

(12) SOLICITUD INTERNACIONAL PUBLICADA EN VIRTUD DEL TRATADO DE COOPERACIÓN EN MATERIA DE PATENTES (PCT)

(19) Organización Mundial de la Propiedad
Intelectual
Oficina internacional



(43) Fecha de publicación internacional
13 de enero de 2011 (13.01.2011)

PCT

(10) Número de Publicación Internacional
WO 2011/004048 A1

(51) Clasificación Internacional de Patentes:
G01R 21/06 (2006.01)

(21) Número de la solicitud internacional:
PCT/ES2010/070474

(22) Fecha de presentación internacional:
8 de julio de 2010 (08.07.2010)

(25) Idioma de presentación: español

(26) Idioma de publicación: español

(30) Datos relativos a la prioridad:
P200901595 9 de julio de 2009 (09.07.2009) ES

(71) Solicitante (para todos los Estados designados salvo US): **UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA** [ES/ES]; CTT - Edificio 6-G. Avda. de los Naranjos, s/n, E-46022 Valencia (ES).

(72) Inventores; e

(75) Inventores/Solicitantes (para US solamente): **LEÓN MARTÍNEZ, Vicente** [ES/ES]; CTT - Edificio 6-G. Avda. de los Naranjos, s/n, E-46022 Valencia (ES). **MONTAÑANA ROMEU, Joaquín** [ES/ES]; CTT - Edificio 6-G. Avda. de los Naranjos, s/n, E-46022 Valencia (ES).

(74) Mandatario: **MARTÍN SANTOS, Victoria Sofía**; C/ Explanada 8, 4º, E-28040 Madrid (ES).

(81) Estados designados (a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección nacional admisible): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Estados designados (a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección regional admisible): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), euroasiática (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europea (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publicada:

— con informe de búsqueda internacional (Art. 21(3))

[Continúa en la página siguiente]

(54) Title: METHOD AND SYSTEM FOR MEASURING TRADITIONAL REACTIVE POWER UNDER ANY OPERATING CONDITIONS OF THREE-PHASE ELECTRICAL NETWORKS

(54) Título : PROCEDIMIENTO Y SISTEMA PARA LA MEDIDA DE LA POTENCIA REACTIVA TRADICIONAL EN CUALQUIER RÉGIMEN DE FUNCIONAMIENTO DE REDES ELÉCTRICAS TRIFÁSICAS

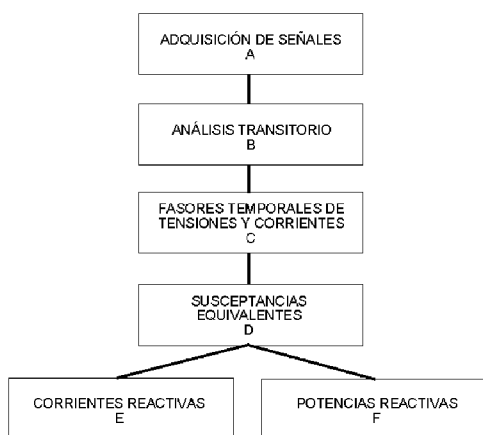


Figura 1

A ACQUISITION OF SIGNALS
B TRANSIENT ANALYSIS
C TIME PHASORS OF VOLTAGES AND CURRENTS
D EQUIVALENT SUSCEPTANCES
E REACTIVE CURRENTS
F REACTIVE POWER

(57) Abstract: The invention relates to a method for calculating traditional reactive power in three-phase networks with poor supply quality and, in particular, for quantifying which part of the reactive power is due to reactance and which part is due to unbalance, comprising steps consisting in: obtaining the fundamental frequency components of the instantaneous currents and voltages of each phase; obtaining the time phasors of the stationary fundamental frequency component of the voltage and intensity of the three-phase network, V_{1z} e $\bar{I}_{1z}$; obtaining the reactive intensities of each phase ($\bar{I}_{r1z}$); dividing the reactive intensities of each phase ($\bar{I}_{r1z}$) into reactive intensity due to reactance and reactive intensity due to unbalance; and, subsequently, obtaining the reactive power due to reactance and the reactive power due to unbalance.

(57) Resumen: El objeto principal de la presente invención es un procedimiento para calcular la potencia reactiva tradicional en redes trifásicas con mala calidad en el suministro, y particularmente para cuantificar qué parte de la potencia reactiva es debida a las reactancias y qué parte debida a los desequilibrios comprendiendo las etapas de obtener las componentes de frecuencia fundamental de las tensiones y corrientes instantáneas de cada fase obtener los fasores temporales de la componente estacionaria de frecuencia fundamental de la tensión y la intensidad de la red trifásica, V_{1z} e $\bar{I}_{1z}$ - obtener las intensidades reactivas

[Continúa en la página siguiente]

WO 2011/004048 A1



de cada fase ($\bar{I}_{rlz}$), descomponer las intensidades reactivas de cada fase ($\bar{I}_{rlz}$) en: - Intensidad reactiva debida a reactancias:
Intensidad reactiva debida a los desequilibrios, a continuación obtener la potencia reactiva debida a las reactancias y la debida a los desequilibrios.

