

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 677 701**

51 Int. Cl.:

H02H 3/06 (2006.01)
H02H 7/06 (2006.01)
H02M 1/36 (2007.01)
H02H 7/12 (2006.01)
H02J 3/38 (2006.01)
H02J 3/40 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.10.2011 PCT/CN2011/081519**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.05.2013 WO13060024**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.10.2011 E 11874542 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.06.2018 EP 2771957**

54 Título: **Sistemas y procedimientos para su uso en la recuperación de un convertidor después de un evento de falla de red**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
06.08.2018

73 Titular/es:
GENERAL ELECTRIC COMPANY (100.0%)
1 River Road
Schenectady, NY 12345, US

72 Inventor/es:
ZHU, HUIBIN;
SMITH, DAVID;
ZHU, JUN y
WU, XUEQIN

74 Agente/Representante:
CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 677 701 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

Sistemas y procedimientos para su uso en la recuperación de un convertidor después de un evento de falla de red

La materia objeto desvelada en el presente documento se refiere en general a sistemas y procedimientos para su uso en el control de un convertidor acoplado entre un generador de potencia y una red eléctrica.

5 Las redes eléctricas son conocidas por la distribución de la potencia eléctrica. Se sabe que un generador de potencia de servicios públicos proporciona una cantidad sustancial de potencia a la red eléctrica, a la vez que las fuentes independientes están conectadas a la red eléctrica para proporcionar una potencia de red y dependencia reducida del generador de potencia de servicios. Se describen diversas redes convencionales y componentes de las mismas, por ejemplo, en el documento EP 1 914 877, el documento US 2007/0133241, el documento EP 2 328 262
10 y el documento US 2011/0013432.

Cada una de las fuentes independientes está conectada a la red eléctrica a través de un acondicionador de potencia y/o un convertidor para proporcionar acoplamiento consistente y eficaz de la fuente independiente a la red eléctrica. Bajo ciertas condiciones, la red eléctrica puede experimentar uno o varios eventos de falla de red, tales como baja tensión, alta tensión, tensión cero, salto de fase, etc. A menudo, los operadores de la red eléctrica requieren que las fuentes independientes conectadas a la red eléctrica sean lo suficientemente robustas como para circular a través de los eventos de falla de red. Bajo tales condiciones, los acondicionadores de potencia y/o convertidores pueden requerirse para proteger el generador de potencia de una o varias condiciones de sobretensión, a la vez que proporciona la funcionalidad a través de la circulación. Varios acondicionadores de potencia y/o convertidores conocidos, por ejemplo, incluyen resistores de frenado para absorber la energía excesiva para reducir el potencial de condiciones de sobretensión. Otros procedimientos conocidos apagan instantáneamente los dispositivos de conmutación dentro de los acondicionadores y/o convertidores de potencia durante un evento de falla de red, con la intención de adelantarse una o varias condiciones de sobretensión, dando como resultado, a menudo, un apagado y/o reinicio del generador de potencia.

La presente invención se define por las reivindicaciones adjuntas.

25 En los dibujos:

La Fig. 1 es un diagrama de bloques de un sistema de potencia ejemplar.

La Fig. 2 es un diagrama de circuito de un módulo de potencia ejemplar que puede usarse con el sistema de potencia de la Fig. 1.

30 La Fig. 3 es un diagrama de flujo de un procedimiento ejemplar para su uso en el control de un convertidor acoplado entre un generador de potencia y una red eléctrica.

Las realizaciones descritas en el presente documento se refieren a sistemas de potencia y procedimientos para su uso en el control de un convertidor acoplado entre un generador de potencia y una red eléctrica. De manera más particular, las realizaciones descritas en el presente documento facilitan la identificación de un tipo de evento de falla de red y/o recuperación de un módulo de potencia desde el evento de falla de red.

35 La Fig. 1 ilustra un sistema 100 de potencia ejemplar. En la realización ejemplar, el sistema 100 de potencia incluye una red 102 eléctrica, múltiples generadores 104 de potencia acoplados a la red 102 eléctrica y un generador 106 de potencia principal acoplado a la red 102 eléctrica. El generador 106 de potencia principal está configurado para proporcionar una porción relativamente principal de potencia a la red 102 eléctrica, en comparación con cada generador 104 de potencia individual. En diversas realizaciones, cada generador 104 de potencia puede incluir, sin limitación, una o varias matrices fotovoltaicas (PV), aerogeneradores, generadores hidroeléctricos, generadores de combustible y/u otros dispositivos generadores de potencia, etc. Además, el generador 106 de potencia principal puede incluir, por ejemplo, un generador de potencia de gas nuclear, de carbón o de gas natural. Cabe apreciar que el sistema 100 de potencia puede incluir un número y/o una configuración diferente de generadores en otras realizaciones.

45 En la realización ejemplar, el sistema 100 de potencia incluye un módulo 108 de potencia que acopla cada generador 104 de potencia a la red 102 eléctrica.

La Fig. 2 ilustra un módulo 108 de potencia ejemplar para su uso con un sistema 100 de potencia. En la realización ejemplar, el módulo 108 de potencia incluye un convertidor 110 y un controlador 112 acoplado al convertidor 110 para proporcionar señales de control al convertidor 110. El convertidor 110 es un convertidor de corriente continua (CC) a corriente alterna (CA), que tiene un número de dispositivos de conmutación. Las señales de control a uno o varios de los dispositivos de conmutación se encienden o se apagan, para habilitar o deshabilitar el convertidor 112, respectivamente. En un ejemplo, los dispositivos de conmutación incluyen múltiples transistores de unión bipolar de puesta aislada (IGTB) configurados para proporcionar salidas de fase única o múltiple desde el generador 104 de potencia hasta la red 102 eléctrica. Pueden usarse diversos otros dispositivos y/o configuraciones de conmutación de los dispositivos de conmutación en otras realizaciones del convertidor. Debería apreciarse, además que otros
55

convertidores pueden usarse en otras realizaciones. Por ejemplo, el convertidor 110 puede incluir un convertidor CC-CC, un convertidor CA-CC y/o un convertidor CA-CA, etc.

5 Como se muestra en la Fig. 2, el módulo 108 de potencia incluye, además, un convertidor de refuerzo CC-CC y un dispositivo 114 de almacenamiento de energía acoplado entre el convertidor 110 y el convertidor 118 de refuerzo. Concretamente, el dispositivo 114 de almacenamiento de energía se acopla en paralelo con una entrada del convertidor 110. Mientras que el dispositivo 114 de almacenamiento de energía se ilustra como un único condensador, debe entenderse que un número y/o tipo diferente de dispositivo de almacenamiento de energía puede usarse en otras realizaciones. Adicional o alternativamente, el convertidor 118 de refuerzo puede incluir un convertidor buck, un convertidor de refuerzo buck u otro tipo de convertidor en otras realizaciones del módulo de potencia, dependiendo potencialmente de la energía suministrada por el generador 104 de potencia y/o el estándar de potencia de la red 102 eléctrica. En al menos una realización, el convertidor 118 de refuerzo se omite.

