

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 960 036**

51 Int. Cl.:

H02J 3/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.05.2018 PCT/US2018/035022**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.12.2018 WO18222650**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.05.2018 E 18732562 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.07.2023 EP 3631932**

54 Título: **Sistemas y métodos de detección de funcionamiento en isla**

30 Prioridad:

31.05.2017 US 201762513187 P

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

29.02.2024

73 Titular/es:

**SCHNEIDER ELECTRIC SOLAR INVERTERS USA,
INC. (100.0%)
250 S. Vasco Road
Livermore, CA 94551, US**

72 Inventor/es:

**ZHANG, QING;
AULAGNIER, VINCENT y
VANWERKHOVEN, STEVEN**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 960 036 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 métodos de detección de funcionamiento en isla

Antecedentes de la invención

Campo de la invención

5 Al menos un ejemplo de acuerdo con la presente invención se relaciona en general con el suministro de energía a cargas y a una red eléctrica de suministro, y más particularmente con la detección de un estado de funcionamiento en isla en la que la red eléctrica ha dejado de estar disponible, por ejemplo, debido a la desconexión o mal funcionamiento.

Descripción de la técnica relacionada

10 La energía solar y otras fuentes de energía renovables son cada vez más frecuentes en muchas aplicaciones y a menudo se conectan a una red eléctrica de suministro o de otra red de servicios públicos para suministrar energía a la red eléctrica de suministro. El funcionamiento en isla en un sistema de suministro eléctrico es una condición en la que una parte del sistema que incluye una carga y la generación de energía, como por ejemplo un sistema solar con un inversor, se aísla del resto del sistema de suministro debido a un fallo, una desconexión o similar.

15 Algunos sistemas eléctricos detectan un estado de funcionamiento en isla y, cuando lo detectan, dejan de producir energía en la parte aislada del sistema. Es lo que se conoce como sistema antisla. El sistema antisla es conveniente porque el funcionamiento en isla puede tener consecuencias indeseables, que incluye riesgos para los trabajadores de las compañías eléctricas de suministro o para el público en general, que pueden no ser conscientes de que una línea sigue recibiendo energía, aunque se haya desconectado de la red eléctrica de suministro, y posibles daños en los equipos de los clientes porque la tensión y la frecuencia de la parte aislada del sistema ya no están controladas por la red eléctrica. Por estas razones, la capacidad de detección de funcionamiento en isla puede ser especialmente
20 conveniente en sistemas en los que los dispositivos distribuidos que suministran energía eléctrica están conectados a una red eléctrica de suministro. Los documentos JERAPUTRA C et al "An improved anti-islanding algorithm for utility interconnection of multiple distributed fuel cell powered generations", Applied Power Electronics Conference and Exposition, 2005. APEC 2005. Twentieth Annual IEEE Austin, TX, USA 6-10 March 2005, Piscataway, NJ, USA, IEEE, US, vol 1, 6 March 2005, US2011/309690, WO2013/142553 and US2005/254191 describen ejemplos de sistemas y
25 métodos para la detección de funcionamiento en isla de acuerdo con la técnica anterior disponible.

Resumen

Los aspectos y las formas de realización se dirigen en general a sistemas y métodos de detección de funcionamiento en isla de, por ejemplo, sistemas de generación, almacenamiento y distribución de energía, incluidos generadores, células fotovoltaicas (solares), turbinas eólicas y similares, e inversores y convertidores de potencia para cualquiera de ellos.

30 De acuerdo con la invención, se proporciona un sistema de potencia eléctrica. El sistema de potencia eléctrica incluye una entrada de energía configurada para recibir energía de entrada, una salida de energía configurada para acoplarse a una red eléctrica de suministro y para proporcionar energía de salida a la red eléctrica, circuitería de conversión de energía acoplados a la entrada de energía y la salida de energía y configurados para convertir la potencia de entrada en potencia de salida, y circuitería de detección de funcionamiento en isla acoplado a la salida de potencia y a la
35 circuitería de conversión de potencia. La circuitería de detección de funcionamiento en isla se configura para inyectar una corriente de perturbación en la salida de potencia en función de una señal de corriente de perturbación, recibir una señal de tensión de la salida de potencia, correlacionar de forma cruzada la señal de corriente de perturbación con la señal de tensión para proporcionar una señal de correlación cruzada, y determinar un estado de funcionamiento en isla en función de la señal de correlación cruzada, en donde determinar un estado de funcionamiento en isla en función de la señal de correlación cruzada incluye comparar la señal de correlación cruzada con un valor umbral; y en donde la circuitería de detección de funcionamiento en isla se configura además para ajustar el valor umbral en función de valores previos de la señal de correlación cruzada.

40 En algunos ejemplos, la circuitería de detección de funcionamiento en isla se configura además para integrar la señal de correlación cruzada durante un período de tiempo para proporcionar un valor integrado de correlación cruzada, y en donde la determinación de un estado de funcionamiento en isla en función de la señal de correlación cruzada incluye la determinación del estado de funcionamiento en isla en función del valor integrado de correlación cruzada.

Algunos ejemplos incluyen una fuente de energía acoplada a la entrada de potencia y configurada para proporcionar la energía de entrada. En algunos ejemplos, la fuente de energía incluye una célula fotovoltaica.

En algunos ejemplos, la señal de tensión es una señal de tensión en cuadratura.

50 De acuerdo con la invención, se proporciona un método para detectar un estado de funcionamiento en isla en un sistema eléctrico que proporciona potencia de salida en forma de una tensión de salida y una corriente de salida. El método incluye proporcionar una señal de corriente de perturbación que cause una corriente de perturbación que se inyectará en la corriente de salida, recibiendo una señal de tensión relacionada con la tensión de salida, correlacionar de forma cruzada la señal de corriente de perturbación con la señal de tensión para proporcionar una señal de la

5 correlación cruzada, y determinar un estado de funcionamiento en isla en función por lo menos en parte de la señal de correlación cruzada, en donde determinar un estado de funcionamiento en isla en función por lo menos en parte de la señal de correlación cruzada incluye comparar un valor de la señal de correlación cruzada con un valor de umbral; y en donde la circuitería de detección de funcionamiento en isla se configura además para ajustar el valor umbral en función de valores anteriores de la señal de correlación cruzada.

Algunos ejemplos incluyen la integración de la señal de correlación cruzada para proporcionar una señal integrada de correlación cruzada.

Algunos ejemplos incluyen el ajuste del valor umbral en respuesta a la determinación de que el estado de funcionamiento en isla no existe.

10 En algunos ejemplos, la determinación de un estado de funcionamiento en isla en función al menos en parte en la señal de correlación cruzada incluye la determinación del estado de funcionamiento en isla en función de varias comparaciones en las que el valor de la señal de correlación cruzada supera el valor umbral.

Algunos ejemplos incluyen dejar de suministrar potencia de salida en respuesta a la determinación de que existe el estado de funcionamiento en isla.

15 En algunos ejemplos, la señal de tensión es una señal de tensión en cuadratura de secuencia positiva.

Algunos ejemplos incluyen derivar la señal de tensión convirtiendo la tensión de salida, convirtiendo la tensión de salida incluyendo al menos transformar la tensión de salida en señales de tensión de 2 fases y transformar las señales de tensión de 2 fases en un marco de referencia giratorio para proporcionar una señal de tensión directa y una señal de tensión en cuadratura.

20 De acuerdo con algunos ejemplos, una amplitud de pico de la corriente de perturbación está en un rango de 1 % a 3 % de una corriente activa de la potencia de salida.

25 Todavía se describen en detalle otros aspectos, formas de realización, ejemplos y ventajas de estos aspectos y formas de realización de ejemplo más adelante. Los ejemplos descritos en la presente memoria se pueden combinar con otros ejemplos de cualquier manera en consonancia con al menos uno de los principios descritos en la presente memoria, y las referencias a "un ejemplo", "algunos ejemplos", "un ejemplo alternativo", "diversos ejemplos", "un ejemplo" o similares no son necesariamente mutuamente excluyentes y pretenden indicar que un rasgo, estructura o característica particular descrita se puede incluir en al menos un ejemplo. Las referencias de dichos términos en la presente memoria no hacen referencia necesariamente al mismo ejemplo.

Breve descripción de los dibujos

30 No se pretende que los dibujos adjuntos estén dibujados a escala. En los dibujos, cada componente idéntico o casi idéntico que se ilustra en diversas figuras se representa mediante un número de referencia similar. En aras de la claridad, es posible que no todos los componentes estén etiquetados en todos los dibujos. En los dibujos:

La FIG. 1 es un diagrama de bloques de un ejemplo de sistema de suministro de energía;

La FIG. 2A es un diagrama de bloques de un ejemplo de bloque de control para una parte de un sistema de suministro de energía;

35 La FIG. 2B es un diagrama de bloques de un ejemplo de bucle de bloqueo de fase para un sistema de potencia;

La FIG. 2C es un diagrama de bloques de un ejemplo de controlador de corriente para un sistema de potencia;

La FIG. 2D es un diagrama de bloques de un ejemplo de detector de funcionamiento en isla para un sistema de potencia;

La FIG. 3 es un gráfico de un ejemplo de señal de perturbación para inyectar en un sistema de potencia;

40 La FIG. 4A es un diagrama de flujo de un ejemplo de método de detección de islas;

La FIG. 4B es un diagrama de flujo de otro ejemplo de método de detección de islas;

La FIG. 5 es un conjunto de gráficos de señales asociadas a un método de detección de islas; y

La FIG. 6 es un ejemplo de diagrama de bloques de componentes informáticos que forman un sistema que se puede configurar para implementar uno o más aspectos de la presente invención.

Descripción detallada

45 Los sistemas y métodos descritos en la presente memoria se dirigen a sistemas y métodos de energía eléctrica para su integración en una red de suministro pública o de otro tipo. Los sistemas y métodos de ejemplo descritos en la presente memoria aceptan la entrada de potencia de diversos tipos de fuentes de energía, convierten la energía en

corriente alterna (CA) monofásica o trifásica y suministran energía a una red eléctrica de suministro y a diversas cargas. Los sistemas y métodos de ejemplo proporcionan una capacidad mejorada para detectar un estado de funcionamiento en isla, que se produce cuando una red eléctrica de suministro se desconecta o funciona mal, de modo que diversos sistemas o componentes pueden tomar medidas en respuesta a lo mismo, como por ejemplo mediante la desconexión.

