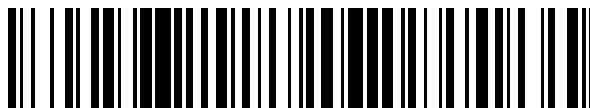


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 407 129**

21 Número de solicitud: 201130295

51 Int. Cl.:

H02J 3/00 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION

B1

22 Fecha de presentación:

04.03.2011

43 Fecha de publicación de la solicitud:

11.06.2013

Fecha de la concesión:

09.06.2014

45 Fecha de publicación de la concesión:

16.06.2014

56 Se remite a la solicitud internacional:

PCT/ES2012/070105

73 Titular/es:

**ZIGOR CORPORACIÓN, S.A (100.0%)
Portal de Gamarra, 28
01013 Vitoria (Araba/Álava) ES**

72 Inventor/es:

**IRIBARREN ASENJO, José Luis;
BELTZA IGOA, Aitor y
CORERA CASTY, Santiago**

74 Agente/Representante:

IZQUIERDO FACES, José

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para detección de funcionamiento en isla de una instalación generadora**

57 Resumen:

Procedimiento y dispositivo para detección de funcionamiento en isla de una instalación generadora, que consta de un transductor de corriente (3), un generador de corriente controlado (8) y un procesador digital que realiza las operaciones matemáticas y lógicas de rotación 90° del operador matemático (4), multiplicador (5), sumador (6), generador senoidal (7), filtración pasabanda sincronizada o DTFT, un primer comparador (10) con consigna un nº real de valor apropiado para comparar con el módulo de tensión de la componente (wr+wm), un segundo comparador digital (11) apropiado para comparar con el modulo de tensión de la componente (wr-wm), y una puerta lógica OR (12).

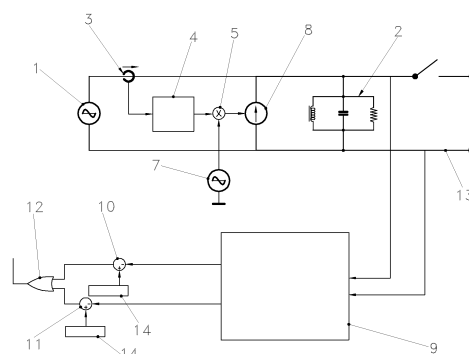


FIG.2

ES 2 407 129 B1

DESCRIPCIÓN

Procedimiento y dispositivo para detección de funcionamiento en isla de una instalación generadora.

CAMPO DE LA INVENCIÓN

Esta invención concierne a un procedimiento y un dispositivo destinados a detectar el funcionamiento en isla de generadores de energía eléctrica (inversores fotovoltaicos, generadores eólicos, diesel, etcétera); es decir, a detectar uno de estos generadores queda desconectado del sistema al que alimentan de corriente eléctrica. La finalidad de esta detección de funcionamiento en isla es proteger de daño las cargas conectadas en las barras del generador, procediendo a desconectarlas o apagar el generador.

El procedimiento y dispositivo objeto de ésta patente puede estar asociado al conjunto de los generadores de una instalación o a cada uno de ellos individualmente; es decir, el invento puede estar integrado en cada uno de los generadores, o bien, se puede introducir en la instalación como un elemento aparte.

ESTADO DE LA TÉCNICA ANTERIOR

Debido a la activación de una protección del sistema en una instalación de generación de energía eléctrica hacia la red de suministro, puede producirse la apertura del circuito por medio de un interruptor automático, un diferencial u otro dispositivo a tal fin; entonces, se produce la desconexión de la red eléctrica y el generador queda aislado alimentando a la carga conectada al mismo. Si la carga tiene un factor Q elevado (Q= relación entre la potencia reactiva manejada por la carga y la potencia activa consumida por la carga), entonces el generador sigue generando energía que ya no es absorbida por la red eléctrica y que tiene que disiparse en dicha carga. Debido a que generadores tales como inversores solares, eólicos, etcétera, son generadores de corriente, ocurre a menudo que no dan una tensión adecuada cuando trabajan en isla, con lo cual puede haber casos en que la carga quede destruida. También puede ocurrir, a veces, que, por ejemplo, por una pequeña variación de consumo de potencia activa por parte de la carga, el sistema se comporte de manera inestable, a pesar de que la tensión y frecuencia en bornas de la carga antes mencionada puedan estar suficientemente próximas a las de funcionamiento en la condición normal (no en modo isla). Por ello, se hace necesario detectar cuanto antes la condición de funcionamiento en isla para proceder a desconectar el ó los generadores eléctricos implicados en el evento. Por ello, también existe normativa al respecto que obliga a detectar y resolver el problema en un tiempo limitado.

Para alcanzar tal fin, vienen empleándose diversos sistemas que responden a dos conceptos distintos, que son, sistemas de detección pasiva y sistemas de detección activa.