10 En la realización ejemplar, durante la operación, la potencia CC se genera por el generador 104 de potencia, que se transmite a través del convertidor 118 de refuerzo. El convertidor 118 de refuerzo convierte la tensión CC generada desde el generador 104 de potencia en otra tensión CC. La tensión CC desde el convertidor 118 de refuerzo se suministra al convertidor 110 y carga el dispositivo 114 de almacenamiento de energía. El convertidor 110 convierte la tensión CC desde el convertidor 118 de refuerzo en una tensión CA, que posteriormente se filtra y se proporciona a la red 102 eléctrica a través de un transformador 119. Además, el módulo 108 de potencia incluye disyuntivos 120 y 121 acoplados en serie entre el generador 104 de potencia y la red 102 eléctrica. El disyuntivo 120 está configurado para desacoplar y/o desconectar el generador 104 de potencia del módulo 108 de potencia y, el disyuntivo 121 de circuito se configura para desacoplar y/o desconectar la red 102 eléctrica del módulo 108 de potencia.

15 En la realización ejemplar, el controlador 112 proporciona señales de control al convertidor 110 para proporcionar la tensión de salida deseada a la red 102 eléctrica, mientras reacciona a y/o circula a través de uno o varios eventos de falla de red de la red 102 eléctrica.

20 En la realización ejemplar, el controlador 112 incluye un control 122 de evento. Como se muestra en la Fig. 2, el control 122 de evento se acopla a una pluralidad de reguladores, que controla la conmutación de uno o varios dispositivos de conmutación incluidos en el convertidor 110. Debería apreciarse que la topología particular de los reguladores es meramente ejemplar y que una o varias topologías diferentes pueden emplearse en otras realizaciones del módulo de potencia. En la realización ejemplar, el controlador 112 incluye un módulo 123 de bucle de bloqueo de fase (PLL), un regulador 124 de tensión CC, un regulador 126 Volt-VAR, reguladores 128 y 130 de corriente y un número de otros componentes. Se describirá a continuación una descripción adicional de la funcionalidad de tales reguladores.

25 Asimismo, en la realización ejemplar, el controlador 112 se implementa en software y/o firmware incrustado en uno o varios dispositivos de procesamiento. Tales dispositivos de procesamiento pueden incluir, sin limitación, un microcontrolador, un microprocesador, una matriz de puerta programable, un circuito de conjunto de instrucciones reducido (RISC), un circuito integrado de aplicación específica (ASIC), etc. Las implementaciones y/o el despliegue de los módulos y procedimientos descritos en el presente documento pueden ser eficaces y rentables y requieren poco o ningún hardware adicional. Además, el controlador 112 puede programarse para aplicaciones específicas, tales como instrucciones, intervalos predeterminados, umbrales, etc. pueden programarse y/o almacenarse para generadores 104 de potencia particular y/o redes 102 eléctricas. Mientras que el controlador 112 se describe en el presente documento como implementado en uno o más dispositivos de procesamiento, debería apreciarse que uno o varios aspectos del controlador 112 pueden implementarse mediante componentes discretos, externos a uno o varios dispositivos de procesamiento.

30 De acuerdo con una o varias realizaciones, los efectos técnicos de los procedimientos, los sistemas y los módulos descritos en el presente documento incluyen, al menos uno de: (a) detectar un evento de falla de red en función de una tensión asociada con un convertidor, (b) deshabilitar el convertidor basándose en la detección de un evento de falla de red y (c) identificar, en un controlador, el tipo del evento de falla de red después de un primer intervalo predeterminado. Asimismo, los efectos técnicos de los procedimientos, los sistemas y los módulos descritos en el presente documento incluyen, al menos uno de: (a) detectar, mediante un controlador, un evento de falla de red en función de una tensión asociada con un convertidor, (b) deshabilitar el convertidor sustancialmente durante el evento de falla de red, a la vez que se mantiene el acoplamiento entre un generador de potencia y una red eléctrica y, (c) después del evento de falla de red, habilitar de nuevo el convertidor para proporcionar una tensión CA a la red eléctrica.

35 La Fig. 3 ilustra un procedimiento ejemplar para su uso en el control de un convertidor 110 durante uno o varios eventos de falla de red. Los eventos de falla de red incluyen, sin limitación, una condición de tensión baja, una condición de tensión alta, una condición de salto de fase, etc. El término "condición de tensión baja" se refiere a un evento en el que la tensión de al menos una fase de la red eléctrica es inferior a una tensión nominal de la red eléctrica (por ejemplo, alrededor del 70-85 % nominal o inferior). Como tal, el término "condición de tensión baja" es aplicable a la tensión cero en al menos una fase de la red eléctrica. El término "condición de salto de fase" se refiere a un evento en el que el ángulo de fase de al menos una fase de la red eléctrica diverge, por ejemplo, por alrededor de 30° o más desde un ángulo de fase nominal de la una o varias fases de la red eléctrica. El término "condición de

tensión alta" se refiere a un evento en el que la tensión de al menos una fase de la red eléctrica es sustancialmente mayor que una tensión nominal de la red eléctrica. Tales condiciones pueden tener lugar durante el inicio de un convertidor, durante un apagado del convertidor y/o durante cualquier otro evento adecuado. Los eventos pueden resultar a partir de, por ejemplo, actividad de conmutación significativa sobre la red 102 eléctrica, cierre de uno o varios bancos capacitivos, etc. Los eventos de falla de red pueden provocar que el dispositivo 114 de almacenamiento de energía experimenten una condición de sobretensión, provocando potencialmente daño en el dispositivo 114 de almacenamiento de energía y/o los componentes asociados del módulo 108 de potencia.