**PROCEDIMIENTO Y SISTEMA PARA LA MEDIDA DE LA POTENCIA
REACTIVA TRADICIONAL EN CUALQUIER RÉGIMEN DE FUNCIONAMIENTO
DE REDES ELÉCTRICAS TRIFÁSICAS**

5

DESCRIPCIÓN

OBJETO DE LA INVENCION

El objeto principal de la presente invención es un procedimiento para la
10 medida la potencia reactiva en cualquier régimen de funcionamiento, permanente o
transitorio, de las redes eléctricas trifásicas, atendiendo a la definición tradicional
de esta magnitud y, particularmente, proporcionando por separado el valor de la
potencia reactiva debida a las reactancias y el valor de la potencia reactiva
originada por los desequilibrios.

15

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Dos definiciones de potencia reactiva en redes eléctricas trifásicas son
admitidas actualmente por la Comunidad Científica. Una, que se establece como
20 consecuencia de los desfases entre las tensiones y corrientes de las fases del
sistema, es la potencia reactiva conocida tradicionalmente. La otra tiene su
origen en el desfase existente entre las componentes de secuencia directa y
frecuencia fundamental (50 ó 60 Hz) de las tensiones y corrientes de las fases.
Ambas definiciones de potencia reactiva están recogidas por las principales
25 teorías, normas y reglamentos. Los autores de la presente patente establecieron
previamente un procedimiento y sistema de medida de esta última potencia
reactiva en redes trifásicas perturbadas, en cuya formulación por primera vez se
separaban los efectos de las reactancias de los efectos de las perturbaciones
transitorias. Recientemente, L.S. Czarnecki dio a conocer una formulación de la
30 potencia reactiva tradicional, en la que se expresaban por separado los efectos
de las reactancias y de los desequilibrios. La formulación de la potencia reactiva
tradicional presentada por Czarnecki tiene, a nuestro juicio, dos importantes
inconvenientes: el primero es que en la obtención de las expresiones de la
potencia reactiva y de sus componentes (debida a las reactancias y debida a los

desequilibrios) impone la condición de que las tensiones de las fases no tengan componente de secuencia homopolar; el segundo inconveniente consiste en que el modelo propuesto por Czarnecki sólo puede ser aplicado a redes trifásicas a tres hilos, sin conductor neutro. Este último inconveniente restringe muy considerablemente el campo de aplicación de la potencia reactiva de Czarnecki, ya que la distribución de energía eléctrica en baja tensión se realiza fundamentalmente con neutro; mientras que el primer inconveniente introduce errores en la medida de la potencia reactiva, ya que Czarnecki no la mide en las condiciones reales de calidad en el suministro, sino en unas impuestas a conveniencia. El procedimiento y sistema de medida de la potencia reactiva tradicional que es objeto de la presente patente se basa en una formulación de la potencia reactiva que utiliza las tensiones del sistema real y puede ser aplicado a redes eléctricas trifásicas tanto a tres como a cuatro hilos. Asimismo, la potencia reactiva tradicional se descompone en la potencia reactiva debida a las reactancias y la potencia reactiva causada por los desequilibrios, siendo sus expresiones aplicables a cualquier régimen de funcionamiento de los sistemas eléctricos: permanente y transitorio.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a un procedimiento y sistema de medida de la potencia reactiva tradicional que cuantifica por separado los efectos de los fenómenos reactivos causados por las reactancias de aquellos originados por la mala calidad en el suministro, causada por los desequilibrios, en cualquier régimen de funcionamiento, permanente o transitorio, de las redes eléctricas trifásicas.

Entendemos por mala calidad en el suministro causada por los desequilibrios en las redes eléctricas a aquellas condiciones en las que el suministro de energía eléctrica a los receptores se realiza con tensiones de alimentación desequilibradas tanto en el funcionamiento normal de operación o régimen permanente (estacionario) como en presencia de un proceso transitorio. El fenómeno del desequilibrio se presenta a la frecuencia fundamental (50 ó 60 Hz); cualquier diferencia entre los valores eficaces o entre los argumentos de las

tensiones de las fases respecto de las condiciones de equilibrio a frecuencia distinta de la fundamental debe ser considerada perteneciente al fenómeno de la distorsión.

5 De acuerdo con un primer aspecto de la invención, se describe un procedimiento para el cálculo de la potencia reactiva tradicional y sus componentes en redes trifásicas para cualquier régimen de funcionamiento, que comprende las siguientes operaciones:

10 1) Obtener las transformadas de Laplace de las componentes de frecuencia fundamental de las tensiones y corrientes de las fases ($z = A, B, C$) de la red eléctrica trifásica, $V_{1z}(s)$ e $I_{1z}(s)$.

