

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 758 435**

51 Int. Cl.:

<b>H02J 3/38</b>	(2006.01)
<b>F03D 9/00</b>	(2006.01)
<b>H02J 3/42</b>	(2006.01)
<b>H02H 9/00</b>	(2006.01)
<b>H02H 7/26</b>	(2006.01)
<b>F03D 9/25</b>	(2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.06.2016 PCT/DK2016/050170**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.12.2016 WO16206688**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.06.2016 E 16728612 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.11.2019 EP 3314715**

54 Título: **Corriente de irrupción controlada para convertidor conectado al filtro de red**

30 Prioridad:

**24.06.2015 DK 201570390**

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

**05.05.2020**

73 Titular/es:

**VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)  
Hedeager 42  
8200 Aarhus N, DK**

72 Inventor/es:

**ABEYASEKERA, TUSITHA;  
DOAN, DUY DUC;  
ANDERSEN, GERT KARMISHOLT;  
HELLE, LARS;  
PEDERSEN, TUNE;  
NIELSEN, JOHN GODSK y  
ANDERSEN, SØREN**

74 Agente/Representante:

**ARIAS SANZ, Juan**

**ES 2 758 435 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**

Corriente de irrupción controlada para convertidor conectado al filtro de red

5 **Antecedentes****Campo técnico**

10 Realizaciones presentadas en esta divulgación generalmente se refieren a turbinas eólicas, y más específicamente, a técnicas para conectar generadores de turbinas eólicas a la red eléctrica.

**Descripción de la técnica relacionada**

15 Generación de potencia moderna y redes de distribución cuentan cada vez más con fuentes de energía renovables, tales como generadores de turbinas eólicas. Los generadores de turbinas eólicas se conectan a menudo a la red eléctrica a través de un filtro de red con el fin de reducir ruido de conmutación del convertidor y armónicos que pueden presentarse en la señal de potencia generada. Los filtros de redes tradicionalmente se conectan a la red eléctrica a través de conectores, que son dimensionados basado en las cantidades de corriente que van a soportarse. En algunos casos, pueden necesitarse conectores grandes para manejar con seguridad una corriente de irrupción grande de la red eléctrica, pero estos conectores de mayor dimensión ocupan una mayor proporción del espacio limitado de la estructura de turbina eólica. El uso de conectores grandes puede requerir enlaces de potencia adicionales y componentes, aumentando el coste general de sistema y la complejidad. Además, fallos de los conectores grandes durante el funcionamiento pueden aumentar costes a través del factor de producción baja, costes de servicio aumentados, y en algunos casos dañan a otros componentes de turbina eólica por daño térmico.

25 En técnicas previas relacionadas, el documento WO 2014/203116 A1 da a conocer un método de iniciar un inversor conectado a la red donde corrientes de irrupción y condiciones de sobretensión CC se reducen o se evitan. El método usa un modulador por ancho de pulsos para accionar el inversor bajo el control de una señal de prealimentación de voltaje tal que la salida del inversor es dependiente del voltaje de red medido. Entonces, se habilita un controlador de retroalimentación de corriente CA, y se usa el modulador por ancho de pulsos para accionar el inversor bajo el control tanto de la señal de control de prealimentación de voltaje y la señal de control de retroalimentación.

35 En otras técnicas previas relacionadas, el documento WO 2012/000510 A1 da a conocer un método, sistema, y aparato para monitorizar la salud estructural de un filtro, que comprende un condensador, en una turbina eólica. El método incluye la medición de una corriente armónica de condensador en un lado CA de un inversor y tras un obturador de red, y la medición de un voltaje armónico de condensador. El método determina un valor de impedancia basándose en la corriente armónica de condensador medida y el voltaje armónico de condensador medido, y compara el valor de impedancia determinado con un valor de impedancia de referencia. Determinar la salud estructural del filtro se basa en la diferencia entre el valor de impedancia determinado y el valor de impedancia de referencia.

45 En otras técnicas previas relacionadas, el documento EP 1909371 A2 da a conocer una turbina eólica que tiene características para arranque negro, e incluye un sistema de generación eléctrica para producir electricidad generada por viento y que comprende una interfaz para proporcionar la electricidad a una red eléctrica. Un sistema de control se usa para controlar los componentes de la turbina eólica durante la puesta en marcha del sistema de generación eléctrica, donde la puesta en marcha ocurre durante una señal eléctrica deficiente de la red. Al menos un elemento para proporcionar energía y al menos un elemento para disipar energía se usa para proporcionar un balance entre una salida de la turbina eólica y la señal eléctrica de la red. Métodos y productos de programa de ordenador para el funcionamiento de la turbina eólica utilizan una sincronización de señales eléctricas y control de componentes dentro de la turbina eólica.

55 En otras técnicas previas relacionadas, el documento CN 201846230 (U) da a conocer un modelo de utilidad perteneciente al equipamiento de generación de potencia eólica, y se refiere a un circuito de carga de capacitancia de alta potencia usando un convertidor de potencia eólica para almacenamiento de energía. El circuito comprende un circuito de rectificación lateral de la máquina y un circuito de inversión lateral de red que se conectan entre un generador y una red de potencia. El circuito de rectificación de lado de la máquina consiste en unidades de potencia IGBT (Transistor bipolar de puerta aislada), y se conecta con el generador mediante un conmutador de lado de la máquina. El circuito de inversión lateral de red consiste en unidades de potencia IGBT, y se conecta con la red de potencia mediante un circuito de filtro LCL (Límite de control inferior) y un conmutador lateral de red en secuencia. El circuito de carga tipo capacidad de alta potencia se caracteriza porque una impedancia de carga se conecta en el conmutador lateral de red en paralelo, y el 'encendido' y 'apagado' de la impedancia de carga se controla mediante un conmutador de carga que se conecta con la impedancia de carga en serie. En el modelo de utilidad, el voltaje de bus de corriente continua puede alcanzar en un rango de voltaje del tipo de capacidad de seguridad antes de que el convertidor de potencia eólica comience a funcionar, y se prolonga la vida útil de un condensador, el circuito tiene estructura simple, el coste es bajo, la velocidad de carga es rápida, el voltaje de carga es alto, y el efecto de

supresión de armónicos es bueno.

**Sumario**

5 Una realización de la presente divulgación es un método para conectar una salida de un convertidor con una red eléctrica para controlar corrientes de irrupción en un conjunto de filtro de red conectado con la salida del convertidor. La red eléctrica porta una señal de corriente alterna (CA) que tiene una o más fases. El método incluye determinar un voltaje de la señal CA y hacer funcionar, tras precargar un enlace de corriente continua (CC) del convertidor a un voltaje predeterminado, el convertidor usando control de voltaje de bucle abierto para producir una señal de salida  
 10 CA a través del conjunto de filtro de red que sustancialmente coincide con la señal CA de la red eléctrica. El control de voltaje de bucle abierto se basa en el voltaje determinado de la señal CA. El método incluye además el cierre, tras una cantidad predeterminada de tiempo de funcionamiento del convertidor usando el control de voltaje de bucle abierto, un dispositivo de conmutación, siendo un disyuntor con un resorte, para de ese modo conectar la salida del convertidor con la red eléctrica. El método incluye además cargar el dispositivo de conmutación, tras determinar que  
 15 el voltaje del enlace precargado CC alcanza un primer umbral de voltaje menor que el voltaje predeterminado, y hacer funcionar el convertidor para producir la señal de salida CA tras determinar que el dispositivo de conmutación se carga y que el voltaje del enlace precargado CC alcanza el voltaje predeterminado.

20 Otra realización es una disposición de convertidor para conectar un generador de turbina eólica con una red eléctrica portando una señal de corriente alterna (CA) que tiene una o más fases. La disposición de convertidor incluye al menos un primer convertidor que incluye un enlace de corriente continua (CC) y configurada para conectar con el generador de turbina eólica, un circuito de precarga configurado para precargar el enlace CC a un voltaje predeterminado, un conjunto de filtro de red conectado con una salida del primer convertidor, y un medio de conmutación, siendo un disyuntor con un resorte, configurado para acoplar de manera selectiva la salida del primer  
 25 convertidor con la red eléctrica. El primer convertidor se configura para producir, usando el control de voltaje de bucle abierto basándose en un voltaje determinado de la señal CA, una señal de salida CA a través del conjunto de filtro de red que sustancialmente coincide con la señal CA de la red eléctrica. El medio de conmutación se configura adicionalmente para acoplar la salida del primer convertidor con la red eléctrica tras una primera cantidad predeterminada de tiempo de funcionamiento del convertidor usando control de voltaje de bucle abierto. La  
 30 disposición de convertidor incluye además cargar el medio de conmutación, tras determinar que el voltaje del enlace precargado CC alcanza un primer umbral de voltaje menor que el voltaje predeterminado, y funcionando el convertidor para producir la señal de salida CA tras determinar que el medio de conmutación se carga y que el voltaje del enlace precargado CC alcanza el voltaje predeterminado.

35 Otra realización es un controlador que puede hacerse funcionar para conectar una salida de un convertidor con una red eléctrica para controlar corrientes de irrupción en un conjunto de filtro de red conectado con la salida del convertidor. La red eléctrica porta una señal de corriente alterna (CA) que tiene una o más fases. El controlador incluye un procesador informático que se configura para determinar un voltaje de la señal CA y para hacer funcionar, tras precargar un enlace de corriente continua (CC) del convertidor a un voltaje predeterminado, usando el  
 40 convertidor control de voltaje de bucle abierto para producir una señal de salida CA a través del conjunto de filtro de red que sustancialmente coincide con la señal CA de la red eléctrica. El control de voltaje de bucle abierto se basa en el voltaje determinado de la señal CA. El procesador informático se configura adicionalmente para hacer funcionar, tras una cantidad predeterminada de tiempo de funcionamiento del convertidor usando el control de voltaje de bucle abierto para que el medio de conmutación, siendo un disyuntor con resorte, acople la salida del convertidor  
 45 con la red eléctrica. El controlador incluye además cargar el medio de conmutación, tras determinar que el voltaje del enlace precargado CC alcanza un primer umbral de voltaje menor que el voltaje predeterminado, y funcionamiento del convertidor para producir la señal de salida CA tras determinar que el medio de conmutación se carga y que el voltaje del enlace precargado CC alcanza el voltaje predeterminado.