Los ejemplos de los métodos y sistemas descritos en la presente memoria no se limitan en su aplicación a los detalles de construcción y la disposición de los componentes expuestos en la siguiente descripción o ilustrados en los dibujos adjuntos. Los métodos y sistemas se pueden implementar en otras formas de realización y ponerse en práctica o llevarse a cabo de diversas maneras. Los ejemplos de implementaciones específicas se proporcionan en la presente memoria sólo con fines ilustrativos y no pretenden ser restrictivos. En particular, los actos, componentes, elementos y características descritas en relación con uno o más ejemplos no pretenden ser excluidos de un papel similar en cualesquiera otros ejemplos.

Asimismo, la fraseología y terminología empleadas en la presente memoria tienen por objeto la descripción y no se deben considerar restrictivas. Cualquier referencia a ejemplos, formas de realización, componentes, elementos o actos de los sistemas y métodos referidos en la presente memoria en singular puede abarcar también formas de realización que incluyan una pluralidad, y cualquier referencia en plural a cualquier forma de realización, componente, elemento o acto referido en la presente memoria puede abarcar también formas de realización que incluyan sólo una singularidad. Las referencias en singular o plural no pretenden limitar los sistemas o métodos descritos en la presente memoria, sus componentes, actos o elementos. El uso en la presente memoria de "incluyendo", "comprendiendo", "teniendo", "conteniendo", "implicando" y sus variaciones pretende abarcar los elementos enumerados a continuación y sus equivalentes, así como elementos adicionales. Las referencias a "o" se pueden interpretar como inclusivas, de modo que cualquier término descrito utilizando "o" puede indicar uno, más de uno y todos los términos descritos. Además, en caso de incoherencia en el uso de los términos entre este documento y los documentos incorporados en la presente memoria por referencia, el uso de los términos en las referencias incorporadas es complementario al del presente documento; en caso de incoherencias irreconciliables, prevalecerá el uso de los términos en este documento.

Entre los métodos activos para detectar el funcionamiento en isla se incluyen la introducción intencionada de cambios, alteraciones o perturbaciones en la red conectada y la supervisión de la respuesta para determinar si la red eléctrica de suministro sigue conectada, mediante la comprobación de la frecuencia, la tensión, la impedancia u otras características. Algunos ejemplos incluyen medir o detectar impedancias (quizás en una frecuencia armónica particular); intentar causar, medir y/o detectar cambios de frecuencia, derivas o saltos; inyectar variaciones de corriente y detectar y/o medir las respuestas de tensión; e intentar variar las tensiones y detectar y/o medir las respuestas.

En los métodos convencionales de detección de funcionamiento en isla, un sistema eléctrico puede inyectar una señal de gran perturbación en la red eléctrica de suministro. En algunos casos, la señal de perturbación grande puede tener consecuencias adversas para el sistema eléctrico o la red eléctrica de suministro. En algunos casos, el sistema eléctrico implementa uno o más bucles de realimentación que aumentan el tamaño de la señal inyectada cuando el sistema eléctrico determina que se puede estar produciendo una situación de funcionamiento en isla, aumentando de este modo el tamaño de la perturbación y afectando potencialmente de forma adversa a la red y/o a las cargas conectadas. Otra desventaja de los enfoques anteriores es que suelen tener una zona de no detección (NDZ) indeseablemente grande, es decir, un conjunto específico de condiciones de funcionamiento en las que la detección de funcionamiento en isla es difícil o simplemente imposible. Por ejemplo, la NDZ puede incluir un rango de cargas locales (es decir, cargas dentro de la isla) para las que un método puede fallar a la hora de detectar el funcionamiento en isla. Por ejemplo, una carga RLC con un valor elevado del factor de calidad (Q) puede dificultar la detección del funcionamiento en isla. Además, una carga RLC desequilibrada puede aumentar la dificultad de detección dentro de un plazo deseado.

La FIG. 1 es un diagrama de bloques que ilustra un ejemplo de sistema 100 en el que se puede producir un funcionamiento en isla. El sistema 100 incluye un conjunto fotovoltaico 102, un inversor 104, un disyuntor 106, una red eléctrica de suministro 108 y una carga local 110. El sistema 100 puede incluir opcionalmente un convertidor CC/CC 112. El conjunto fotovoltaico 102 y el inversor 104 forman un sistema de generación de energía que suministra energía a la carga local 110 y a la red eléctrica de suministro 108. El sistema 100 también incluye un controlador 114, que puede estar integrado con el inversor 104 o, en otros ejemplos, puede estar separado del inversor 104. Si la red eléctrica de suministro 108 está o se desconecta, como en el ejemplo del disyuntor 106 abierto, se crea una isla 116.

En diversos ejemplos del sistema 100, se pueden incluir fuentes de energía en lugar o además del conjunto fotovoltaico 102, como por ejemplo generadores eólicos, generadores accionados por combustible, otros generadores, baterías, pilas de combustible, etc., cada uno de los cuales puede suministrar energía a un inversor 104, u otra forma de convertidor de potencia, para su suministro a las cargas y a la red eléctrica de suministro 108. Además, cada una o varias de dichas fuentes de energía se pueden conectar a través de un convertidor CC/CC, módulos de acondicionamiento de potencia y/o circuitos o componentes de corrección del factor de potencia (PFC). Cada una o varias de dichas fuentes de energía también pueden incluir componentes de seguimiento del punto de máxima potencia (MPPT) u otros componentes de monitorización, acondicionamiento, conversión, equilibrado y/o control de potencia. El inversor 104 puede ser cualquiera de los diversos tipos de inversores, o pueden ser otros tipos de convertidores, capaces de aceptar la energía de al menos una de cualquiera de las diversas fuentes de energía y cuya potencia de salida está destinada a ser compatible con la carga 110 y la red eléctrica de suministro 108.

Diversos componentes de adaptación, conversión y/o inversión de potencia pueden incluir sistemas o componentes de control como parte de su funcionamiento general. La FIG. 2A es un diagrama de bloques de un ejemplo de bloque de control de inversor 200 que incluye detección de funcionamiento en isla. El bloque de control del inversor 200 incluye un controlador de potencia 202 y un controlador de corriente 204 acoplados a un puente de potencia 206 para la conversión y el suministro de potencia de CA a partir de una fuente de CC. El controlador de corriente 204 controla la salida de CA mediante realimentación, y un bucle de fase bloqueada (PLL) 208 proporciona información sobre la fase angular al controlador de corriente 204. Se incluye un detector de funcionamiento en isla 210 que inyecta una corriente en cuadratura perturbadora, I_{q_pert} , en la salida de CA y supervisa una reacción en una tensión en cuadratura de secuencia positiva, V_{q+} , que también proporciona el PLL 208. Los interruptores 212 y 214 permiten desconectar los lados de CA y CC del puente de potencia 206, cuando sea necesario. Como indica la línea discontinua, el puente de potencia 206 se puede apagar y desconectar de la red de CA por medio del interruptor 212 cuando el detector de funcionamiento en isla 210 detecta un funcionamiento en isla.

El detector de funcionamiento en isla 210 controla una corriente de perturbación, que se inyecta como una perturbación en cuadratura por medio del controlador de corriente 204. La corriente de perturbación se puede inyectar a intervalos y/o períodos para proporcionar una supervisión, en esencia, continua de un estado de funcionamiento en isla. El detector de funcionamiento en isla 210 también supervisa cualquier variación resultante en una tensión en cuadratura de secuencia positiva, causada por la corriente de perturbación. Una tensión en cuadratura, como por ejemplo la tensión en cuadratura de secuencia positiva, V_{q+} , indica un componente reactivo de la potencia que se suministra a las cargas del sistema eléctrico. En condiciones estacionarias, la tensión en cuadratura de secuencia positiva, V_{q+} , es una tensión de CC constante y puede ser cero voltios si la impedancia neta de las cargas del sistema es puramente resistiva. Si la red eléctrica de suministro 108 está conectada y funciona con normalidad, todo el sistema absorbe la corriente de perturbación sin que provoque ninguna variación sustancial en la tensión en cuadratura. Sin embargo, durante un estado de funcionamiento en isla, en el que la red de suministro está desconectada, una corriente en cuadratura inyectada provocará que se genere una tensión en cuadratura más importante. El PLL 208 mide las tensiones en el lado de salida de CA del puente de potencia 206, y determina y proporciona la tensión en cuadratura al detector de funcionamiento en isla 210.

La FIG. 2B es un diagrama de bloques que ilustra un ejemplo de implementación del PLL 208, el cual, como parte de su funcionamiento, genera una tensión en cuadratura de secuencia positiva utilizada como entrada al detector de funcionamiento en isla 210 de la FIG. 2A. El PLL 208 incluye y/o lleva a cabo una transformada Clarke 216 que convierte las tensiones trifásicas de CA en señales de tensión bifásicas. Las tensiones de CA trifásicas de entrada a la transformada Clarke 216 son las tensiones de salida de CA del puente de potencia 206 que se proporcionan a la carga 110 y a la red eléctrica de suministro 108 cuando están conectadas. Las señales de tensión bifásica se pueden filtrar, por ejemplo, para reducir el ruido. Por ejemplo, un filtro pasa banda 218 se puede configurar para pasar señales centradas en el rango de 50 - 60 Hz.

Las señales de tensión bifásica se descomponen en componentes de secuencia positiva y negativa mediante otra transformada 220, y los componentes de secuencia positiva se transforman de un marco de referencia estacionario (SRF) a un marco de referencia giratorio (RRF) mediante una transformada de Park 222, para generar tensiones directas y en cuadratura de secuencia positiva. La tensión en cuadratura de secuencia positiva 224 se proporciona como entrada al detector de funcionamiento en isla 210 de la FIG. 2A, cuyo funcionamiento se describe con más detalle a continuación. El PLL 208 incluye componentes adicionales no descritos pero mostrados en la FIG. 2B para el seguimiento, por ejemplo, ángulos de fase, que se pueden proporcionar al controlador de corriente 204 y se pueden utilizar por la transformada de Park 222.

La FIG. 2C es un diagrama de bloques que ilustra un ejemplo de implementación del controlador de corriente 204 de la FIG. 2A. El controlador de corriente 204 recibe valores de corriente de referencia directa y en cuadratura del controlador de potencia 202, y recibe un valor de corriente de perturbación en cuadratura del detector de funcionamiento en isla 210 para proporcionar señales de salida para controlar el puente de potencia 206. El controlador de corriente 204 ilustrado en la FIG. 2C es meramente un ejemplo y se puede implementar de diversas maneras.