15 Para ello, se utilizan las muestras registradas de tensión e intensidad de las fases de la red eléctrica, eliminando sus componentes de frecuencia no fundamental. El subíndice "1" es utilizado en el presente documento para identificar a la componente de frecuencia fundamental y "s" es la frecuencia compleja.

20 2) Determinar los fasores temporales de las corrientes reactivas de cada fase del sistema ($\bar{I}_{r1z}$), que son aquellas proporcionales y desfasadas 90° respecto de sus respectivas tensiones de fase ($\bar{V}_{1z}$)

$$\bar{I}_{r1z} = \bar{B}_d \cdot \bar{V}_{1z}$$

25 Estas corrientes reactivas son las componentes estacionarias de frecuencia fundamental que transfieren la totalidad de la potencia reactiva absorbida por los receptores y circulan por la susceptancia equivalente de dichos receptores con mala calidad en el suministro ($\bar{B}_d$).

30 3) Descomponer las corrientes reactivas de cada fase como suma fasorial de las corrientes reactivas debidas a las reactancias y a la mala calidad en el suministro:

$$\bar{I}_{r1z} = \bar{I}_{rr1z} + \bar{I}_{ru1z}$$

en función de la susceptancia equivalente de los receptores con tensiones equilibradas ($\overline{B}_e$) y la susceptancia equivalente de los receptores causada por los desequilibrios de tensiones ($\overline{B}_u$),

5

- Corriente reactiva debida a las reactancias,

$$\overline{I}_{rr1z} = \overline{B}_e \cdot \overline{V}_{1z}$$

- Corriente reactiva debida a los desequilibrios de tensiones,

$$\overline{I}_{ru1z} = \overline{B}_u \cdot \overline{V}_{1z}$$

10

En una realización preferida de la invención, se obtiene la susceptancia equivalente de los receptores con tensiones equilibradas, $\overline{B}_e$, y la susceptancia equivalente debida a los desequilibrios de tensiones, $\overline{B}_u$, a partir de las susceptancias de cada fase, $\overline{B}_z$, obtenidas de la expresión de la admitancia compleja, $\overline{Y}_z$, de cada fase ($z = A, B, C$) a la frecuencia fundamental según la expresión, en función de las componentes estacionarias, de frecuencia fundamental, de la tensión ($\overline{V}_{1z}$) y de la intensidad ($\overline{I}_{1z}$) de cada fase:

15

$$\overline{Y}_z = \frac{\overline{I}_{1z}}{\overline{V}_{1z}} = G_z + \overline{B}_z$$

20

La conductancia de cada fase, G_z , no interviene en el cálculo de las potencias reactivas, mientras que de las susceptancias de cada fase del receptor, $\overline{B}_z$, se obtiene la susceptancia equivalente del receptor con tensiones equilibradas, $\overline{B}_e$, como:

$$\overline{B}_e = \frac{1}{3} \sum_{z=A,B,C} \overline{B}_z$$

25

La susceptancia equivalente causada por los desequilibrios de tensiones, $\overline{B}_u$, se obtiene por la expresión:

$$\overline{B}_u = \frac{V_{1A}^2}{3V^2} (2\overline{B}_A - \overline{B}_B - \overline{B}_C) + \frac{V_{1B}^2}{3V^2} (-\overline{B}_A + 2\overline{B}_B - \overline{B}_C) + \frac{V_{1C}^2}{3V^2} (-\overline{B}_A - \overline{B}_B + 2\overline{B}_C)$$

en función de los valores eficaces de las componentes estacionarias de frecuencia fundamental de las tensiones de las fases, V_{1z} ($z = A, B, C$), de las susceptancias de las fases, $\overline{B}_z$, y del valor eficaz de la tensión del sistema,

$$V = \sqrt{\sum_{z=A,B,C} V_{1z}^2}$$

- 5 Y la susceptancia equivalente de los receptores con mala calidad en el suministro, $\overline{B}_d$:

$$\overline{B}_d = \overline{B}_e + \overline{B}_u$$

- 4) Obtener la potencia reactiva ($\overline{Q}$) y sus componentes, debida a las reactancias ($\overline{Q}_r$) y debida a los desequilibrios ($\overline{Q}_u$).