50 **Breve descripción de los dibujos**

Para que la manera en que las características recitadas anteriormente de la presente divulgación puedan entenderse en detalle, una descripción más particular de la divulgación, resumida brevemente anteriormente, puede hacerse mediante referencia a realizaciones, algunas de las cuales se ilustran en los dibujos adjuntos. Debe  
 55 destacarse, sin embargo, que los dibujos adjuntos ilustran solo realizaciones normales de esta divulgación y por lo tanto no son para considerarse limitantes de su alcance, para la divulgación puede admitir a otras realizaciones igualmente efectivas.

60 La figura 1 ilustra una vista diagramática de una turbina eólica de eje horizontal, según una realización.

La figura 2 ilustra una disposición de convertidor para conectar un generador de turbina eólica con una red eléctrica portando una señal de corriente alterna (CA) que tiene una o más fases, según una realización.

65 La figura 3 ilustra un método para conectar una salida de un convertidor con una red eléctrica para controlar corrientes de irrupción en un conjunto de filtro de red conectado con la salida del convertidor, según una realización.

La figura 4 incluye varios gráficos que ilustran un enlace ejemplar de una salida de un convertidor con una red eléctrica para controlar corrientes de irrupción en un conjunto de filtro de red conectado con la salida del convertidor, según una realización.

- 5 Para facilitar el entendimiento, se han usado números de referencia idénticos, donde es posible, designar elementos idénticos que son comunes a las figuras. Se contempla que los elementos dados a conocer en una realización pueden utilizarse beneficiosamente en otras realizaciones sin recitación específica.

**Descripción detallada de realizaciones**

10 Realizaciones de la divulgación se dirigen generalmente a técnicas para conectar una salida de un convertidor con una red eléctrica para controlar corrientes de irrupción en un conjunto de filtro de red conectado con la salida del convertidor. Corrientes de irrupción son a menudo proporcionales a una diferencia de voltaje que existe cuando una red eléctrica funcional se conecta con una disposición de convertidor de una turbina eólica - la diferencia causa una  
 15 ráfaga de corriente desde la red eléctrica hacia componentes de la disposición de convertidor, tal como el conjunto de filtro de red. Si es suficientemente grande, la corriente de irrupción puede dañar componentes o reducir su vida útil. Generalmente, técnicas dadas a conocer en el presente documento para controlar corrientes de irrupción incluyen sincronización del voltaje a través del conjunto de filtro de red con el voltaje de la red eléctrica usando el control de voltaje de bucle abierto previo a conectar el convertidor a la red eléctrica. Las técnicas también incluyen  
 20 comprobar la salud de varios componentes del conjunto de filtro de red para evaluar su habilidad para manejar corrientes de irrupción.

En algunos casos, reducir la amplitud de corrientes de irrupción permite el uso de conectores de tamaño pequeño - o en algunos casos, no requiere en absoluto conectores para usarse - para conectar el conjunto de filtro de red con la  
 25 salida del convertidor y con la red eléctrica. Implementaciones que pueden reducir el tamaño de conectores o eliminar totalmente los conectores ocupan menos espacio en una turbina eólica, tienen costes de mantenimiento y producción inferiores, y/o experimentan menos fallos.

La figura 1 ilustra una vista diagramática de una turbina eólica de eje horizontal 100. La turbina eólica 100 normalmente incluye una torre 102 y una góndola 104 ubicada en la parte superior de la torre 102. Un rotor de turbina eólica 106 puede conectarse con la góndola 104 a través de un eje de velocidad baja que se extiende desde la góndola 104. Como se muestra, el rotor de turbina eólica 106 incluye tres palas de rotor 108 montadas sobre un buje común 110, pero puede incluir cualquier número adecuado de palas, tales como una, dos, cuatro, cinco, o más palas. La pala 108 (o perfil aerodinámico) normalmente tiene una forma aerodinámica con un borde frontal 112 para orientarse contra el viento, un borde trasero 114 en el extremo opuesto de un cordón para la pala 108, una punta 116, y una raíz 118 para sujetar al buje 110 de cualquier manera adecuada.

Para algunas realizaciones, las palas 108 pueden conectarse al buje 110 usando pasos de rodamientos 120 tal que cada pala 108 puede rotarse sobre su eje longitudinal para ajustar el paso de pala. El ángulo de paso de una pala 108 puede controlarse mediante actuadores lineales o motores paso a paso, por ejemplo, conectado entre el buje 110 y la pala 108. El control de paso de pala puede también usarse entre otros sistemas para maximizar la potencia generada por debajo de velocidades de viento nominales y para reducir la potencia generada por encima de la velocidad de viento nominal para prevenir carga excesiva en componentes de la turbina, por ejemplo, el generador y el engranaje. Aunque las realizaciones siguientes se describen en el contexto de una turbina eólica, las realizaciones no se limitan a tales. De hecho, esta divulgación puede aplicarse a cualquier sistema de generación de potencia capaz de conectar a través de un filtro de red a una red eléctrica.

La figura 2 ilustra una disposición de convertidor para conectar un generador de turbina eólica con una red eléctrica portando una señal de corriente alterna (CA) que tiene una o más fases, según una realización. Generalmente, partes de la disposición de convertidor 200 pueden ubicarse dentro de la turbina eólica 100.

La disposición de convertidor 200 incluye un generador de turbina eólica 205 (también WTG) que pueden acoplarse de manera selectiva y desacoplarse con una red eléctrica 215. El generador de turbina eólica 205 generalmente se configura para generar potencia eléctrica de energía eólica disponible (por ejemplo, a través de energía de rotación impartido al rotor 106). El generador de turbina eólica 205 se conecta de manera eléctrica con una o más ramas de convertidores 220A, 220B (genéricamente o colectivamente, rama(s) de convertidor(es) 220) que se configuran para adaptar las características de la señal de potencia generada (por ejemplo, voltaje, corriente, frecuencia, fase) en una forma más adecuada para repartir a la red eléctrica 215. En algunas realizaciones, la señal de potencia convertida se transmite a través de un transformador 210 para intensificar la señal de voltaje de la potencia antes de repartir a la red eléctrica 215. En algunas realizaciones, el WTG 205 no se configura para proporcionar potencia a la red eléctrica 215 en el momento de conectar la disposición de convertidor 200 con la red eléctrica. Por ejemplo, el WTG 205 puede apagarse y/o desconectarse de la disposición de convertidor 200.

Cada rama de convertidor 220A, 220B incluye un convertidor respectivo 225A, 225B (genéricamente o colectivamente, convertidor(es) 225) que se configura para recibir una señal de potencia generada del WTG 205. Aunque el enlace entre el WTG 205 y cada convertidor 225 se presenta como un único enlace para simplicidad

- visual, realizaciones de la divulgación también contemplan implementaciones en las que dos o más fases de potencia eléctrica se proporcionan a cada convertidor 225 usando enlaces múltiples. Por ejemplo, el WTG 205 puede tener tres enlaces con cada convertidor 225, cada enlace portando una de las tres fases de potencia generada por el WTG 205. Como se muestra, cada convertidor 225 es un convertidor CA-CC-CA que incluye un rectificador 226 para convertir la una o más fases de la señal recibida CA a una señal CC, y suministrando la señal CC a un enlace CC 227. El enlace CC 227 puede incluir otros elementos de circuito y/o enlaces para controlar un voltaje de enlace CC  $V_{DC}$ , por ejemplo, un condensador u otros componentes de condicionamiento de señal. El convertidor 225 también incluye un inversor 228 que se configura para convertir la señal CC del enlace CC 227 en una segunda señal CA que tiene propiedades deseadas.
- Varios elementos del convertidor 225 pueden controlarse mediante un controlador 255. El controlador 255 puede tener cualquier forma adecuada, y generalmente incluye un procesador informático, memoria, y capacidades de entrada/salida para recibir datos y transmitir señales de control a elementos del convertidor 225. Por ejemplo, el rectificador 226 y el inversor 228 pueden incluir conmutadores semiconductores tales como transistores de efecto de campo metal-óxido-semiconductor (MOSFET) o transistores bipolares de puertas aisladas (IGBT), y el controlador 255 puede proporcionar señales de control para conmutar el rectificador 226 y el inversor 228 para proporcionar características de señal deseadas. Por ejemplo, el controlador 255 puede usarse para generar una señal de salida de modulación por ancho de pulsos (PWM) en la salida del convertidor 225.
- Las salidas de los convertidores 225 pueden conectarse con inductores respectivos 230A, 230B (genéricamente o colectivamente, inductor 230) u otros elementos de condicionamiento de señal para filtrar ruido de alta frecuencia tal como el ruido del conmutador causado por PWM. Igual que arriba, un único enlace en la salida de los convertidores 225 se muestra para simplicidad, e implementaciones adecuadas pueden incluir enlaces múltiples para apoyar múltiples fases de la señal de potencia de salida del convertidor 225. Cada enlace puede incluir un inductor separado 230 y/o conjunto de filtro de red 235A, 235B (genéricamente o colectivamente, conjunto de filtro de red 235).
- El conjunto de filtro de red 235 se conecta con la salida de un convertidor 225 y proporciona además la filtración de ruido de conmutación del convertidor y armónicos. El conjunto de filtro de red 235 incluye un fusible 236 así como una batería de condensadores que incluye uno o más condensadores 238. Como se muestra, los condensadores 238 se disponen en paralelo y se conectan al suelo (un ejemplo de una configuración en estrella (Y)); otras configuraciones de los condensadores 238 son posibles, tales como una configuración en estrella flotante (es decir, no acoplado al suelo u otro voltaje de referencia) y configuraciones delta ( $\Delta$ ). Adicionalmente, los condensadores 238 no necesitan conectarse al suelo, pero en algunas configuraciones pueden conectarse a través de fases de la señal de potencia de salida.
- En algunos casos, cuando se conecta un convertidor 225 a la red eléctrica 215, así como cerrando un medio de conmutación 240A, 240B (también medio de conmutación 240), una corriente de irrupción significativa fluye desde la red eléctrica 215 en el conjunto de filtro de red 235. El medio de conmutación 240 es un disyuntor con un resorte.
- Mientras es posible soportar una corriente de irrupción grande en el conjunto de filtro de red 235 usando uno o más conectores que tienen dimensiones adecuadas, conectores grandes y/o numerosos pueden ser particularmente costosos y/o inadecuados para implementarlos en una turbina eólica. Por ejemplo, una posible implementación podría incluir conectores separados para cada uno de los elementos del conjunto de filtro de red 235, y la corriente total de entrada de la red eléctrica 215 podría limitarse mediante el funcionamiento de los conectores para conectar cada uno de los elementos en secuencia. Sin embargo, al sincronizar el voltaje  $V_{filtro}$  a través del conjunto de filtro de red 235 con el voltaje de la red eléctrica  $V_{red}$  previo a cerrar el medio de conmutación 240 y de ese modo conectar el conjunto de filtro de red 235 con la red eléctrica 215, la cantidad de corriente de irrupción puede limitarse a niveles aceptables para los componentes del conjunto de filtro de red 235. En algunos ejemplos, el conjunto de filtro de red 235 puede conectarse con la salida del convertidor 225 directamente - es decir, sin usar un elemento de conmutación tal como un conector. Alternativamente, usando las técnicas de sincronización, el conjunto de filtro de red 235 podría conectarse a través de un conector más pequeño que no se calcula para la completa cantidad de corriente de irrupción posible de la red eléctrica.
- En algunas realizaciones, la sincronización se realiza usando un control de voltaje de bucle abierto basado en un voltaje determinado de la red eléctrica. Por ejemplo, una amplitud medida y un ángulo de fase determinado de la red eléctrica (por ejemplo, usando un componente de bucle de enganche de fase del controlador 255) sirven como una referencia para el voltaje en la salida de convertidor 225 y/o el voltaje a través del conjunto de filtro de red 235. En algunas realizaciones, la amplitud del voltaje de salida del convertidor 225 se aumenta gradualmente según un factor de rampa seleccionado. El factor de rampa puede seleccionarse basándose en una cantidad predeterminada de tiempo para que el voltaje de salida alcance su voltaje objetivo (que se sincroniza sustancialmente con el voltaje de red). En algunas realizaciones, el factor de rampa se selecciona tal que un producto multiplicador del factor de rampa y tiempo se satura en la cantidad de tiempo predeterminada.
- El controlador 255 puede también controlar el funcionamiento de un circuito de precarga 245 conectado al enlace CC 227. El circuito de precarga 245 puede tener cualquier configuración adecuada capaz de precargar el enlace CC

