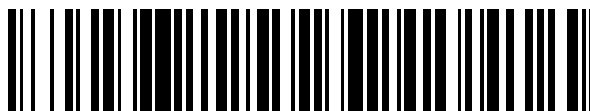


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 758 573**

51 Int. Cl.:

H02J 3/38

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.11.2011 E 11187790 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.09.2019 EP 2590291**

54 Título: **Método y aparato para la detección de las condiciones de formación de isla de una red distribuida**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
05.05.2020

73 Titular/es:

**ABB SCHWEIZ AG (100.0%)
Brown Boveri Strasse 6
5400 Baden, CH**

72 Inventor/es:

**ESCOBAR, GERARDO;
PETTERSSON, SAMI;
SERPA, LEONARDO-AUGUSTO;
HO, NGAI-MAN;
COCCIA, ANTONIO;
OUDALOV, ALEXANDRE y
TIMBUS, ADRIAN**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 758 573 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Método y aparato para la detección de las condiciones de formación de isla de una red distribuida

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a la generación de energía distribuida, y en particular a la detección de condiciones de formación de isla de una red de energía distribuida.

Información de antecedentes

Los generadores distribuidos (DG) proporcionan medios para la generación local de energía. En lugar de producir energía centralmente a una red principal en una planta de energía, la red de energía puede ser alimentada por una pluralidad de generadores distribuidos.

10 Un generador distribuido puede comprender, por ejemplo, una fuente de energía, tal como una matriz de paneles solares o una turbina eólica, y medios para la conversión de la energía producida por la fuente de energía en una forma en la que se pueda alimentar a la red de energía. Un convertidor de frecuencia, por ejemplo, se puede usar como el medio para la conexión de la fuente de alimentación a la red de energía.

15 Las condiciones de formación de isla se refieren al estado de una red de energía en la que una parte de la red de energía está separada del resto de la red de energía. En esta descripción, una parte que es separable del resto de la red de energía se denomina "red de energía distribuida", una "red distribuida" o simplemente una "red". La parte de la red de energía de la que se puede separar la red distribuida se denomina "red principal".

20 Un generador distribuido puede continuar su operación bajo condiciones de formación de isla, para de este modo producir energía a la red distribuida. Esto puede ser parte de la función del generador distribuido. Sin embargo, puede ser importante detener la producción de energía si se ha producido una isla no intencional. Una isla no intencional puede, por ejemplo, ser provocada por la apertura de un circuito de interruptores, ya sea por personal de mantenimiento o simplemente porque se ha disparado de manera automática.

25 Las formaciones de isla no intencionales pueden ser peligrosas para el personal de mantenimiento. Es posible que no se den cuenta de que una parte de la red de energía sigue funcionando aunque se haya cortado la conexión a la red principal. Además, la formación de isla no intencional puede dañar el equipo del cliente debido a las variaciones transitorias de tensión y frecuencia no controladas durante las condiciones de formación de isla y durante el reenganche a una isla.

30 Por lo tanto, puede ser extremadamente importante, por ejemplo, en los inversores fotovoltaicos (PV) tener un mecanismo que reaccione de inmediato tras la detección de la pérdida de energía de la red principal y detenga la producción de energía.

En muchos casos, la detección de la pérdida de energía de la red principal puede ser relativamente fácil, dado que la formación de isla por lo general crea condiciones de baja/alta tensión y baja/alta frecuencia. Estas condiciones pueden ser con facilidad detectadas y usadas por, por ejemplo, los relés de un generador en la red distribuida para desconectarse y, de este modo, detener la producción de energía.

35 Sin embargo, cuando la energía (tanto los componentes activos como reactivos) generada por un generador distribuido coincide estrechamente con la energía consumida por la carga o cargas, la detección de la formación de isla puede ser extremadamente difícil. Por lo tanto, el generador distribuido puede continuar operando sin detectar las condiciones de formación de isla [1].

40 El requisito para la detección de la formación de isla no intencional en sistemas de generación de energía distribuida y, en particular, en inversores fotovoltaicos, ha motivado una intensa investigación y desarrollo de diferentes métodos de detección. Se han establecido varios estándares para especificar las condiciones para la desconexión durante la formación de isla no intencional. Por ejemplo, el estándar UL 1741 de Underwriters Laboratories requiere el disparo de un generador distribuido dentro de los 2 segundos posteriores a la pérdida de la energía de la red principal [4]. El estándar alemán DIN VDE 0126-1-1 propone varios métodos de detección de formación de isla [5].

45 Por lo general, los métodos para la detección de condiciones de formación de isla se pueden dividir en tres categorías: métodos pasivos, métodos basados en la comunicación y métodos activos [1, 2, 3]. Estos métodos también se pueden dividir en métodos internos y externos donde un método interno puede, por ejemplo, residir dentro de un generador distribuido, y un método externo se puede implementar, por ejemplo, como un dispositivo externo, entre el generador distribuido y la red principal.

50 Los métodos pasivos de manera típica monitorean variables de la red distribuida para encontrar cambios anormales en, por ejemplo, la frecuencia, la amplitud de la tensión, el ángulo de fase, el contenido de armónicos, etc. Los métodos pasivos de manera típica son bastante efectivos en la mayoría de las situaciones. Sin embargo, su zona de no detección (NDZ), es decir, el intervalo de cargas para las cuales puede fallar el método de detección de formación de isla, puede ser bastante grande.

5 Los métodos basados en la comunicación por lo general operan sobre la base del establecimiento de canales de comunicación entre los generadores distribuidos y la red principal. Los métodos basados en la comunicación pueden detectar condiciones de formación de isla, incluso cuando la energía producida coincide con la energía consumida. Sin embargo, los dispositivos de comunicación pueden ser costosos. La implementación de un método basado en la comunicación también puede requerir la cooperación del proveedor de la red principal.

10 Los métodos activos por lo general detectan una desconexión de la red de energía principal con base en observaciones sobre la respuesta de la red distribuida a una perturbación introducida de manera intencional por el método. La respuesta, o su magnitud, dependen de la presencia de la red de energía principal. Por lo tanto, las condiciones de formación de isla se pueden determinar sobre la base de la respuesta. De esta manera, se puede minimizar la NDZ.

15 Sin embargo, las perturbaciones inyectadas pueden disminuir la calidad de la energía producida. La perturbación introducida en la red con fines de detección de formación de isla puede tener un límite máximo predefinido para mantener la calidad de la energía producida en un nivel aceptable. Por ejemplo, de acuerdo con el estándar UL 1741, las variaciones de la energía activa y reactiva inyectada a la red no deben exceder $\pm 3\%$ de la energía aparente nominal del generador distribuido.

Un método activo se puede implementar, por ejemplo, por medio de la introducción de un pequeño componente de corriente reactiva en la referencia de corriente de un controlador de corriente de un generador distribuido. Luego, el método puede monitorear los cambios en, por ejemplo, la tensión de carga, la frecuencia y/o la fase y detectar las condiciones de formación de isla sobre la base de los cambios [7, 8, 9].

20 Otro enfoque para un método activo es implementar una retroalimentación positiva. Se puede añadir una retroalimentación positiva de una cantidad de red distribuida, tal como tensión, frecuencia o fase, a una referencia de control que controla la energía producida [10, 11]. Por ejemplo, en un esquema de retroalimentación de tensión, el inversor puede tener más energía real (o corriente activa) cuando se aumenta la amplitud de la tensión de la red distribuida. Como resultado, la tensión sigue aumentando para equilibrar la energía real. Esto continúa hasta que la amplitud de la tensión excede los límites de protección y de este modo, se puede detectar la formación de isla. Se pueden aplicar enfoques similares para una retroalimentación de frecuencia o una retroalimentación de fase.

25 La retroalimentación positiva puede ser un método muy efectivo en la detección de formación de isla, ya que obliga a las trayectorias de tensión y frecuencia a abandonar sus límites de protección monitoreados, para de este modo producir una detección inminente de una operación anormal. Algunos autores proponen mantener la operación continua de estos esquemas de retroalimentación positiva, bajo el supuesto de que el efecto será insignificante durante la operación normal, es decir, durante la conexión a la red principal, y se volverá inestable solo si surge una condición de formación de isla.

30 Sin embargo, puede haber situaciones en las que los métodos de retroalimentación positiva pueden provocar inestabilidades, incluso durante las condiciones normales de funcionamiento, es decir, bajo la conexión a la red principal [12].

La solicitud de patente de los Estados Unidos US 2003/165036 A1 describe un método para la detección de la formación de isla de un inversor conectado a la red. El método usa un ruido blanco inyectado como una fuerza perturbadora en la tensión de salida del inversor. Tras la pérdida de la red, se detecta una deriva de frecuencia de la tensión de salida y se activa una retroalimentación positiva que acelera la deriva.

40 La solicitud de patente Europea EP 1 764 894 A1 describe un método para la detección de una operación de formación de isla de un generador distribuido. El método comprende los pasos de la introducción de una onda cuadrada de referencia de corriente reactiva, la detección de cambios de tensión de carga en cada cambio en la onda de referencia de corriente reactiva y la determinación de si los cambios de tensión de carga detectados exceden un valor de umbral de detección de formación de isla predefinido, lo que indica una pérdida de red y una operación de formación de isla del generador de energía.

Compendio

50 Un objeto de la presente invención es proporcionar un método y un aparato para la implementación del método con el fin de aliviar las desventajas anteriores. Los objetos de la invención se logran por medio de un método y un aparato que se caracterizan por lo que se establece en las reivindicaciones independientes. Las formas de realización preferidas de la invención se describen en las reivindicaciones dependientes.

