rotación objetivo ajustando dicho al menos un parámetro de turbina.

15. El convertidor para uso en un aerogenerador según cualquiera de las reivindicaciones 10-13, dicho convertidor que se configura para convertir la potencia generada por el generador (202) del aerogenerador para un sistema de distribución de potencia auxiliar (220) en dicho aerogenerador, dicho convertidor auxiliar que comprende además:

un transformador variable giratorio, que comprende al menos una primera bobina acoplada magnéticamente a al menos una segunda bobina, en donde dicho acoplamiento magnético se controla controlando el ángulo entre dichas primera y segunda bobinas, opcionalmente dicho convertidor que comprende además:

un controlador configurado para controlar dicho ángulo entre dichas primera y segunda bobinas sobre la base de una tensión de salida actual y una tensión de salida objetivo de manera que la salida de tensión de dicho convertidor sea sustancialmente igual a dicha tensión de salida objetivo.

- 5 16. Un producto de programa de ordenador que comprende partes de código de software configuradas para, cuando se ejecuta en la memoria de un ordenador, ejecutar los pasos del método según cualquiera de las reivindicaciones 1-9.

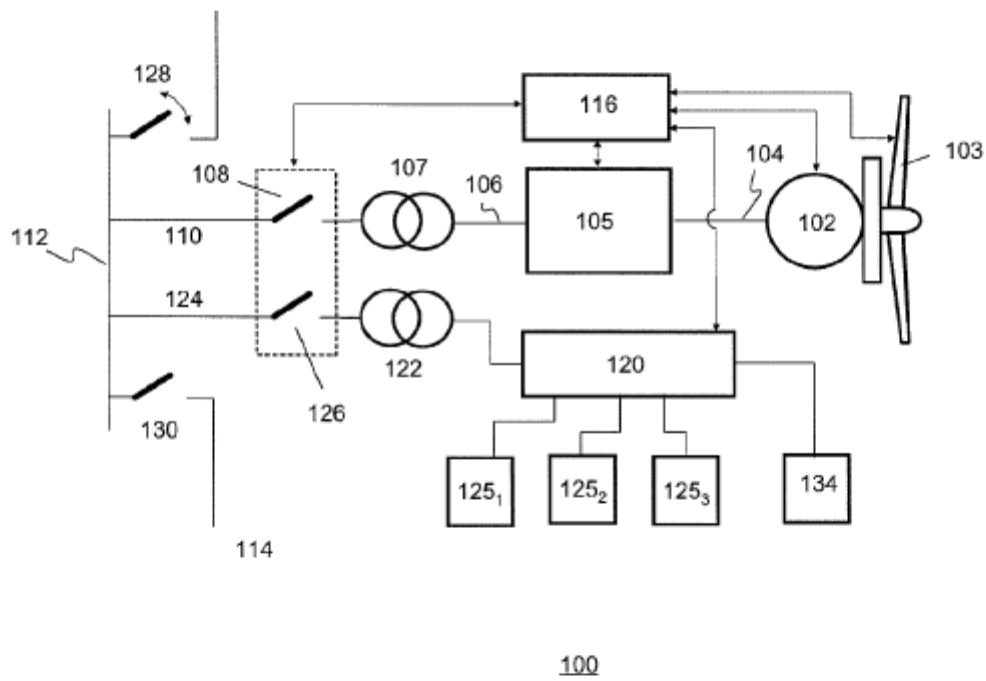


Fig. 1

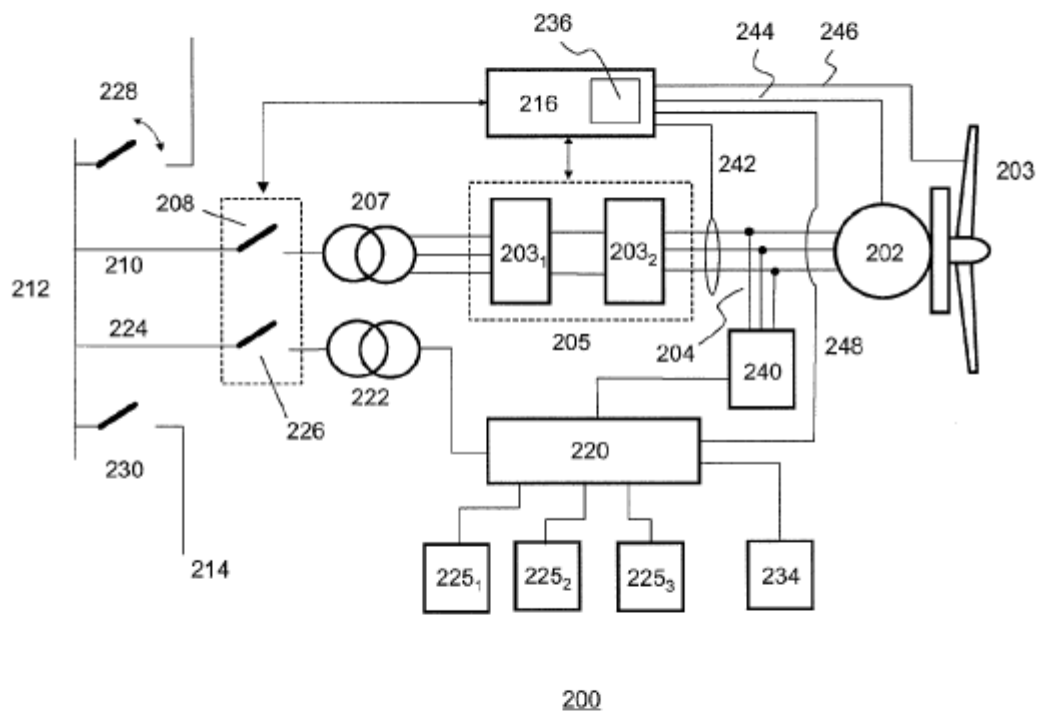


Fig. 2A

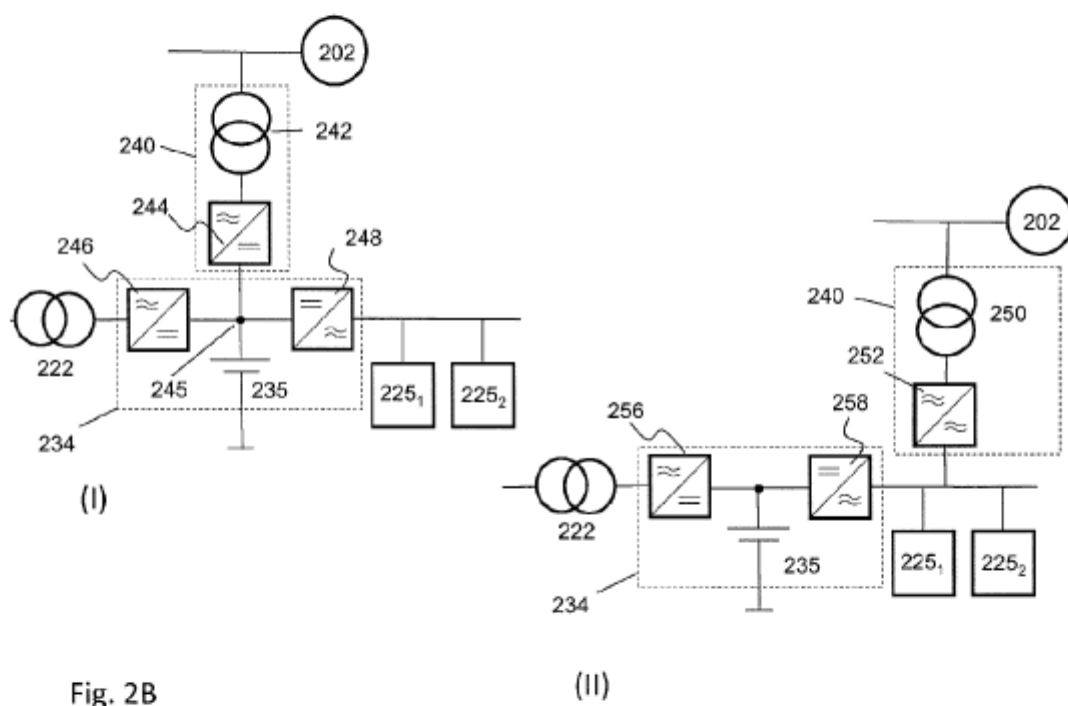


Fig. 2B

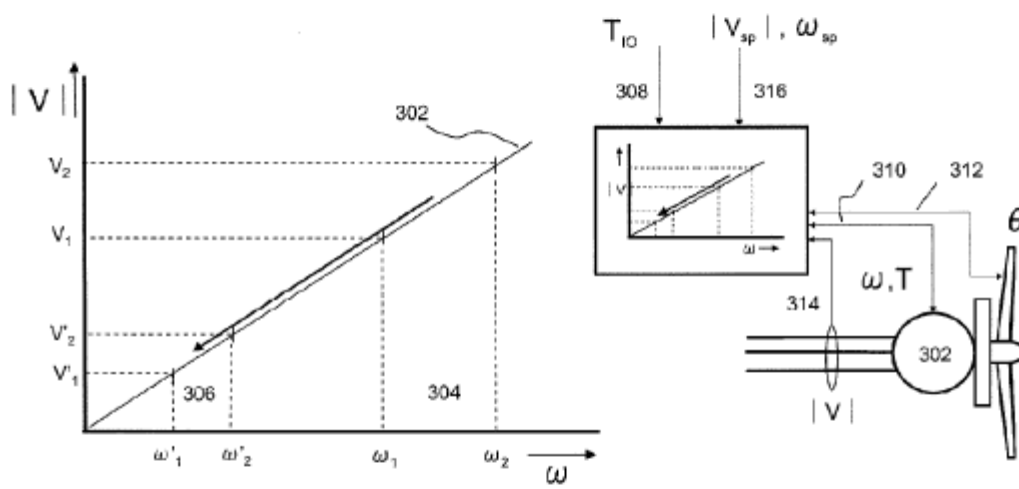


Fig. 3A

Fig. 3B

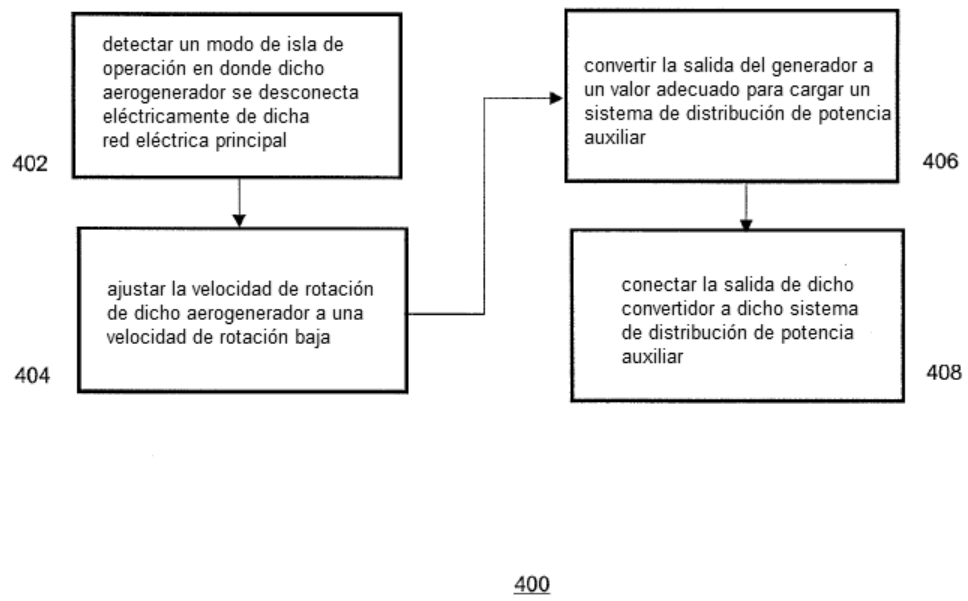


Fig. 4

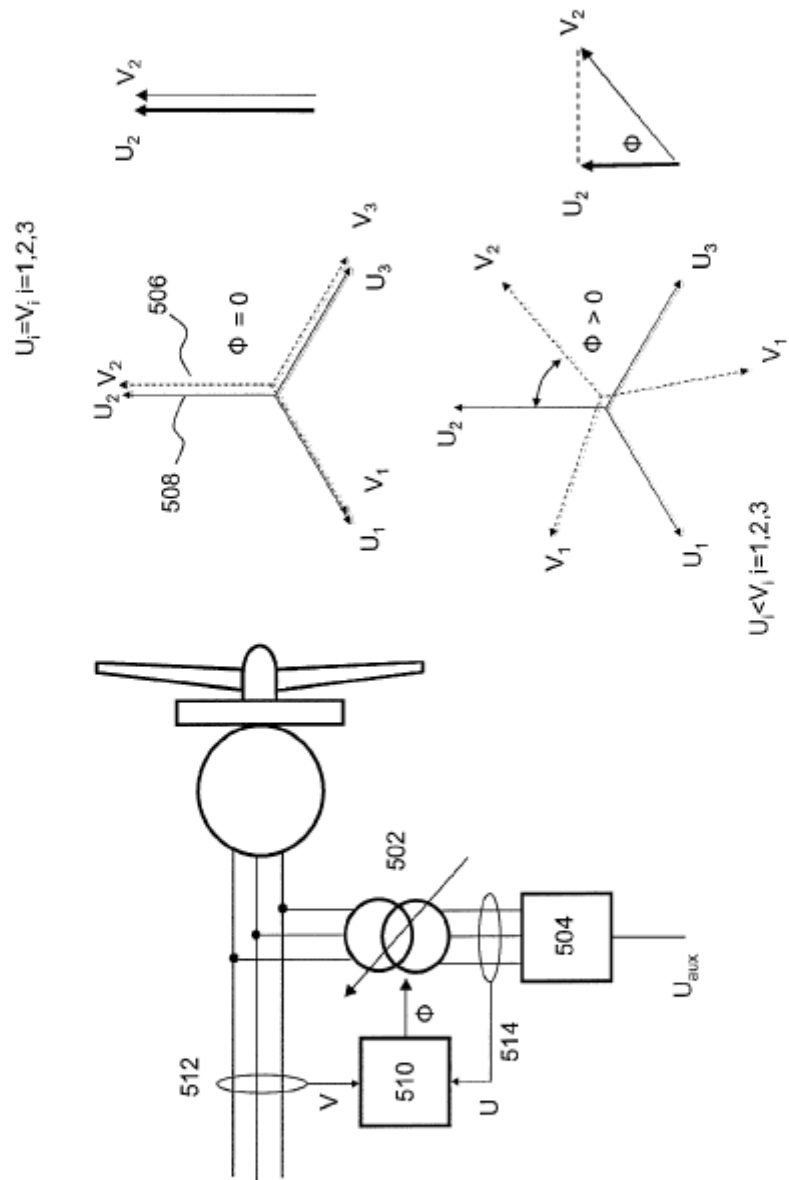


Fig. 5B

Fig. 5A