- 227 a un voltaje deseado  $V_{DC}$ , que incluye componentes eléctricos activos y/o pasivos. Por ejemplo, el circuito precargado 245 podría incluir una fuente de potencia CC, y/o un rectificador para convertir una fuente de potencia CA a CC. En algunas realizaciones, el controlador 255 hace funcionar un conmutador 250 para conectar de manera selectiva el circuito de precarga 245 para recibir potencia de la red eléctrica 215. Adicionalmente o alternativamente, la lógica de señales del controlador 255 incluida en el circuito de precarga 245 para empezar o parar de generar una salida para precargar el enlace CC 227. En una realización, un circuito de precarga 245 corresponde a un convertidor 225 en una relación de 1:1. En otra realización - y como se muestra - un circuito único de precarga 245 corresponde a dos o más convertidores 225.
- El controlador 255 puede recibir datos de uno o más sensores conectados en varios puntos a lo largo de la disposición de convertidor 200. Por ejemplo, múltiples sensores de voltaje y corriente pueden usarse para determinar voltaje de enlace CC  $V_{DC}$ , voltaje de salida del convertidor  $V_{conv}$  y corriente  $I_{conv}$ , voltaje de conjunto de filtro de red  $V_{filtro}$ , voltaje de red  $V_{red}$  y corriente de red  $I_{red}$ , y así sucesivamente. En algunas realizaciones, el controlador 255 puede usar las corrientes medidas y/o voltajes para controlar la salida del convertidor 225. Tal como se comentó arriba, el controlador 255 puede incluir lógica de bucle de enganche de fase (PLL) que funciona para sincronizar la frecuencia y fase del voltaje de salida del convertidor  $V_{conv}$  (así como el voltaje del filtro  $V_{filtro}$ ) con el voltaje de la red eléctrica  $V_{red}$ . El controlador 255 puede también incluir lógica de bucle de control para sincronizar la amplitud de  $V_{conv}$  con  $V_{red}$ .
- Aunque dos ramas de convertidores 220 se representan, cualquier número adecuado de ramas de convertidores es posible. Otros ejemplos incluyen una rama, tres, o cuatro o más ramas. En algunos casos, el número de ramas de convertidores 220 puede determinarse por la potencia valorada del generador de turbina eólica 205. En algunas realizaciones, ramas de convertidores múltiples 220 pueden conectarse a la red eléctrica 215 a través de un único medio de conmutación 240. En algunas realizaciones, medios de conmutación 240 separados se proporcionan para una cada una de las ramas de convertidores 220. En algunos casos, la cantidad de potencia extraída del circuito de precarga 245 para precargar los enlaces CC 227 de cada rama de convertidor 220 podría reducirse mediante la carga de cada uno de los enlaces CC 227 secuencialmente y la conexión de las ramas de convertidores 220 a través de medios de conmutación separados 240.
- La figura 3 ilustra un método de conexión de una salida de un convertidor con una red eléctrica para controlar corrientes de irrupción en un conjunto de filtro de red conectado con la salida del convertidor, según una realización. El método 300 puede generalmente usarse por el controlador 255 de la disposición del convertidor 200.
- El método 300 empieza en el bloque 302, donde el controlador determina un voltaje de una señal CA de la red eléctrica. Por ejemplo, el controlador puede recibir mediciones de uno o más sensores para determinar el voltaje de la señal CA. En el bloque 305, el controlador causa un enlace CC del convertidor para precargarse. En algunas realizaciones, el controlador es un convertidor CA-CC-CA que incluye un rectificador y un inversor que se conectan mediante el enlace CC. Una salida del convertidor también se acopla con un conjunto de filtro de red. En algunos ejemplos, el conjunto de filtro de red se conecta a la salida del convertidor sin el uso de un conector u otro mecanismo de conmutación de controlador que puede hacerse funcionar. En algunas realizaciones, el controlador causa que el enlace CC sea precargado activando un circuito de precarga. Por ejemplo, el controlador puede hacer funcionar un conmutador para acoplar físicamente el circuito de precarga a un suministro de potencia, tal como la red eléctrica. En otro ejemplo, el suministro de potencia puede conectarse al circuito de precarga, y el controlador puede señalar a la lógica del circuito de precarga para empezar a generar una salida. En algunas realizaciones, el controlador se configura adicionalmente para controlar o especificar parámetros relacionados con la precarga del enlace CC, tales como un nivel de voltaje deseado, una cantidad de tiempo dentro del cual completar la precarga, una tasa de precarga, y así sucesivamente.
- En el bloque 310 el controlador determina si un voltaje  $V_{DC}$  a través del enlace CC alcanza un primer umbral de voltaje  $V_1$ . Por ejemplo, el controlador puede adquirir datos de un sensor de voltaje en el enlace CC. En algunas realizaciones, el valor de  $V_1$  se selecciona para probar la funcionalidad del circuito precargado. Por ejemplo, el enlace CC alcanzando el primer umbral de voltaje  $V_1$  puede indicar que no se presentan cortocircuitos en el enlace CC o el circuito precargado. En algunos casos, el valor de  $V_1$  puede ser sobre 100 V o menor.
- Si el  $V_{DC}$  no ha alcanzado todavía el valor  $V_1$  ("NO"), el método vuelve al bloque 305 para continuar la precarga. Si el  $V_{DC}$  alcanza el valor  $V_1$  ("SÍ"), el método procede a los bloques 315 y 320. Mientras se muestra como ocurre contemporáneamente, en otras realizaciones los bloques 315 y 320 pueden realizarse secuencialmente. En el bloque 320, la precarga del enlace CC continúa hasta que se determina en el bloque 330 que el voltaje  $V_{DC}$  alcanza un segundo umbral de voltaje  $V_2$  ("SÍ"). El segundo umbral de voltaje  $V_2$  es generalmente un valor mayor que el primer umbral de voltaje  $V_1$ , y puede seleccionarse basándose en requerimientos para cargar un dispositivo de conmutación siendo un disyuntor con un resorte usado para conectar el conjunto de filtro de red con la red eléctrica. En algunas realizaciones, el valor de  $V_2$  puede seleccionarse para ser suficientemente grande tal que la modulación por ancho de pulsos (PWM) puede activarse en la salida del convertidor sin descargar el enlace CC.
- En el bloque 315, el controlador causa la carga del resorte de un disyuntor que puede hacerse funcionar para acoplar y desacoplar el conjunto de filtro de red con la red eléctrica.

En el bloque 325, si el resorte no está cargado adecuadamente para hacer funcionar el disyuntor ("NO"), el método vuelve al bloque 315 para continuar la carga.

- 5 Si el resorte está cargado adecuadamente para hacer funcionar el disyuntor ("Sí"), el método procede al bloque 335 cuando tanto el resorte está cargado adecuadamente y el voltaje de enlace CC  $V_{DC}$  alcanza un segundo umbral de voltaje  $V_2$ .