El objetivo de esta descripción es presentar un nuevo método para la detección de las condiciones de formación de isla de una red distribuida. El método funciona sobre la base de un principio de inyectar una perturbación relativamente pequeña, por ejemplo, en la forma de corriente reactiva, en la red distribuida. El método usa dos enfoques en un proceso de dos etapas.

55 En la primera etapa, el método monitorea los efectos de la perturbación inyectada en una cantidad o cantidades de la red, tales como, por ejemplo, la tasa de cambio de la tensión (ROCoV) y la tasa de cambio de la frecuencia

(ROCoF). La perturbación se puede dimensionar de manera tal que solo provoque un efecto insignificante en estas variables durante la operación normal, y un efecto considerablemente mayor cuando la alimentación de la red principal está desconectada.

5 Las cantidades monitoreadas entonces se pueden comparar con umbrales predefinidos, y se pueden contar los eventos que exceden estos umbrales. Después de que se haya producido un número determinado de estos eventos dentro de un tiempo determinado, la primera etapa puede suponer que se detecta una formación de isla y luego se habilita una segunda etapa.

10 En la segunda etapa, se habilitan un bucle o bucles de retroalimentación positiva. Si existen condiciones de formación de isla, las cantidades monitoreadas abandonan sus intervalos de operación normal, para exceder de ese modo los límites de protección por encima/por debajo y, por lo tanto, confirmar las condiciones de formación de isla. La variación de amplitud de la tensión y la variación de frecuencia, por ejemplo, se pueden usar para la retroalimentación positiva.

15 Mediante el uso del enfoque de dos etapas del método descrito, se puede lograr una detección más efectiva y precisa de la condición de formación de isla. El método descrito minimiza la posibilidad de falsos disparos al reducir la sensibilidad a otras perturbaciones. También minimiza las inestabilidades, ya que los esquemas de retroalimentación positiva no están habilitados en todo momento, pero solo si existe una cierta probabilidad de que ocurra una formación de isla.

Breve descripción de los dibujos

20 A continuación, la invención se describirá con mayor detalle por medio de formas de realización preferidas con referencia a los dibujos adjuntos, en los que

Las Figuras 1a a 1f ilustran varios segmentos de una forma de realización de ejemplo del método descrito;

Las Figuras 2a y 2b ilustran un ejemplo de una referencia de corriente;

Las Figuras 3a y 3b ilustran un ejemplo de detección de condiciones de formación de isla;

25 La Figura 4 ilustra una configuración de prueba mediante el uso de una carga RLC balanceada conectada en paralelo a la unidad eléctrica de energía;

Las Figuras 5a y 5b ilustran una respuesta simulada a la desconexión de la red de energía principal;

Las Figuras 6a y 6b ilustran una respuesta simulada a la desconexión de la red de energía principal;

Las Figuras 7a y 7b muestran una respuesta de tiempo simulada de la corriente de la red principal y la referencia de corriente; y

30 La Figura 8 ilustra una respuesta de tiempo simulada de la tensión de la red principal y la tensión en el PCC.

Descripción detallada

35 La presente descripción propone un método para la detección de condiciones de formación de isla de una red distribuida. El método descrito se puede clasificar como un método activo. Se inyecta una perturbación en la red distribuida y las condiciones de formación de isla se determinan en función del efecto que la perturbación tiene en una o más cantidades monitoreadas de la red distribuida.

40 El método se puede implementar, por ejemplo, en un controlador de una unidad eléctrica de energía. Una unidad eléctrica de energía puede ser un generador distribuido, por ejemplo. La unidad eléctrica de energía, como un inversor fotovoltaico (PV), se puede usar, por ejemplo, para la transferencia de energía entre una fuente de energía renovable, tal como una matriz de paneles solares y una red de energía distribuida. La transferencia de energía a través de una unidad eléctrica de energía en la red distribuida se puede controlar sobre la base de una referencia de control.

45 El método comprende una primera etapa y una segunda etapa. Primero se puede usar un método de procesamiento previo de la primera etapa, menos penetrante, para la detección de la formación de isla. Este método de procesamiento previo puede estar operativo en todo momento. Después de alcanzar cierta confianza en las condiciones de formación de isla, se puede activar la segunda etapa.

La primera etapa comprende la inyección de un componente reactivo a la referencia de control de la unidad eléctrica de energía. Por ejemplo, se puede añadir una corriente reactiva relativamente pequeña a una referencia de corriente original que controla una corriente entregada a la red distribuida. Los efectos sobre, por ejemplo, la amplitud de la tensión y la frecuencia producida por la inyección de corriente reactiva entonces se pueden medir.

- 5 En otras palabras, la referencia de corriente final puede estar compuesta por un componente activo (real) dominante usado, por ejemplo, para la transferencia de la energía generada en la fuente de energía hacia la red distribuida, y un componente de corriente reactiva adicional insignificante. El componente reactivo puede, por ejemplo, tomar la forma de una onda cuadrada que se alterna entre una corriente inductiva o capacitiva. Dado que la frecuencia fundamental de la tensión de la red distribuida puede cambiar durante la operación normal y durante las condiciones de formación de isla, la onda cuadrada se puede sincronizar, por ejemplo, con los cruces por cero de la señal de tensión de la red distribuida. La alternancia puede correr a una frecuencia más baja. Es decir, la onda cuadrada se puede alternar de un estado a otro después de un número dado de cruces por cero.
- 10 Después de inyectar el componente reactivo, se puede determinar un cambio en la cantidad inducida por el componente inyectado para por lo menos una cantidad eléctrica de la red. Una perturbación inducida por el componente inyectado se puede calibrar de manera tal que provoque efectos insignificantes en la señal de tensión durante la operación normal, es decir, cuando la alimentación de la red principal está conectada. Sin embargo, puede provocar distorsiones considerables en las cantidades de la red cuando están presentes las condiciones de formación de isla.
- 15 Sobre la base del cambio en la cantidad eléctrica, se puede determinar si se pasa o no a la segunda etapa del método descrito. Por ejemplo, las perturbaciones en las cantidades de la red distribuida se pueden medir y comparar con umbrales predefinidos, y se puede contar cada evento de los umbrales que se están excediendo. La amplitud de la tensión, fase, frecuencia, la tasa de cambio de la tensión (ROCoV) y la tasa de cambio de la frecuencia (ROCoF) pueden ser, por ejemplo, las cantidades de red usadas.
- 20 Después de un número determinado de eventos, se puede suponer que existe una condición de formación de isla y se puede habilitar la segunda etapa. Se puede definir una ventana de tiempo dentro de la cual tienen que ocurrir los eventos. Por ejemplo, en algunas formas de realización, se pueden suponer condiciones de formación de isla si la cantidad dada de eventos ha ocurrido dentro de una ventana de tiempo de, por ejemplo, dos segundos.
- 25 La segunda etapa comprende, para por lo menos una cantidad eléctrica de la red distribuida, la determinación de un valor de la cantidad eléctrica y la formación de un término de retroalimentación positiva mediante el uso del valor determinado. Los términos de retroalimentación se pueden formar, por ejemplo, a partir de la amplitud y frecuencia de la tensión de la red distribuida. Estos términos de retroalimentación se pueden usar por separado, uno a la vez, o en combinación.
- 30 El término o los términos de retroalimentación positiva se pueden añadir a la referencia de control y se puede determinar un cambio en una cantidad eléctrica o cantidades eléctricas inducidas por el término o los términos de retroalimentación. La retroalimentación positiva hace que las cantidades eléctricas abandonen sus intervalos operativos normales. Las cantidades exceden sus límites máximos/mínimos predeterminados y monitoreados, por lo tanto, la condición de formación de isla se puede determinar en función del cambio en la cantidad inducida por el término de retroalimentación.
- 35 En el caso de la retroalimentación de amplitud de la tensión mencionada con anterioridad, el componente activo de la referencia de corriente de salida se puede modificar por medio de la inclusión de un término de retroalimentación positiva formado a partir de una variación de la amplitud de la tensión de la red distribuida. La variación en la corriente activa principalmente provoca una variación en la amplitud de la tensión. Por lo tanto, si la variación en la amplitud de la tensión se retroalimenta positivamente para modificar la corriente activa, entonces, se puede esperar que la amplitud de la tensión se vuelva inestable. La amplitud de la tensión excederá los límites de protección, lo que permite la detección de formación de isla.
- 40
- 45 En el caso de una retroalimentación de frecuencia, el componente reactivo de la referencia de corriente se puede modificar, por ejemplo, por medio de la introducción de un término de retroalimentación positiva formado a partir de una variación de la frecuencia de la red distribuida. La variación en la corriente reactiva provoca principalmente la variación en la frecuencia de la señal de tensión. Por lo tanto, si la variación en la frecuencia se retroalimenta positivamente para modificar la corriente reactiva, se puede esperar que la frecuencia se vuelva inestable. La frecuencia excederá los límites de protección, lo que permite la detección de formación de isla.
- 50 El método descrito con anterioridad minimiza la sensibilidad al ruido ya que las condiciones de formación de isla supuestas en la primera etapa más sensible al ruido son confirmadas por la segunda etapa. Al mismo tiempo, se pueden minimizar las posibles inestabilidades, dado que la retroalimentación positiva de la fase de la segunda etapa se habilita solo si se presumen condiciones de formación de isla en la primera fase. A diferencia de los métodos que verifican las condiciones de formación de isla de manera periódica, el método descrito puede reaccionar de inmediato. La primera etapa puede estar activa de manera continua, y la segunda etapa, cuando es activada por la primera etapa, reacciona con rapidez a las condiciones de formación de isla.
- 55 Las Figuras 1a a 1f ilustran una forma de realización de ejemplo del método descrito. En la forma de realización, un generador distribuido que comprende un inversor suministra una red distribuida. El inversor convierte la energía producida por una fuente de energía en una forma adecuada para ser suministrada a la red. En la forma de

realización, el controlador controla la corriente de salida del inversor. El método incorporado se puede implementar, por ejemplo, en el controlador del inversor.