En el ejemplo de bloque de control 200 de la FIG. 2A, el controlador de corriente 204 controla el puente de potencia 206 para inyectar una corriente de perturbación en la corriente (en cuadratura) reactiva en la salida de CA. La cantidad de corriente de perturbación se controla mediante una señal de perturbación del detector de funcionamiento en isla 210. La corriente de perturbación no afecta, en esencia, a la tensión de la red cuando ésta está conectada, es decir, el efecto de inyectar una corriente de perturbación es mínimo cuando la red funciona normalmente. La corriente de perturbación se proporciona como corriente reactiva al menos en parte porque los cambios en la potencia activa pueden tener efectos adversos en las cargas de los clientes y pueden ser más difíciles de conseguir dada la potencia disponible y/o las limitaciones de otros componentes del sistema, como por ejemplo los componentes de seguimiento del punto de máxima potencia.

La FIG. 2D es un diagrama de bloques que ilustra un ejemplo de implementación de una parte del detector de funcionamiento en isla 210 de la FIG. 2A. El detector de funcionamiento en isla 210 incluye filtros de paso bajo 244 y 246, un restador 248, un correlacionador cruzado 250, un integrador rearmable 252, un calculador de umbral dinámico 254 y un detector 256.

Según se describió anteriormente, en una condición de estado estable, la tensión en cuadratura de secuencia positiva 224 es una señal de CC. Una corriente de perturbación inyectada en la salida de CA del puente de potencia 206, como se ha descrito anteriormente, provoca una variación en la tensión en cuadratura de secuencia positiva 224. La variación resultante en la tensión en cuadratura de secuencia positiva 224 puede ser insustancial cuando la red está conectada y funcionando normalmente, pero la variación puede ser más sustancial cuando existe un estado de funcionamiento en isla. Además, la variación resultante en la tensión en cuadratura de secuencia positiva 224 está correlacionada con la señal de perturbación, I_{q_pert} , que controla la corriente de perturbación inyectada. Por consiguiente, el detector de funcionamiento en isla 210 correlaciona la señal de perturbación, I_{q_pert} , y la tensión en cuadratura de secuencia positiva 224 resultante, V_{q+} , y analiza el resultado (por ejemplo, incluyendo la integración y la detección de umbral) para determinar si existe un estado de funcionamiento en isla.

En primer lugar, la tensión en cuadratura de secuencia positiva 224, proporcionada por el PLL 208, se filtra para eliminar los componentes medios y de movimiento lento, como por ejemplo el valor de CC de estado estacionario y las fluctuaciones ordinarias causadas por las variaciones en la red eléctrica de suministro y/o las condiciones de carga. En la implementación de ejemplo mostrada en la FIG. 2D, los componentes de movimiento lento se filtran restando una salida del filtro de paso bajo 244 de la tensión en cuadratura de secuencia positiva 224 no filtrada, mediante el restador 248. Restar una versión filtrada de paso bajo de una señal de sí misma es, en esencia, lo mismo que filtrar de paso alto la señal, y esto se puede lograr de diversas maneras alternativas. El filtro de paso bajo 246 elimina las variaciones de frecuencia más altas en la tensión en cuadratura de secuencia positiva 224, como por ejemplo armónicos, ruido y variaciones causadas por cambios más drásticos en la red eléctrica de suministro y/o las condiciones de carga. Un resultado neto de los filtros de paso bajo 244, 246 y el restador 248 es una versión filtrada de paso de banda de la tensión en cuadratura de secuencia positiva 224, por ejemplo, habiendo eliminado los componentes de estado estacionario y de movimiento lento, así como los armónicos, el ruido y otros componentes de alta frecuencia. El filtrado de dichas componentes reduce la sensibilidad a las variaciones erróneas de la señal y al ruido en la señal de tensión de red, y reduce la probabilidad de detección falsa de un estado de funcionamiento en isla.

La versión filtrada de la tensión en cuadratura de secuencia positiva 224 se correlaciona de forma cruzada con la señal de perturbación, I_{q_pert} , mediante el correlacionador cruzado 250, y el integrador 252 integra la salida del correlacionador cruzado 250 durante un periodo de tiempo. La salida del integrador 252 es un valor integrado de correlación cruzada. El valor integrado de correlación cruzada se proporciona a un detector 256 que compara el valor integrado de correlación cruzada con un valor umbral para determinar si existe un estado de funcionamiento en isla. Por ejemplo, un valor integrado de correlación cruzada que es mayor que el valor umbral puede indicar que la tensión en cuadratura de secuencia positiva 224 tuvo una respuesta sustancial a la señal de perturbación inyectada, lo que puede indicar que existe un estado de funcionamiento en isla.

La señal de perturbación se puede proporcionar, y una corriente de perturbación se puede inyectar, a intervalos regulares. El integrador 252 se restablece para cada periodo de tiempo, por ejemplo, al final de cada intervalo de perturbación, y se proporciona un nuevo valor integrado de correlación cruzada en el siguiente intervalo. Por consiguiente, el detector de funcionamiento en isla 210 puede funcionar de forma continua y el integrador 252 puede proporcionar valores integrados periódicos de correlación cruzada al detector 256 que compara periódicamente el valor integrado actual de correlación cruzada con un umbral para determinar si se indica un estado de funcionamiento en isla.

El valor umbral con el que se compara el valor integrado de correlación cruzada, es decir, mediante el detector 256, es un umbral dinámico. Por ejemplo, la salida del integrador 252 se puede proporcionar a un calculador de umbrales dinámicos 254 que calcula, o establece, un umbral dinámico en función de valores anteriores de la salida del integrador 252. Los valores similares repetitivos del valor integrado de correlación cruzada a lo largo del tiempo pueden proporcionar un valor de referencia para condiciones normales y, por consiguiente, pueden ser la base de un valor de umbral dinámico para la detección de funcionamiento en isla. La utilización de un umbral dinámico, en lugar de un umbral estático, reduce la sensibilidad de los sistemas y métodos descritos en la presente memoria a impedancias y condiciones de red diversas o cambiantes.

La FIG. 3 es un diagrama esquemático que ilustra una señal de perturbación 300 de ejemplo. La señal de perturbación 300 es una onda cuadrada periódica de onda completa que incluye partes de onda positiva 302 y 304 y partes de onda negativa 306 y 308, y se inyecta como una corriente reactiva, según se ha descrito anteriormente. La magnitud de la señal de perturbación 300 puede ser una fracción de la corriente nominal proporcionada por el puente de potencia 206, y puede estar en un intervalo de 0,5 % a 10 % o más de la corriente nominal. En algunos ejemplos, la magnitud de la señal de perturbación 300 puede estar comprendida entre el 1 % y el 3 % de la corriente nominal. En una implementación de ejemplo, el sistema incluye dos puentes, la corriente nominal es de 2.000 amperios (A) (rms), y el valor pico de la señal de perturbación inyectada está en el intervalo de 28 A a 85 A para dos puentes (la mitad para cada uno de los dos puentes). En otras implementaciones, el inversor sólo tiene un puente, y en todavía otras implementaciones, el inversor puede tener más de dos puentes. El inversor puede tener una salida de corriente superior o inferior a la implementación del ejemplo anterior.

En un ejemplo, un sistema de generación de energía incluye 2 inversores de CC a CA (o "puentes de conversión de energía"), cada uno con una potencia nominal de hasta 1 MW (ya que 2 MW de potencia no pueden ser gestionados por un solo inversor). Cada inversor produce una salida trifásica. Los dos puentes se conectan en paralelo y las salidas

trifásicas de los 2 puentes se intercalan (por ejemplo, 180 grados desfasadas entre sí). Se puede utilizar una amplitud de perturbación predeterminada de 28 A (pico) y mantenerla fija para diversos órdenes I_d e I_q del controlador de potencia.

Los valores típicos de los parámetros etiquetados en la FIG. 3 para la señal de perturbación 300 son los siguientes:

5 $T_{p+} = T_{p-} = 0 \text{ ms} \sim 100 \text{ ms}$, por defecto: 20 ms

$T_{p0} = 0 \text{ ms} \sim 100 \text{ ms}$, por defecto: 40 ms

$T_{p_period} = 0 \text{ ms} \sim 5 \text{ s}$, por defecto: 160 ms

$T_{p_idle} = T_{p_period} - T_{p+} - T_{p-} - T_{p0}$

10 En diversos ejemplos, los valores de los parámetros anteriores se pueden ajustar para proporcionar la detección de un estado de funcionamiento en isla dentro de un tiempo requerido, y/o para minimizar una cantidad de distorsión de corriente añadida a la salida del inversor. En un ejemplo de implementación, el tiempo necesario para la detección puede ser de 850 ms. Se puede utilizar una onda cuadrada con una amplitud mayor y un período más corto para mejorar la detección a costa de añadir más distorsión a la forma de onda de la corriente de salida del inversor.

15 La señal de perturbación 300 es tanto positiva como negativa. En un ejemplo, la magnitud de la perturbación es de aproximadamente el 2 % de una corriente nominal asociada a un puente de potencia. En algunos ejemplos, puede haber corriente reactiva inyectada en el sistema para fines distintos de la detección de funcionamiento en isla. Los aspectos y las formas de realización que se describen en la presente memoria diferencian las consecuencias del funcionamiento en isla en parte por tener partes de evolución positiva y de evolución negativa en la señal de perturbación 300. En diversos ejemplos, se pueden utilizar otras formas de señal de perturbación. Por ejemplo, la señal de perturbación puede no ser una onda cuadrada, puede incluir múltiples niveles, puede tener una distribución desigual de partes de evolución positiva y de evolución negativa, puede no tener la misma magnitud en una parte positiva que en una parte negativa, y/o puede variar de la señal de perturbación de ejemplo de otras maneras.

20 En algunos ejemplos, la detección de funcionamiento en isla requiere que múltiples valores integrados de correlación cruzada consecutivos superen el umbral. En un ejemplo particular, cuatro valores integrados de correlación cruzada consecutivos deben exceder el valor umbral, como por ejemplo se ilustra en la FIG. 5, descrita más adelante. Un requisito de múltiples valores consecutivos que excedan un umbral puede proporcionar una detección de funcionamiento en isla más robusta, reduciendo o eliminando las detecciones de falsos positivos.