10 En el bloque 335, el controlador hace funcionar el convertidor usando el control de voltaje de bucle abierto para producir una señal de salida CA a través del conjunto de filtro de red que sustancialmente coincide con la señal CA de la red eléctrica. En algunas realizaciones, el controlador habilita PWM por el componente inversor del convertidor, y las señales de control de conmutación se determinan para sincronizar el voltaje a través del conjunto de filtro de red ( $V_{filtro}$ ) con el voltaje de la red eléctrica  $V_{red}$ . El control de voltaje de bucle abierto se basa en  $V_{red}$ . En algunas realizaciones, la sincronización incluye hacer coincidir una o más de la amplitud, frecuencia, y fase del voltaje  $V_{red}$ . En una realización, la frecuencia y fase de  $V_{red}$  coinciden relativamente rápido a través del uso de un bucle de enganche de fase (PLL) mientras la amplitud de  $V_{red}$  coincide gradualmente. En una realización, la amplitud en la salida del convertidor se incrementa según:

$$V_{conv} = k \times t \times \left| V_{red, PLL} \right| + (j\omega L \times I_{conv})$$

20 donde  $V_{conv}$  representa el voltaje producido en la salida del convertidor, k representa un factor de rampa, t representa tiempo,  $V_{red, PLL}$  representa el voltaje de red como se determina mediante el PLL, y  $(j\omega L \times I_{conv})$  representa la caída de voltaje a través del inductor (por ejemplo, inductor 230A). El valor correspondiente de  $V_{filtro}$  puede por tanto representarse como:

$$V_{filtro} = V_{conv} - (j\omega L \times I_{conv}) = k \times t \times \left| V_{red, PLL} \right|$$

25 En algunas realizaciones, el valor del factor de rampa k se selecciona basándose en un porcentaje deseado para aumentar la corriente a través del conjunto de filtro de red. Por ejemplo, el porcentaje puede ser relativamente rápido con el fin de evitar descargar el enlace CC a través de pérdidas PWM en el convertidor. En una realización, el producto multiplicativo (es decir,  $k \times t$ ) se satura a un valor de uno (1), tal que  $V_{filtro}$  coincide con  $V_{red}$  tras una cantidad predeterminada de tiempo.

30 La señal de salida CA a través del conjunto de filtro de red (es decir, correspondiendo a  $V_{filtro}$ ) que se produce por el convertidor "sustancialmente coincide con" la señal CA de la red eléctrica cuando cualquier diferencia entre las características de las señales (por ejemplo, amplitud, frecuencia, fase) corresponde a una corriente de irrupción aceptablemente pequeña en el conjunto de filtro de red tras conectar el convertidor a la red eléctrica (bloque 355, abajo). En un ejemplo, la señal de salida CA es aproximadamente idéntica a la señal CA de la red eléctrica, que puede corresponder a una cantidad insustancial de corriente de irrupción al conectar el convertidor a la red eléctrica.

35 En otro ejemplo, la señal de salida CA difiere en una o más de la amplitud, frecuencia, y fase, y el controlador determina que la cantidad correspondiente de corriente de irrupción al conectar el convertidor puede tolerarse por los componentes del conjunto de filtro de red. En una realización, el controlador puede calcular una cantidad prevista de corriente de irrupción basándose en las diferencias entre la señal de salida CA y señal CA de la red eléctrica, y comparan la cantidad de corriente de irrupción calculada contra un valor de umbral. En algunos casos, el valor de umbral puede variarse sobre la vida de los componentes del conjunto de filtro de red para reflejar el desgaste causado por funcionamiento previo del conjunto de filtro de red, tal como corrientes de irrupción anteriores.

40 En el bloque 340, el controlador determina un estado de salud de uno o más componentes del conjunto de filtro de red. Los componentes del conjunto de filtro de red pueden incluir uno o más fusibles conectados con uno o más condensadores en cualquier disposición adecuada. La salud de los componentes del conjunto de filtro de red puede ser importante para evaluar la habilidad de los componentes para resistir una corriente de irrupción cuando el convertidor se conecta con la red eléctrica. El bloque 340 puede ocurrir después de que una cantidad predeterminada de tiempo transcurre para hacer funcionar el convertidor con el control de voltaje de bucle abierto. La cantidad de tiempo predeterminada puede corresponder con el tiempo suficiente para que  $V_{filtro}$  coincida con  $V_{red}$ , tal que la salud de los componentes puede determinarse en condiciones de funcionamiento normales o casi normales. En algunas realizaciones, determinar un estado de salud de componentes incluye la medición de una cantidad de corriente que fluye a través de los componentes y/o a través del conjunto de filtro de red en su conjunto, y determinar si la cantidad medida corresponde a una condición de funcionamiento normal. Por ejemplo, si el controlador determina que no fluye corriente a través de un condensador concreto, el controlador puede considerar que el condensador no es sano (por ejemplo, quizás cortado, dañado, o desconectado). En otro ejemplo, la esperada cantidad de corriente que fluye a través de un condensador está dentro de un intervalo de una cantidad

nominal, tal como  $\pm 10\%$  de una corriente nominal que es proporcional al voltaje aplicado al condensador. La corriente nominal puede corresponder a la corriente esperada cuando la batería de condensadores está en un estado cargado. Cuando la corriente medida para un condensador baja fuera del intervalo, el condensador se considera no saludable.

5 En algunas realizaciones, determinar un estado de salud de componentes puede incluir determinar una cantidad de potencia reactiva generada o consumida por componentes particulares y/o el conjunto de filtro de red. Generalmente, determinar la cantidad de potencia reactiva puede basarse en la cantidad de corriente determinada a través de los componentes y/o el conjunto de filtro de red. Cuando la cantidad de potencia reactiva baja fuera de un intervalo esperado, el componente puede considerarse no saludable.

15 Si cualquiera de los componentes del conjunto de filtro de red no es saludable ("NO") en el bloque 345, el método procede al bloque 350 y el controlador verifica fallos en el conjunto de filtro de red. En algunos casos, el controlador puede indicar a un operador que se requiere una inspección física de los componentes, y puede también apagar el convertidor. Sin embargo, si los componentes del conjunto de filtro de red son saludables ("SÍ") en el bloque 345, el método procede al bloque 352 donde el controlador determina si una cantidad predeterminada de tiempo ha transcurrido. En algunos casos, la cantidad de tiempo predeterminada puede ser la misma como se comentó en el bloque 340, anteriormente. En otros casos, la cantidad de tiempo predeterminada sigue la cantidad de tiempo predeterminada comentada en el bloque 340. Si la cantidad de tiempo predeterminada ha transcurrido ("SÍ"), el método procede al bloque 355, y el controlador cierra el disyuntor, de ese modo acoplado el convertidor - y el conjunto de filtro de red - con la red eléctrica. En este punto, la corriente de la red eléctrica empieza a fluir en el conjunto de filtro de red.

25 En el bloque 360, el controlador desactiva el circuito precargado. El bloque 360 puede incluir el reverso de ciertos pasos tomados en el bloque 305, tal como desconectar el suministro de potencia del circuito de precarga, o indicar al circuito de precarga el cese de la generación de una salida. En algunas realizaciones, desactivar el circuito de precarga puede ocurrir en un punto previo en el método 300, tal como antes de producir la señal de salida CA de coincidencia en el bloque 335.

30 En el bloque 365, el controlador determina si una cantidad de corriente del convertidor ( $I_{conv}$ ) es mayor que una cantidad de umbral. Normalmente, el  $I_{conv}$  excediendo una cantidad de umbral es indicativo de que el voltaje de red  $V_{red}$  y voltaje del filtro  $V_{filtro}$  no se sincronizaban adecuadamente cuando el disyuntor estaba cerrado. Con el circuito precargado desactivado (por ejemplo, en el bloque 360 o más pronto), un valor de  $I_{conv}$  demasiado grande puede causar que el enlace CC se descargue. Cuando  $I_{conv}$  excede el valor de umbral, el método procede al bloque 370. En el bloque 370, el controlador es transitorio del control de voltaje de bucle abierto para hacer funcionar en un esquema de control de corriente de bucle cerrado con el fin de suprimir o de lo contrario reducir el valor  $I_{conv}$  para además iniciar la transición del conjunto de filtro de red para recibir su corriente de la red eléctrica. En el bloque 375, cuando una señal de retroalimentación ha sido recibida que indica que el disyuntor está cerrado, el método procede al bloque 380 e inhabilita la salida del convertidor. Sin embargo, si la señal de retroalimentación no se ha recibido aún, el método vuelve al bloque 375. El método 300 finaliza después de la realización del bloque 380.

45 La figura 4 incluye varios gráficos que ilustran un enlace ejemplar de una salida de un convertidor con una red eléctrica para controlar corrientes de irrupción en un conjunto de filtro de red conectado con la salida del convertidor, según una realización. Diagrama 400 ilustra voltaje de red  $V_{red}$  en voltios (V) frente a tiempo en segundos (s). Se incluyen en el diagrama 400 señales de fase 405<sub>1</sub>, 405<sub>2</sub>, 405<sub>3</sub> que cada una representa una de las tres fases de la señal llevada por la red eléctrica. Otras realizaciones pueden incluir mayores o menores números de fases. Como se muestra, el  $V_{red}$  tiene un valor pico a pico de cerca de 1000 V, y una frecuencia de cerca de 50 hercios (Hz). Mientras es posible que las características de  $V_{red}$  pueden cambiar relativo al tiempo (por ejemplo, basándose en generadores conectados y cargas eléctricas y otras condiciones de red),  $V_{red}$  se presenta como estable a través del periodo de tiempo para la facilidad de la descripción.

55 El diagrama 410 ilustra las tres fases 415<sub>1</sub>, 415<sub>2</sub>, 415<sub>3</sub> de voltaje del filtro  $V_{filtro}$  en V, así como una señal de fase 405<sub>1</sub> de la red eléctrica para referencia visual. La diferencia de voltaje entre  $V_{red}$  y  $V_{filtro}$  se ilustra en el diagrama 420 como tres señales de fase 425<sub>1</sub>, 425<sub>2</sub>, 425<sub>3</sub> (colectivamente, 425). Para el período de tiempo ( $t = 0:t_1$ ),  $V_{filtro}$  es aproximadamente cero, tal que la diferencia de voltaje aproximadamente iguala la completa cantidad de  $V_{red}$ . Si el disyuntor fuese cerrado durante este período, conectando la red eléctrica con la salida del convertidor y conjunto de filtro de red sin realizar la sincronización, la cantidad de corriente de irrupción en el conjunto de filtro de red puede exceder tolerancias aceptables para los componentes del conjunto, tales como un fusible y/o condensadores. Para el valor pico a pico de  $V_{red}$  representado (aproximadamente 1000 V, correspondiendo a  $\pm 500V$ ), simulaciones han mostrado una corriente de irrupción del orden de  $\pm 2000$  A o 2 kiloamperios (kA) (un valor de pico a pico de cerca de 4 kA) que disminuirá a una corriente de estado estable de red de cerca de  $\pm 200$  A. En un caso de este tipo, la corriente de irrupción es aproximadamente diez (10) veces mayor que la corriente de red de estado estable.