De acuerdo con el método descrito, la forma de realización comprende dos etapas. En la primera etapa, se determinan las tasas de cambio de la amplitud de la tensión (ROCoV) y frecuencia (ROCoF). La segunda etapa se basa en un esquema de retroalimentación positiva. La retroalimentación positiva de la segunda etapa se habilita cuando se supone que las condiciones de formación de isla han aparecido en la primera etapa.

Se hacen algunas suposiciones al analizar la forma de realización. La energía provista por la fuente de energía se supone constante. Una energía constante es típica, por ejemplo, en aplicaciones de energía solar donde un algoritmo adecuado de MPPT (seguimiento del punto de máxima energía) garantiza la posición de la energía producida en el MPP (punto de máxima energía) en todo momento. También se supone que el control del inversor garantiza el seguimiento de la corriente del lado de la red hacia su referencia.

Las únicas variables de entrada usadas en el análisis son una referencia de corriente de salida i_0^* y una tensión v_F en el punto de acoplamiento común (PCC). La tensión v_F puede ser una señal distorsionada que contiene armónicos de orden superior de una frecuencia fundamental ω_0 .

En la primera etapa del método descrito, se inyecta un componente reactivo a una referencia de control de una unidad eléctrica de energía. En la forma de realización ilustrada en las Figuras 1a a 1f, la referencia de control está representada por una referencia de corriente en la que se inyecta de manera intencional una pequeña cantidad de corriente reactiva alterna para inducir perturbaciones a las cantidades eléctricas de la red distribuida. Por lo tanto, una parte de la forma de realización consiste en la construcción de una referencia de corriente. La referencia de corriente para una corriente suministrada a la red distribuida se puede definir de acuerdo con lo presentado a continuación

$$i_0^* = \frac{P_{DC}}{v_{F,RMS}^2} v_{F,1}, \quad (1)$$

donde P_{DC} es una estimación de la energía extraída de la fuente de energía, es decir, la máxima energía disponible. La fuente de energía puede ser, por ejemplo, una matriz fotovoltaica. $v_{F,1}$ es el componente fundamental de la tensión v_F y $v_{F,RMS}$ es el valor RMS de la tensión v_F .

En la Ecuación 1, la referencia de corriente i_0^* está en fase con la tensión v_F y la referencia de corriente i_0^* comprende solo un componente de corriente activa. Una perturbación se puede inducir, por ejemplo, por medio de la inyección de un componente de corriente reactiva a la referencia de corriente de acuerdo con lo presentado a continuación

$$i_0^* = \frac{P_{DC}}{v_F^2} v_{F,1} + \frac{Q_{inj}}{v_F^2} \varphi_{F,1}, \quad (2)$$

donde Q_{inj} representa una energía reactiva deseada para ser inyectada. $\varphi_{F,1}$ es una señal de fase cuadrada de la tensión $v_{F,1}$. Es decir, una señal con la misma amplitud y frecuencia que la tensión $v_{F,1}$, y con un cambio de fase de 90 grados por delante.

La energía reactiva deseada Q_{inj} se puede seleccionar, por ejemplo, como un porcentaje x de la energía activa entregada,

$$|Q_{inj}| = x \cdot P_{DC}. \quad (3)$$

Con el fin de cumplir, por ejemplo, los estándares mencionados con anterioridad sobre la perturbación máxima permitida, el porcentaje se puede limitar a un intervalo de $0 < x \leq 3\%$.

Si el componente fundamental $v_{F,1}$ y/o su señal de fase cuadrada $\varphi_{F,1}$ no están disponibles de manera directa, se pueden calcular, por ejemplo, mediante el uso de un generador de señal de cuadratura adaptativa (AQSG) ilustrado en la Figura 1a, donde una tensión fundamental estimada $\hat{v}_{F,1}$ y una señal de fase cuadrada estimada $\hat{\varphi}_{F,1}$ se calculan en función de la tensión v_F en el punto de acoplamiento común y la frecuencia fundamental ω_0 . \hat{v}_F es un término de diferencia que representa la diferencia entre el componente fundamental $v_{F,1}$ y su estimación $\hat{v}_{F,1}$. γ_1 es un parámetro de diseño positivo que se usa para introducir una amortiguación necesaria para lograr la convergencia con la estabilidad.

En el caso de que la frecuencia fundamental ω_0 no esté disponible, por ejemplo, a partir de un PLL adicional, una frecuencia fundamental estimada $\hat{\omega}_0$ se usa en lugar de la frecuencia fundamental ω_0 . En la Figura 1a, se usa dicha estimación.

La Figura 1b ilustra un estimador de frecuencia fundamental (FFE) que se puede usar, por ejemplo, para calcular la estimación $\hat{\omega}_0$ de la frecuencia fundamental. λ es un parámetro de diseño positivo denominado ganancia de adaptación. ω_0 es un valor nominal de la frecuencia fundamental usada como término de avance para mejorar la respuesta transitoria durante el arranque.

5 En las Figuras 1a y 1b, cada una de las señales $\hat{v}_{F,1}$, $\hat{\varphi}_{F,1}$ y $\hat{\omega}_0$ es una salida de un integrador. Por lo tanto, las entradas de los integradores se pueden ver como términos derivados del tiempo $\frac{d}{dt}\hat{v}_{F,1}$, $\frac{d}{dt}\hat{\varphi}_{F,1}$, y $\frac{d}{dt}\hat{\omega}_0$ de las señales $\hat{v}_{F,1}$, $\hat{\varphi}_{F,1}$, y $\hat{\omega}_0$, respectivamente. Los términos derivados del tiempo se pueden usar en otras partes de esta forma de realización descritas más adelante.

10 El componente de corriente reactiva inyectado puede tomar, por ejemplo, la forma de una onda cuadrada. El componente de corriente puede alternar entre corriente capacitiva y corriente inductiva sobre la base de la tensión fundamental. Para este fin, se puede extraer el signo del componente fundamental $v_{F,1}$.

15 La Figura 1c ilustra un esquema para la primera etapa donde el signo del componente fundamental estimado $\hat{v}_{F,1}$ se extrae mediante el uso de un comparador 10. La salida del comparador 10 se alimenta a una serie 11 de flip-flops en T donde cada flip-flop en T divide la frecuencia por dos. Esto produce una onda cuadrada. La onda cuadrada se puede normalizar para tener solo valores -1 o 1. Mediante el uso de los flip-flops en T, la frecuencia de la onda cuadrada es una frecuencia de una fracción del componente fundamental, y se sincroniza con los cruces por cero del componente fundamental.

20 Por ejemplo, tres flip-flops en T en serie dan una onda cuadrada alternando cada 8° cruce por cero del componente fundamental $v_{F,1}$. Si la frecuencia fundamental es 50 Hz, la frecuencia del ciclo de la onda cuadrada es 6,25 Hz. Si una ventana de tiempo para la detección de eventos que exceden el umbral en la primera etapa es, por ejemplo, 2 s, la onda cuadrada hace 12,5 ciclos en esa ventana de tiempo. En otras palabras, la onda cuadrada cambia su estado 25 veces en la ventana de tiempo de 2 segundos.

25 La onda cuadrada ahora se puede usar para cambiar el signo del componente de corriente reactiva a inyectar, para cambiar de ese modo su tipo entre capacitivo e inductivo. En el segmento 12 de la Figura 1c, la onda cuadrada producida por los flip-flops en T se usa para producir la energía reactiva inyectada. Q_{inj} . El segmento 13 se usa luego como medio para inyectar el componente reactivo a la referencia de corriente i_0^* . El segmento 13 produce la referencia de corriente i_0^* de acuerdo con la ecuación 2.

30 Las Figuras 2a y 2b ilustran un ejemplo de la referencia de corriente resultante i_0^* . En la Figura 2a, la energía reactiva Q_{inj} en línea discontinua cambia de corriente capacitiva a corriente inductiva. La referencia de corriente i_0^* es originalmente sinusoidal pero se modifica por la energía reactiva inyectada Q_{inj} . La Figura 2b ilustra un cambio de la energía reactiva inyectada. Q_{inj} de corriente inductiva a corriente capacitiva.

35 Para la detección de un evento de exceder un umbral en la primera etapa de la forma de realización ilustrada en las Figuras 1a a 1f, se crean variables que representan cantidades eléctricas de la red distribuida. Estas variables funcionan como medios para la determinación de un cambio en las cantidades inducidas por la energía reactiva inyectada Q_{inj} . Las variables deben ser sensibles a la energía reactiva. Q_{inj} durante una condición de formación de isla, pero insensibles en situaciones normales, es decir, durante la conexión a la red de energía principal. En otras palabras, cuando la alimentación de la red principal está conectada, la energía reactiva Q_{inj} debería provocar desviaciones insignificantes en tales variables. Sin embargo, en una condición de formación de isla, se deben esperar desviaciones notables en las variables.