25 La FIG. 4A es un diagrama de flujo que ilustra un método de funcionamiento 400a de ejemplo de los aspectos y formas de realización descritas en la presente memoria para detectar un estado de funcionamiento en isla. El método 400a se puede implementar en el bloque de control del inversor 200 descrito anteriormente. En el bloque 402 se inicializa un integrador. Una señal de corriente de perturbación (inyectada en la corriente reactiva) se correlaciona de forma cruzada con una señal de tensión en cuadratura y el resultado se integra (bloque 404). Por ejemplo, el correlacionador cruzado 250 y el integrador 252 del detector de funcionamiento en isla 210 (véase la FIG. 2D) pueden llevar a cabo la correlación cruzada e integración del bloque 404. En algunas implementaciones, la integración de la correlación cruzada se lleva a cabo sobre un único período de la señal de corriente de perturbación periódica. En otras implementaciones, la integración se lleva a cabo sobre más de un período de la señal de corriente de perturbación. Sin funcionamiento en isla, la salida integrada es baja en respuesta a la perturbación. Con funcionamiento en isla, la salida integrada es mayor en respuesta a la perturbación. Por consiguiente, si la salida integrada supera un umbral determinado, se detecta el funcionamiento en isla. La salida integrada se puede utilizar para calcular un índice (bloque 406) que se compara con el umbral predeterminado (bloque 408) para determinar si se ha producido un funcionamiento en isla (bloque 410). En algunos ejemplos, la salida integrada (del bloque 404) se puede comparar directamente con el umbral en el bloque 408, en lugar de un valor de índice. Si se detecta un estado de funcionamiento en isla (bloque 410), se puede generar una señal de alerta y proporcionarse a diversas salidas u otros componentes, y se puede terminar la generación de energía (bloque 412). Si no se detecta un estado de funcionamiento en isla, por ejemplo, porque el índice o el valor integrado es menor que el umbral (bloque 408), el integrador se restablece (bloque 414) y el umbral se puede ajustar (bloque 415) antes de comenzar otra integración (bloque 404).

30 En algunos ejemplos, la señal de tensión en cuadratura se puede filtrar antes de la correlación cruzada. En algunos ejemplos, la señal de tensión en cuadratura puede ser una señal de tensión en cuadratura de secuencia positiva. En otros ejemplos, la señal de tensión en cuadratura puede ser una señal de tensión en cuadratura de secuencia negativa, o puede ser una señal de tensión en cuadratura sin separación en componentes positivos o negativos. En algunos ejemplos, la señal de corriente de perturbación puede representar una señal de corriente inyectada en una componente de corriente activa en lugar de una corriente reactiva, y la señal de tensión puede ser una señal de tensión continua en lugar de una señal de tensión en cuadratura.

35 El umbral T puede ser un umbral dinámico. En algunos ejemplos, se puede calcular un nuevo valor umbral a partir de la salida integrada, y si el valor absoluto del nuevo valor umbral es menor que el valor umbral actual, el valor umbral se ajusta para que sea el nuevo valor umbral. En algunos ejemplos, se puede calcular un nuevo valor umbral utilizando un filtro de respuesta de impulso infinita (HR) de suavizado exponencial.

En algunos ejemplos, un valor de umbral dinámico se puede calcular como un porcentaje de o un porcentaje por encima de una media decreciente de valores integrados de correlación cruzada históricos, o puede ser un porcentaje de o por encima de una media decreciente de valores máximos de la correlación cruzada históricos (por ejemplo, sin integración). En algunos ejemplos, el umbral dinámico se puede ajustar para que sea aproximadamente un 10 % superior a una media histórica de los valores de correlación cruzada durante los tiempos sin funcionamiento en isla. En otros ejemplos, el umbral dinámico se puede ajustar hasta el 200 % de un valor histórico de correlación cruzada sin funcionamiento en isla.

En algunos ejemplos, una sola instancia de exceder el umbral (bloque 408) puede no considerarse suficiente para determinar que existe un estado de funcionamiento en isla (bloque 410). Por ejemplo, la FIG. 4B es un diagrama de flujo que ilustra un ejemplo de un método de funcionamiento alternativo 400b que incluye la detección de un número, N, de conteos consecutivos de la salida integrada que exceden un valor umbral. Según se describió anteriormente, el número, N, puede ser cuatro (4) en algunos ejemplos, pero puede ser cualquier número de acuerdo con diversos requisitos del sistema, como por ejemplo los tiempos de detección.

El método de operación 400b es similar al método de operación 400a, y las operaciones similares se etiquetan igual en la FIG. 4B que en la FIG. 4A. El método de funcionamiento 400b mostrado en la FIG. 4B incluye además un contador para rastrear el número de veces que la salida integrada excede el umbral (bloque 408). El contador se inicializa (bloque 416) y posteriormente se incrementa (bloque 418) y se compara con un número, N, (bloque 420) cuando la salida integrada excede el umbral, o se restablece (bloque 422) a cero cuando la salida integrada no excede el umbral. Si el contador alcanza el número establecido, N, (bloque 420) que es el número de conteos consecutivos seleccionados para desencadenar la detección de funcionamiento en isla, entonces se detecta un estado de funcionamiento en isla (bloque 410).

El funcionamiento en isla se puede detectar utilizando sistemas y métodos de acuerdo con los aspectos y formas de realización descritos en la presente memoria. En la FIG. 5 se ilustra además una señal de perturbación de onda cuadrada, correlacionada de forma cruzada con una señal de tensión en cuadratura e integrada en el periodo de un solo ciclo de la señal de perturbación, con y sin funcionamiento en isla.

La FIG. 5 muestra una señal de perturbación ilustrada en el gráfico 500a y tiene partes de una onda cuadrada de evolución positiva y de evolución negativa. Las partes de evolución positiva incluyen 502a, 504a y 506a. Las partes de evolución negativa incluyen 502b, 504b y 506b. El gráfico 500a incluye un período de tiempo sin funcionamiento en isla y un período de tiempo con funcionamiento en isla. El período de tiempo sin funcionamiento en isla incluye la parte 502a de evolución positiva y la parte 502b de evolución negativa. El período de tiempo con funcionamiento en isla incluye las partes 504a y 506a de evolución positiva y las partes 504b y 506b de evolución negativa.

La FIG. 5 también muestra una salida de correlación cruzada integrada ilustrada en el gráfico 500b, que corresponde a la señal de perturbación del gráfico 500a correlacionada de forma cruzada con una tensión en cuadratura resultante e integrada, según se ha descrito anteriormente. La salida del gráfico 500b incluye los picos de correlación 508a y 508b correspondientes a las partes 502a y 502b de evolución positiva y negativa de la señal de perturbación durante el periodo de tiempo sin funcionamiento en isla. El gráfico 500b también muestra que cada uno de los picos de correlación 508a y 508b está por debajo de un umbral predeterminado 510 indicado por una línea discontinua. El umbral 510 puede ser un umbral dinámico, según se muestra y según se ha descrito anteriormente, que se varía y/o ajusta, por ejemplo, en cualquier momento en que la salida integrada no supere el umbral.

El gráfico 500b también muestra la salida durante el periodo de tiempo con funcionamiento en isla, e incluye los picos de correlación 512a y 512b, correspondientes a las partes de evolución positiva y negativa 504a y 504b de la señal de perturbación, y los picos de correlación 514a y 514b, correspondientes a las partes de evolución positiva y negativa 506a y 506b de la señal de perturbación. Cada uno de los picos de salida de correlación 512a, 512b, 514a, y 514b durante el período de tiempo con funcionamiento en isla excede el umbral 510 para al menos alguna parte del pico de correlación cruzada integrado.

En el ejemplo mostrado en la FIG. 5, el umbral 510 es excedido por cuatro (4) partes consecutivas (medias ondas) en la señal de perturbación, que es la condición utilizada en este ejemplo para desencadenar la detección de funcionamiento en isla en el sistema. Por consiguiente, el gráfico 500c muestra la salida de un detector como por ejemplo el detector 256 de la FIG. 2D, que indica la detección de funcionamiento en isla en la transición 516, después de detectar el cuarto pico de correlación consecutivo que excede el umbral 510.

Diversos componentes descritos en la presente memoria, como por ejemplo entre otros el controlador de corriente 204, el PLL 208, el detector de funcionamiento en isla 210, u otros, se pueden implementar por software o firmware que se ejecuta en uno o más procesadores, o se pueden implementar utilizando un microcontrolador, o se pueden implementar utilizando una FPGA, o por otras combinaciones de hardware, software o firmware como parte de un sistema informático.

La FIG. 6 ilustra un ejemplo de diagrama de bloques de componentes informáticos que forman un sistema informático 600 que se puede configurar para implementar uno o más aspectos descritos en la presente memoria. Por ejemplo, el controlador de corriente 204, el PLL 208, el detector de funcionamiento en isla 210, o similares pueden incluir un sistema informático 600, o un sistema informático 600 se puede incluir para proporcionar diversas funciones de un bloque de control 200, o para proporcionar una interfaz de gestión a un operador, o para comunicarse con otros

dispositivos, como por ejemplo una interfaz de comunicaciones a una red eléctrica de suministro, una carga, o sistemas de fuentes de energía como por ejemplo el conjunto fotovoltaico 102, por ejemplo.

El sistema informático 600 puede incluir, por ejemplo, una plataforma informática como por ejemplo las basadas en procesadores informáticos de propósito general, procesadores especializados o microcontroladores. El sistema informático 600 puede incluir hardware especialmente programado y de propósito especial, por ejemplo, un circuito integrado de aplicación específica (ASIC), o hardware de diseño más general, como por ejemplo una matriz de puertas programables en campo (FPGA), un microcontrolador o un procesador de propósito general. Además, diversos aspectos de la presente descripción se pueden implementar como software especializado que se ejecuta en un sistema informático 600 como por ejemplo el que se muestra en la FIG. 6.

El sistema informático 600 puede incluir un procesador 606 conectado a uno o más dispositivos de memoria 610, como por ejemplo una unidad de disco, memoria, memoria flash, memoria integrada o en chip, u otro dispositivo para almacenar datos. La memoria 610 se puede utilizar para almacenar programas y datos durante el funcionamiento del sistema informático 600. Los componentes del sistema informático 600 se pueden acoplar mediante un mecanismo de interconexión 608, que puede incluir uno o más buses y/o una red. El mecanismo de interconexión 608 permite que se intercambien comunicaciones de, por ejemplo, datos e instrucciones, entre componentes del sistema informático 600. El sistema informático 600 también puede incluir uno o más dispositivos de entrada 604, que pueden incluir, por ejemplo, un teclado, un ratón, una pantalla táctil, y similares, o una interfaz capaz de comunicarse con dichos dispositivos. El sistema informático 600 también puede incluir uno o más dispositivos de salida 602, que pueden incluir, por ejemplo, una pantalla, un zumbador, una alarma, u otro indicador de audio, una luz, u otro indicador visual, y similares, o una interfaz capaz de comunicarse con dichos dispositivos. Además, el sistema informático 600 puede contener una o más interfaces (no mostradas) que pueden conectar el sistema informático 600 a una red de comunicaciones.