65 Diagrama 430 ilustra las tres fases 435<sub>1</sub>, 435<sub>2</sub>, 435<sub>3</sub> de la salida de corriente  $I_{conv}$  del convertidor en amperios (amps o A). En tiempo  $t_1$ , el controlador causa que el convertidor empiece a producir una señal de salida CA. Pueden suponerse que el enlace CC del convertidor se precarga y/o el resorte del disyuntor se carga en tiempo  $t_1$ . La señal

de salida CA del convertidor aumenta en amplitud entre tiempo  $t_1$  y tiempo  $t_2$ , que pueden verse en el diagrama 430. Por consiguiente, la amplitud de  $V_{\text{filtro}}$  (diagrama 410) aumenta con la corriente del convertidor aumentada  $I_{\text{conv}}$  durante este período de tiempo. La amplitud aumenta basándose en un factor de rampa seleccionado  $k$ , y el producto ( $k \times t$ ) puede saturarse en un valor de uno para valores de  $t$  mayores que  $t_2$  (relativo a un tiempo de inicio  $t_1$ ).

Durante el período entre  $t_1$  y  $t_2$ , la diferencia de voltaje en el diagrama 420 disminuye mientras que el  $V_{\text{filtro}}$  aumenta. El hecho de que las señales de fase 425 aparecen relativamente bien definidas en la dimensión de tiempo generalmente indica que  $V_{\text{filtro}}$  está sincronizado en frecuencia y fase con  $v_{\text{red}}$ . La amplitud diferente a cero de la diferencia de voltaje indica que  $V_{\text{red}}$  permanece más grande que  $V_{\text{filtro}}$ , hasta alcanzar el tiempo  $t_2$ . En tiempo  $t_2$ , el voltaje del filtro  $V_{\text{filtro}}$  se sincroniza con el voltaje de red  $V_{\text{red}}$ , lo cual puede significativamente reducir la cantidad de corriente de irrupción en el conjunto de filtro de red comparando con antes del tiempo  $t_1$ .

En tiempo  $t_3$  siguiendo al  $t_2$ , el controlador puede determinar un estado de salud de los componentes del conjunto de filtro de red. Mientras es posible determinar un estado de salud durante la carga del conjunto de filtro de red (por ejemplo, entre tiempos  $t_1$ ,  $t_2$ ), en algunos casos los valores que se usan para evaluar si un componente es saludable (por ejemplo, valores de potencia reactiva o corriente nominal) pueden ser referidos a la amplitud de  $V_{\text{red}}$ . Por tanto, en algunas realizaciones, determinar un estado de salud puede realizarse después de que el voltaje del filtro haya alcanzado el nivel de  $V_{\text{red}}$ .

Asumiendo que todos los componentes del conjunto de filtro de red están sanos, el controlador cierra el disyuntor en tiempo  $t_4$ . Cerrando el disyuntor y detectando la retroalimentación generalmente requiere una cantidad de tiempo distinta de cero, finita. Diagrama 440 ilustra corriente de red  $I_{\text{red}}$  que fluye en el conjunto de filtro de red, que se detecta primero en tiempo  $t_5$ . Las tres fases 445<sub>1</sub>, 445<sub>2</sub>, 445<sub>3</sub> de  $I_{\text{red}}$  muestran una corriente de irrupción menor que cerca de  $\pm 400$  A, disminuyendo a una corriente de estado estable de red de cerca de  $\pm 200$  A. Por tanto, realizar una sincronización del voltaje del filtro en este caso reduce la corriente de irrupción a cerca de una quinta parte la cantidad de la corriente de irrupción desincronizada (es decir, cerca de  $\pm 2000$  A). De manera importante, la corriente de irrupción puede controlarse dentro de un intervalo de funcionamiento normal para el conjunto de filtro de red usando las técnicas de sincronización descritas en el presente documento.

Cerrando el disyuntor empieza la transición de apoyar el voltaje del filtro  $V_{\text{filtro}}$  usando la corriente de convertidor  $I_{\text{conv}}$  a usar la corriente de red  $I_{\text{red}}$ . Tras cerrar el disyuntor, si  $I_{\text{conv}}$  todavía tiene una amplitud sustancial (por ejemplo, mayor que una cantidad de umbral predeterminada), esto puede sugerir que  $V_{\text{filtro}}$  no se sincroniza adecuadamente con  $V_{\text{red}}$  en el momento de cerrar el disyuntor. El controlador puede introducir un control de corriente de bucle cerrado para reducir  $I_{\text{conv}}$  a cero, y por tanto iniciando la transición completamente a usar la corriente de red  $I_{\text{red}}$ . Si  $I_{\text{conv}}$  es suficientemente pequeña tras cerrar el disyuntor (por ejemplo, entre cero y la cantidad de umbral), el controlador puede esperar la recepción de una señal de retroalimentación que indica que el disyuntor ha sido cerrado. Tras recibir la señal, el controlador puede inhabilitar la salida del convertidor. En algunos casos, teniendo el voltaje del filtro  $V_{\text{filtro}}$  sincronizado con el voltaje de red  $V_{\text{red}}$  permite una transición relativamente rápida para el WTG y el convertidor para posteriormente empezar a proporcionar potencia eólica a la red eléctrica (por ejemplo, dentro de unos pocos segundos, tal como dentro de dos segundos). Además, cuando la salida de PWN del convertidor posteriormente se activa, el voltaje sincronizado asegura que el conjunto de filtro de red puede ser transitorio para recibir  $I_{\text{conv}}$  de una manera controlada.

En lo precedente, se hace referencia a realizaciones presentadas en esta divulgación. Sin embargo, el alcance de la presente divulgación no se limita a específicas realizaciones descritas. En cambio, cualquier combinación de las características y elementos precedentes, si se relata a diferentes realizaciones o no, se contempla implementar y practicar realizaciones contempladas. Además, aunque realizaciones dadas a conocer en el presente documento pueden lograr ventajas sobre otras soluciones posibles o sobre la técnica anterior, si se logra o no una ventaja particular mediante una realización dada no es limitante del alcance de la presente divulgación. Por tanto, los aspectos precedentes, características, realizaciones, y ventajas son simplemente ilustrativos y no se consideran elementos o limitaciones de las reivindicaciones adjuntas excepto donde se recita explícitamente en una(s) reivindicación(es). Asimismo, referencia a "la invención" no puede construirse como una generalización de cualquier objeto de la invención dados a conocer en el presente documento y no se considera de ser un elemento o limitación de las reivindicaciones adjuntas excepto donde se recita explícitamente en una(s) reivindicación(es).

Como se apreciará por un experto en la técnica, las realizaciones dadas a conocer en el presente documento pueden incorporarse como un sistema, método, o producto de programa de ordenador. Por consiguiente, aspectos pueden coger la forma de una realización de hardware completa, una realización de software completa (que incluye firmware, software residente, micro código, etc.) o una realización que combine aspectos de software y hardware que puede generalmente todo referirse a en el presente documento como un "circuito," "módulo" o "sistema." Además, aspectos pueden coger la forma de un producto de programa de ordenador incorporados en uno o más medio(s) de lectura de ordenador que tienen código de programa de lectura de ordenador incorporados al respecto.

Cualquier combinación de uno o más medio(s) de lectura de ordenador pueden utilizarse. El medio de lectura de ordenador puede ser un medio de señal de lectura de ordenador o un medio de almacenaje de lectura de ordenador.

Un medio de almacenaje de lectura de ordenador puede ser, por ejemplo, ya que no se limita a, un sistema, aparato, o dispositivo semiconductor, infrarrojo, electromagnético, óptico, magnético o electrónico, o cualquier combinación adecuada de lo anterior. Más ejemplos específicos (una lista no exhaustiva) del medio de almacenamiento de lectura de ordenador debería incluir lo siguiente: un enlace eléctrico que tiene uno o más cables, un disquete de ordenador portátil, un disco duro, una memoria de acceso aleatorio (RAM), una memoria de solo lectura (ROM), una memoria de solo lectura, programable y borrable (EPROM o Memoria flash), una fibra óptica, una memoria de solo lectura de disco compacto portátil (CD-ROM), un dispositivo de almacenaje óptico, un dispositivo de almacenaje magnético, o cualquier combinación adecuada de lo anterior. En el contexto de este documento, un medio de almacenaje de lectura de ordenador es cualquier medio tangible que puede contener, o almacenar un programa para el uso mediante o en enlace con un sistema de ejecución de instrucciones, aparato, o dispositivo.

Un medio de señal de lectura de ordenador puede incluir una señal de datos propagados con código de programa de lectura de ordenador incorporado en el mismo, por ejemplo, en banda base o como parte de una onda portadora. Una señal propagada de este tipo puede coger cualquiera de una variedad de formas, que incluye, pero no se limita a, electromagnética, óptica, o cualquier combinación adecuada del mismo. Un medio de señal de lectura de ordenador puede ser cualquier medio de lectura de ordenador que no es un medio de almacenaje de lectura de ordenador y que puede comunicar, propagar, o transportar un programa para el uso mediante o en enlace con un sistema de ejecución de instrucciones, aparato, o dispositivo.

Código de programa incorporado en un medio de lectura de ordenador puede transmitirse usando cualquier medio apropiado, que incluye pero no se limita a inalámbrico, alámbrico, cable de fibra óptica, RF, etc., o cualquier combinación adecuada de lo anterior.