En respuesta a uno o más eventos de falla de red, el controlador 112 puede disparar, provocando que el módulo 108 de potencia y/o el generador 104 de potencia se apaguen. Como se usa en el presente documento, el término "disparo" se refiere a una o más condiciones en las que el generador 104 de potencia se desconecta y/o se desacoplan de la red 102 eléctrica cuando la tensión en el dispositivo 114 de almacenamiento de energía excede un umbral predeterminado. Los disparos pueden incluir disparos duros y disparos suaves. Más concretamente, el módulo 108 de potencia invoca un disparo duro cuando la tensión en el dispositivo 114 de almacenamiento de energía excede, por ejemplo, alrededor de 1050 a alrededor de 1100 VDC e, invoca un disparo suave cuando la tensión excede, por ejemplo, alrededor de 950 VDC. Cuando el controlador 112 se dispara, el controlador 112 deshabilita el convertidor 110 y el convertidor 118 de refuerzo y entonces, desconecta y/o desacopla el generador 104 de potencia de la red 102 eléctrica (por ejemplo, los disrptores 120 y 121 de circuito de abertura, etc.). Posteriormente, el controlador 112 descarga el dispositivo 114 de almacenamiento de energía por debajo de un nivel de umbral, tal como, por ejemplo, alrededor de 50 VDC. Descargar el dispositivo 114 de almacenamiento de energía tiene lugar, a menudo, en una duración de aproximadamente 3 minutos hasta alrededor de 25 minutos o más, dependiendo de la tensión a través del dispositivo 114 de almacenamiento de energía y/o la manera en la que el dispositivo 114 de almacenamiento de energía se descarga. Durante un disparo, el generador 104 de potencia es incapaz de proporcionar potencia a la red 102 eléctrica.

Cuando el disparo es un disparo duro, el módulo 108 de potencia permanece apagado hasta que el servicio se proporciona basándose en la asunción del daño del componente provocado por una tensión excesiva. A la inversa, cuando el disparo es un disparo suave, el controlador 112 inicia el reinicio de los módulos 108 de potencia después de un intervalo de espera, tal como, por ejemplo, alrededor de 2,0 a alrededor de 8,0 minutos, alrededor de 3,0 minutos a alrededor de 4,0 minutos u, otro intervalo adecuado, etc. Durante el reinicio, el controlador 112 acopla y/o conecta el módulo 108 de potencia a la red 102 eléctrica (por ejemplo, mediante un disrptor 121 de circuito) y habilita la operación de los reguladores y el módulo 123 PLL incluido en el mismo. Posteriormente, el generador 104 de potencia se conecta y/o se acopla a los módulos 108 de potencia (por ejemplo, mediante un disrptor 120 de circuito) y el convertidor 118 de refuerzo se inicia. El convertidor 118 de refuerzo se escalona hacia arriba una tensión de operación nominal, con el convertidor 110 reaccionando a cada una de las etapas desde el inicio hasta la tensión de operación nominal. El reinicio permite que el generador 104 de potencia proporcione posiblemente potencia a la red 102 eléctrica, pero solo después de un intervalo de disparo/reinicio significativo, a menudo en exceso de alrededor de 30-40 minutos. En respuesta a los eventos de falla de red, se sabe que los acondicionadores de potencia convencionales disparan en algún caso y mantienen la operación en otros casos. Cuando los acondicionadores de potencia convencional mantienen la operación, un convertidor incluido en el mismo permanece habilitado, lo que puede permitir condiciones de sobretensión en un bus CC y/o corriente inversa en los acondicionadores de potencia. Tales condiciones de estrés y/o de daño asociados a los componentes, por lo tanto, disminuyendo la vida útil de los componentes.

Los sistemas y procedimientos descritos en el presente documento proporcionan uno o varios procedimientos para evitar un disparo y/o reinicio del módulo 108 de potencia, a la vez que inhiben las condiciones de sobretensión en y/o el flujo de potencia inversa en el dispositivo 114 de almacenamiento de energía. Más concretamente, en una realización ejemplar, el controlador 112 detecta rápidamente un evento de falla de red, identifica un tipo de evento de falla de red y responde en consecuencia. Al hacer esto, el controlador 112 inhibe el flujo de corriente inversa sustancial de la red 102 eléctrica al dispositivo 114 de almacenamiento de energía y/o condiciones de sobretensión en el dispositivo 114 de almacenamiento de energía, a la vez que evita el apagado y/o el reinicio.

En la realización ejemplar, el controlador 112 supervisa una tensión asociada con el convertidor 110 para detectar eventos de falla de red. Como se muestra en la Fig. 2, el control 122 de evento mide la tensión asociada con la red 102 eléctrica directamente en una salida del convertidor 110, en comparación con supervisar la tensión en el módulo 123 PLL. De esta forma, el control 122 de evento es capaz de detectar de manera sustancial instantáneamente uno o varios eventos de falla de red, comparando la tensión medida con una o varias tensiones medidas previamente. Por otro lado, los convertidores conocidos emplean bucles de retroalimentación PLL para detectar los eventos de falla de red. Los bucles de retroalimentación PLL, sin embargo, son demasiado lentos para rastrear con precisión el ángulo de fase cuando la red 102 eléctrica está intentando borrar el evento de falla de red. La incapacidad para rastrear con precisión los ángulos de fase a menudo da como resultado condiciones de corriente inversa. Midiendo la tensión asociada con la red 102 eléctrica directamente, el controlador 112 es capaz de responder a los eventos de falla de red más rápidamente para deshabilitar el convertidor 110, reduciendo así el potencial para las condiciones de corriente inversa y/o el estrés en el dispositivo 114 de almacenamiento de energía. Debería apreciarse que una tensión asociada con la red 102 eléctrica puede medirse en una o varias ubicaciones distintas dentro de un módulo 108 de potencia y/o en la red 102 eléctrica en otras realizaciones.

La detección de uno o varios eventos de falla de red puede basarse adicionalmente en diferentes umbrales relacionados con la tensión asociada con la red 102 eléctrica. En la realización ilustrada en la Fig. 2, el controlador 112 detecta un evento de falla de red cuando la magnitud de la tensión es alrededor del 30-50 % por debajo de un valor nominal y/o cuando la fase de la tensión diverge en alrededor de 20-30° de un valor nominal. Debería entenderse que uno o varios umbrales diferentes para detectar eventos de falla de red pueden emplearse en otras realizaciones.