40 La forma de realización ilustrada en las Figuras 1a a 1f usa dos variables relacionadas con una tasa de cambio de la amplitud de la tensión (ROCoV) y una tasa de cambio de la frecuencia (ROCoF). Las derivadas de tiempo de la amplitud de la tensión y la frecuencia se pueden usar para determinar la tasa de cambio de la tensión (ROCoV) y la tasa de cambio de la frecuencia (ROCoF), respectivamente. La primera variable δ_ω relacionada con ROCoF se puede definir, por ejemplo, de acuerdo con lo presentado a continuación

45
$$\delta_\omega = \left| \frac{d\omega_0}{dt} \right|. \quad (4)$$

δ_ω representa el valor absoluto (una medida) de la ROCoF. La Figura 1d ilustra una implementación de ejemplo para la construcción de este término. La derivada del tiempo $\frac{d\omega_0}{dt}$ de la frecuencia fundamental se puede obtener, por ejemplo, a partir de un esquema FFE ilustrado en la Figura 1b. Se incluye un filtro de paso bajo (LPF) en la Figura

1d para filtrar el ruido existente en esta derivada del tiempo. El término ε_2 se puede usar en un esquema de retroalimentación positiva descrito más adelante.

La segunda variable δ_v , se puede definir, por ejemplo, de acuerdo con lo presentado a continuación

$$\delta_v = \left\langle \frac{d}{dt} \left(\frac{v_{F,1}^2 + \varphi_{F,1}^2}{2} \right) \right\rangle_{RMS} = \left\langle v_{F,1} \frac{d}{dt} v_{F,1} + \varphi_{F,1} \frac{d}{dt} \varphi_{F,1} \right\rangle_{RMS} \quad (5)$$

5 δ_v representa el valor RMS de la tasa de cambio del cuadrado de la amplitud, y se puede considerar como una medida de la ROCoV.

La Figura 1e muestra un diagrama de bloques de ejemplo para la construcción de la segunda variable δ_v . Un

estimado $\frac{d}{dt} \hat{v}_{F,1}$ de la derivada del tiempo de la tensión fundamental y una estimación $\frac{d}{dt} \hat{\varphi}_{F,1}$ de la derivada del tiempo de la señal de fase cuadrada se puede obtener, por ejemplo, mediante el uso de un AQSG de acuerdo con lo mostrado en la Figura 1a. La implementación resultante de la Ecuación 5 se basa en un producto de punto de un vector de señales sinusoidales $[\hat{v}_{F,1}, \hat{\varphi}_{F,1}]^T$ y un vector de derivadas temporales de las señales sinusoidales $\left[\frac{d}{dt} \hat{v}_{F,1}, \frac{d}{dt} \hat{\varphi}_{F,1} \right]^T$. Este producto produce principalmente un segundo componente armónico.

Por lo tanto, un filtro de paso de banda (BPF) sintonizado en el segundo armónico del fundamental puede, al igual que en la Figura 1e, estar incluido para extraer este componente únicamente, para minimizar de este modo el ruido adicional. Además, el BPF entrega una señal del segundo componente armónico α_2 y su señal de fase cuadrada β_2 , a partir de la cual se puede calcular con facilidad un valor RMS. La variable ε_1 en la Figura 1e se puede usar en un esquema de retroalimentación positiva que se describe más adelante.

15 Cuando la red principal está conectada, las variables δ_ω y δ_v son casi cero Sin embargo, si se producen condiciones de formación de isla, las variables δ_ω y δ_v crecen considerablemente, para superar de este modo sus umbrales correspondientes T_ω y T_v . El umbral T_ω para la variable δ_ω se puede ajustar, por ejemplo, de acuerdo con la siguiente expresión

$$T_\omega = 0.5 \lambda \pi v_{F,RMS}^2 \left| 1 - \sqrt{1 + \frac{x}{2}} \right|, \quad (6)$$

donde se usa un criterio del 50% del valor pico de esperado máximo de medición para la variable δ_ω . El parámetro x representa un porcentaje de la energía de referencia P_{DC} . Se usa para fijar la amplitud de la corriente reactiva inyectada. Para cumplir con los estándares relativos a la perturbación máxima permitida, el porcentaje x puede, por ejemplo, limitarse a un intervalo $0 < x \leq 3\%$.

En consecuencia, el umbral T_v se puede formar para la variable δ_v , por ejemplo, de acuerdo con lo presentado a continuación

$$T_v = 0.5 \lambda \pi v_{F,RMS}^2 \left| 1 - \sqrt{1 + \frac{x}{2}} \right|. \quad (7)$$

30 Sobre la base de los cambios en las variables. δ_ω y δ_v , se puede determinar si pasar o no a la segunda etapa de la forma de realización ilustrada en las Figuras 1a a 1f. La idea consiste en contar, dentro de una ventana de tiempo, los eventos de desviaciones de las variables. δ_ω y δ_v que exceden sus umbrales dados T_ω y T_v .

Las Figuras 3a y 3b ilustran un ejemplo de la primera etapa de detección de condiciones de formación de isla mediante el uso de la forma de realización ilustrada en las Figuras 1a a 1f. La Figura 3a muestra el efecto de las condiciones de formación de isla en la variable δ_ω que representa la tasa de cambio de la frecuencia (ROCoF). La Figura 3b muestra el efecto de las condiciones de formación de isla en la variable δ_v que representa la tasa de cambio de la tensión (ROCoV).

En las Figuras 3a y 3b, la frecuencia fundamental es de 50 Hz. La forma de realización ilustrada en las Figuras 1a a 1f tiene tres flip-flops en T y, como resultado, el componente de corriente reactiva (línea discontinua) en forma de onda cuadrada tiene una frecuencia de ciclo de 6,25 Hz. Por lo tanto, el componente de corriente reactiva cambia entre corrientes capacitivas e inductivas cada 0,08 s. La formación de isla se produce en un tiempo $t = 1$ s, después de lo cual las excursiones de ambas variables δ_ω y δ_v crecen de manera considerable, para exceder de este modo sus umbrales T_ω y T_v respectivamente.

En ambas Figuras 3a y 3b, se han recolectado cinco eventos (círculos punteados) en un período de aproximadamente 0,4 s. Solo se detecta el primer evento por un cambio del componente de corriente reactiva para reducir la sensibilidad al ruido. La variable δ_ω o la variable δ_v se pueden usar solas o se pueden usar ambas en combinación para el recuento de eventos.

- 5 Una vez que se ha recopilado un cierto número de eventos, por ejemplo, alrededor de 5 a 10, se puede suponer que ha ocurrido una condición de formación de isla. Para confirmar esta situación, se puede habilitar la segunda etapa de la forma de realización ilustrada en las Figuras 1a a 1f.

La segunda etapa comprende, para por lo menos una cantidad eléctrica de la red distribuida, medios para la determinación de un valor de la cantidad eléctrica y la formación de un término de retroalimentación positiva mediante el uso del valor determinado. El propósito de las retroalimentaciones positivas es alejar la amplitud o frecuencia de tensión de un intervalo de operación normal, por ejemplo, de manera tal que los valores de las cantidades eléctricas determinadas excedan los límites de protección de alta/baja tensión (OVP/UVP) y/o la protección de alta/baja frecuencia (OFP/UFP). Los cambios en las cantidades eléctricas inducidas por los términos de retroalimentación se pueden determinar, por ejemplo, por medio de medición, y la condición de formación de isla se puede determinar en función de los cambios.

La Figura 1f ilustra un diagrama de bloques de una implementación de la segunda etapa que extiende el esquema de la Figura 1c por medio de la adición de términos de retroalimentación positiva 14 a la referencia de control. Las retroalimentaciones 14 se pueden habilitar cuando se activa la segunda etapa. La implementación usa términos ε_2 y ε_1 presentados en las Figuras 1d y 1e. El término ε_2 contiene información sobre la variación de frecuencia mientras que el término ε_1 contiene información sobre la variación de amplitud de la tensión.

En la Figura 1f, los términos ε_2 y ε_1 son retroalimentados por medio de ganancias positivas k_f y k_m , respectivamente. El término ε_1 se suma a la energía de referencia P_{DC} , para modificar de este modo la amplitud de la parte activa de la referencia de corriente i_0^* . De acuerdo con lo mencionado con anterioridad, el efecto principal de la corriente activa está en la amplitud de la tensión. Como resultado, el término añadido ε_2 hace que la amplitud de la tensión sea inestable.

Al mismo tiempo, el término ε_2 se añade a la energía reactiva inyectada Q_{inj} para modificar la amplitud de la parte reactiva de la referencia de corriente i_0^* . El efecto principal de la corriente reactiva está en la frecuencia de la señal de tensión. Esto crea un ciclo de retroalimentación positiva que hace que la frecuencia sea inestable. La retroalimentación positiva también se puede implementar mediante el uso de solo ε_2 o ε_1 .

30 El rendimiento de la forma de realización ilustrada en las Figuras 1a a 1f se simuló mediante el uso de una configuración de prueba propuesta en los estándares UL 1741 e IEEE 929 [4, 6]. La configuración de prueba usó una carga RLC balanceada 20 conectada en paralelo a la unidad eléctrica de energía de acuerdo con lo mostrado en la Figura 4.