Código de programa de ordenador para portar a cabo los funcionamientos para aspectos de la presente divulgación puede escribirse en cualquier combinación de uno o más lenguajes de programación, que incluye un objeto orientado a lenguaje de programación tal como Java, Smalltalk, C++ o similares y lenguajes de programación procesales convencionales, tales como el lenguaje de programación "C" o lenguajes de programación similares. El código de programa puede ejecutarse completamente con el ordenador del usuario, en parte sobre el ordenador del usuario, como un paquete de software único, en parte sobre el ordenador del usuario y en parte sobre un ordenador remoto o completamente con el ordenador o servidor remoto. En la última opción, el ordenador remoto puede conectarse al ordenador del usuario a través de cualquier tipo de red, que incluye una red de área local (LAN) o una red de área ancha (WAN), o el enlace puede hacerse a un ordenador externo (por ejemplo, a través del Internet usando un proveedor de servicio de internet).

Aspectos de la presente divulgación se describen anteriormente con referencia a ilustraciones de diagrama de flujo y/o diagramas de bloque de métodos, aparatos (sistemas) y productos de programa de ordenador según realizaciones presentadas en esta divulgación. Se entenderá que cada bloque de las ilustraciones de diagrama de flujo y/o diagramas de bloque, y combinaciones de bloques en las ilustraciones de diagrama de flujo y/o diagramas de bloque, pueden implementarse mediante instrucciones de programa de ordenador. Estas instrucciones de programa de ordenador pueden proporcionarse a un procesador de un ordenador de propósito general, ordenador de propósito especial, u otro aparato de procesamiento de datos programables para producir una máquina, tal que las instrucciones, que se ejecutan mediante el procesador del ordenador u otro aparato de procesamiento de datos programables, crean medios para la implementación de las funciones/actos especificados en el bloque o bloques de diagrama de bloque y/o diagrama de flujo.

Estas instrucciones de programa de ordenador pueden también almacenarse en un medio de lectura de ordenador que puede dirigir un ordenador, otro aparato de procesamiento de datos programables, u otros dispositivos para hacer funcionar de una manera particular, tal que las instrucciones almacenadas en el medio de lectura de ordenador producen un artículo de fabricación que incluye instrucciones que implementan la función/acto especificados en el bloque o bloques de diagrama de bloque y/o diagrama de flujo.

Las instrucciones de programa de ordenador pueden también cargarse sobre un ordenador, otro aparato de procesamiento de datos programables, u otros dispositivos para causar una serie de pasos de funcionamiento para realizarse en el ordenador, otro aparato programable u otros dispositivos para producir un proceso implementado en el ordenador tal que las instrucciones que se ejecutan en el ordenador u otro aparato programable proporcionan procesos para implementar las funciones/actos especificados en el bloque o bloques de diagrama de bloque y/o diagrama de flujo.

Los diagramas de bloque y diagramas de flujo en las figuras ilustran la arquitectura, funcionalidad, y funcionamiento de posibles implementaciones de sistemas, métodos, y productos de programa de ordenador según varias realizaciones. En este contexto, cada bloque en los diagramas de bloque y diagrama de flujo puede representar un módulo, segmento, o parte de código, que comprende una o más instrucciones ejecutables para implementar las función(es) lógica(s) especificada(s). Debe notarse también que, en algunas implementaciones alternativas, las funciones notadas en el bloque pueden ocurrir fuera del orden notado en las figuras. Por ejemplo, dos bloques mostrados en sucesión pueden, de hecho, ejecutarse sustancialmente de manera paralela, o los bloques pueden algunas veces ejecutarse en el orden inverso, dependiente de la funcionalidad implicada. Debe también notarse que

cada bloque de las ilustraciones de diagrama de flujo y/o diagramas de bloque, y combinaciones de bloques en las ilustraciones de diagrama de flujo y/o diagramas de bloque, puede implementarse mediante sistemas de hardware basados en propósitos especiales que realizan las funciones o actos especificados, o combinaciones de instrucciones de ordenador y hardware de especial propósito.

5

En vista de lo anterior, el alcance de la presente divulgación se determina mediante las reivindicaciones que siguen.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método de conexión de una salida de un convertidor (225) con una red eléctrica (215) para controlar corrientes de irrupción en un conjunto de filtro de red (235) conectado con la salida del convertidor (225),  
 5 portando la red eléctrica (215) una señal de corriente alterna (CA) que tiene una o más fases, comprendiendo el método:
- determinar un voltaje de la señal de CA;
- 10 hacer funcionar, tras precargar un enlace de corriente continua (CC) (227) del convertidor (225) a un voltaje predeterminado, el convertidor (225) usando un control de voltaje de bucle abierto para producir una señal de salida de CA a través del conjunto de filtro de red (235) que sustancialmente coincide con la señal de CA de la red eléctrica (215), basándose el control de voltaje de bucle abierto en el voltaje determinado de la señal de CA; y
- 15 cerrar, tras una primera cantidad de tiempo de funcionamiento predeterminada, el convertidor (225) usando el control de voltaje de bucle abierto, un dispositivo de conmutación (240) para conectar de ese modo la salida del convertidor (225) con la red eléctrica (215);
- 20 caracterizado porque:
- el dispositivo de conmutación (240) es un disyuntor con un resorte, que carga el dispositivo de conmutación (240) tras determinar que el voltaje del enlace CC precargado (227) alcanza un primer voltaje umbral menor que el voltaje predeterminado; y
- 25 hacer funcionar el convertidor (225) para producir la señal de salida de CA tras determinar que el dispositivo de conmutación (240) está cargado y que el voltaje del enlace de CC precargado (227) alcanza el voltaje predeterminado.
- 30 2. El método según la reivindicación 1, en el que una amplitud de la señal de salida de CA se aumenta gradualmente para coincidir con la señal de CA de la red eléctrica (215).
3. El método según la reivindicación 1, que comprende además determinar, basándose en la señal de salida de CA, un estado de salud de uno o más componentes del conjunto de filtro de red (235), en el que se realiza el cierre del dispositivo de conmutación (240) tras determinar que el uno o más componentes están sanos.
- 35 4. El método según la reivindicación 3, en el que la determinación del estado de salud del uno o más componentes se realiza tras una segunda cantidad de tiempo de funcionamiento predeterminada del convertidor (225) usando el control de voltaje de bucle abierto, siendo la segunda cantidad de tiempo predeterminada menor que la primera cantidad de tiempo predeterminada.
- 40 5. El método según la reivindicación 1, en el que la determinación del estado de salud del uno o más componentes del conjunto de filtro de red (235) incluye determinar una cantidad de corriente que fluye a través del uno o más componentes.
- 45 6. El método según la reivindicación 5, en el que la determinación del estado de salud del uno o más componentes del conjunto de filtro de red (235) incluye determinar una cantidad de potencia reactiva que corresponde al uno o más componentes basándose en la cantidad de corriente determinada.
- 50 7. El método según la reivindicación 1, que comprende, además:
- determinar, tras cerrar el dispositivo de conmutación (240), que una cantidad de corriente emitida por el convertidor (225) supera una corriente umbral;
- 55 hacer funcionar el convertidor (225) usando el control de corriente de bucle cerrado; e
- inhabilitar la salida del convertidor (225) tras recibir una señal de retroalimentación que indica que el dispositivo de conmutación (240) está cerrado.
- 60 8. Una disposición de convertidor (200) para conectar un generador de turbina eólica (205) con una red eléctrica (215) que porta una señal de corriente alterna (CA) que tiene una o más fases, comprendiendo la disposición de convertidor (200):
- 65 al menos un primer convertidor (225A) que incluye un enlace de corriente continua (CC) y configurado para conectarse con el generador de turbina eólica (205);

- un circuito de precarga (245) configurado para precargar el enlace de CC (227) a un voltaje predeterminado;
- 5 un conjunto de filtro de red (235) conectado con una salida del primer convertidor (225A), estando el primer convertidor (225A) configurado para producir, usando el control de voltaje de bucle abierto basándose en un voltaje determinado de la señal de CA, una señal de salida de CA a través del conjunto de filtro de red (235) que sustancialmente coincide con la señal de CA de la red eléctrica (215);
- 10 unos primeros medios de conmutación (240A), siendo un disyuntor con un resorte, configurado para acoplar de manera selectiva la salida del primer convertidor (225A) con la red eléctrica (215), en el que los medios de conmutación (240) se configuran adicionalmente para acoplar la salida del primer convertidor (225A) con la red eléctrica (215) tras una primera cantidad de tiempo de funcionamiento predeterminada del convertidor (225) usando el control de voltaje de bucle abierto; caracterizado porque:
- 15 los medios de conmutación (240) que están configurados para cargarse tras determinar el voltaje del enlace de CC precargado (227) alcanzan un primer voltaje umbral menor que el voltaje predeterminado; y
- 20 estando el convertidor (225) configurado para producir la señal de salida de CA tras determinar que los medios de conmutación (240) están cargados y que el voltaje del enlace de CC precargado (227) alcanza el voltaje predeterminado.
9. La disposición de convertidor (200) según la reivindicación 8, en la que el conjunto de filtro de red (235) incluye un fusible en serie con una batería de condensadores que tiene uno o más condensadores.
- 25 10. La disposición de convertidor (200) según la reivindicación 8, que comprende, además:
- un segundo convertidor (225B) que incluye un enlace de CC respectivo (227) y configurado para conectarse con el generador de turbina eólica en paralelo con el primer convertidor (225A);
- 30 un segundo conjunto de filtro de red (235) conectado con una salida del segundo convertidor (225B); y
- segundos medios de conmutación (240) configurados para acoplar de manera selectiva la salida del segundo convertidor (225B) con la red eléctrica (215),
- 35 en la que el circuito de precarga se conecta con los enlaces de CC (227) de los convertidores primero y segundo (225B).
11. La disposición de convertidor (200) según la reivindicación 10, en la que los primeros medios de conmutación (240A) y los segundos medios de conmutación (240B) son medios de conmutación (240) diferentes.
- 40 12. Un controlador (255) que puede hacerse funcionar para conectar una salida de un convertidor (225) con una red eléctrica (215) para controlar corrientes de irrupción en un conjunto de filtro de red (235) conectado con la salida del convertidor (225), portando la red eléctrica (215) una señal de corriente alterna (CA) que tiene una o más fases, comprendiendo el controlador (255) :
- 45 un procesador informático configurado para:
- 50 determinar un voltaje de la señal de CA;
- hacer funcionar, tras precargar un enlace de corriente continua (CC) (227) del convertidor (225) a un voltaje predeterminado, el convertidor (225) usando control de voltaje de bucle abierto para producir una señal de salida de CA a través del conjunto de filtro de red (235) que sustancialmente coincide con la señal de CA de la red eléctrica (215), basándose el control de voltaje de bucle abierto en el voltaje determinado de la señal de CA; y
- 55 hacer funcionar, tras una primera cantidad de tiempo de funcionamiento predeterminada el convertidor (225) usando el control de voltaje de bucle abierto, medios de conmutación (240) para acoplar la salida del convertidor (225) con la red eléctrica (215); caracterizado porque:
- 60 los medios de conmutación son un disyuntor con un resorte, y el procesador informático está configurado adicionalmente para:
- 65 cargar los medios de conmutación (240) tras determinar que el voltaje del enlace de CC precargado (227) alcanza un primer umbral de voltaje menor que el voltaje predeterminado; y

hacer funcionar el convertidor (225) para producir la señal de salida de CA tras determinar que los medios de conmutación (240) están cargados y que el voltaje del enlace de CC precargado (227) alcanza el voltaje predeterminado.