Cuando el controlador 112 detecta la ocurrencia de un evento de falla de red, el controlador 112 deshabilita 204 el convertidor 110. Concretamente, en la realización ejemplar, el controlador 112 deshabilita cada regulador del controlador 112, manteniendo así los dispositivos de conmutación del convertidor 110 abiertos (es decir, apagando el convertidor 110). Cuando el convertidor 110 se deshabilita, no se proporciona ninguna salida desde el generador 104 de potencia a la red 102 eléctrica. El generador 104 de potencia y la red 102 eléctrica, sin embargo, permanecen acoplados entre sí a través del módulo 108 de potencia, evitando así un disparo. Después de deshabilitar el convertidor 110, el controlador 112 espera 206 un intervalo predeterminado inicial. En la realización ejemplar, el intervalo predeterminado inicial está entre alrededor de 2,0 milisegundos a alrededor de 20,0 milisegundos y/o alrededor de 3,0 milisegundos a alrededor de 5,0 milisegundos. En otras realizaciones, los intervalos predeterminados iniciales pueden ser de diferentes duraciones, que incluyen, por ejemplo, alrededor de 1,0 milisegundos a alrededor de 30,0 milisegundos o más. Durante el intervalo predeterminado inicial, el convertidor 110 permanece deshabilitado. Debería apreciarse que mientras que el procedimiento 200 incluye las etapas de espera, el controlador 112 puede conducir uno o varios otros procesos, relacionados o no relacionados para controlar el convertidor 110, a la vez que se realiza la etapa de espera. Más generalmente, la espera durante un intervalo usado en el presente documento no debería entenderse con limitando el controlador 112 a un estado inactivo.

Después del intervalo predeterminado inicial, el controlador 112 identifica 208 el tipo de evento de falla de red basándose en, por ejemplo, la tensión asociada con la red 102 eléctrica. En la realización ejemplar, como el convertidor 110 se deshabilita durante el intervalo predeterminado inicial, la tensión medida en la salida del convertidor 110, por ejemplo, es sustancialmente dependiente de la tensión de la red 102 eléctrica, en lugar del convertidor 110. Como tal, se permite que el controlador 112 perciba más precisamente y/o eficazmente el evento de falla de red que se origina de la red 102 eléctrica, debido al efecto reducido del convertidor 110 en la tensión medida.

En la realización ejemplar, el controlador 112 determina, basándose en la magnitud y/o la fase de la tensión, si el evento de falla de red es el resultado de una condición de tensión baja o una condición de salto de fase, como se describieron anteriormente. Generalmente, para identificar 208 el evento de falla de red, el controlador 112 evalúa la magnitud de la tensión para determinar si la tensión aún es baja después del intervalo predeterminado inicial o, si la tensión ha aumentado desde la detección del evento de falla de red en 202. Si la tensión permanece por debajo del valor nominal, el controlador 112 determina que el tipo de evento de falla de red es una condición de tensión baja. A la inversa, si la tensión es superior que la tensión anteriormente detectada, pero la fase es diferente, el controlador 112 determina el tipo de evento de falla de red como una condición de salto de fase. Una o varias condiciones pueden indicarse por la magnitud y/o fase de la tensión asociada con la red 102 eléctrica, tal como una condición de tensión alta en otras realizaciones. En al menos una realización, una vez identificados, los tipos de eventos de falla de red se almacenan en el controlador 112 para uno o varios fines de diagnósticos.

Además, mediante la identificación del tipo de evento de falla de red, el controlador 112 es capaz de controlar el convertidor 110 basándose en el tipo particular del evento de falla de red. En diversas realizaciones, la rápida identificación del tipo de evento de falla de red permite que los módulos 108 de potencia respondan más rápidamente, interviniendo potencialmente antes de invertir las condiciones de corriente y/o las condiciones de sobretensión en el dispositivo 114 de almacenamiento de energía. En el ejemplo de la Fig. 3, después del intervalo predeterminado inicial (por ejemplo, alrededor de 4,0 milisegundos), se identifica el tipo de evento de falla de red y, el controlador 112 es capaz de responder al evento de falla de red dentro de alrededor de 5,0 milisegundos a alrededor de 30 milisegundos o, alrededor de 10,0 a alrededor de 20,0 milisegundos, o la ocurrencia del evento de falla de red.

Respondiendo de esta manera, el controlador 112 interviene antes de que los eventos de falla de red recuperables provoquen una condición de corriente inversa y/o sobretensión, llevando a un disparo del módulo 108 de potencia. Por consiguiente, los módulos 108 de potencia descritos en el presente documento se configuran para disparar para proteger el módulo 108 de potencia, pero circulan a través de un número aumentado de eventos de falla de red, en comparación con los convertidores de potencia conocidos que, a menudo, dependen de bucles de retroalimentación PLL. Reduciendo el número de condiciones de disparo, el controlador 112 minimiza el apagado y/o el reinicio del sistema 100 de potencia y extiende la vida útil de los componentes del mismo, tal como el dispositivo 114 de almacenamiento de energía.

En la realización ejemplar, cuando el controlador 112 detecta condiciones de tensión baja, el controlador 112 habilita 210 de nuevo el convertidor 110. Más concretamente, se proporcionan señales de control al convertidor 110 para dar salida 212 a la corriente reactiva del generador 104 de potencia a la red 102 eléctrica. La corriente reactiva se administra desde el generador 104 de potencia durante el evento de falla de red. De esta forma, el módulo 108 de potencia está configurado para permanecer acoplado y/o conectado a la red 102 eléctrica, a la vez que circula a

través de una o varias condiciones de tensión baja. Tal circulación a través puede requerirse por el operador de la red 102 eléctrica. Desde la salida 212 de corriente reactiva, el controlador 112 supervisa la tensión asociada con el convertidor 110 para determinar 214 cuándo finaliza el evento de falla de red. Después de finalizar el evento de falla de red, el procedimiento 200 incluye deshabilitar 216 el convertidor 110 antes de recuperar el módulo 108 de potencia.

A la inversa, si el tipo de evento de falla de red se identifica como una condición de salto de fase, el procedimiento 200 que incluye esperar 218 durante un intervalo predeterminado adicional. En la realización ejemplar, el intervalo predeterminado adicional está entre alrededor de 5 milisegundos y alrededor de 120 milisegundos (o menos de aproximadamente 10 ciclos, etc.), y más específicamente, entre alrededor de 10 milisegundos y alrededor de 20 milisegundos. En otras realizaciones, una o varias duraciones diferentes del intervalo predeterminado adicional puede usarse. Después del intervalo predeterminado adicional, el controlador 112 procede a recuperar el módulo 108 de potencia.

Posteriormente, en la realización ejemplar, el controlador 112 habilita de nuevo el convertidor 110 para recuperar el módulo 108 de potencia a la operación normal. El controlador 112 evita una o varias condiciones de sobretensión en el dispositivo 114 de almacenamiento de energía, que permite que el controlador 112 mantenga el acoplamiento entre el generador 104 de potencia y la red 102 eléctrica. El acoplamiento mantenido permite que los módulos 108 de potencia se recuperen, en lugar de reiniciarse según se describió arriba. De esta forma, el controlador 112 es adecuado para habilitar de nuevo el convertidor 110 y proporcionar una salida desde el generador 104 de potencia a la red 102 eléctrica de manera más rápida que si se requiriera un apagado y/o un reinicio.