En la Figura 4, la unidad eléctrica de energía 21, como un inversor fotovoltaico, se representó por una fuente de corriente simple, ya que se supuso que la corriente de salida i_0 entregada a la red distribuida sigue su referencia i_0^* después de un tiempo arbitrariamente corto. La fuente de corriente 21 proporcionó energía a una red principal 22 representada por una fuente de tensión que produce una tensión v_g . La energía P_{DC} proporcionada por la fuente 21 se asumió constante. El intervalo de la referencia de corriente i_0^* se dimensionó de manera tal que fuera capaz de entregar la máxima energía disponible desde la fuente de energía a la red principal v_g .

40 En las simulaciones, un valor pico V_{pico} de la tensión v_g de la red principal 22 era 325 V, una energía activa entregada P_{DC} por la fuente actual 21 era 2680 W, y la frecuencia fundamental ω_0 era 100π rad/s (50 Hz). En la Figura 4, una inductancia L_g de 10 mH se usó para la red principal 22. v_F representaba la tensión en el punto de acoplamiento común (PCC), e i_g representaba la corriente suministrada a la red principal 22.

45 De acuerdo con los estándares, los elementos L_F y C_F de la carga RLC 20 se debían dimensionar de manera tal que la frecuencia de resonancia de la carga RLC 20 coincidiera con la frecuencia fundamental nominal ω_0 de la red principal v_g es decir

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L_F C_F}} \quad (8)$$

La resistencia R_F de la carga RLC 20 se diseñó para que coincidiera con la energía activa generada por la fuente de corriente 21 y el factor de calidad de energía Q , definido como

$$Q = R_F \sqrt{\frac{C_F}{L_F}} \quad (9)$$

50

se definió como igual o superior a 2, es decir, $Q \geq 2$. Esto produjo las siguientes expresiones para el cálculo de valores para los elementos de carga RLC 20

$$\begin{aligned} R_F &= \frac{V_{peak}^2}{2P_{DC}}, \\ L_F &= \frac{V_{peak}^2}{2\omega_0 Q P_{DC}} = \frac{R_F}{\omega_0 Q}, \\ C_F &= \frac{2Q P_{DC}}{\omega_0 V_{peak}^2} = \frac{Q}{\omega_0 R_F}. \end{aligned} \quad (10)$$

5 Con base en las ecuaciones 10, los elementos de la carga RLC 20 tenían los siguientes valores: $R_F = 19,7 \Omega$, $L_F = 31,4 \text{ mH}$, y $C_F = 323,1 \mu\text{F}$

10 Para el AQSG de acuerdo con la Figura 1a y el FFE de acuerdo con la Figura 1b $\gamma_1 = 100$ y $\lambda = 0,1$ se seleccionaron las ganancias, respectivamente. Las ganancias positivas del bucle de retroalimentación se han fijado en $k_m = 0,01$ y $k_F = 4$. Los umbrales se ajustaron de acuerdo con las Ecuaciones 5 y 6 a los valores $T_\omega = 61,98$ y $T_V = 0,438 \cdot 10^5$. Se usaron tres flip-flops en T para generar una onda cuadrada, que produjo una frecuencia de ciclo de 6,25 Hz, por lo tanto, para dar un cambio de estado de la onda cuadrada cada 0,08 s. La segunda etapa estaba configurada para habilitarse si ocurrían cinco eventos en dos segundos. Un límite de protección de baja/alta frecuencia (UFP/OFP) de la segunda fase se estableció en 5%, y un límite de protección de baja/alta tensión (UVP/OVP) de la segunda fase se estableció en 10%. La red principal se desconectó a $t = 1$ s. Por lo tanto, se esperaba que la situación de formación de isla se detectara en las simulaciones antes de $t = 3$ s. Los resultados de la simulación se muestran en las Figuras 5a, 5b, 6a, 6b, 7a, 7b y 8.

15 Las Figuras 5a y 5b ilustran una respuesta simulada de la variable δ_ω y la frecuencia fundamental estimada ω_0 para la desconexión de la energía de la red principal 22. Antes de la desconexión en $t = 1$ s, las oscilaciones en ambos δ_ω y ω_0 fueron insignificantes. Sin embargo, crecieron considerablemente durante la desconexión de la red principal 22. La retroalimentación positiva se habilitó después de 5 eventos de δ_ω que excedía el umbral T_ω , de acuerdo con lo mostrado en la Figura 5a cerca de $t = 1,355$ s. Una vez que se habilitó la retroalimentación positiva, la frecuencia estimada ω_0 disminuyó muy rápido, y excedió casi de inmediato el UFP/OFP fijado en $\pm 5\%$.

20 Las Figuras 6a y 6b muestran una respuesta simulada de la variable δ_V y un valor RMS $V_{F,RMS}$ de la tensión v_F para la desconexión de la energía de la red principal 22. Antes de que se desconectara la red de energía principal en $t = 1$ s, las oscilaciones en ambos δ_V y el valor RMS $V_{F,RMS}$ fueron insignificantes. Sin embargo, crecieron considerablemente durante la desconexión de la red principal 22. Al igual que en las Figuras 5a y 5b, la segunda etapa se habilitó después de cinco eventos de δ_V que excedía el umbral T_V de acuerdo con lo mostrado en la Figura 6a. Esto sucedió también alrededor de $t = 1,355$ s. Una vez que se habilitó la segunda etapa, la tensión RMS $V_{F,RMS}$ aumentó muy rápido, y excedió casi de inmediato los límites de UVP/OVP establecidos en $\pm 10\%$.

25 Las Figuras 7a y 7b muestran una respuesta de tiempo simulada de la corriente de la red principal 22 i_g y la referencia de corriente i_0^* . La corriente de la red principal 22 i_g que se muestra en la Figura 7a ya era muy pequeña en comparación con la referencia de corriente i_0^* que se muestra en la Figura 7b, dado que la mayor parte de la referencia de corriente i_0^* estaba pasando por la carga RLC 20. De hecho, solo una corriente debido a la perturbación provocada por la pequeña inyección de corriente reactiva apareció en la Figura 7a. De acuerdo con lo esperado, la corriente de la red principal 20 i_g se redujo a cero en la Figura 7a cuando se desconectó la alimentación de la red principal 20 en $t = 1$ s. La referencia de corriente i_0^* retuvo una forma y amplitud aproximadamente similares durante la desconexión de la red principal 22 hasta que se habilitó la retroalimentación positiva cerca de $t = 1,355$ s. Después de eso, la referencia de corriente i_0^* comenzó a crecer con rapidez.

30 La Figura 8 muestra una respuesta de tiempo simulada de la tensión de la red principal 22 v_g (línea de puntos) y la tensión v_F en el PCC (línea continua). Ambas tensiones retienen una forma y amplitud aproximadamente similares. Sin embargo, una vez que se habilita la retroalimentación positiva cerca de $t = 1,355$ s, la amplitud y frecuencia de la tensión v_F comienza a cambiar considerablemente.

35 Será evidente para aquellos con experiencia en la técnica que, a medida que avanza la tecnología, el concepto inventivo se puede implementar de varias maneras. El método y el aparato descritos y sus formas de realización no se limitan a los ejemplos descritos con anterioridad, sino que pueden variar dentro del alcance de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un método para la detección de condiciones de formación de isla de una red distribuida, en el que la transferencia de energía a través de una unidad eléctrica de energía en la red distribuida se controla sobre la base de una referencia de control y el método comprende una primera etapa y una segunda etapa, en el que la primera etapa comprende
- la inyección de un componente reactivo a la referencia de control y, para por lo menos una cantidad eléctrica de la red,
- la determinación de un cambio en la cantidad inducida por el componente inyectado,
- 10 la comparación del cambio inducido por el componente inyectado en por lo menos una cantidad eléctrica a un límite predeterminado,
- el recuento de eventos del cambio que excede el límite, y
- el procedimiento a la segunda etapa, si la cantidad de eventos excede un límite dentro de una ventana de tiempo establecida, y
- en el que la segunda etapa comprende, para por lo menos una cantidad eléctrica de la red,
- 15 la determinación de un valor de la cantidad eléctrica,
- la formación de un término de retroalimentación positiva mediante el uso del valor determinado
- la adición del término de retroalimentación positiva a la referencia de control,
- la determinación de un cambio en una cantidad eléctrica inducida por el término de retroalimentación, y
- 20 la determinación de la condición de formación de isla sobre la base del cambio en la cantidad inducida por el término de retroalimentación.
2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la transferencia de energía se controla sobre la base de una referencia de corriente.
3. Un método de acuerdo con la reivindicación 2, en el que la inyección de un componente reactivo a la referencia de control comprende
- 25 la inyección de un componente de corriente reactiva a la referencia de corriente, en la que el componente de corriente reactiva inyectado toma la forma de una onda cuadrada que se alterna entre una corriente inductiva o capacitiva.
4. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el componente reactivo es una onda cuadrada sincronizada con cruces por cero de una onda fundamental de una tensión de la red.
- 30 5. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la determinación de un cambio en la cantidad inducida por el componente inyectado en la primera etapa comprende
- la determinación de un cambio en la tasa de cambio de la tensión de la red distribuida por el componente inyectado.
6. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que la determinación de un cambio en la cantidad inducida por el componente inyectado en la primera etapa comprende
- 35 la determinación de un cambio en la tasa de cambio de la frecuencia de la red distribuida por el componente inyectado.
7. Un método de acuerdo con la reivindicación 5 o 6, en el que una estimación de la tasa de cambio de la tensión se calcula mediante el uso de un generador de señal de cuadratura adaptativa, y una estimación de la tasa de cambio de la frecuencia de la red distribuida se calcula mediante el uso de un estimador de frecuencia fundamental.
- 40 8. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que la segunda etapa comprende
- la formación de un término de retroalimentación positiva sobre la base de la variación de frecuencia de la red distribuida, y
- la adición del término de retroalimentación positiva a la parte activa de la referencia de control.
9. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que la segunda etapa comprende

la formación de un término de retroalimentación positiva sobre la base de la variación de amplitud de la red distribuida, y

la adición del término de retroalimentación positiva a la parte reactiva de la referencia de control.