Mediante los sistemas de detección pasiva sólo se miden las magnitudes más importantes (tensión en bornas del generador y de la carga, frecuencia eléctrica del sistema, distorsión de tensión, etcétera). Cuando alguno de los valores medidos está fuera de lo especificado se supone que está en el modo de funcionamiento en isla y se puede proceder a la desconexión de las cargas y/o los generadores. El inconveniente de estos sistemas es que, si la red eléctrica a la que generamos, es de una calidad baja, se pueden tener falsas detecciones de la condición de funcionamiento en isla (en lo sucesivo, condición de isla o en isla).

Como alternativa a estos sistemas se han desarrollado métodos de detección activa que se basan en el concepto funcional de que el generador ó generadores producen en el sistema una perturbación permanente que se propaga o amplifica sólo cuando existe la condición de isla, resolviéndose así las falsas detecciones de los sistemas de detección pasiva.

Entre los sistemas de detección activa son de destacar los siguientes (a modo de ejemplo aplicativo se hace referencia concreta a inversores solares):

- a) PJD (siglas inglesas de Phase Jump Detection, en español, Detección de Salto de Fase). Consiste en que detecta un salto de fase brusco que se da cuando ocurre el paso de funcionamiento normal a isla. El problema es que también puede haber saltos de fase en la red, que den falsas detecciones. Para evitar esto, se disminuye la sensibilidad y puede entonces no detectar adecuadamente.
- b) Detección de armónicos. Consiste en que en funcionamiento normal (red conectada) la red impone la tensión del sistema, debido a su baja impedancia. Sin embargo en isla, la impedancia es la de la carga, y es mucho mayor que la de red. Como los inversores solares suelen generar armónicos de corriente, en funcionamiento normal son absorbidos por la red, pero en funcionamiento en isla la distorsión de tensión aumenta debido a que ha aumentado el módulo de la impedancia para los armónicos cuando trabaja en isla. La impedancia de red siempre es más pequeña que la de la carga y, por tanto, el producto de un armónico de corriente por dichas impedancias (que se traduce en armónico de tensión) es mucho mayor en isla, condición ésta que puede ser detectada a los efectos pretendidos. El problema es que hay normativas que obligan a tener una distorsión baja de corriente ya que ello es un factor de mérito para el inversor (generador), con lo que, al bajar la distorsión, los armónicos de corriente son tan pequeños que imposibilitan la discriminación de funcionamiento entre normal o en isla.

c) Medida de la impedancia. Es parecido al método anterior, con la diferencia de que ahora se estima la impedancia del sistema variando o haciendo pulsante la corriente y, por tanto, la potencia activa generada; entonces, se observa la repercusión sobre la variación de la tensión en las barras comunes al generador y carga, ya que será mayor cuando el sistema trabaja en isla. Un serio inconveniente de este modo de detección es la gran cantidad de modulación de potencia necesaria para discriminar si el sistema está o no en isla. Además, en las células solares solo hay un punto de potencia activa en el que se les extrae la máxima potencia; de modo que, si variamos esta potencia, el aprovechamiento de la energía es menor; lo cual no es bueno debido al gran coste de las células fotovoltaicas, a las que hay que sacarles la potencia máxima que puedan dar en cada momento para amortizarlas.

d) SMS (siglas inglesas de Slip-Mode frequency Shift; en español, Cambio de frecuencia en Modo Deslizamiento). Se basa en una retroalimentación positiva de la frecuencia de operación que sólo se puede dar cuando el sistema trabaja en isla. En este sistema, el inversor solar se sincroniza con la red mediante un PLL (Phase Locked Loop) o bucle de enganche de fase, que tiene una tendencia a subir (o bajar) la frecuencia cuando no está conectado a red, detectando al final una frecuencia fuera de límites. En éste método, uno de los inconvenientes es que, antes de la desconexión, las cargas tienen que soportar necesariamente este cambio de frecuencia.

Otro método similar es hacer lo mismo con la fase que lo que se hace con la frecuencia. El resultado es el mismo, con los mismos inconvenientes.

En ambos sistemas anteriores de este apartado las perturbaciones de red pueden provocar inestabilidad del sistema y mala calidad de suministro. También pueden fallar en el caso de funcionar inversores en paralelo que tengan parámetros de ganancia algo diferentes.

e) Sandia Frequency Shift (de Sandia National Laboratories E.E.U.U.). Similar a los anteriores e igualmente inestable debido a que también utiliza una retroalimentación positiva de frecuencia.

f) Sandia Voltage Shift (desplazamiento de la tensión con retroalimentación positiva). Lo mismo que los anteriores, pero utilizando realimentación positiva de tensión. Los inconvenientes son la inestabilidad debida a la retroalimentación positiva y una pequeña reducción del rendimiento de las células solares.

Estos son los métodos más empleados. Los de retroalimentación positiva afectan a la estabilidad y por tanto a la calidad de red.