En otra realización preferida más de la invención, las potencias reactivas se obtienen a partir de los conjugados de las susceptancias equivalentes del receptor ($\overline{B}_d^*$, $\overline{B}_e^*$, $\overline{B}_u^*$) y del valor eficaz de la tensión del sistema (V), de acuerdo con las expresiones:

- Potencia reactiva ($\overline{Q}$):

$$\overline{Q} = \overline{B}_d^* \cdot V^2 = \overline{Q}_r + \overline{Q}_u$$

- Potencia reactiva debida a las reactancias ($\overline{Q}_r$):

20
$$\overline{Q}_r = \overline{B}_e^* \cdot V^2$$

- Potencia reactiva debida a los desequilibrios ($\overline{Q}_u$):

$$\overline{Q}_u = \overline{B}_u^* \cdot V^2$$

En una realización particular de la invención, el procedimiento comprende además las siguientes operaciones previas, que sirven para obtener los fasores temporales $\overline{V}_{1z}$ e $\overline{I}_{1z}$ de la componente estacionaria de frecuencia fundamental de la tensión y la intensidad de las fases de la red trifásica:

- a) Muestrear la tensión y la intensidad de la red trifásica.

Se realiza un muestreo de las señales analógicas de tensión e intensidad de cada fase de la red trifásica.

b) Realizar un filtrado sintonizado a la frecuencia fundamental.

5

A continuación, se realiza un filtrado sintonizado a la frecuencia fundamental, normalmente 50 Hz ó 60 Hz. En realizaciones preferentes de la invención, el dispositivo de filtrado es un filtro paso bajo de tipo FIR, IIR o cualquier otro tipo de filtro digital. El objeto del filtrado es dejar pasar solamente la señal muestreada a la frecuencia fundamental, eliminando los armónicos.

10

c) Aplicar la transformada de Laplace en tiempo discreto (FFFT), obteniendo $V_{1z}(s)$ e $I_{1z}(s)$.

15

d) Aplicar la antitransformada de Laplace, por Heaviside, a $V_{1z}(s)$ e $I_{1z}(s)$, obteniendo los valores instantáneos de las componentes estacionarias de las tensiones e intensidades de las fases ($z = A,B,C$) a la frecuencia fundamental $v_{1z}(t)$ e $i_{1z}(t)$.

20

e) Obtener los fasores temporales de las componentes estacionarias de frecuencia fundamental de las tensiones e intensidades de las fases, $\bar{V}_{1z}$ e $\bar{I}_{1z}$, a partir de sus valores instantáneos obtenidos en la operación anterior.

25

Esta operación sirve para obtener la admitancia compleja de las fases, $\bar{Y}_z$ ($z = A,B,C$), para la frecuencia fundamental, mediante la expresión

$$\bar{Y}_z = \frac{\bar{I}_{1z}}{\bar{V}_{1z}} = G_z + \bar{B}_z, \text{ a partir de la cual se obtienen la susceptancias complejas}$$

de cada fase del receptor, $\bar{B}_z$, y de estas últimas se determinan la susceptancia equivalente del receptor con tensiones equilibradas, $\bar{B}_e$, la susceptancia equivalente debida a los desequilibrios de tensiones, $\bar{B}_u$ y la susceptancia equivalente de los receptores con mala calidad en el suministro, $\bar{B}_d$.

30

De acuerdo con un segundo aspecto de la invención, se describe también un sistema para el cálculo de la potencia reactiva en redes trifásicas con mala calidad en el suministro que comprende los siguientes medios:

5 1) Un medio de adquisición de datos, que adquiere muestras de la tensión e intensidad de la red trifásica desequilibrada. El medio de adquisición de datos puede ser cualquiera que sea capaz de obtener muestras de la tensión e intensidad de la red trifásica a una frecuencia suficientemente alta. En una realización particular de la invención, el medio de adquisición de datos comprende:

10 a) Transductores de medida de tensión e intensidad conectados a la red trifásica desequilibrada, que mide valores instantáneos de dichas señales eléctricas. En una realización preferida de la invención, se trata de transductores de doble núcleo con tecnología Fluxgate de bucle cerrado con salidas aisladas y alta exactitud y linealidad.

15 b) Un dispositivo de adquisición de alta velocidad, conectado a dichos transductores, que convierte los valores instantáneos de tensión e intensidad en una serie de muestras discretas y sin desfase entre canales. Preferentemente, el dispositivo de adquisición de alta velocidad tiene una frecuencia de muestreo de al menos 500 kS por canal, de forma simultánea y memoria FIFO integrada.

20 2) Un medio de análisis, conectado al medio de adquisición de datos, que recibe las muestras de la tensión e intensidad de la red trifásica y calcula la potencia reactiva tradicional y sus componentes: la potencia reactiva debida a las reactancias y la potencia reactiva debida a los desequilibrios. El medio de análisis puede ser cualquiera capaz de efectuar las operaciones descritas en el procedimiento anterior, de modo que se obtienen las intensidades reactivas debidas a las reactancias y a los desequilibrios. Preferentemente, se trata de un

25 30 PC, un microcontrolador, un microprocesador, una DSP, una FPGA o un ASIC, y más preferentemente un híbrido entre DSP y procesador.