- 5 10. Un aparato para la detección de condiciones de formación de isla de una red distribuida, en el que la transferencia de energía a través de una unidad eléctrica de energía se controla sobre la base de una referencia de control y el aparato comprende una primera etapa y una segunda etapa, en el que la primera etapa comprende

medios para la inyección de un componente reactivo a la referencia de control, y,

para por lo menos una cantidad eléctrica de la red,

medios para la determinación de un cambio en la cantidad inducida por el componente inyectado,

- 10 medios para la comparación del cambio inducido por el componente inyectado en por lo menos una cantidad eléctrica a un límite predeterminado,

medios para el recuento de eventos del cambio que excede el límite, y

medios para el procedimiento a la segunda etapa, si la cantidad de eventos excede un límite dentro de una ventana de tiempo establecida, y

- 15 en el que la segunda etapa comprende, para por lo menos una cantidad eléctrica de la red,

medios para la determinación de un valor de la cantidad eléctrica,

medios para la formación de un término de retroalimentación positiva mediante el uso del valor determinado,

medios para la adición del término de retroalimentación positiva a la referencia de control,

medios para la determinación de un cambio en una cantidad eléctrica inducida por el término de retroalimentación, y

- 20 medios para la determinación de la condición de formación de isla sobre la base del cambio en la cantidad inducida por el término de retroalimentación.