El sistema informático 600 puede incluir un componente de almacenamiento 612, que puede incluir un medio no volátil legible y/o escribible por ordenador en el que se pueden almacenar señales para proporcionar un programa a ejecutar por el procesador 606 o para proporcionar información almacenada en o sobre el medio a procesar por el programa. El medio puede ser, por ejemplo, un disco o una memoria flash u otra memoria no volátil, incluyendo memoria programable de sólo lectura (PROM) de diversos tipos, y en algunos ejemplos puede incluir memoria de acceso aleatorio (RAM). En algunas formas de realización, el procesador puede hacer que los datos se lean desde el medio no volátil a otra memoria 610 que permite un acceso más rápido a la información por parte del procesador 606 que el medio. La memoria 610 puede ser una memoria volátil de acceso aleatorio, como por ejemplo una memoria de acceso aleatorio dinámico (DRAM) o una memoria estática (SRAM). El procesador 606 puede manipular los datos dentro de la memoria 610 y copiar los datos al almacenamiento 612 una vez completado el procesamiento. Tanto la memoria 610 como el almacenamiento 612 pueden estar integrados en el procesador 606.

El sistema informático 600 puede incluir una plataforma informática programable mediante un lenguaje de programación informático de alto nivel. El sistema informático 600 también se puede implementar utilizando hardware especialmente programado o de propósito especial, por ejemplo, un ASIC. El procesador 606 puede ejecutar un sistema operativo central de bajo nivel y también puede ejecutar un sistema operativo de alto nivel. Entre los ejemplos de sistemas operativos de alto nivel se incluyen los sistemas operativos Windows disponibles en Microsoft Corporation, los sistemas operativos MAC OS o iOS disponibles en Apple Computer, los sistemas operativos Solaris disponibles en Sun Microsystems, los sistemas operativos UNIX y/o LINUX disponibles en diversas fuentes, y los sistemas operativos Android disponibles en Google, Inc. Se pueden utilizar muchos otros sistemas operativos, incluidos los sistemas informáticos sin sistema operativo y/o virtuales.

En algunas formas de realización, un inversor tiene un controlador que implementa sistemas y métodos de acuerdo con los aspectos y formas de realización descritos en la presente memoria. El controlador puede incluir un procesador, que puede ser cualquiera de los anteriores u otros procesadores adecuados, incluyendo ASIC, y puede ejecutar un conjunto de instrucciones u operar con otra lógica, para implementar el control del inversor según se ha descrito anteriormente.

Algunas formas de realización de sistemas y métodos de acuerdo con los aspectos y formas de realización descritos en la presente memoria pueden proporcionar potencia monofásica o trifásica, y pueden recibir potencia de entrada monofásica o trifásica de cualquiera de las diversas entradas de potencia, o cualquier combinación de las mismas. Las formas de realización descritas en la presente memoria pueden suministrar potencia a cargas críticas y/o a una red eléctrica de suministro utilizando múltiples fuentes de energía, incluyendo almacenamiento de energía, fuentes de energía renovables y fuentes de energía no renovables. Las fuentes convencionales y modernas y las futuras fuentes de energía se pueden acomodar en diversas formas de realización mediante diversos convertidores y/o módulos de acondicionamiento y control de potencia (PCCM) acoplados a diversas entradas de un inversor u otro convertidor.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de potencia que comprende:
 - una entrada de potencia configurada para recibir potencia de entrada;
 - 5 una salida de potencia configurada para acoplarse a una red eléctrica de suministro y suministrar potencia de salida a la red eléctrica de suministro;
 - circuitería de conversión de potencia acoplada a la entrada de potencia y a la salida de potencia y configurada para convertir la potencia de entrada en potencia de salida; y
 - circuitería de detección de funcionamiento en isla acoplada a la salida de potencia y a la circuitería de conversión de potencia, configurada la circuitería de detección de funcionamiento en isla para:
 - 10 inyectar una corriente de perturbación en la salida de potencia en función de una señal de corriente de perturbación;
 - recibir una señal de tensión de la salida de potencia;
 - correlacionar de forma cruzada la señal de corriente de perturbación con la señal de tensión para proporcionar una señal de correlación cruzada; y
 - 15 determinar un estado de funcionamiento en isla en función de la señal de correlación cruzada; en donde determinar un estado de funcionamiento en isla en función de la señal de correlación cruzada incluye comparar la señal de correlación cruzada con un valor umbral; y
 - en donde la circuitería de detección de funcionamiento en isla se configura además para ajustar el valor umbral en función de valores anteriores de la señal de correlación cruzada.
2. El sistema de potencia eléctrica de la reivindicación 1, en donde la circuitería de detección de funcionamiento en isla se configura además para integrar la señal de correlación cruzada durante un período de tiempo para proporcionar un valor integrado de correlación cruzada, y en donde la determinación de un estado de funcionamiento en isla en función de la señal de correlación cruzada incluye la determinación del estado de funcionamiento en isla en función del valor integrado de correlación cruzada.
- 25 3. El sistema de potencia eléctrica de la reivindicación 1 comprende además una fuente de energía acoplada a la entrada de potencia y configurada para proporcionar la potencia de entrada, en donde la fuente de potencia incluye una célula fotovoltaica.
4. El sistema de potencia eléctrica de la reivindicación 1, en donde la señal de tensión es una señal de tensión en cuadratura.
- 30 5. Un método para detectar un estado de funcionamiento en isla en un sistema eléctrico que proporciona potencia de salida en forma de una tensión de salida y una corriente de salida, comprendiendo el método:
 - proporcionar una señal de corriente de perturbación que provoque la inyección de una corriente de perturbación en la corriente de salida;
 - recibir una señal de tensión relacionada con la tensión de salida;
 - 35 correlacionar de forma cruzada la señal de corriente de perturbación con la señal de tensión para proporcionar una señal de correlación cruzada;
 - determinar un estado de funcionamiento en isla en función, al menos en parte, de la señal de correlación cruzada;
 - en donde la determinación de un estado de funcionamiento en isla en función, al menos en parte, de la señal de correlación cruzada incluye la comparación de un valor de la señal de correlación cruzada con un valor umbral; y
 - 40 en donde la circuitería de detección de funcionamiento en isla se configura además para ajustar el valor umbral en función de valores anteriores de la señal de correlación cruzada.
6. El método de la reivindicación 5 que comprende además integrar la señal de correlación cruzada para proporcionar una señal integrada de correlación cruzada.
7. El método de la reivindicación 5 que comprende además ajustar el valor umbral en respuesta a una determinación de que el estado de funcionamiento en isla no existe.
- 45 8. El método de la reivindicación 5, en donde la determinación de un estado de funcionamiento en isla en función, al menos en parte, de la señal de correlación cruzada incluye la determinación del estado de funcionamiento en isla en función de varias comparaciones en las que el valor de la señal de correlación cruzada supera el valor umbral.

ES 2 960 036 T3

9. El método de la reivindicación 5 que comprende además dejar de suministrar potencia de salida en respuesta a una determinación de que el estado de funcionamiento en isla existe.
10. El método de la reivindicación 5, en donde la señal de tensión es una señal de tensión en cuadratura de secuencia positiva.
- 5 11. El método de la reivindicación 5 que comprende además derivar la señal de tensión convirtiendo la tensión de salida, incluyendo convertir la tensión de salida al menos transformar la tensión de salida en señales de tensión de 2 fases y transformar las señales de tensión de 2 fases en un marco de referencia giratorio para proporcionar una señal de tensión directa y una señal de tensión en cuadratura.
- 10 12. El método de la reivindicación 5 en donde una amplitud de pico de la corriente de perturbación está en un rango del 1 % al 3 % de una corriente activa de la potencia de salida.