EXPLICACIÓN DE LA INVENCION Y VENTAJAS

La presente invención propugna un procedimiento y un dispositivo para la detección de funcionamiento en isla de una instalación generadora. De acuerdo con el procedimiento se postula como característico que:

- de modo suplementario a la corriente de generación de potencia (i_1) propia del sistema de generación eléctrica, es producida una corriente suplementaria (i_2), tanto en funcionamiento normal como en isla;
- la corriente suplementaria (i_2) es de valor muy inferior al de la corriente de generación de potencia (i_1);
- se suman la corriente de generación de potencia (i_1) y la corriente suplementaria (i_2);
- se mide el valor de la tensión de respuesta al estímulo introducido en el sistema por la suma de la corriente de generación de potencia (i_1) y de la corriente suplementaria (i_2);

la corriente suplementaria (i_2) es formada a partir de la corriente de generación de potencia (i_1), mediante una operación matemática en la que el fasor (vector de onda) de la corriente de generación de potencia (i_1) se multiplica, primero, por una constante (k) de valor muy pequeño respecto de la unidad, haciendo que la corriente suplementaria (i_2) sea mucho menor que la corriente de generación de potencia (i_1), y segundo, por un factor que provoca una señal con desfase de onda un ángulo (φ), en sentido antihorario, de la corriente suplementaria (i_2) respecto de la corriente de generación de potencia (i_1);

- el ángulo (φ) es de 90° , preferentemente;
- la señal desfasada en un ángulo (φ) es multiplicada por una función periódica en el tiempo con una pulsación que llamaremos omega de modulación (ω_m) y que se suma o resta a la omega de red (ω_r);
- de manera preferente, la función periódica en el tiempo con pulsación omega de modulación (ω_m), es una función senoidal;
- la señal desfasada en el ángulo (φ) es convertida en corriente que se introduce en las bornas del conjunto formado por el generador (1) y la carga (2);

- de manera permanente se toma lectura de la tensión en las bornas del conjunto generador- carga (1-2) y, mediante un procesador digital (9) capaz de realizar un filtrado digital de la señal y/o de efectuar su transformada de Fourier discreta en el tiempo, se mide la amplitud espectral de las diferentes frecuencias y se compara con un valor prefijado por encima del cual el sistema de generación eléctrica estaría en isla;

- 5 • el procesador digital (9) está sintonizado a $w_r + w_m$ ó a $w_r - w_m$.

Para servir a este procedimiento el dispositivo según la invención consta de un transductor de corriente instalado entre el generador eléctrico y la carga, un operador matemático, un multiplicador, un generador senoidal, un generador de corriente controlado, un procesador digital, un primer comparador con consigna $w_r + w_m$, un segundo comparador digital con consigna $w_r - w_m$, y una puerta lógica OR; en donde, el transductor de corriente está
10 conectado entre el generador eléctrico y un operador matemático que reside en un procesador digital de señal (DSP, en siglas inglesas) o un microprocesador, el multiplicador está conectado con el operador matemático, con el generador senoidal y con el generador de corriente controlado que, por su parte, está conectado con las bornas de la carga que, a su vez, están conectadas con un procesador digital cuya salida está conectada con unos dichos primer comparador digital y segundo comparador digital que tienen su salida conectada con la puerta lógica OR.
15 Más adelante se explicará una constitución preferente de este dispositivo de la invención.

Por lo que atañe al procedimiento, según sus características expuestas más arriba, se desarrolla del siguiente modo:

Las corrientes i_1 e i_2 vienen definidas por las expresiones:

(1) $i_1 = I_{\max} \cdot \cos(w_r \cdot t + \varphi)$

20 (2) $i_2 = I_{\max} \cdot k \cdot \sin(w_m \cdot t) \cdot \sin(w_r \cdot t + \varphi)$

Donde:

- $I_{\max}$: corriente máxima del circuito
- w_r : omega de red
- w_m : omega de modulación
- t : tiempo
- k : constante
- φ : ángulo de desfase

La corriente total sería la suma de (1) y (2), es decir:

(3) $I_{\max} \cdot \cos(w_r \cdot t + \varphi) + I_{\max} \cdot k \cdot \sin(w_m \cdot t) \cdot \sin(w_r \cdot t + \varphi)$

30 Ecuación que convenientemente simplificada se convierte en:

(4) $I_{\max} \cdot (\cos(w_r \cdot t + \varphi) + 1/2 \cdot k \cdot (\cos((w_r - w_m) \cdot t + \varphi) \cos((w_r + w_m) \cdot t + \varphi)))$

Dividiendo todo por $I_{\max}$:

(5) $\cos(w_r \cdot t + \varphi) + 1/2 \cdot k \cdot (\cos((w_r - w_m) \cdot t + \varphi) \cos((w_r + w_m) \cdot t + \varphi))$

35 Cuando el equipo trabaja en isla, la corriente expresada en la ecuación (4) multiplicada por la impedancia de la carga LCR (circuito estándar formado por una bobina L, un condensador C y una resistencia R y denominado como "carga" en las figuras) producirá una tensión en bornas de la carga LCR que contendrá las mismas componentes frecuenciales $((w_r + w_m)$ y $(w_r - w_m))$ que dicha corriente con unas amplitudes determinadas.