En la realización ejemplar, el controlador 112 emplea el módulo 123 PLL para bloquear en la tensión asociada con la red 102 eléctrica. Concretamente, en la realización ejemplar, el procedimiento 200 incluye determinar 220 si el módulo 123 PLL está bloqueado en la tensión asociada con la red 102 eléctrica. Cuando está bloqueado, el módulo 123 PLL proporciona una indicación bloqueada de PLL al control 122 de evento. Sin tal indicación, el procedimiento 200 incluye esperar 222 un intervalo predeterminado corto antes de que el controlador 112 determine 220 de nuevo si el módulo 123 PLL se bloquea en la tensión asociada con la red 102 eléctrica. En un ejemplo, el intervalo predeterminado corto incluye alrededor de 5 milisegundos a alrededor de 20 milisegundos o, alrededor de 8 milisegundos a alrededor de alrededor de 15 o, alrededor de 10 milisegundos, pero puede ser diferente en otras realizaciones del controlador. Además, en la realización ejemplar, el procedimiento 200 procede alternativamente entre determinar 220 si el módulo PLL está bloqueado y esperar 222 una indicación bloqueada de PLL o, hasta que el intervalo de tiempo de espera expire (no mostrado). El intervalo de tiempo de espera está en el intervalo entre alrededor de 100 milisegundos y alrededor de 1,0 segundos o, alrededor de 50 milisegundos y alrededor de 2,0 segundos y, puede ser mayor o menor en todavía otras realizaciones del controlador. Cuando el intervalo de tiempo de espera expira, el módulo 108 de potencia y/o el disparo 110 del convertidor, como se describieron anteriormente.

En la realización ejemplar, cuando el módulo 123 PLL se bloquea después del evento de falla de red, al menos un parámetro asociado con uno o varios reguladores del controlador 112 se ajusta para permitir que el convertidor 110 recupere la operación normal. Más generalmente, después de detectar un evento de falla de red, en el que el convertidor 110 se deshabilita, la tensión en el dispositivo 114 de almacenamiento de energía puede divergir sustancialmente de un valor nominal durante el evento de falla de red. Como la tensión a través del dispositivo 114 de almacenamiento de energía controla el regulador 124 de tensión, cuando el convertidor 110 está deshabilitado, la tensión puede solicitar inmediatamente una salida de potencia sustancial del generador 104 de potencia. Tal solicitud puede provocar que los acondicionadores de potencia conocidos y/o los convertidores detecte un evento de falla de red falso. La detección del evento de falla de red falso posterior puede tener lugar de manera repetida, impidiendo eficazmente que los acondicionadores de potencia y/o los convertidores conocidos se recuperen del evento de falla de red inicial. Por otro lado, después de que el evento de falla de red finalice, el controlador 112 ajusta el parámetro asociado con el regulador para impedir una o varias solicitudes iniciales de provocar la detección de un falso evento de falla de red.

En la realización ejemplar, el procedimiento 200 procede a ajustar 223 al menos un parámetro asociado con al menos uno de los reguladores del controlador 112. Concretamente, en la realización ejemplar, el procedimiento 200 procede a ajustar 224 una corrección definida por al menos una de una referencia Vdc y una retroalimentación Vdc con el regulador 124. En esta realización ejemplar particular, la referencia Vdc se ajusta para ser sustancialmente igual a la retroalimentación Vdc (VdcFbk) del dispositivo 114 de almacenamiento de energía. De esta forma, la corrección definida por la referencia Vdx y la retroalimentación Vdc (por ejemplo, una diferencia entre la referencia Vdc y la retroalimentación Vdc), a la que el regulador 124 de tensión responde, es sustancialmente igual a cero. Por consiguiente, una solicitud proporcionada por el regulador 124 tensión puede ser insustancial, en comparación con una solicitud sin tal ajuste. En otro ejemplo, un ajuste puede incluir reducir la corrección sumando la referencia Vdc, la retroalimentación Vdc y otra señal (sustancialmente igual a y opuesta a la suma de la referencia Vdc y la retroalimentación Vdc) para reducir el total de los tres a sustancialmente igual a cero. Debería apreciarse que se pueden emplear diversos otros ajustes a las correcciones y/o parámetros asociados con el regulador 124 de tensión y/u otros reguladores del controlador 112 para proporcionar una recuperación al convertidor 110.

Además, antes, después o de manera simultánea con el ajuste de la referencia Vdc, puede ajustarse un parámetro asociado con los reguladores 128 y 130 de corriente. En la realización ejemplar, el procedimiento 200 procede a

reiniciar 226 al menos uno de los reguladores 128 y 130 de corriente para realizar tal ajuste. Más concretamente, una o varias solicitudes de corriente usadas por los reguladores 128 y 130 de corriente se reinician, es decir, a cero, antes de habilitar el convertidor 110. En un ejemplo, los reguladores 128 y 130 de corriente incluyen integradores (no mostrados), que determina una integración de solicitud de corriente a lo largo del tiempo. Por consiguiente, los integradores dependen de una o varias solicitudes de corriente previas. En la realización ejemplar, el controlador 112 establece las referencias de los reguladores 128 y 130 de corriente sustancialmente igual a las solicitudes de corriente previas (almacenadas durante la operación de los reguladores 128 y 130 de corriente antes del evento de falla de red). Como resultado, las solicitudes de corriente previas se cancelan por la nueva referencia, inhibiendo así a los reguladores 128 y 130 de corriente de actuar en las solicitudes de corriente antes del evento de falla de red y rebasando una salida adecuada desde los reguladores 128 y 130 de corriente. En varias realizaciones, pueden ajustarse uno o más parámetros con los reguladores 128 y 130 de corriente, después de uno o más eventos de falla de red, mientras que los parámetros asociados con otros reguladores dentro del controlador 112 permanecen sin ajustar. Además, debería apreciarse que, en las diversas otras realizaciones, uno o varios parámetros asociados con uno o varios reguladores diferentes pueden ajustarse de acuerdo con la descripción en el presente documento.