5 13. El controlador (255) según la reivindicación 12, en el que el procesador informático está configurado además para:

10 determinar, basándose en la señal de salida de CA, un estado de salud de uno o más componentes del conjunto de filtro de red (235),

en el que el funcionamiento de los medios de conmutación (240) se realiza tras determinar que el uno o más componentes están sanos.

15 14. El controlador (255) según la reivindicación 12, en el que el procesador informático está configurado además para:

20 determinar, tras el funcionamiento de los medios de conmutación (240), que una cantidad de corriente emitida por el convertidor (225) excede una corriente umbral;

hacer funcionar el convertidor (225) usando el control de corriente de bucle cerrado; e

25 inhabilitar la salida del convertidor (225) tras recibir una señal de retroalimentación que indica que los medios de conmutación (240) están cerrados.

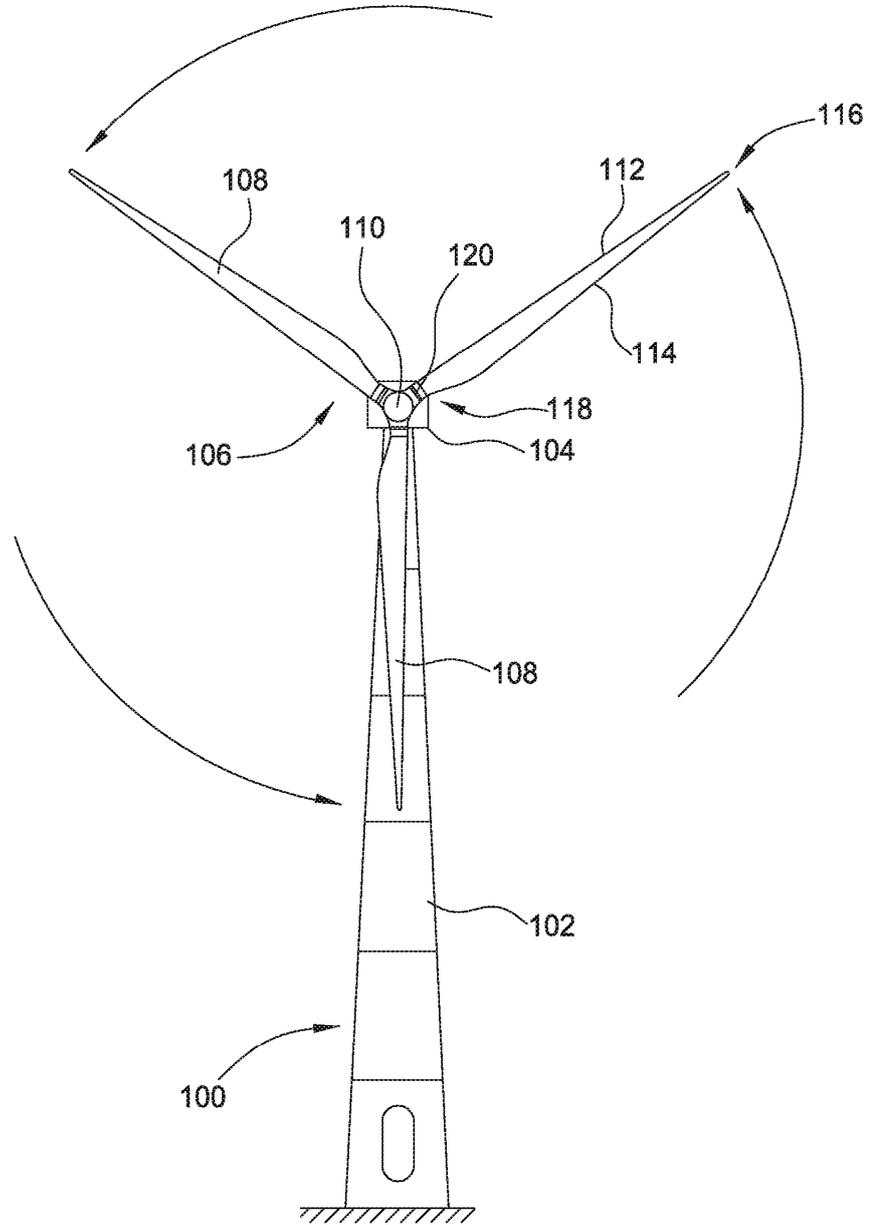


FIG. 1

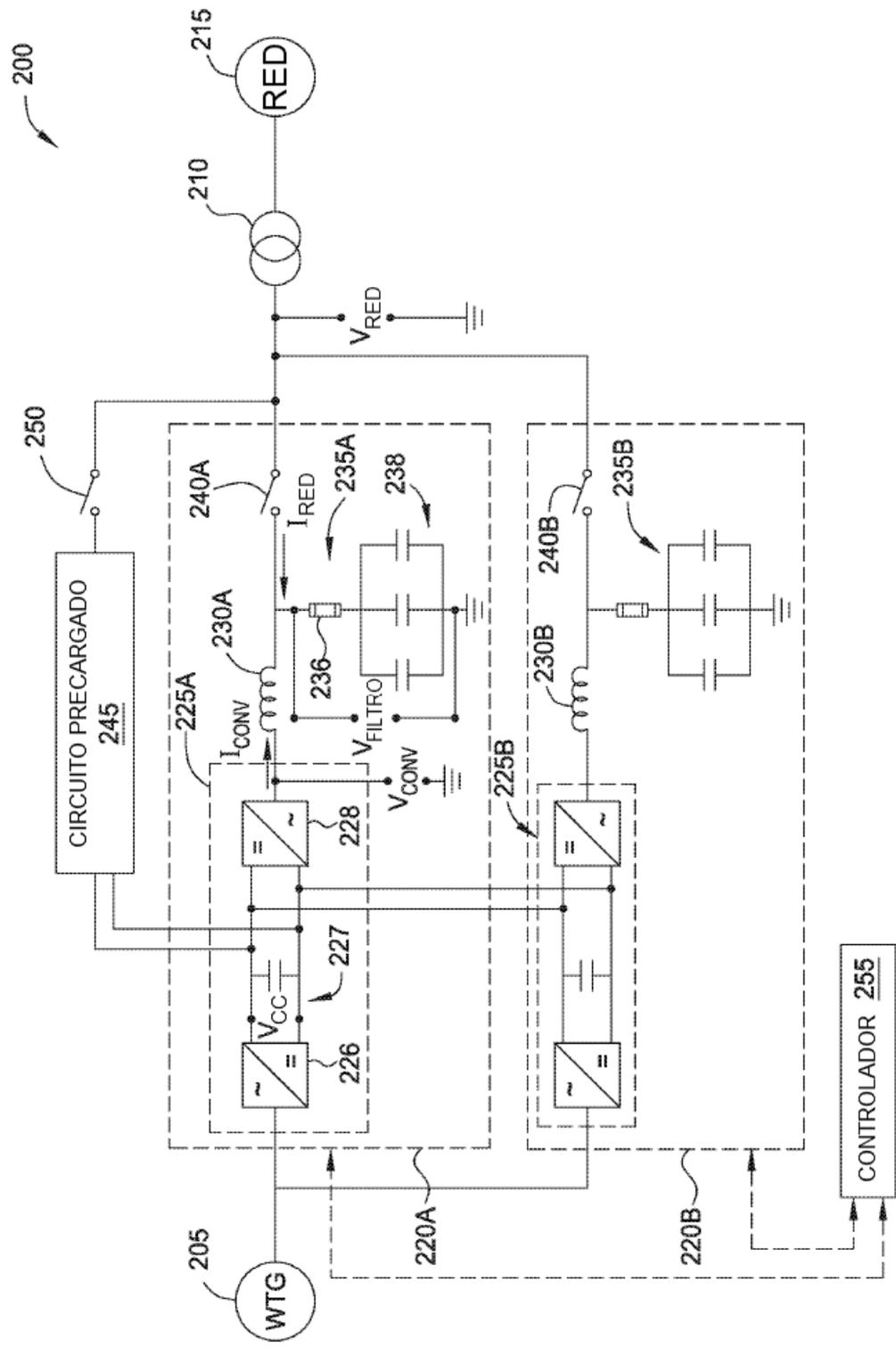


FIG. 2

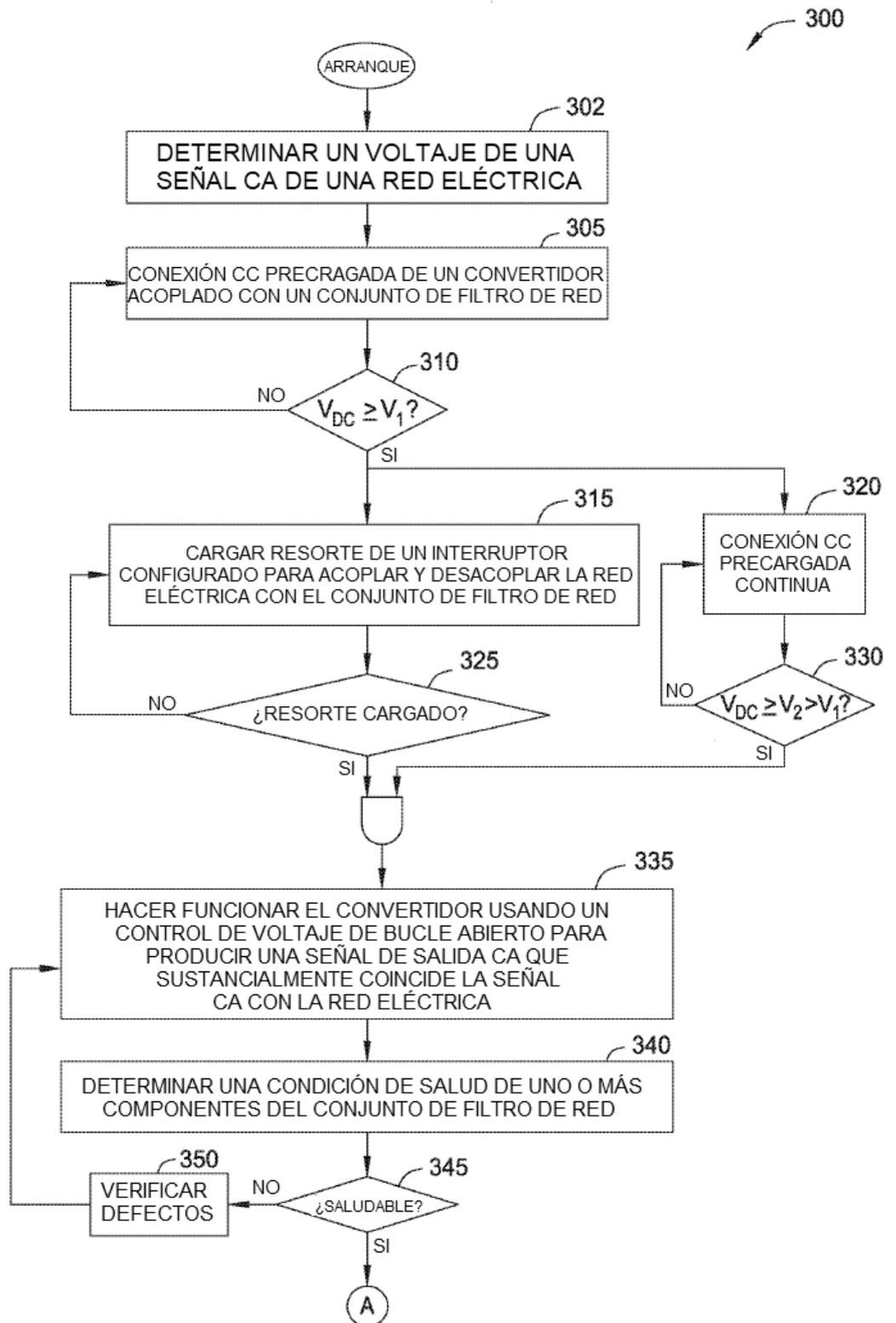


FIG. 3

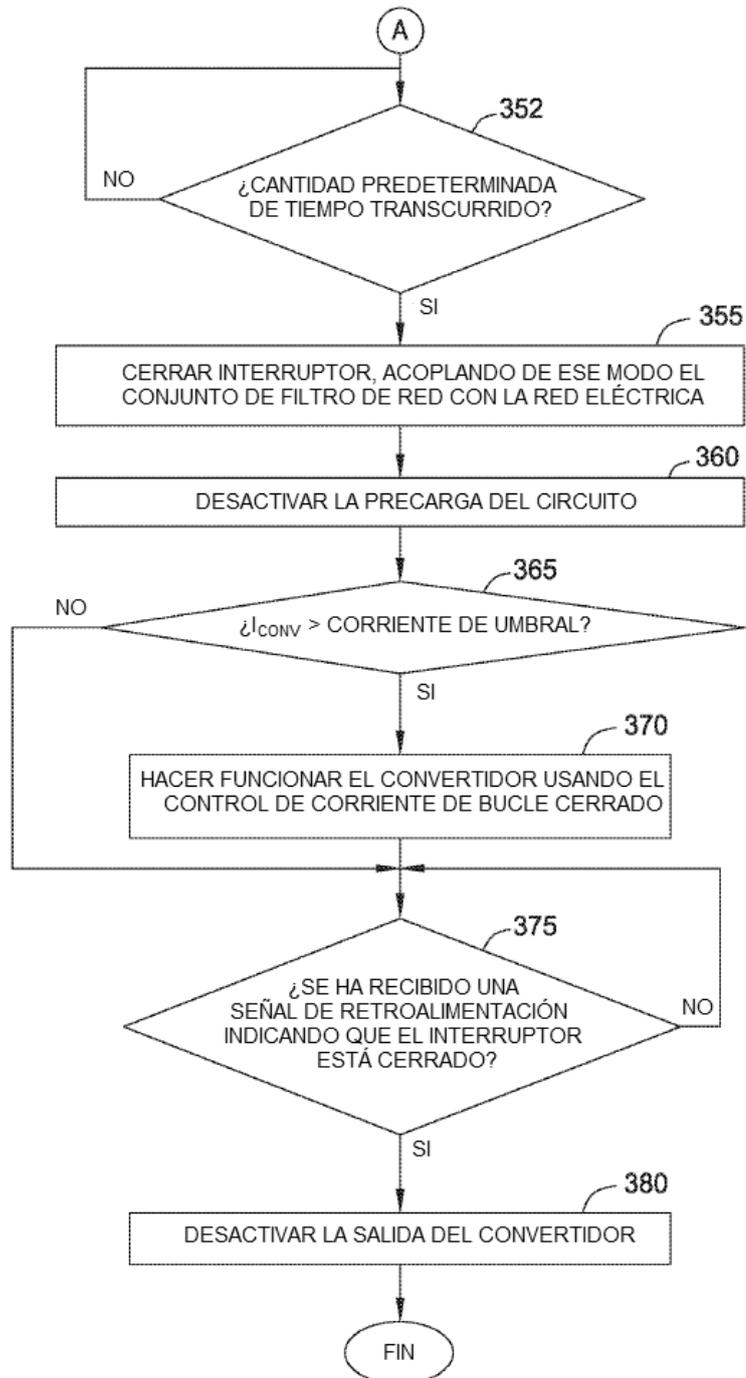


FIG. 3

(CONTINUADA)

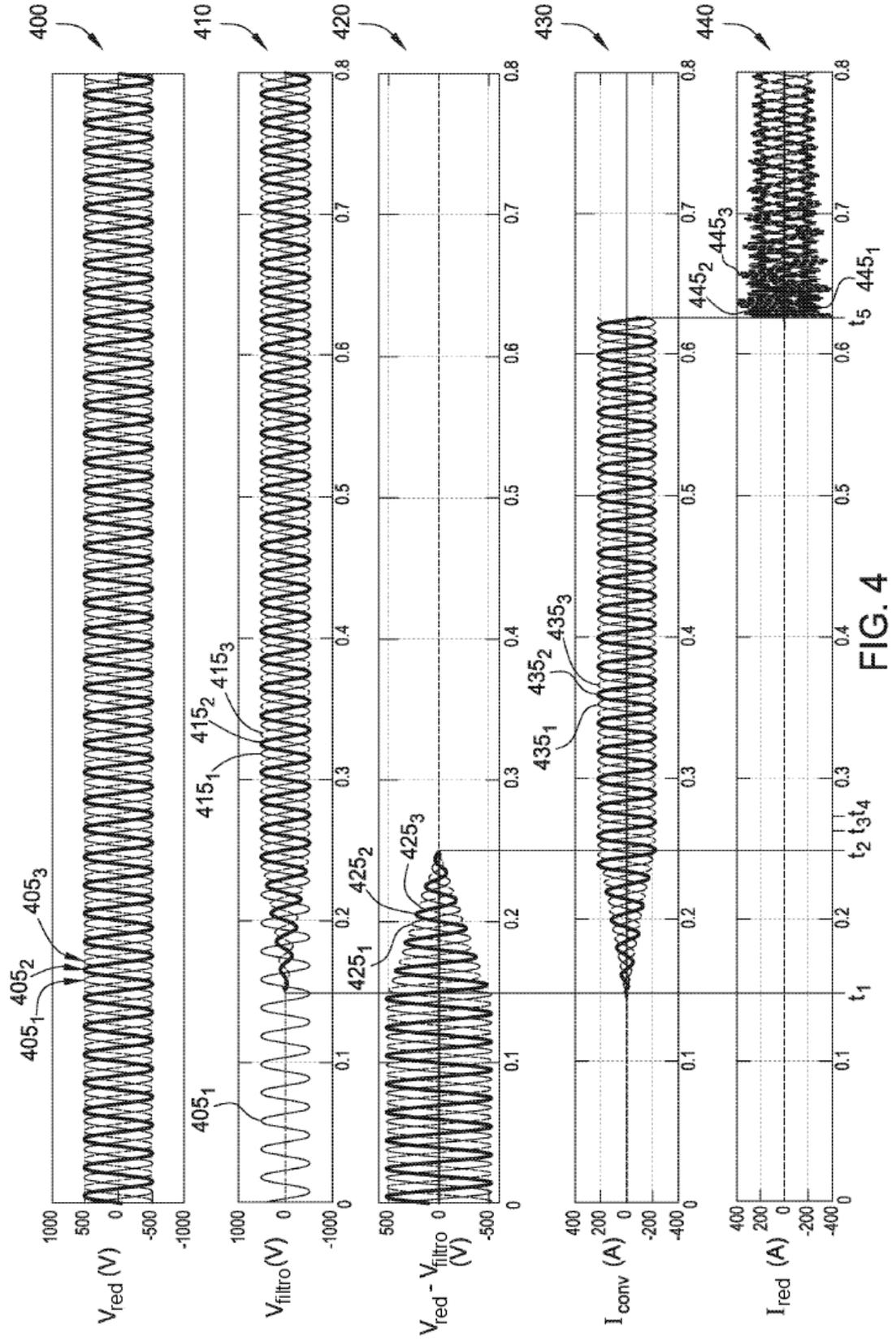


FIG. 4