40 Sin embargo, en funcionamiento normal, como la impedancia de red es mucho menor que la del circuito LCR, el producto de la corriente expresada en (4) por la impedancia de red, dará una tensión en bornas de la carga LCR mucho menor para las componentes $(w_r + w_m)$ y $(w_r - w_m)$ que en funcionamiento en isla. Detectando la amplitud de dichas componentes es como se discrimina si el sistema trabaja o no en isla. Si la amplitud de dichas componentes es mayor que un valor prefijado, estamos trabajando en isla.

En la ecuación (5) se ve que hay una componente de pulsación w_r , otra componente de pulsación $(w_r - w_m)$ y una tercera $(w_r + w_m)$; es decir, un espectro de tres frecuencias bien diferenciadas.

Si se representa gráficamente la función expresada en (5) para $k=0.05$ $w_r=2\pi \cdot 50$, $w_m=2\pi \cdot 10$, se obtiene el resultado que se muestra en la figura 4.

La corriente suplementaria generada, i_2 , no afecta a la distorsión armónica y afecta muy poco al factor de potencia. Según la fórmula:

5

(6) $FP = 2^{1/2} / (2 + k^2)^{1/2}$, donde FP es el factor de potencia

(7)

$$FP = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2 + k^2}}$$

10 Con el ejemplo anterior, para $k=0.05$, el factor de potencia (FP) = 0.9993755849; lo que muestra lo poco que afecta al factor de potencia y como no afecta en absoluto a la distorsión armónica. Con lo anterior estamos diciendo también que no afecta ni a la calidad ni a la estabilidad de red, ya que no hay retroalimentación positiva de ninguna variable del sistema.

Si llamamos μ (mu) a la relación w_m/w_r , el módulo de la impedancia de la carga LCR respecto a R en función de μ para la pulsación (w_r+w_m) viene dado por la siguiente expresión:

15

$$(8) \quad \left| \frac{1 + \mu}{\sqrt{4 Q^2 \mu^2 + 4 Q^2 \mu^3 + Q^2 \mu^4 + 1 + 2 \mu + \mu^2}} \right|$$

Y para la pulsación (w_r-w_m):

20

$$(9) \quad \left| \frac{-1 + \mu}{\sqrt{4 Q^2 \mu^2 - 4 Q^2 \mu^3 + Q^2 \mu^4 + \mu^2 - 2 \mu + 1}} \right|$$

Representando la impedancia relativa para algunos valores de μ y para $Q=2$ (valor normativo) se obtiene la representación que se muestra en la figura 6.

25

En particular para $\mu=0.2$ los valores de impedancia del LCR relativos a solo la R son:

Para (w_r+w_m), $Z_{(w_r+w_m)}/Z_{w_r} = 0,8064049958$

Para (w_r-w_m), $Z_{(w_r-w_m)}/Z_{w_r} = 0,7432941461$

Impedancias estas que son muy grandes comparadas con la impedancia de red por unidad en una instalación normal, con lo cual es fácil discriminar el funcionamiento en isla del de red.

30

La detección de la ó las componentes frecuenciales de tensión en bornas de la carga de (w_r-w_m) y de (w_r+w_m) se puede hacer utilizando filtros digitales de paso de banda o bien mediante filtrado por la transformada de tiempo discreto de Fourier (DTFT), mediante la cual se medirán y podrán discriminarse las componentes (w_r+w_m) y (w_r-w_m).

35

Dichas componentes serán mucho mayores cuando el sistema trabaje en isla que conectado a red. Conectado a red el conjunto LCR tiene una impedancia de 0.1 PU (por unidad o por uno), frente a 0.8064049958 PU y 0.7432941461 PU cuando está en isla. Las tensiones de (w_r+w_m) y (w_r-w_m) presentes en la barras de la carga tendrán aproximadamente los mismos valores relativos que los de impedancia en red y en isla.

Frente los sistemas antes reseñados de detección pasiva y activa, el procedimiento ofrece numerosas e importantes ventajas como las enumeradas a continuación:

40

1. Estabilidad excelente al no utilizar retroalimentación positiva de ninguna variable del sistema, ya que, como es sabido universalmente, la utilización de esta retroalimentación produce inestabilidad y afecta negativamente a la calidad de la red eléctrica (13). Como se ha indicado, una gran parte de las patentes conocidas de detección activa de isla utilizan retroalimentación positiva.
2. No afecta a la calidad de la red eléctrica (13).

3. No afecta al factor de potencia.
4. No afecta a la distorsión armónica.
5. Rango muy pequeño de incertidumbre en la detección de isla, ya que, como se ha dicho antes, hay gran diferencia de impedancias entre la carga (2) y la red eléctrica (13).
- 5 6. La potencia activa no es pulsante para el caso de $\varphi=0$, que es el caso normal, y es muy poco pulsante para otros valores de φ (generando reactiva); lo cual redundará en un mejor aprovechamiento de las células solares.
7. Fácilmente implementable en su versión integrada en el inversor o como sistema independiente.
8. Buen funcionamiento con inversores solares en paralelo.