Por otra parte, en la realización ejemplar, el procedimiento 200 procede a eliminar 228 el ajuste durante un intervalo de recuperación y habilitar 230 de nuevo el convertidor 110 antes a o después de la expiración del intervalo de recuperación. El intervalo de recuperación proporciona un intervalo para devolver el parámetro de ajuste a un valor indicado por la operación normal del convertidor 110 y/o la tensión asociada con la red 102 eléctrica y/o el convertidor 110. Concretamente, en el ejemplo anterior, se permite que el valor Vdc de referencia ajustado vuelva a un valor nominal, durante un intervalo de recuperación, tal como, por ejemplo, alrededor de 20 milisegundos, alrededor de 100 milisegundos, etc. Como tal, en la realización ejemplar, el controlador 112 proporciona una recuperación del convertidor 110 en el tiempo, por lo tanto, se inhiben las solicitudes sustanciales después de un evento de falla de red y/o detección de eventos de falla de red falsos. El intervalo de recuperación puede incluirse, sin limitación, en el intervalo entre alrededor de 10 milisegundos y alrededor de 1,0 segundos o más, potencialmente basándose en la topología del controlador 112 y/o el ancho de banda de uno o varios reguladores incluidos en el mismo.

Respondiendo de acuerdo con el procedimiento 200 ejemplar, en al menos una realización ejemplar, el módulo 108 de potencia es capaz de recuperarse de un evento de falla de red dentro de alrededor de 2,0 segundos, alrededor de 5,0 segundos, alrededor de 10,0 segundos u otro intervalo menor, en comparación con los intervalos, a menudo en exceso de alrededor de 30 a alrededor de 40 minutos, implicado en el reinicio del módulo 108 de potencia desde una condición de disparo. De esta forma, se permite que el módulo 108 de potencia administre más potencia a la red 102 eléctrica, a la vez que proporciona un tiempo de inactividad y/o estrés en uno o más componentes incluidos en el mismo (por ejemplo, el dispositivo 114 de almacenamiento de energía, etc.).

Mientras que los sistemas y procedimientos en el presente documento se describen con referencia a los generadores de potencia y a las redes eléctricas, debería apreciarse que tales sistemas y procedimientos pueden emplearse en otras aplicaciones, tales como, por ejemplo, sistemas de accionamiento por motor, diversas otras aplicaciones de convertidor PWM, otras aplicaciones de potencia, etc.

Uno o más aspectos de los procedimientos y/o sistemas descritos en el presente documento pueden emplearse en diversas combinaciones. En un sistema ejemplar, un parámetro asociado con un convertidor incluye una tensión asociada con el convertidor. Adicional o alternativamente, en otro sistema ejemplar, un módulo de potencia está configurado para reiniciar un regulador de corriente después del evento de falla de red, antes de habilitar de nuevo el convertidor. Todavía en otro sistema ejemplar, un módulo de potencia incluye un dispositivo de almacenamiento de energía acoplado a una entrada de un convertidor, en el que el módulo de potencia se configura adicionalmente para desacoplar un generador de potencia de una red eléctrica cuando una tensión a través del dispositivo de almacenamiento de energía excede un umbral predeterminado. Además, en otro ejemplo, un módulo de potencia incluye un regulador de tensión que responde a una referencia de tensión y a una retroalimentación de tensión, en el que el módulo de potencia está configurado para ajustar una diferencia entre la referencia de tensión y la retroalimentación de tensión a sustancialmente igual a cero para habilitar de nuevo el convertidor. Todavía en otro sistema ejemplar, el módulo de potencia está configurado para eliminar el ajuste de la diferencia entre la referencia de tensión y la retroalimentación de tensión durante un intervalo de recuperación.

En un procedimiento de ejemplo, detectar el evento de falla de red incluye detectar el evento de falla en función de una tensión asociada con el convertidor. Adicional o alternativamente, en otro ejemplo, el procedimiento incluye reiniciar el regulador de corriente después del evento de falla de red y antes de habilitar de nuevo el convertidor y/o ajustar una corrección definida por al menos una de la referencia de tensión y la retroalimentación de tensión antes de habilitar de nuevo el convertidor. Todavía en otro procedimiento ejemplar, ajustar la corrección definida por el al menos una de la retroalimentación de tensión y la referencia de tensión incluye reducir la diferencia entre la retroalimentación de tensión y la referencia de tensión a sustancialmente igual a cero. El procedimiento puede incluir, además, eliminar el ajuste durante un intervalo de recuperación. En algunos procedimientos ejemplares, habilitar de nuevo el convertidor incluye habilitar de nuevo el convertidor dentro de alrededor de 2,0 segundos después del evento de falla de red.

Esta descripción escrita usa ejemplos para desvelar la invención, incluyendo el modo preferente y, también, para