3) Un medio de visualización, conectado al medio de análisis, que muestra los resultados obtenidos en la operación anterior. El medio de visualización puede ser

cualquiera mediante el cual se pueda comunicar a un usuario los resultados relativos a la potencia reactiva y sus componentes: debida a las reactancias y a los desequilibrios. En particular, en realizaciones preferidas de la invención se trata de una pantalla táctil, una pantalla TFT, una pantalla LCD o un conjunto de LEDs.

5

DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica de la misma, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, un juego de dibujos en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

10

Figura 1.- Muestra un diagrama de flujo que muestra las operaciones del procedimiento de acuerdo con una realización preferida de la invención.

15

Figura 2.- Muestra las partes que componen el sistema de acuerdo con otra realización preferida de la invención.

20

REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION

Como se muestra en las figuras, una posible realización del procedimiento para la medida de la potencia reactiva en sistemas trifásicos perturbados objeto de la presente invención, comprende las siguientes operaciones:

25

- Adquisición de señales eléctricas (A) procedentes del medio de adquisición de datos (2) mostrado en la figura 2, del que se obtienen N muestras de tensiones y corrientes de cada fase de la red trifásica, cuyo número depende de la frecuencia de muestreo, f_m . Tras un filtrado digital de dichas muestras mediante un filtro digital paso bajo FIR o IIR, se generan dos matrices, $v_1(n)$ e $i_1(n)$, formadas por las N muestras de tensiones y corrientes de cada fase correspondientes a la frecuencia fundamental (50 Hz ó 60 Hz).

30

- Análisis transitorio (B), por aplicación de transformadas de Laplace sobre las matrices de muestras de tensiones y corrientes de frecuencia fundamental, del que se obtienen los valores frecuenciales $V_{1z}(s)$ e $I_{1z}(s)$ de cada fase

- 5 - Tras aplicar antitransformadas de Laplace, se obtienen los valores instantáneos de las tensiones y corrientes de frecuencia fundamental y se separan sus componentes natural y estacionaria. De esta última componente quedan definidos los fasores temporales (C) de frecuencia fundamental de las tensiones y corrientes de las fases $[(\bar{V}_{1A}, \bar{V}_{1B}, \bar{V}_{1C}), (\bar{I}_{1A}, \bar{I}_{1B}, \bar{I}_{1C})]$.

10

- Con estos valores de tensiones y corrientes se calculan las admitancias complejas de cada fase de los receptores a la frecuencia fundamental:

$$\bar{Y}_z = \frac{\bar{I}_{1z}}{\bar{V}_{1z}} = G_z + \bar{B}_z$$

- 15 De las susceptancias de cada fase del receptor, $\bar{B}_z$, se obtiene (D) la susceptancia equivalente del receptor con tensiones equilibradas, $\bar{B}_e$, como:

$$\bar{B}_e = \frac{1}{3} \sum_{z=A,B,C} \bar{B}_z$$

La susceptancia equivalente del receptor causada por los desequilibrios de tensiones, $\bar{B}_u$, se obtiene por la expresión:

20
$$\bar{B}_u = \frac{V_{1A}^2}{3V^2} (2\bar{B}_A - \bar{B}_B - \bar{B}_C) + \frac{V_{1B}^2}{3V^2} (-\bar{B}_A + 2\bar{B}_B - \bar{B}_C) + \frac{V_{1C}^2}{3V^2} (-\bar{B}_A - \bar{B}_B + 2\bar{B}_C)$$

en función de los valores eficaces de las componentes estacionarias de frecuencia fundamental de las tensiones de las fases, V_{1z} ($z = A, B, C$), de las susceptancias de las fases, $\bar{B}_z$, y del valor eficaz de la tensión del sistema,

$$V = \sqrt{\sum_{z=A,B,C} V_{1z}^2}$$

- 25 Y la susceptancia equivalente de los receptores con mala calidad en el suministro, $\bar{B}_d$:

$$\bar{B}_d = \bar{B}_e + \bar{B}_u$$

- Se obtiene las corrientes reactivas (E) de cada fase, $\bar{I}_{r1z}$, como aquellas de frecuencia fundamental, que están desfasadas 90° respecto de las tensiones fundamentales de cada fase, $\bar{V}_{1z}$, y verifican

$$\bar{I}_{r1z} = \bar{B}_d \cdot \bar{V}_{1z}$$

5

Posteriormente, esta corriente reactiva se descompone en otras dos, que constituyen aportaciones fundamentales de la presente patente:

- i) la corriente reactiva debida a las reactancias ($\bar{I}_{rr1z}$),

10

$$\bar{I}_{rr1z} = \bar{B}_e \cdot \bar{V}_{1z}$$

- ii) la corriente reactiva debida a los desequilibrios ($\bar{I}_{ru1z}$),

$$\bar{I}_{ru1z} = \bar{B}_u \cdot \bar{V}_{1z}$$

15

- A partir de los conjugados de las susceptancias equivalentes de los receptores ($\bar{B}_d^*, \bar{B}_e^*, \bar{B}_u^*$) y del valor eficaz de la tensión del sistema (V), se obtienen las potencias reactivas (F): del sistema ($\bar{Q}$), debida a las reactancias ($\bar{Q}_r$) y debidas a los desequilibrios ($\bar{Q}_u$), expresadas como:

- Potencia reactiva ($\bar{Q}$):

20

$$\bar{Q} = \bar{B}_d^* \cdot V^2 = \bar{Q}_r + \bar{Q}_u$$

- Potencia reactiva debida a las reactancias ($\bar{Q}_r$):

$$\bar{Q}_r = \bar{B}_e^* \cdot V^2$$

- Potencia reactiva debida a los desequilibrios ($\bar{Q}_u$):

$$\bar{Q}_u = \bar{B}_u^* \cdot V^2$$

25

- Los valores de las potencias reactivas se muestran en un sistema de visualización (8).

30

La Fig. 2, a su vez, muestra un esquema general de un sistema (1) para llevar a cabo el procedimiento de la Fig. 1. En ella, el medio de adquisición (2) comprende unos transductores de medida de exactitud (2a) y un dispositivo de

adquisición de alta velocidad (2b). Las señales obtenidas por estos elementos se transmiten al medio de procesamiento (3), que en este ejemplo es un híbrido entre DSP y procesador. Además, en este ejemplo el sistema comprende un medio de almacenamiento (5) conectado al medio de procesamiento (3). Las operaciones del procedimiento descrito más arriba se efectúan en el medio de procesamiento, en este ejemplo de acuerdo con un programa de medida que comprende los siguientes módulos:

-

Módulo de adquisición, encargado de adquirir muestras de tensión e intensidad, que se guardan en un vector para cada tensión e intensidad.

- Módulo de análisis, encargado de realizar el análisis transitorio y obtener finalmente las matrices, en valor eficaz y en fase, de las tensiones e intensidades, para la frecuencia fundamental, a partir de las muestras adquiridas en el módulo anterior; además se obtiene por integración numérica los valores eficaces de todas las tensiones e intensidades de cada una de las fases.

- Módulo de susceptancias, encargado de obtener los valores de las susceptancias de las fases del receptor, a partir de los valores obtenidos en el módulo anterior, así como las susceptancias equivalentes del receptor con tensiones equilibradas y desequilibradas.

- Módulo de corrientes reactivas, encargado de obtener las matrices de las corrientes reactivas de cada fase, en valor eficaz y en fase, partir de los valores obtenidos en los dos módulos anteriores.

- Módulo de potencias reactivas, encargado de obtener los valores de las potencias reactivas para cada tipo de topología del sistema eléctrico.

- Módulo de visualización, encargado de representar en pantalla la información gráfica y numérica de las potencias reactivas total, debida a las reactancias y debida a los desequilibrios, así como los valores de las tensiones e

intensidades de las fases y las corrientes reactivas a la frecuencia fundamental.

Además, aunque las realizaciones de la invención descritas con referencia a los dibujos pueden incluir aparatos de ordenador y procedimientos ejecutados en tales equipos, la invención se extiende igualmente a los programas de ordenador, particularmente los programas de ordenador que se encuentran situados sobre o dentro de una portadora, adaptados para llevar a la práctica la invención. El programa puede tener la forma de código fuente, código objeto, una fuente intermedia de código y código objeto, por ejemplo, como en forma parcialmente compilada, o en cualquier otra forma adecuada para uso en la puesta en práctica de los procesos según la invención. La portadora puede ser cualquier entidad o dispositivo capaz de soportar el programa.

Por ejemplo, la portadora podría incluir un medio de almacenamiento, por ejemplo, una memoria ROM, una memoria CD ROM o una memoria ROM de semiconductor, o un soporte de grabación magnética, por ejemplo, un disco flexible o un disco duro. Además, la portadora puede ser una portadora transmisible, por ejemplo, una señal eléctrica u óptica que podría transportarse a través de cable eléctrico u óptico, por radio o por cualesquiera otros medios.

Cuando el programa va incorporado en una señal que puede ser transportada directamente por un cable u otro dispositivo o medio, la portadora puede estar constituida por dicho cable u otro dispositivo o medio.