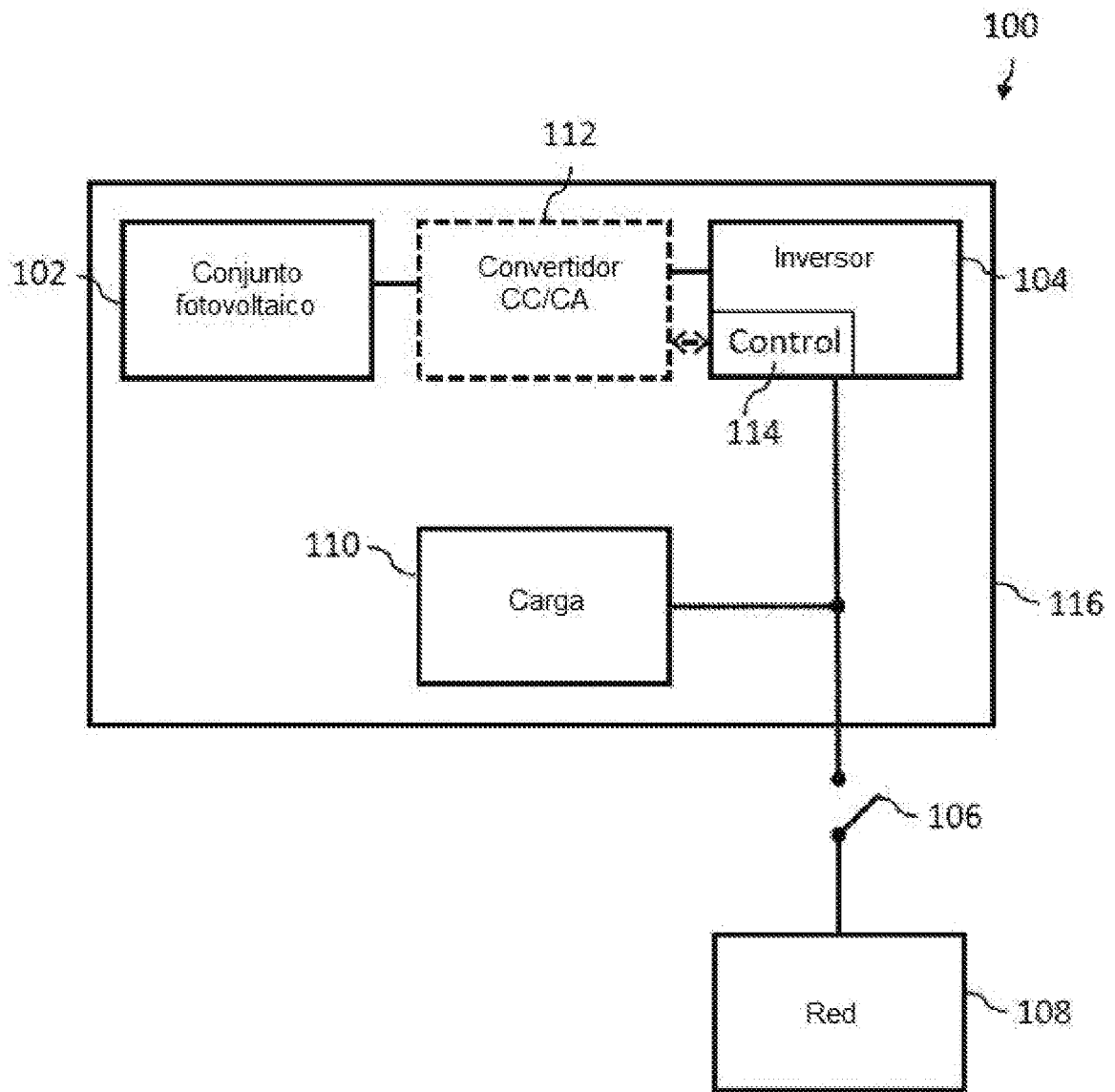


FIG. 1

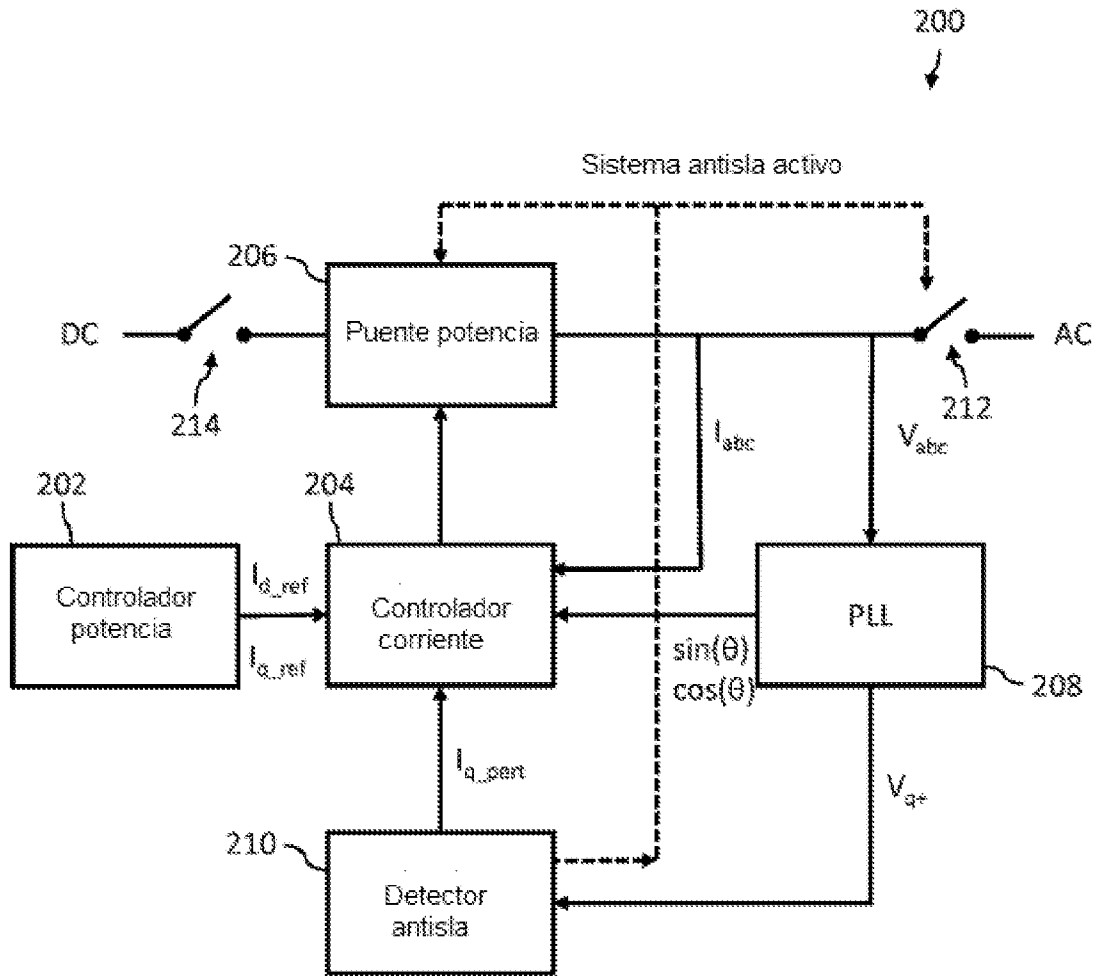


FIG. 2A

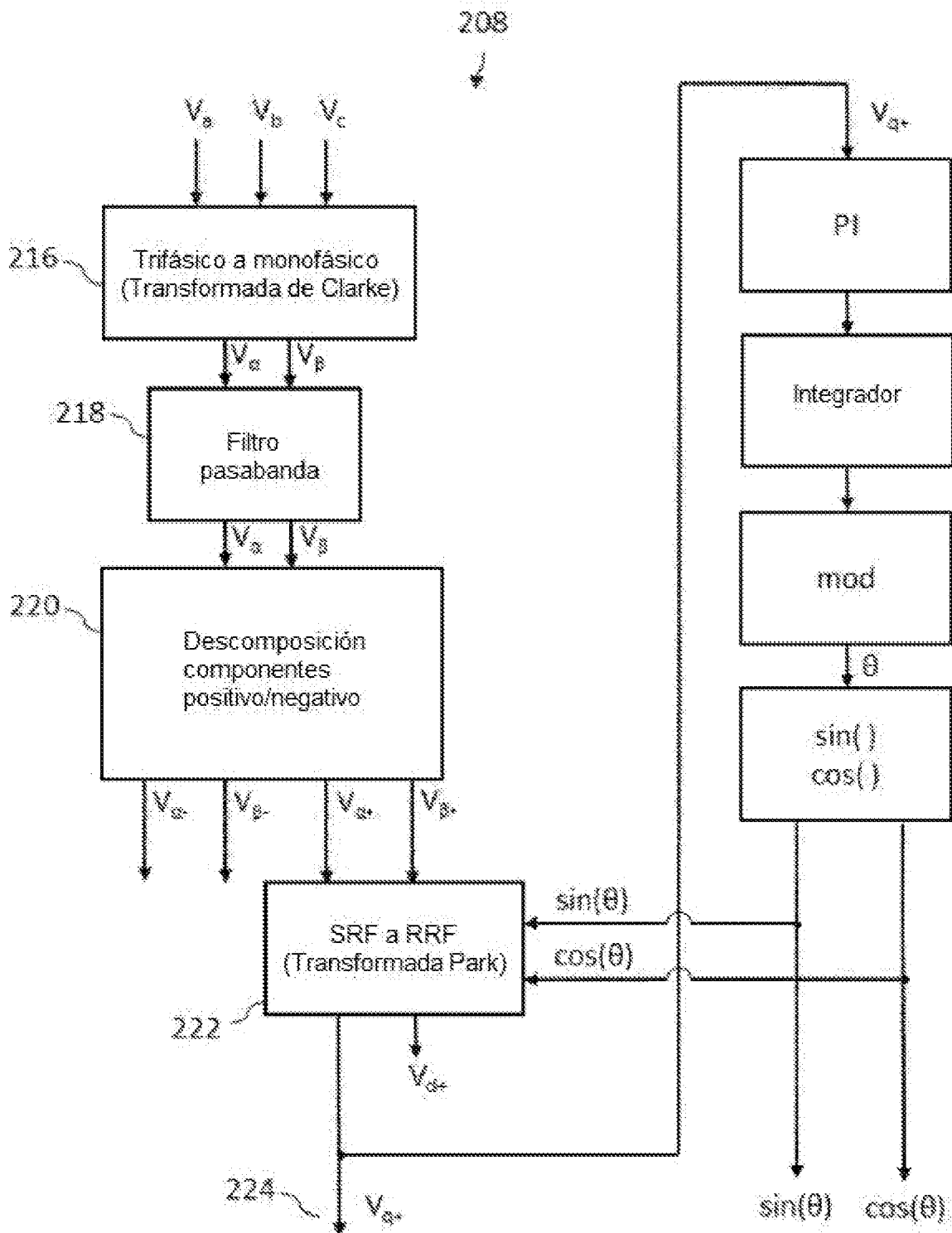


FIG. 2B