5 permitir a cualquier experto en la materia practicar la invención, incluyendo realizar y usar cualquier dispositivos y sistema y llevar a cabo cualquier procedimiento incorporado. El ámbito patentable de la invención se define por las reivindicaciones y pueden incluir otros ejemplos que se les ocurran a los expertos en la materia. Tales otros ejemplos pretenden estar dentro del ámbito de las reivindicaciones si tienen elementos estructurales que no difieren del lenguaje literal de las reivindicaciones o, si incluyen elementos estructurales equivalentes con diferencias sustanciales del lenguaje literal de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un módulo (108) de potencia para su uso en el control de un convertidor (110) acoplado entre un generador (104) de potencia y una red (102) eléctrica, comprendiendo dicho módulo (108) de potencia:
 - 5 un convertidor (110) configurado para suministrar una salida desde un generador (104) de potencia a una red (102) eléctrica; y
 - un controlador (112) acoplado a dicho convertidor (110) y que comprende un módulo (123) PLL de bucle de bloqueo de fase y, al menos, un regulador (128, 130), estando dicho al menos un regulador (128, 130) configurado para controlar al menos parcialmente dicho convertidor (110) en función de al menos un parámetro, estando dicho controlador (112) configurado para deshabilitar dicho convertidor (110) en respuesta a dicho evento de falla de red, para mantener el acoplamiento entre el generador (104) de potencia y dicho convertidor (110) durante el evento de falla de red, para determinar que dicho módulo (123) PLL está bloqueado en una tensión asociada con la red (102) eléctrica, para ajustar el al menos un parámetro después del evento de falla de red y, para habilitar de nuevo dicho convertidor (110) para suministrar la salida desde el generador (104) de potencia hasta la red (102) eléctrica, **caracterizado porque** el controlador (112) está configurado para medir la tensión asociada con la red (102) eléctrica directamente en una salida del convertidor (110).
2. El módulo (108) de potencia según la reivindicación 1, en el que el parámetro comprende al menos una de una retroalimentación de tensión y una referencia de tensión asociada con dicho al menos un regulador (128, 130) y, en el que dicho al menos un regulador (128, 130) comprende un regulador de tensión de CC.
3. El módulo (108) de potencia según la reivindicación 2, que comprende, además, un dispositivo (114) de almacenamiento de energía acoplado a una entrada de dicho convertidor (110), siendo la retroalimentación de tensión indicativa de una tensión asociada con dicho dispositivo (114) de almacenamiento de energía y, en el que dicho regulador de tensión de CC controla al menos parcialmente dicho convertidor (110) basándose en la diferencia entre la retroalimentación de tensión y la referencia de tensión.
4. El módulo (108) de potencia según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho controlador (112) está configurado para eliminar el ajuste del al menos un parámetro durante un intervalo de recuperación.
5. El módulo (108) de potencia según la reivindicación 4, en el que el intervalo de recuperación está dentro de un intervalo de entre 50 milisegundos y 1,0 segundos.
6. El módulo (108) de potencia según la reivindicación 4 o la reivindicación 5, en el que dicho controlador (112) está configurado para habilitar de nuevo dicho convertidor antes de que expire el intervalo de recuperación.
7. El módulo (108) de potencia según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende, además, un dispositivo (114) de almacenamiento de energía acoplado a una entrada de dicho convertidor (110) y, en el que dicho controlador (112) está configurado para desacoplar el generador (104) de potencia de dicho convertidor (110) cuando una tensión a través de dicho dispositivo (114) de almacenamiento de energía excede un umbral predeterminado.
8. El módulo (108) de potencia según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho al menos un regulador (128, 130) comprende un regulador de corriente, en el que el al menos un parámetro incluye una referencia de dicho regulador de corriente y en el que dicho controlador (112) está configurado para establecer la referencia sustancialmente igual a una demanda de corriente previa.
9. Un procedimiento (200) para su uso en el control de un convertidor (110) acoplado entre un generador (104) de potencia y una red (102) eléctrica, que usa un módulo (108) de potencia que incluye un convertidor (110) y un controlador (112) acoplado al convertidor (110) y que comprende un módulo (123) PLL de bucle de bloqueo de fase y al menos un regulador (128, 130), estando dicho al menos un regulador (128, 130) configurado para controlar al menos parcialmente dicho convertidor (110) en función de al menos un parámetro, comprendiendo dicho procedimiento: detectar un evento de falla de red; deshabilitar, mediante el controlador (112), el convertidor (110) sustancialmente durante el evento de falla de red, a la vez que se mantiene el acoplamiento entre el generador (104) de potencia y la red (102) eléctrica; y determinar que dicho módulo (123) PLL está bloqueado en una tensión asociada con la red (102) eléctrica, ajustar el al menos un parámetro después del evento de falla de red, y, después del evento de falla de red, habilitar de nuevo el convertidor (110) para proporcionar una tensión de CA a la red (102) eléctrica
10. El procedimiento (200) según la reivindicación 9, en el que detectar el evento de falla de red incluye detectar el evento de falla de red en función de una tensión asociada con el convertidor (110).
11. El procedimiento (200) según la reivindicación 9 o la reivindicación 10, en el que el controlador (112) comprende un regulador (130) de corriente y, que comprende, además, reiniciar el regulador (130) de corriente después del evento de falla de red y antes de habilitar de nuevo el convertidor (110).

- 5 12. El procedimiento (200) según la reivindicación 11, en el que el controlador (112) comprende un dispositivo (114) de almacenamiento de energía acoplado al convertidor (110) y un regulador de tensión (128) configurado para responder a una referencia de tensión y a una retroalimentación de tensión medida en el dispositivo (114) de almacenamiento de energía, y, que comprende, además, ajustar una corrección definida por al menos una de la referencia de tensión y la retroalimentación de tensión antes de habilitar de nuevo el convertidor (110).
13. El procedimiento (200) según la reivindicación 12, en el que ajustar la corrección definida por la al menos una de la retroalimentación de tensión y la referencia de tensión incluye reducir la diferencia entre la retroalimentación de tensión y la referencia de tensión a sustancialmente igual a cero y, que comprende, además, eliminar el ajuste durante un intervalo de recuperación.
- 10 14. El procedimiento (200) según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 13, en el que habilitar de nuevo el convertidor (110) comprende habilitar de nuevo el convertidor (110) dentro de 2,0 segundos después del evento de falla de red.
- 15 15. El procedimiento (200) según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 14, que comprende, además, identificar, en el controlador (112), el tipo de evento de falla de red, después de un intervalo predeterminado y habilitar el convertidor (110) para suministrar corriente reactiva a la red (102) eléctrica, durante el evento de falla de red, cuando el tipo de evento de falla de red se identifica como una condición de tensión baja.