10

DIBUJOS Y REFERENCIAS

Para comprender mejor la naturaleza del invento, en los dibujos adjuntos se representa una forma de realización industrial que tiene carácter de ejemplo meramente ilustrativo y no limitativo.

15

La figura 1 muestra en esquema un sistema de generación eléctrica distribuida que carece del objeto de la invención y que está funcionando en isla, ya que el circuito de red está abierto. En este caso la función está encomendada un generador eléctrico (1) convencional.

La figura 2, de manera semejante a la figura 1, muestra en esquema una ejecución preferente de la invención acoplada a una instalación como la de la figura 1 y aplicada al caso en que el generador de corriente controlado (8) es un inversor solar.

20

La figura 3 es un esquema similar a la figura 2, referido a una ejecución preferente en la que el dispositivo objeto del invento está integrado en un inversor solar.

En estas figuras están indicadas las siguientes referencias:

25

- 1.- Generador eléctrico del sistema
- 2.- Carga entre bornas del generador (1)
- 3.- Transductor de corriente
- 4.- Operador matemático
- 5.- Multiplicador
- 6.- Sumador
- 7.- Generador senoidal
- 8.- Generador de corriente controlado
- 9.- Procesador digital
- 10.- Primer comparador
- 11.- Segundo comparador
- 12.- Puerta lógica OR
- 13.- Red eléctrica

35

- 14.- Consigna
- i_1 .- Corriente de generación de potencia
- i_2 .- Corriente suplementaria
- φ .- Ángulo de desfase de i_2 respecto de i_1
- ω_m .- Omega de modulación
- ω_r .- Omega de red

40

k.- Constante

t.-Tiempo

$I_{\max}$.- Corriente máxima del circuito

EXPOSICION DE UNA REALIZACIÓN PREFERENTE

5 Con relación a los dibujos y referencias arriba enumerados, se ilustra en los planos adjuntos un modo de ejecución preferente del objeto de la invención, que está referida a un procedimiento y dispositivo para detección de funcionamiento en isla de una instalación generadora. En la figura 1 se muestra el esquema de un funcionamiento en isla para un generador eléctrico (1) de un sistema convencional de generación eléctrica distribuida que alimenta una carga (2) constituida por un circuito de tipo LCR que incorpora una inductancia, un condensador y una
10 resistencia, que es obligatorio para el ensayo según la normativa al respecto.

En cuanto al procedimiento de la invención valga lo ya expuesto en detalle en el epígrafe precedente que está referido a la explicación de la invención y sus ventajas.