11. Un inversor fotovoltaico que comprende un aparato de acuerdo con la reivindicación 10.

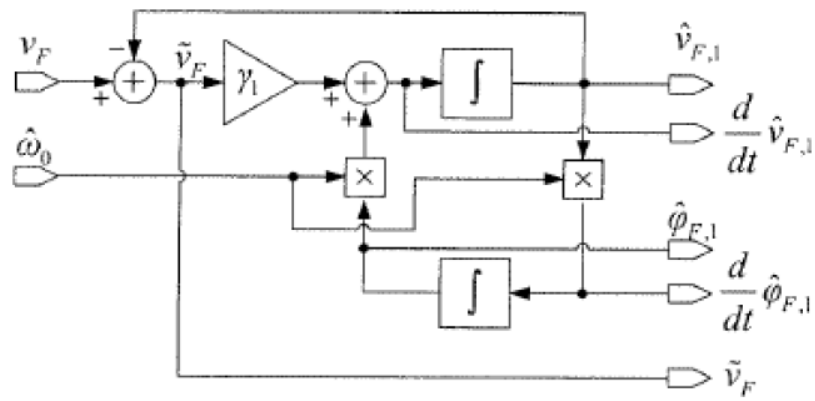


Figura 1a

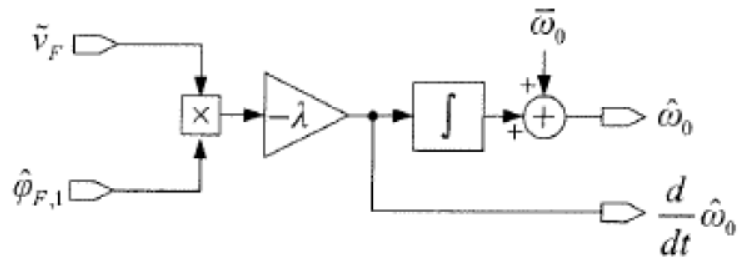


Figura 1b

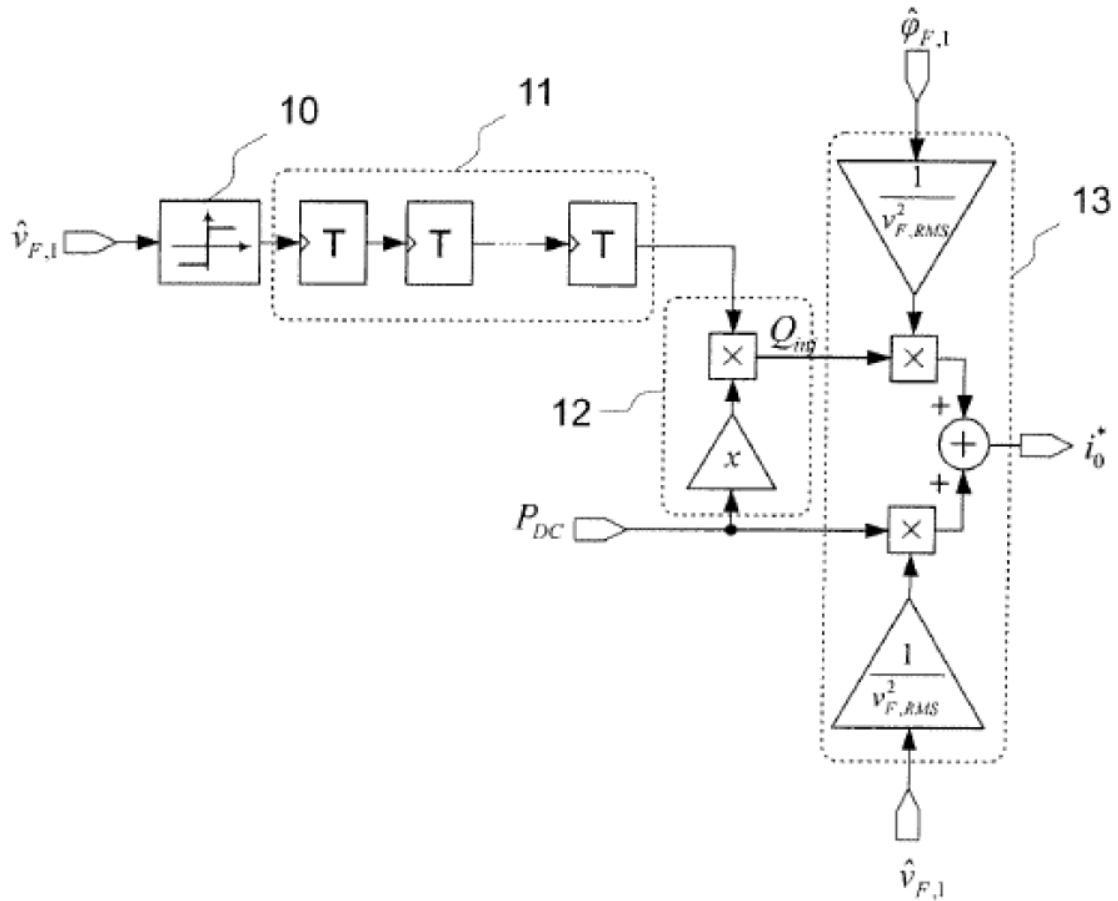


Figura 1c

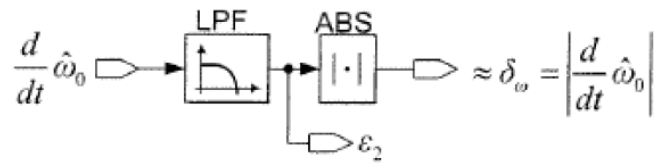


Figura 1d

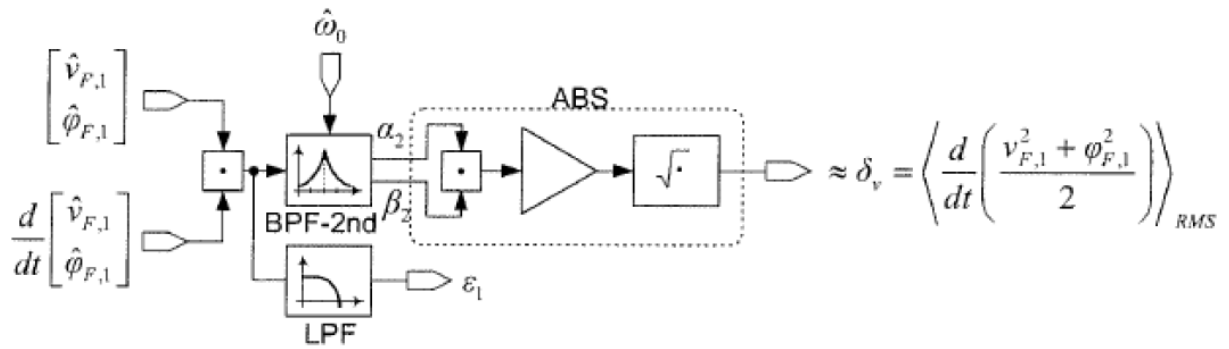


Figura 1e

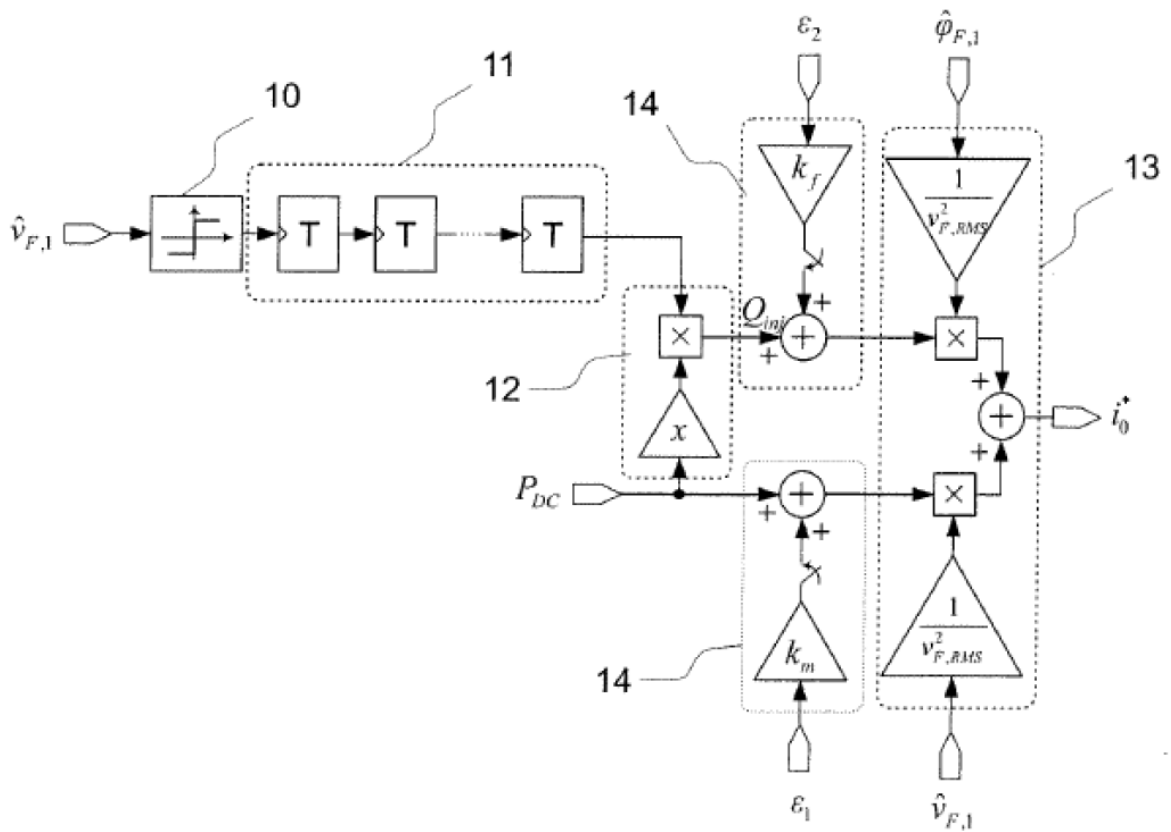


Figura 1f

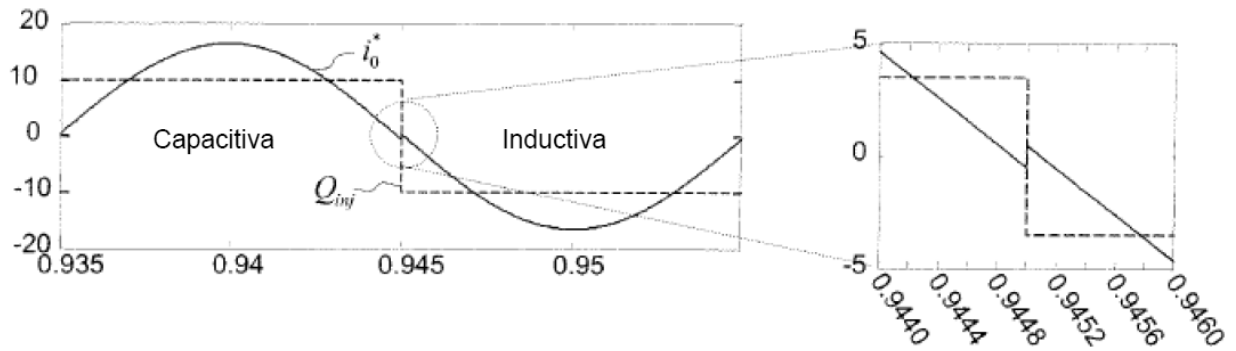


Figura 2a

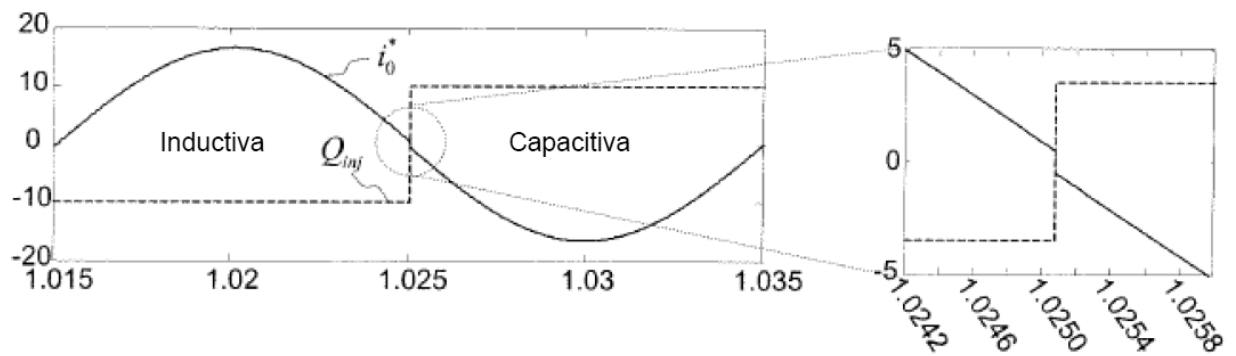


Figura 2b