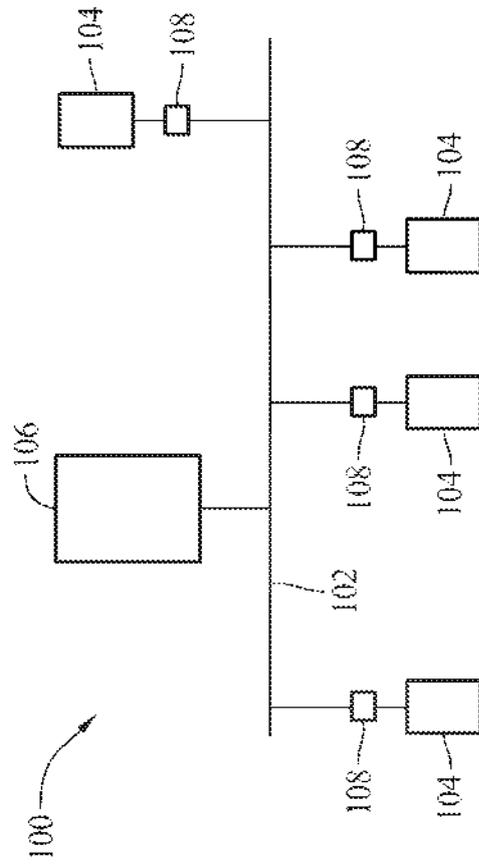


FIG. 1

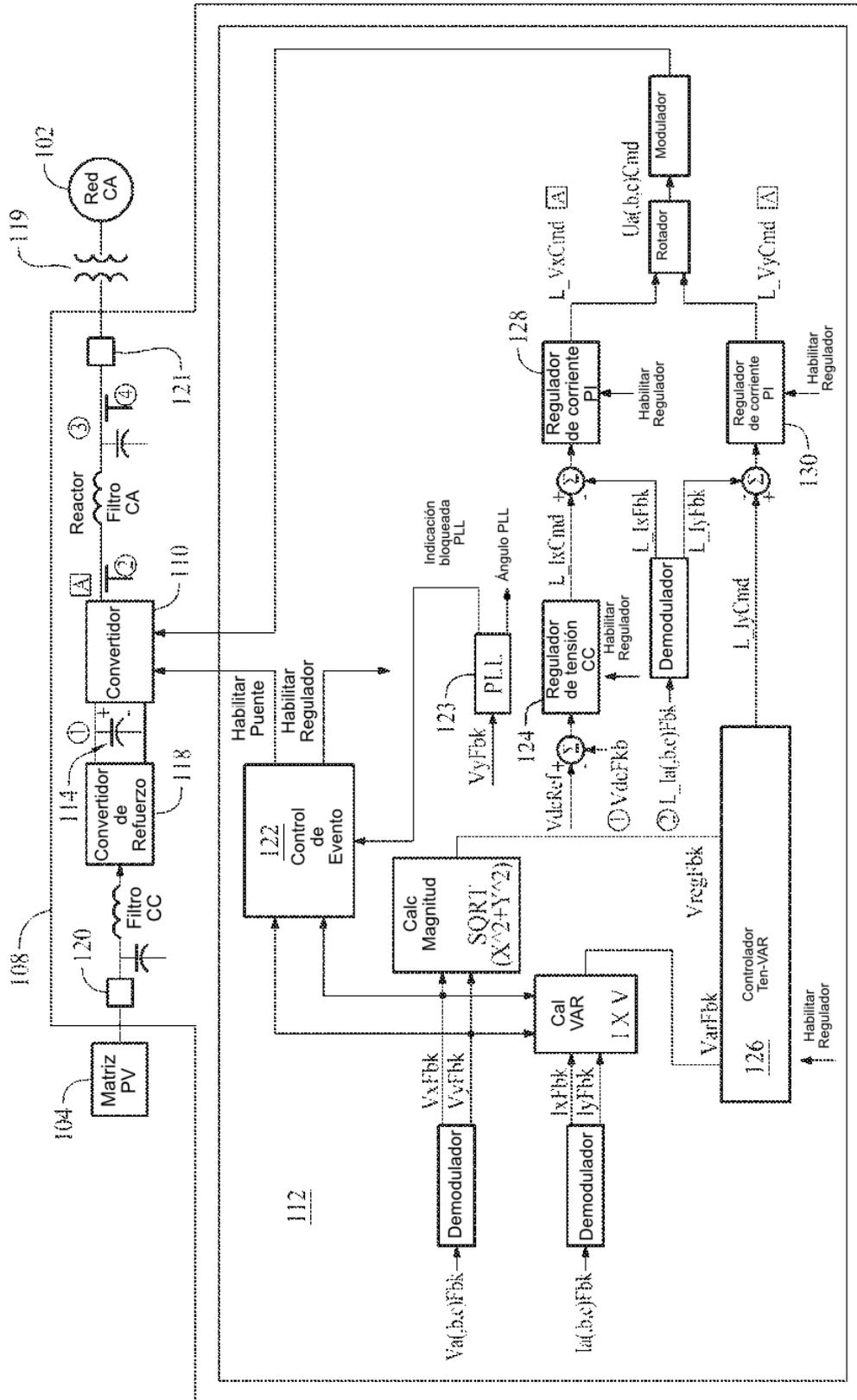


FIG. 2

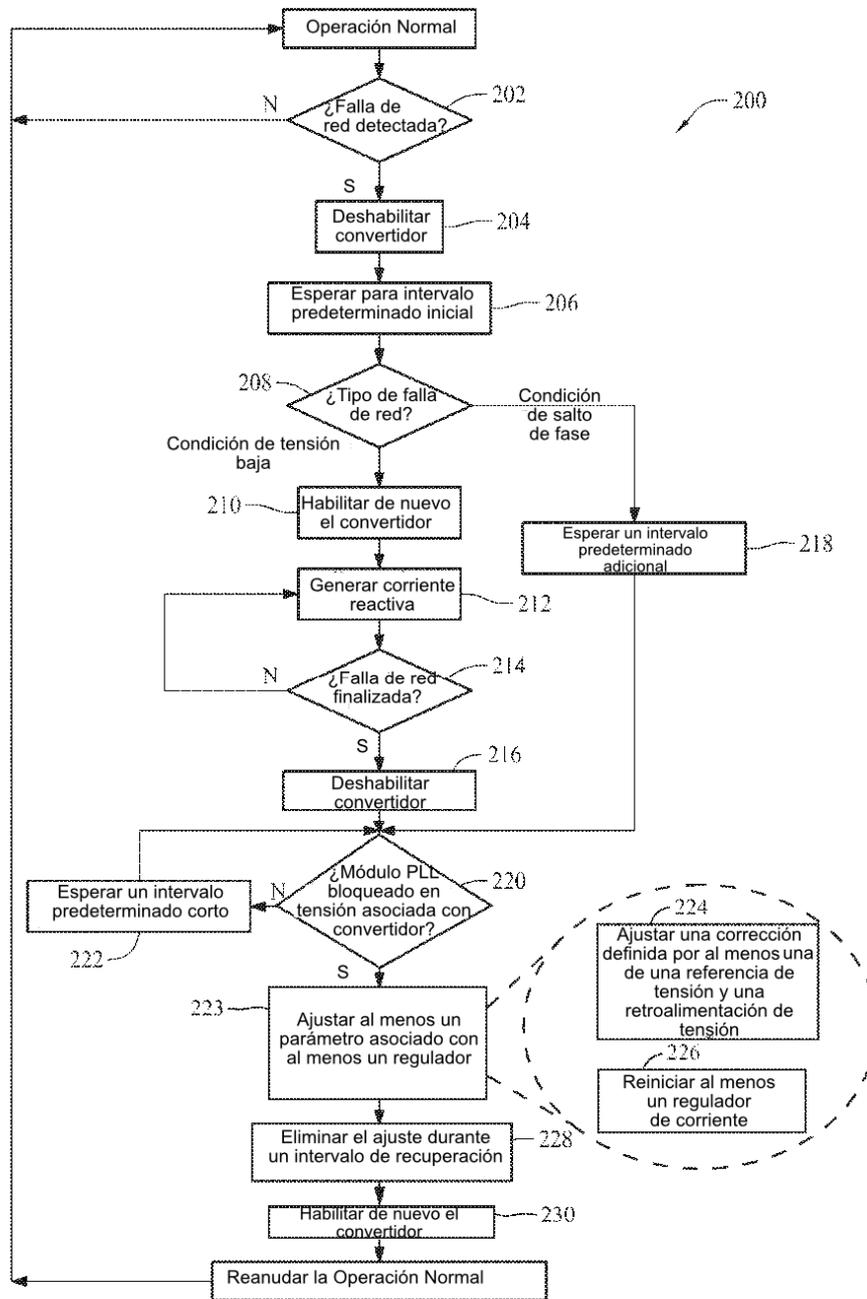


FIG. 3