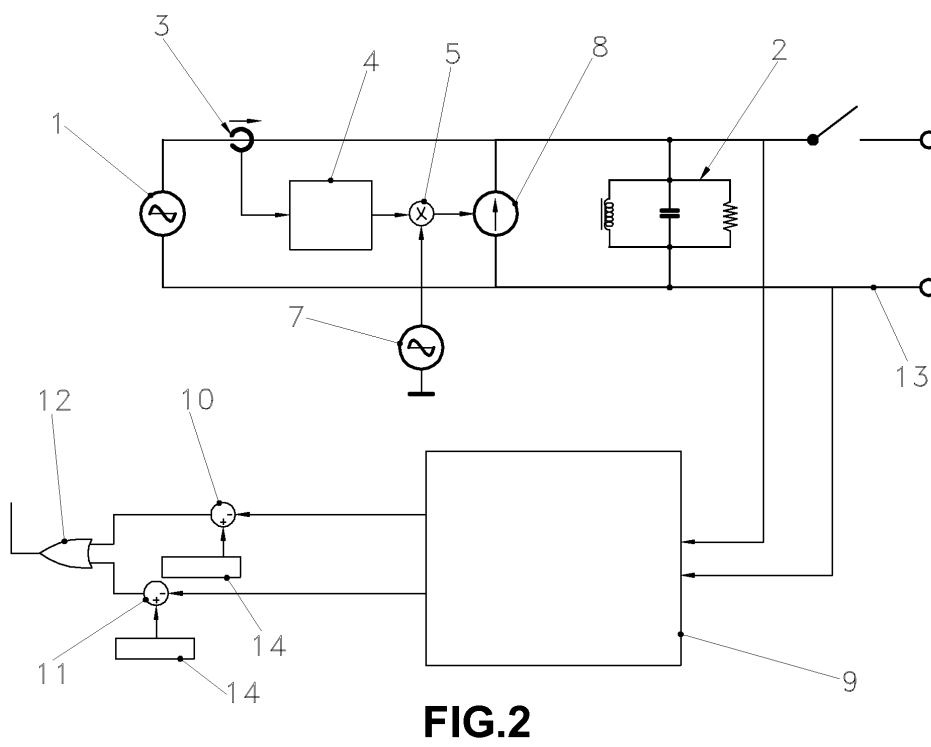
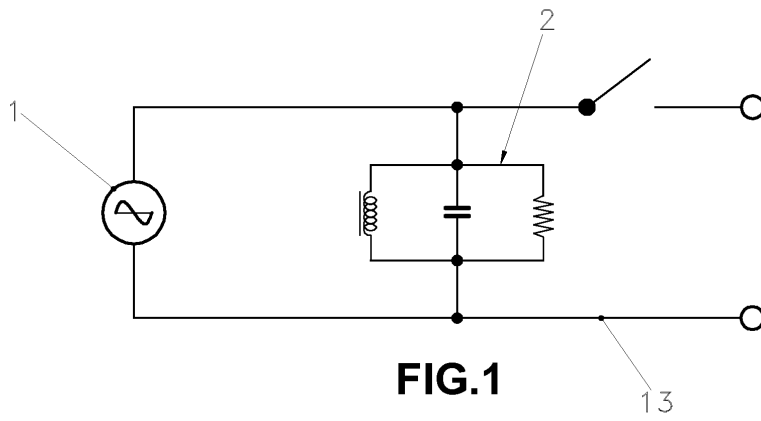
15 En cuanto al dispositivo para llevar a cabo el procedimiento, según la invención consta de un transductor de corriente (3) instalado entre el generador eléctrico (1) y la carga (2), un generador de corriente controlado (8) y un procesador digital (9) que realiza las operaciones matemáticas y lógicas de rotación del operador matemático (4), multiplicador (5), generador senoidal (7), filtración pasabanda sincronizada o DTFT, un primer comparador (10) con consigna un n° real de valor apropiado para comparar con el modulo de tensión de la componente ($w_r + w_m$), un
20 segundo comparador digital (11) con consigna un n° real de valor apropiado para comparar con el modulote tensión de la componente ($w_r - w_m$), y una puerta lógica OR (12); en donde, el transductor de corriente (3) está conectado entre el generador eléctrico (1) y el operador matemático (4) que reside en un procesador digital de señal (DSP, en siglas inglesas) o un microprocesador, el multiplicador (5) está conectado con la operador matemático (4), con el generador senoidal (7) y con el generador de corriente controlado (8) que, por su parte, está conectado con las bornas de la carga (2) que, a su vez, están conectadas con un procesador digital (9) cuya salida está conectada con
25 unos dichos primer comparador digital (10) y segundo comparador digital (11) que tienen su salida conectada con la puerta lógica OR (12). El generador eléctrico (1) puede ser in inversor solar, una máquina síncrona, una máquina asíncrona, etc.

Refiriéndonos a la ejecución preferente del esquema de la figura 2, el funcionamiento del dispositivo propugnado consiste en que la corriente de generación i_1 pasa por un transductor de corriente (3) que la mide y la convierte en una tensión (representada por un fasor) para ser captada por un dispositivo DSP (procesador digital de
30 señal) o microprocesador. El operador matemático (4) representa la operación mediante la cual el fasor se multiplica por una constante real (k) menor que la unidad y se rota 90° la fase de la corriente medida en el sentido contrario a las agujas del reloj. El resultado de esto se multiplica a través de un multiplicador (5) por una función seno generada en un generador senoidal (7) cuyo argumento es $w_m \cdot t$, es decir la pulsación de modulación por el tiempo. El resultado de esta multiplicación pasa a un generador de corriente controlado (8) que produce una corriente de salida que se envía a las barras o bornas del conjunto red eléctrica-carga (1-2). Se realiza una nueva operación de cálculo; donde, mediante una conversión A/D (analógica/digital), se lee la tensión en las barras referida y, o bien se filtra mediante filtro digital, o bien se efectúa su transformada de Fourier de tiempo discreto (DTFT), de modo que se pasa de un dominio temporal a un dominio de frecuencia para su análisis. La salida del procesador digital (9) proporciona la magnitud de las componentes de ($w_r + w_m$) y ($w_r - w_m$) que se comparan con una consigna dada en el primer
35 comparador (10) y en el segundo comparador (11). Cualquier componente de tensión de las dos anteriores que sea superior a su consigna mediante una función lógica OR (12), generará una señal (valor digital 0 ó 1) que indica que se está trabajando en isla y que hay que apagar el generador.