Como variante, la portadora podría ser un circuito integrado en el que va incluido el programa, estando el circuito integrado adaptado para ejecutar, o para ser utilizado en la ejecución de los procesos correspondientes.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para el cálculo de la potencia reactiva tradicional, considerada como los desfases entre las tensiones y corrientes de las fases del sistema, en una red trifásica con mala calidad en el suministro debido a los desequilibrios, caracterizado porque comprende las siguientes operaciones:

- obtener las componentes de frecuencia fundamental de las tensiones y corrientes instantáneas de cada fase ($z = A, B, C$), $v_{1z}(t)$ e $i_{1z}(t)$, tras realizar un análisis transitorio, aplicando transformadas de Laplace en tiempo discreto (FFFT);

- a partir de estos valores instantáneos de tensiones y corrientes, obtener los fasores temporales de la componente estacionaria de frecuencia fundamental de la tensión y la intensidad de la red trifásica, $\bar{V}_{1z}$ e $\bar{I}_{1z}$;

- obtener las intensidades reactivas de cada fase ($\bar{I}_{r1z}$) como la componente de las intensidades de las fases ($\bar{I}_{1z}$) que es proporcional y están desfasadas 90° con las tensiones de cada fase ($\bar{V}_{1z}$);

- descomponer las intensidades reactivas de cada fase ($\bar{I}_{r1z}$) en:

- Intensidad reactiva debida a reactancias:

$$\bar{I}_{rr1z} = \bar{B}_e \cdot \bar{V}_{1z}$$

donde B_e es la susceptancia equivalente de los receptores con intensidades equilibradas

- Intensidad reactiva debida a los desequilibrios:

$$\bar{I}_{ru1z} = \bar{B}_u \cdot \bar{V}_{1z}$$

donde B_u es la susceptancia equivalente de los receptores causada por los desequilibrios de tensiones

- obtener la potencia reactiva debida a las reactancias:

$$\overline{Q}_r = \overline{B}_e^* \cdot V^2$$

- obtener la potencia reactiva debida a los desequilibrios:

$$\overline{Q}_u = \overline{B}_u^* \cdot V^2$$

5

y en donde la susceptancia equivalente $\overline{B}_e$ de los receptores con tensiones equilibradas se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$\overline{B}_e = \frac{1}{3} \sum_{z=A,B,C} \overline{B}_z$$

10

y la susceptancia equivalente debida al desequilibrio de tensiones como:

$$\overline{B}_u = \frac{V_{1A}^2}{3V^2} (2\overline{B}_A - \overline{B}_B - \overline{B}_C) + \frac{V_{1B}^2}{3V^2} (-\overline{B}_A + 2\overline{B}_B - \overline{B}_C) + \frac{V_{1C}^2}{3V^2} (-\overline{B}_A - \overline{B}_B + 2\overline{B}_C)$$

15

donde las susceptancias complejas de cada fase se obtienen como la parte imaginaria de la admitancia compleja de cada fase, utilizando la fórmula

$$\overline{Y}_z = \frac{\overline{I}_{1z}}{\overline{V}_{1z}} = G_z + j\overline{B}_z \text{ y el valor eficaz de la tensión del sistema:}$$

$$V = \sqrt{\sum_{z=A,B,C} V_{1z}^2}$$

20

2. Procedimiento para el cálculo de la potencia reactiva en una red trifásica perturbada de acuerdo con la reivindicación 1, que para la obtención de los fasores temporales $V_{1z}(s)$ e $I_{1z}(s)$ de la componente estacionaria de la tensión e intensidad de las fases de red se realizan las siguientes etapas:

25

- muestrear la tensión y la intensidad de la red trifásica;
- realizar un filtrado sintonizado a la frecuencia fundamental;

- aplicar la transformada de Laplace en tiempo discreto (FFFT), obteniendo $V_{1z}(s)$ e $I_{1z}(s)$;

- aplicar la antitransformada de Laplace, por Heaviside, a $V_{1z}(s)$ e $I_{1z}(s)$, obteniendo los valores instantáneos de las componentes estacionarias de las tensiones e intensidades de las fases a la frecuencia fundamental $v_{1z}(t)$ e $i_{1z}(t)$;

- obtener los fasores temporales $\bar{V}_{1z}$ e $\bar{I}_{1z}$ de las componentes estacionarias a partir de los valores instantáneos de las tensiones e intensidades a la frecuencia fundamental obtenidos en la operación anterior.

3. Procedimiento para el cálculo de la potencia reactiva en una red trifásica con mala calidad en el suministro debido al desequilibrio de tensiones de acuerdo con la reivindicación 2, donde el filtrado está basado en un filtro digital paso bajo FIR o IIR.

4. Programa de ordenador que comprende instrucciones de programa para hacer que un ordenador lleve a la práctica el procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3.