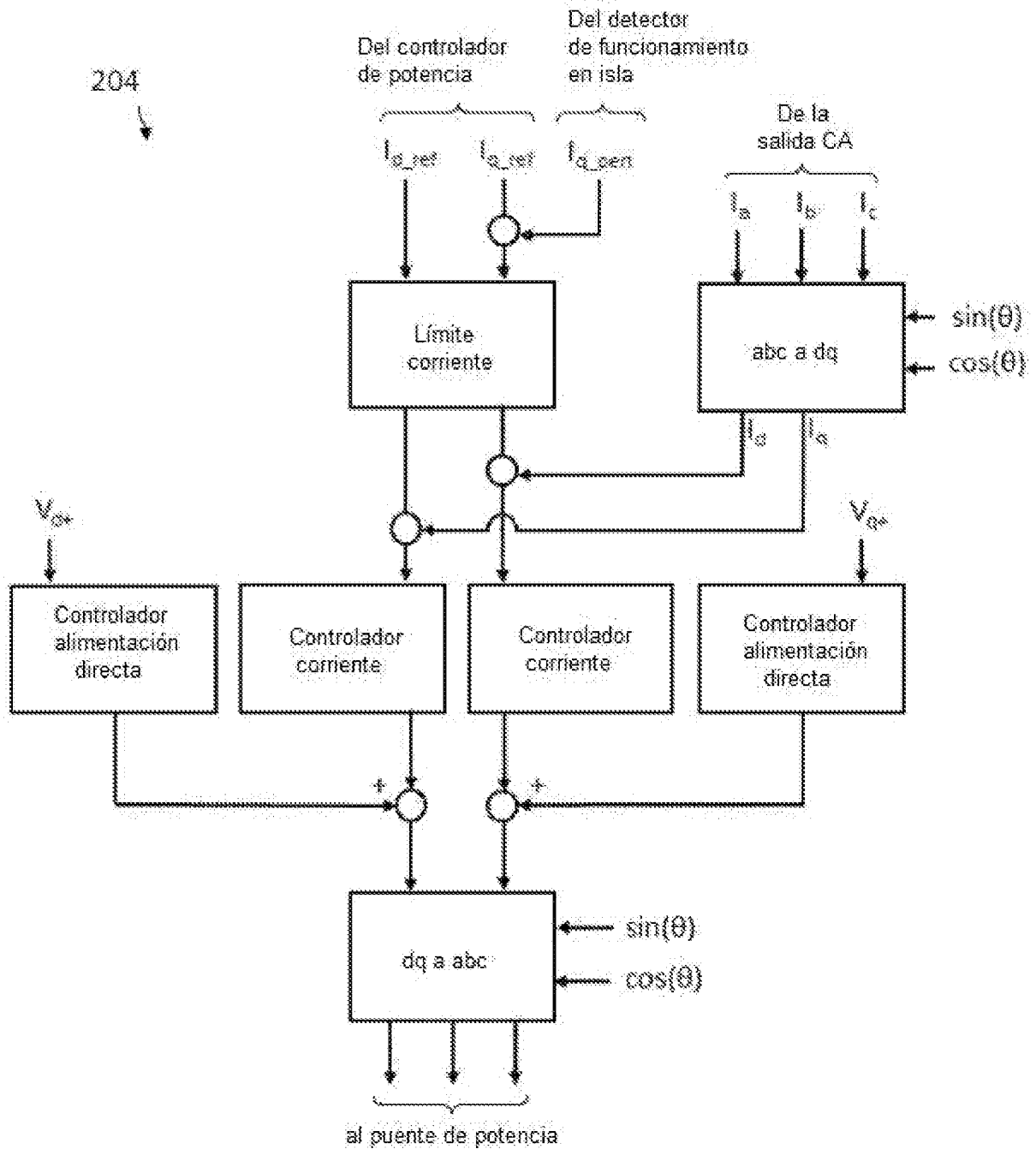


FIG. 2C

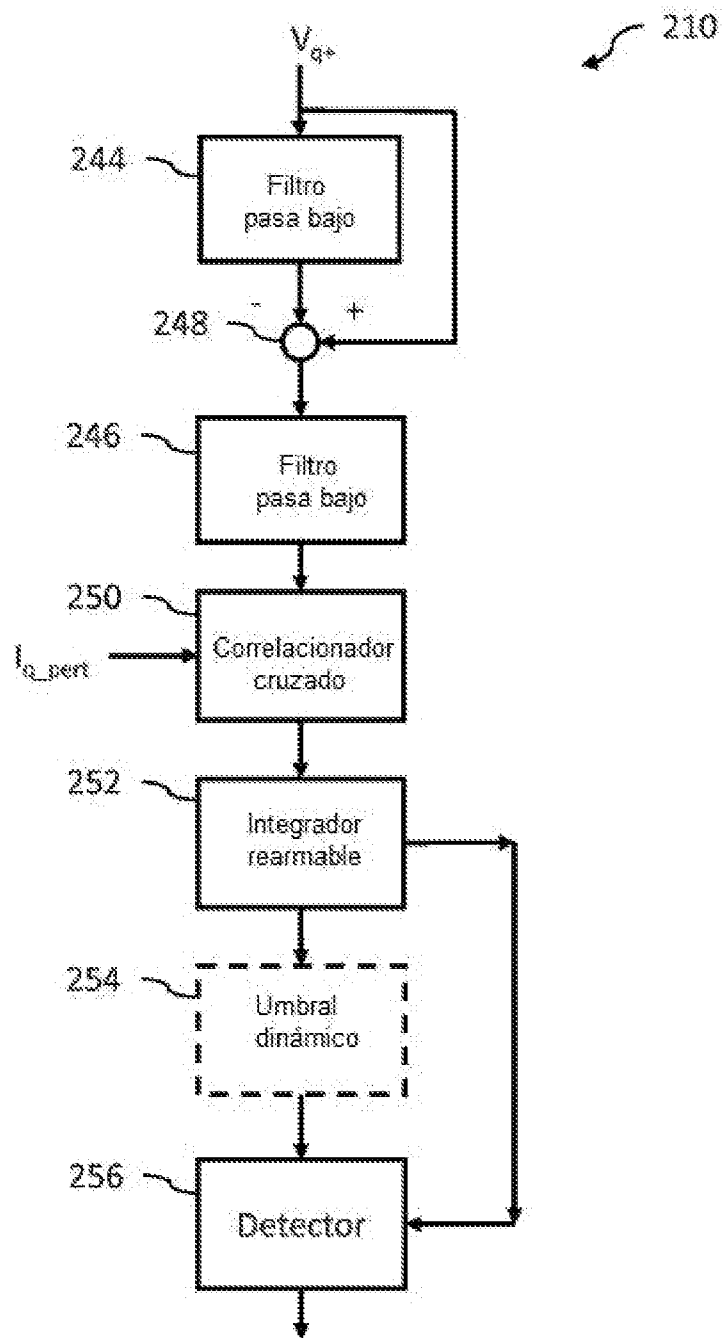


FIG. 2D

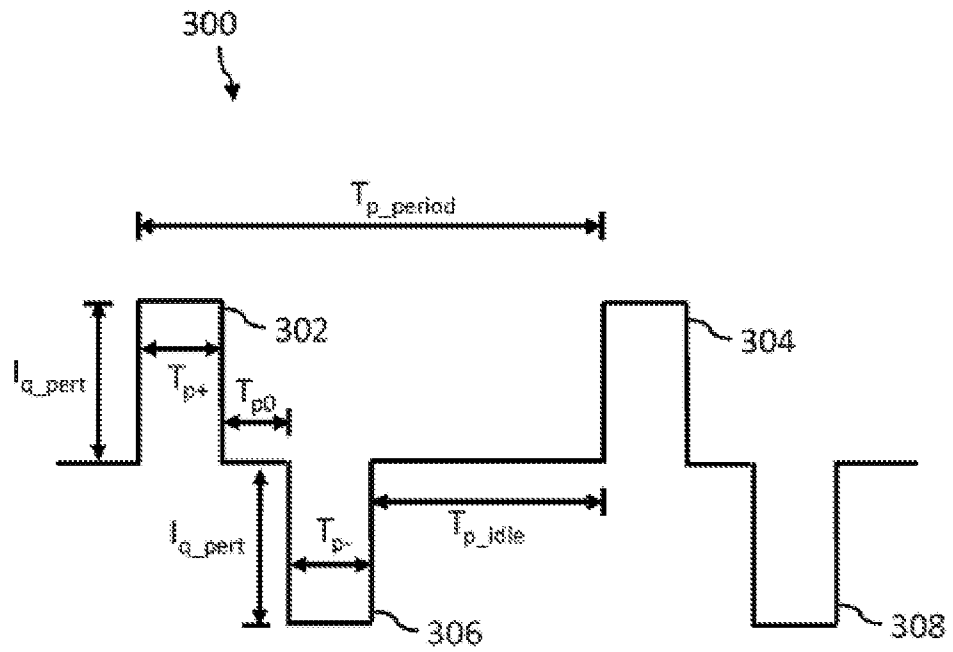


FIG. 3

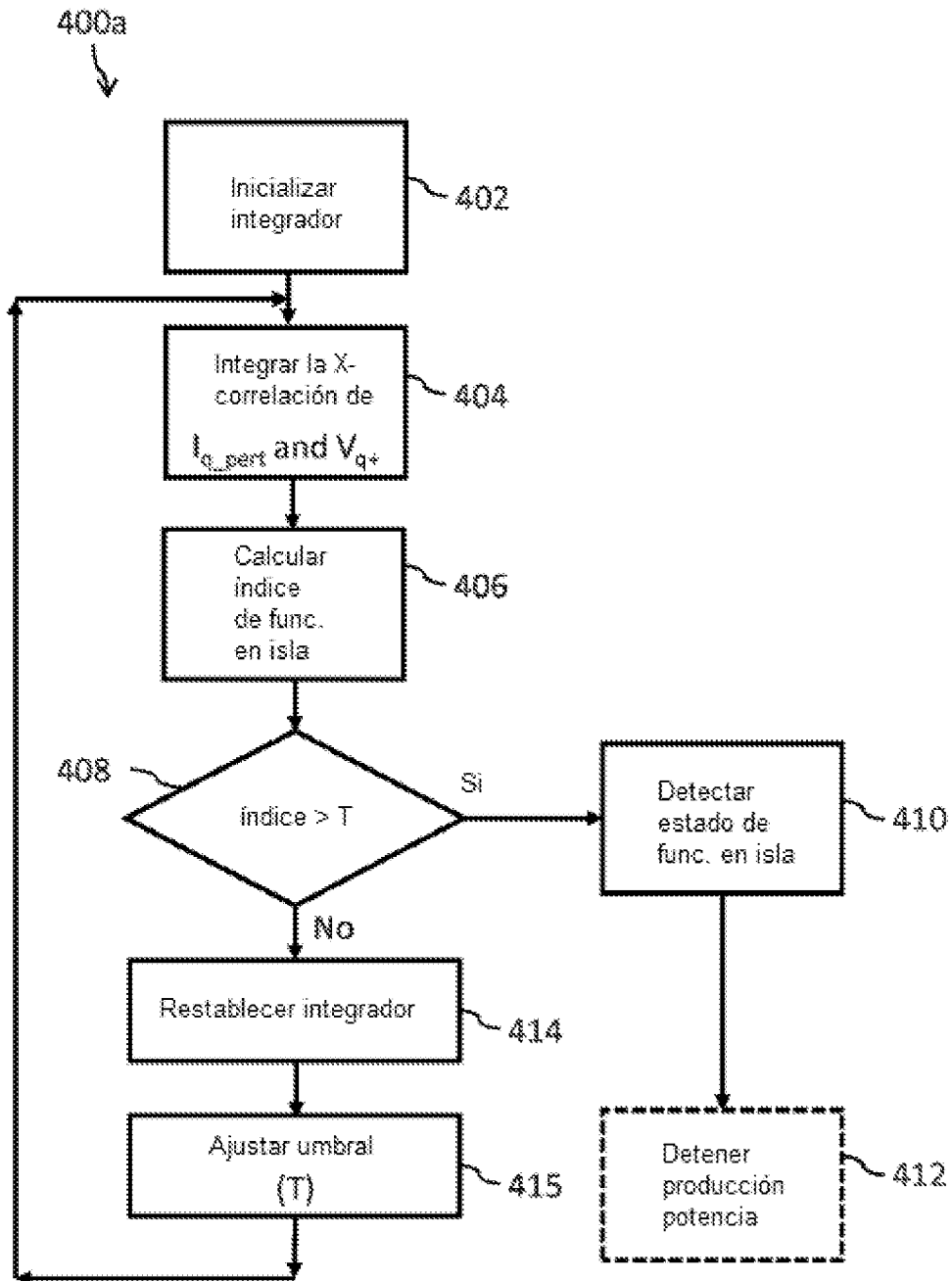