Refiriéndonos ahora a la ejecución preferente del esquema de la figura 3, la diferencia es que el dispositivo de la invención, en lugar de ser un sistema independiente del generador eléctrico (1), pasa a estar integrado en el mismo, relativo también a un generador de corriente controlado (8) particularizado, como antes, en un inversor solar. En esta configuración, dado que un inversor solar tiene un procesador para su propio funcionamiento y semiconductores de potencia que pueden hacer lo descrito anteriormente, se evita añadir parte de los componentes mostrados en la figura 2, aprovechando la capacidad de cálculo de dicho procesador. Concretamente, no es necesario el transductor de corriente (3), ya que se conoce la consigna de corriente de generación que es manejada
45 por el procesador.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la detección del funcionamiento en isla de una instalación generadora, **caracterizado porque**, de modo suplementario a la corriente de generación de potencia (i_1) propia del sistema de generación eléctrica, es producida una corriente suplementaria (i_2) de valor muy inferior al de la corriente de generación de potencia (i_1), tanto en funcionamiento normal como en isla; en el que se suman la corriente de generación de potencia (i_1) y la corriente suplementaria (i_2) y se mide el valor de la tensión de respuesta al estímulo introducido en el sistema por la suma de la corriente de generación de potencia (i_1) y de la corriente suplementaria (i_2); la corriente suplementaria (i_2) es formada a partir de la corriente de generación de potencia (i_1), mediante una operación matemática en la que el fasor (vector de onda) de la corriente de generación de potencia (i_1) se multiplica, primero, por una constante (k) de valor muy pequeño respecto de la unidad, haciendo que la corriente suplementaria (i_2) sea mucho menor que la corriente de generación de potencia (i_1), y segundo, por un factor que provoca una señal con desfase de onda un ángulo (ϕ), en sentido antihorario, de la corriente suplementaria (i_2) respecto de la corriente de generación de potencia (i_1), donde
 la señal desfasada en un ángulo (ϕ) es multiplicada por una función periódica en el tiempo con una pulsación que llamaremos omega de modulación (ω_m) y que se suma o resta a la omega de red (ω_r); la señal desfasada en el ángulo (ϕ) es convertida en corriente que se introduce en las bornas del conjunto formado por el generador (1) y la carga (2) y que de manera permanente se toma lectura de la tensión en las bornas del conjunto generador- carga (1-2) y, mediante un procesador digital (9) capaz de realizar un filtrado digital de la señal y/o de efectuar su transformada de Fourier discreta en el tiempo, se mide la amplitud espectral de las diferentes frecuencias y se compara con un valor prefijado por encima del cual el sistema de generación eléctrica estaría en isla; estando el filtro digital sintonizado a $\omega_r + \omega_m$ ó a $\omega_r - \omega_m$.
2. Procedimiento para la detección del funcionamiento en isla de una instalación generadora, de acuerdo con la primera reivindicación, caracterizado porque el ángulo (ϕ) es de 90° .
3. Procedimiento para la detección del funcionamiento en isla de una instalación generadora, de acuerdo con la primera reivindicación, **caracterizado porque** la función periódica en el tiempo con pulsación omega de modulación (ω_m), es una función senoidal.
4. Dispositivo para la detección del funcionamiento en isla de una instalación generadora, **caracterizado porque** consta de un transductor de corriente (3) instalado entre el generador eléctrico (1) y las bornas de carga (2), un generador de corriente controlado (8) y un procesador digital (9) que realiza las operaciones matemáticas y lógicas de rotación 90° del fasor de corriente, operador matemático (4), multiplicador (5), sumador (6), generador senoidal (7), filtración pasabanda sincronizada o DTFT, un primer comparador (10) con consigna un n° real de valor apropiado para comparar con el modulo de tensión de la componente ($\omega_r + \omega_m$), un segundo comparador digital (11) con consigna un n° real de valor apropiado para comparar con el modolote tensión de la componente ($\omega_r - \omega_m$), y una puerta lógica OR (12); en donde, el transductor de corriente (3) está conectado entre el generador eléctrico (1) y el operador matemático (4), el multiplicador (5) está conectado con el operador matemático (4), con el generador senoidal (7) y con el generador de corriente controlado (8) que, por su parte, está conectado con las bornas de la carga (2) que, a su vez, están conectadas con el procesador digital (9) cuya salida está conectada con unos dichos primer comparador digital (10) y segundo comparador digital (11) que tienen su salida conectada con la puerta lógica OR (12).