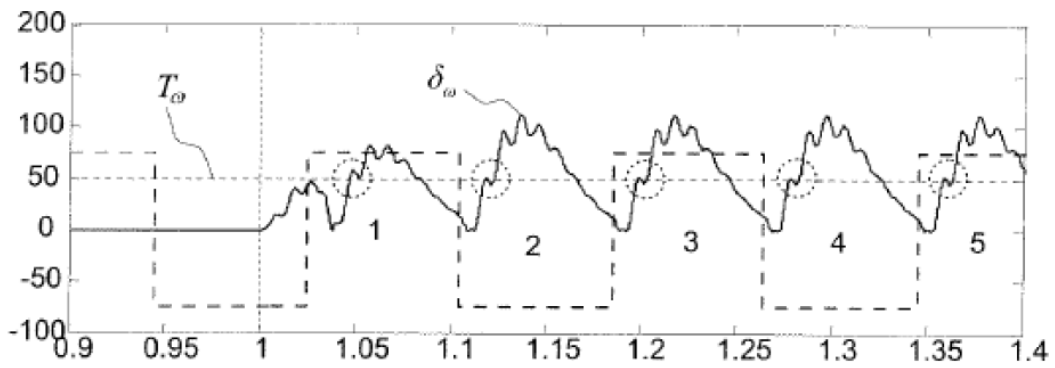


Figura 3a

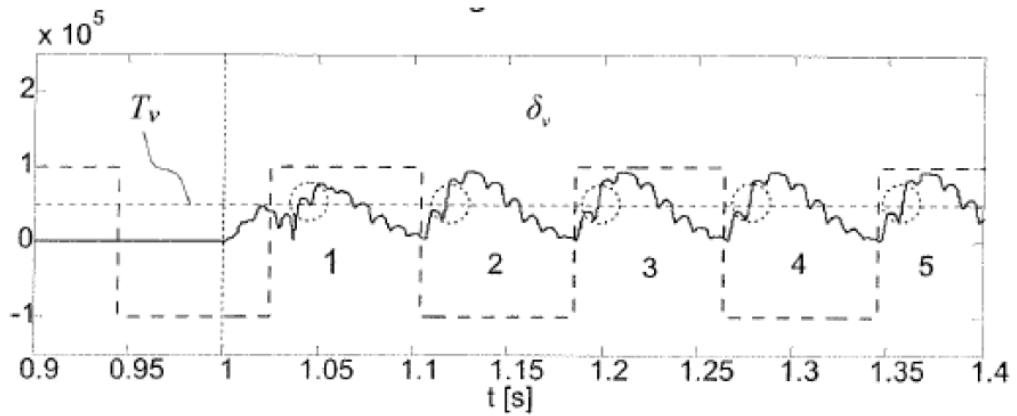


Figura 3b

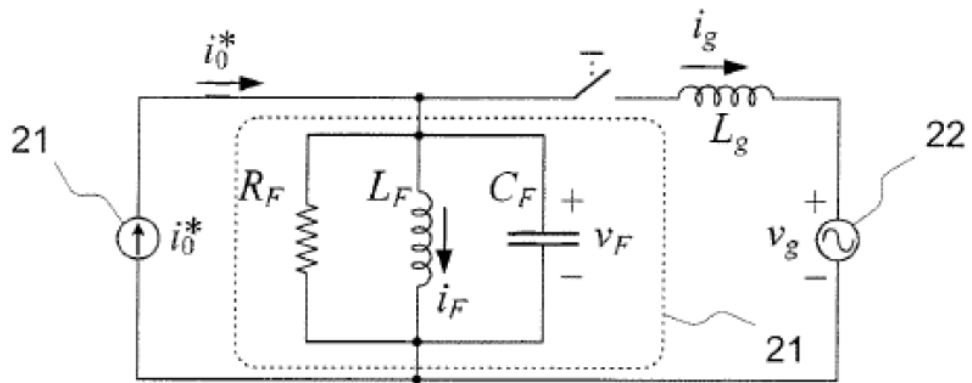


Figura 4

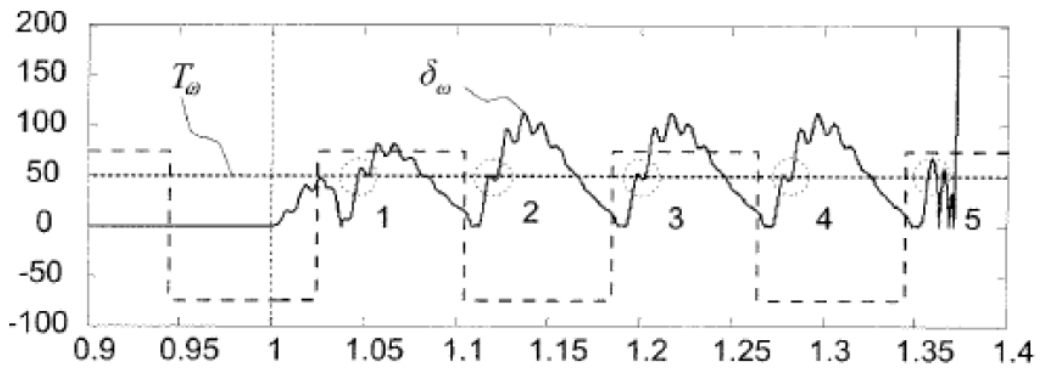


Figura 5a

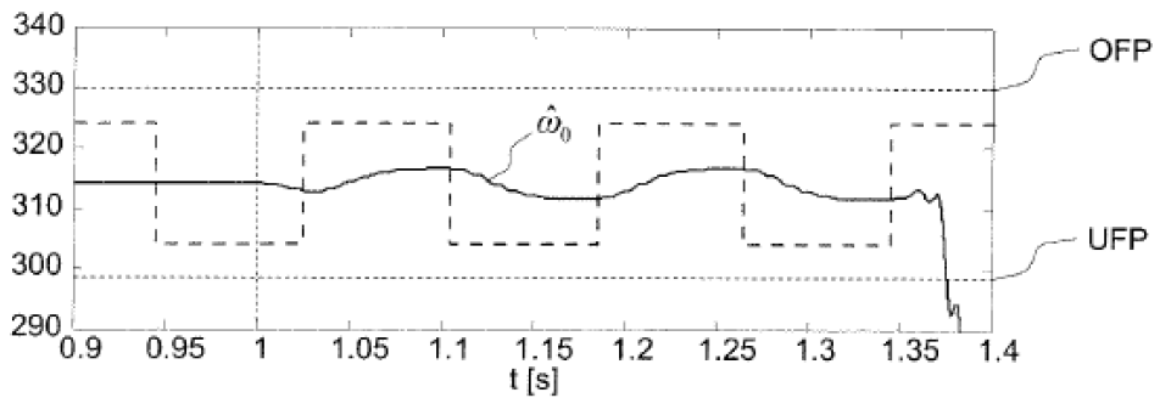


Figura 5b

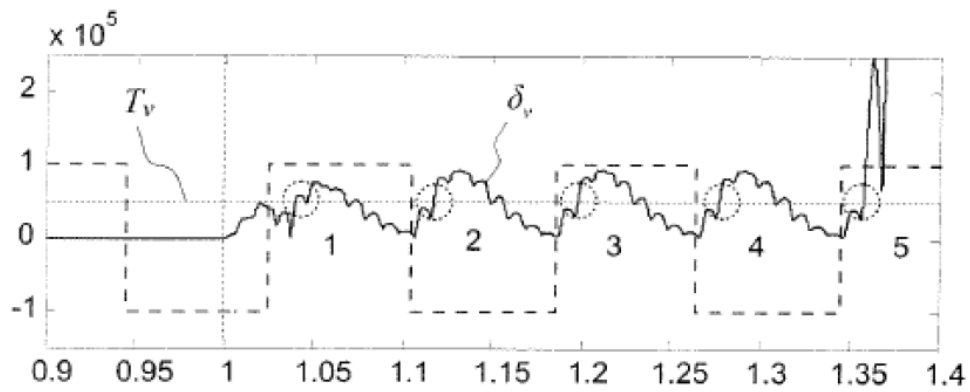


Figura 6a

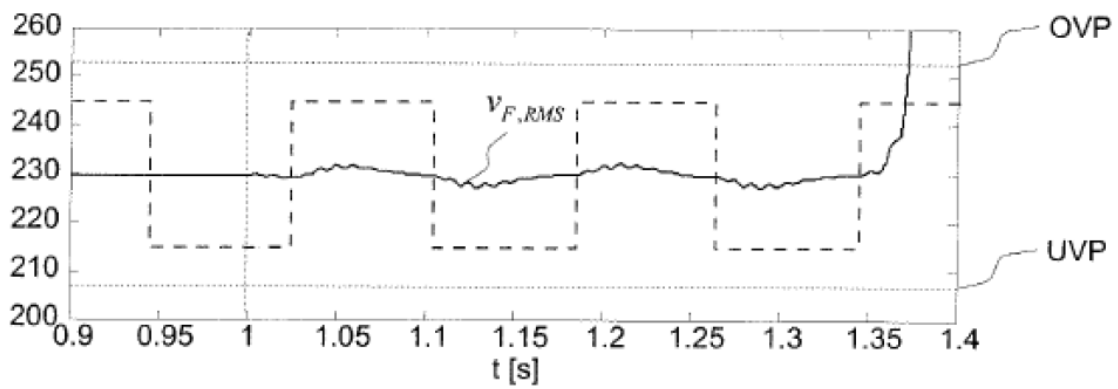


Figura 6b

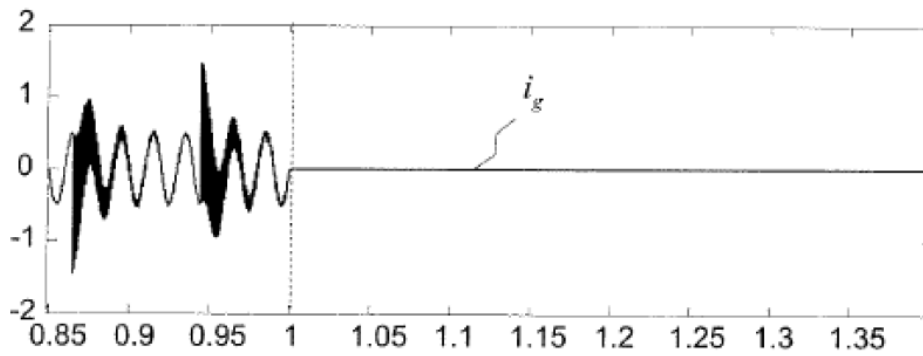


Figura 7a

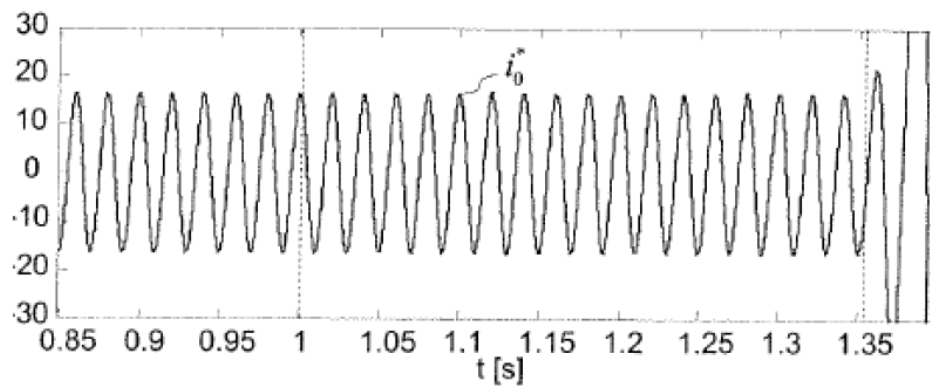


Figura 7b

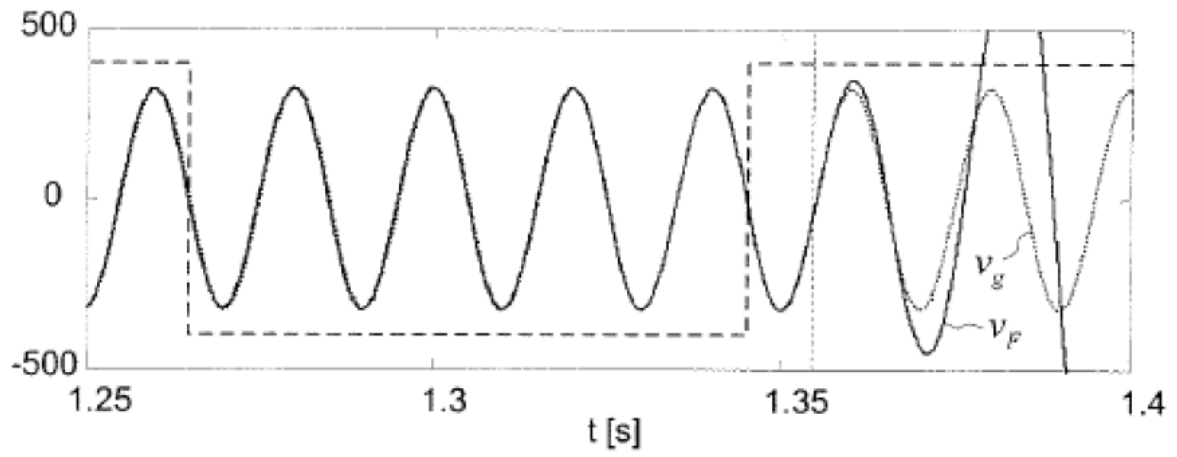


Figura 8