FIG. 4A

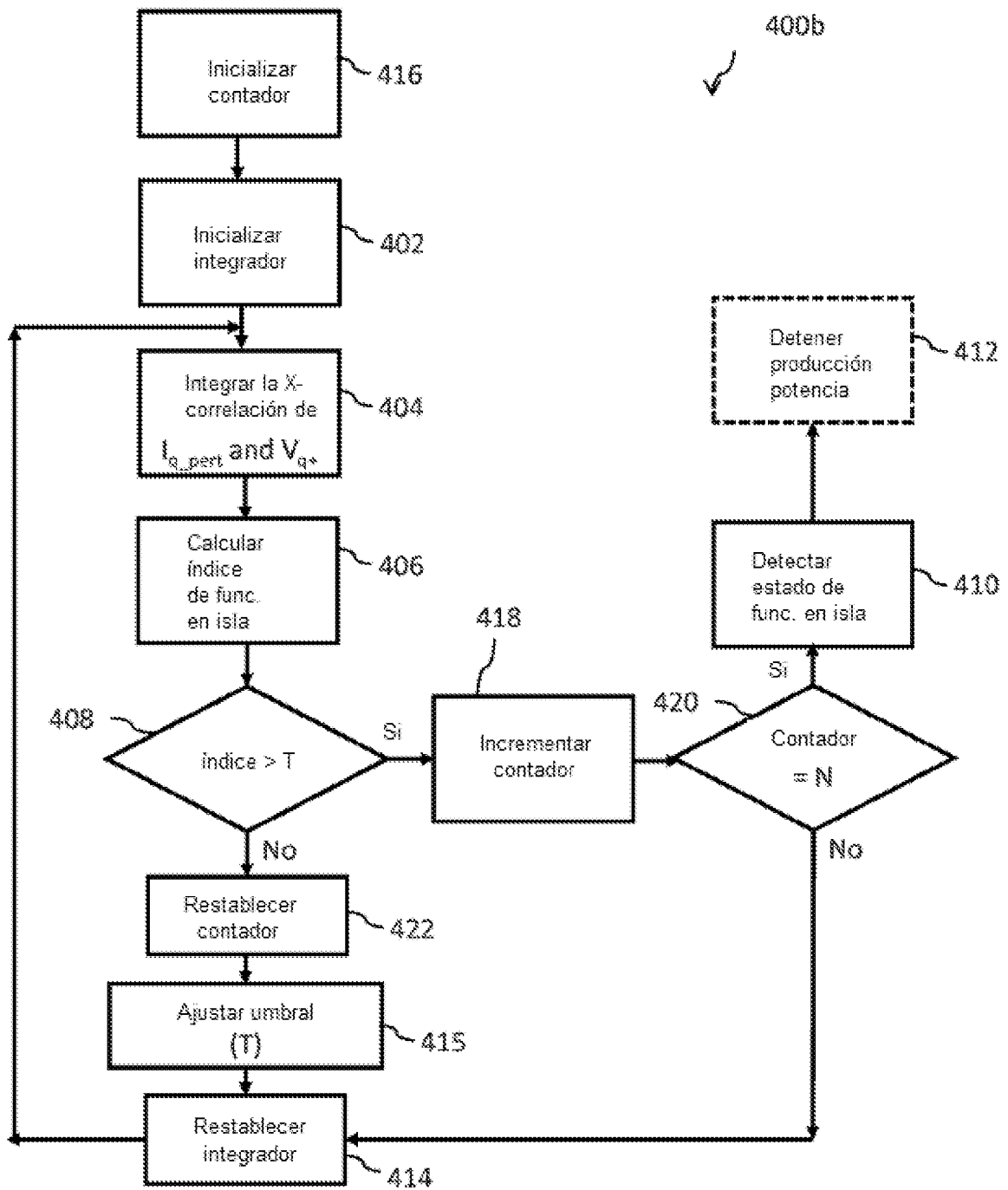


FIG. 4B

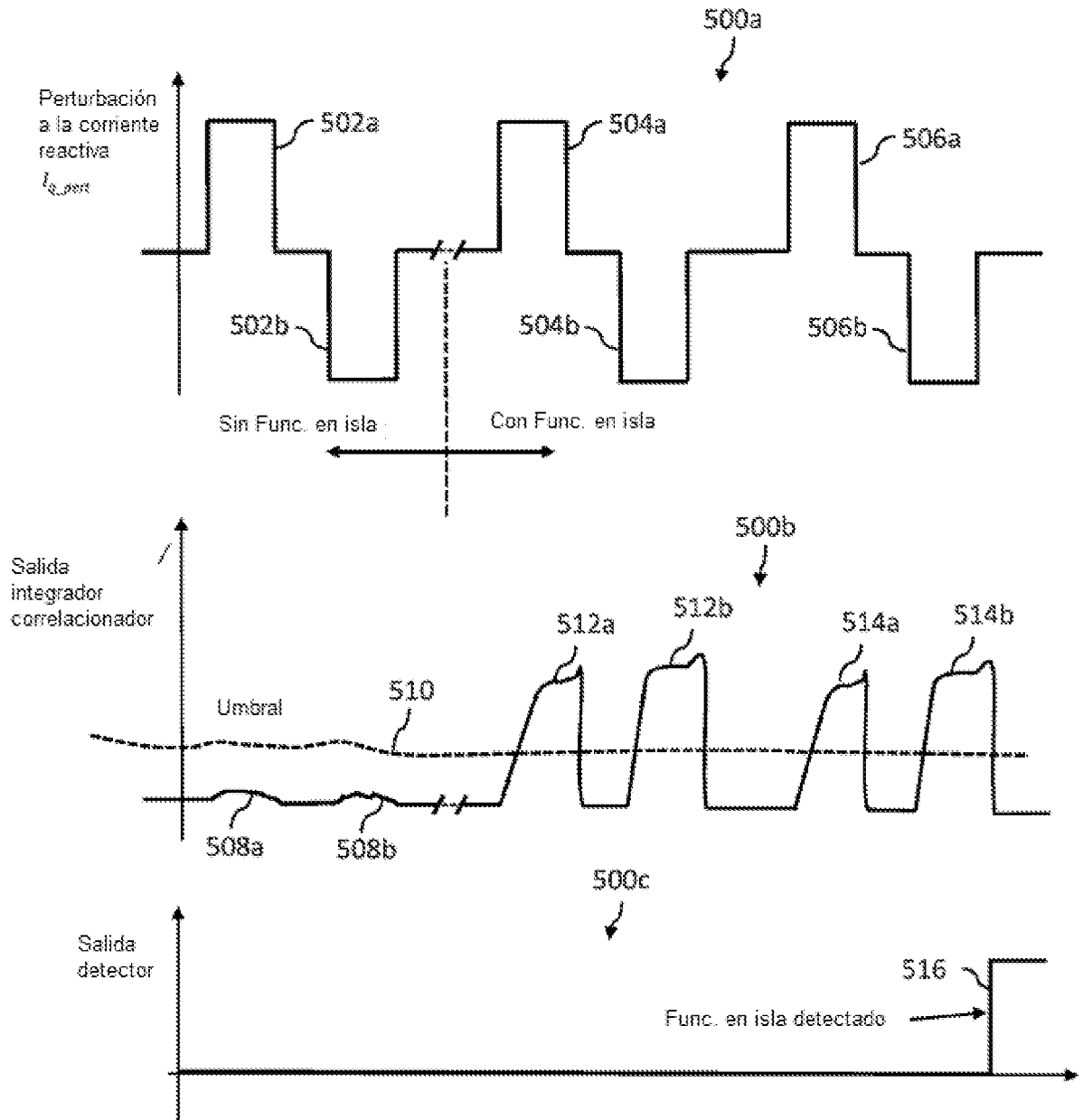


FIG. 5

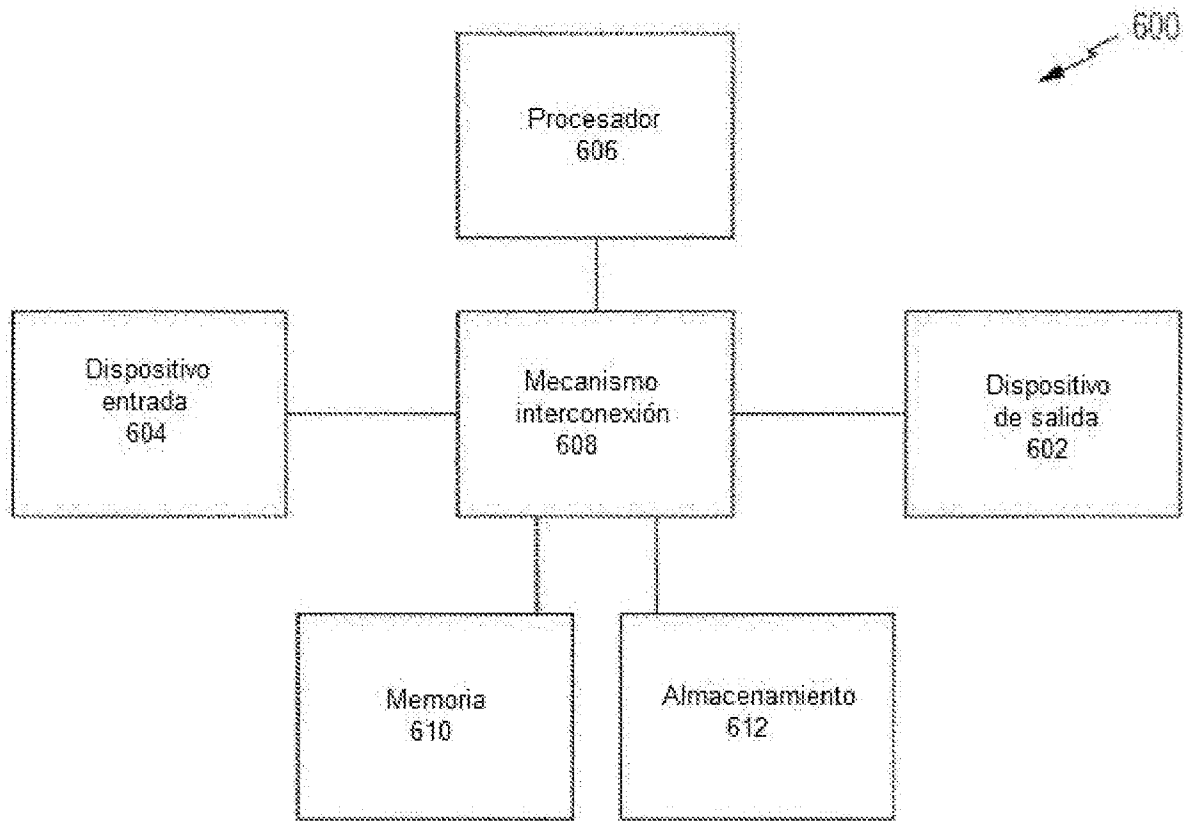


FIG. 6