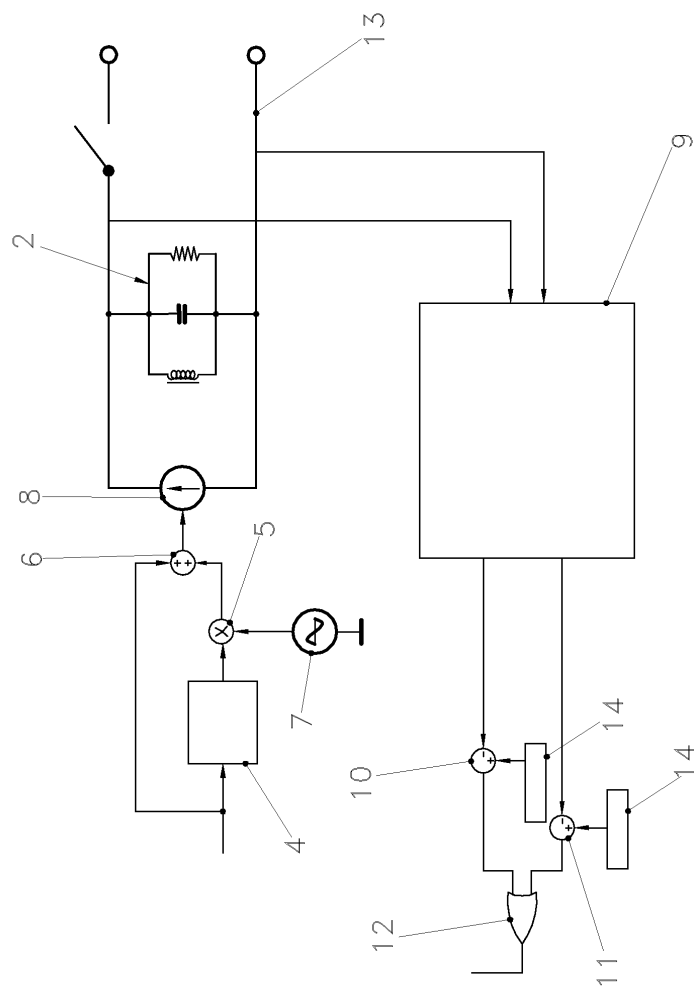


FIG.3

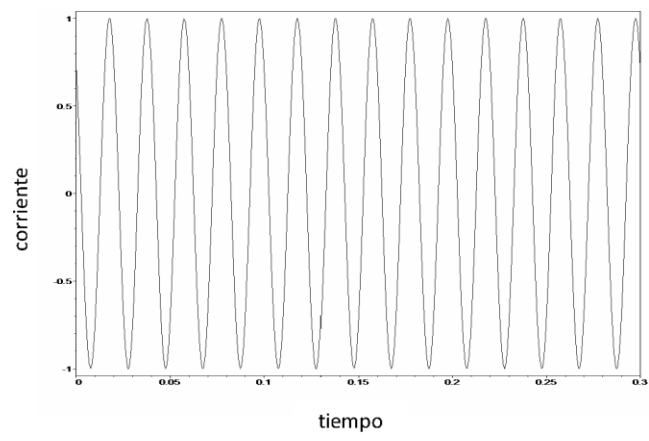


FIG. 4

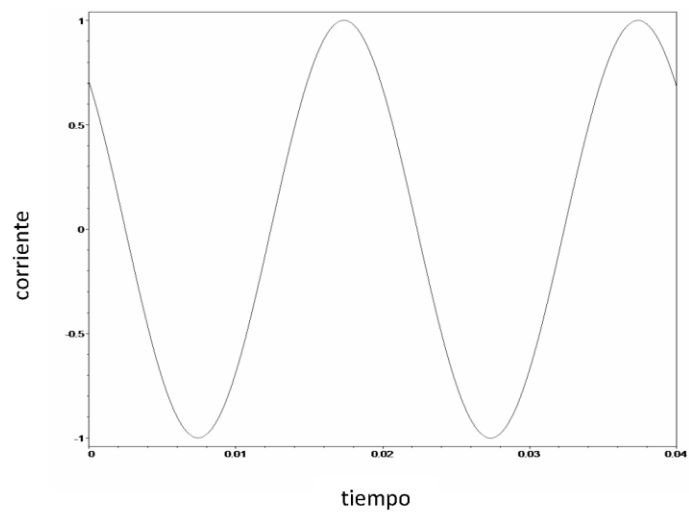


FIG. 5

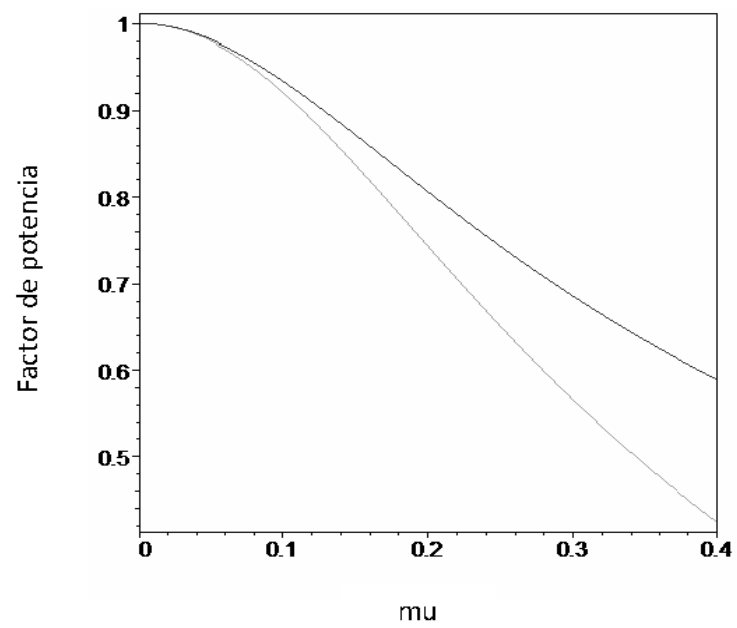


FIG. 6