5. Programa de ordenador según la reivindicación 4, incorporado en medios de almacenamiento.

6. Programa de ordenador según la reivindicación 4, soportado en una señal portadora.

7. Sistema para el cálculo de la potencia reactiva en redes trifásicas con mala calidad en el suministro para implementar el procedimiento de las reivindicaciones 1-3, caracterizado porque comprende los siguientes medios:

- un medio de adquisición de datos, que adquiere muestras de la tensión e intensidad de la red trifásica con mala calidad en el suministro;

- un medio de análisis, conectado al medio de adquisición de datos, que recibe las muestras de la tensión e intensidad de la red trifásica y calcula la potencia reactiva debida a las reactancias y la potencia reactiva debida a los desequilibrios;

5

- un medio de visualización, conectado al medio de análisis, que muestra los resultados obtenidos en la operación anterior

10

8. Sistema para el cálculo de la potencia reactiva en redes trifásicas con mala calidad en el suministro de acuerdo con la reivindicación 7, caracterizado porque el medio de adquisición de datos comprende:

transductores de medida de tensión e intensidad conectados a la red trifásica, que mide valores instantáneos de dichas señales eléctricas;

15

un dispositivo de adquisición con una velocidad de al menos 500 kS, conectado a dichos transductores, que convierte los valores instantáneos de tensión e intensidad en una serie de muestras discretas.

20

9. Sistema para el cálculo de la potencia reactiva en redes trifásicas con mala calidad en el suministro de acuerdo con la reivindicación 8, caracterizado porque los transductores de tensión e intensidad son de doble núcleo con tecnología Fluxgate de bucle cerrado y salida aislada.

25

10. Sistema para el cálculo de la potencia reactiva en redes trifásicas con mala calidad en el suministro de acuerdo con la reivindicación 7, caracterizado porque el medio de análisis comprende uno de los elementos de la siguiente lista: un PC, un microcontrolador, un microprocesador, un DSP, una FPGA y un ASIC.

30

11. Sistema para el cálculo de la potencia reactiva en redes trifásicas con mala calidad en el suministro de acuerdo con la reivindicación 7, caracterizado porque el medio de visualización comprende uno de

los elementos de la siguiente lista: una pantalla táctil, una pantalla TFT, una pantalla LCD y un conjunto de LEDs.

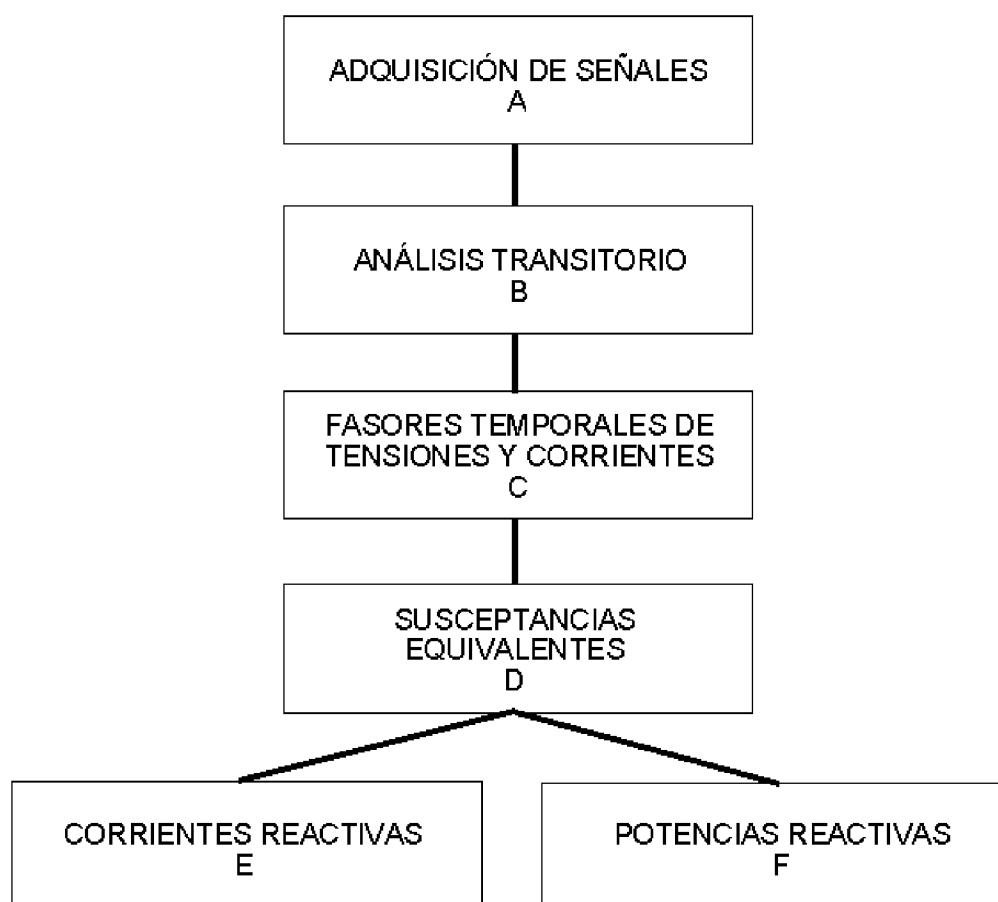


Figura 1

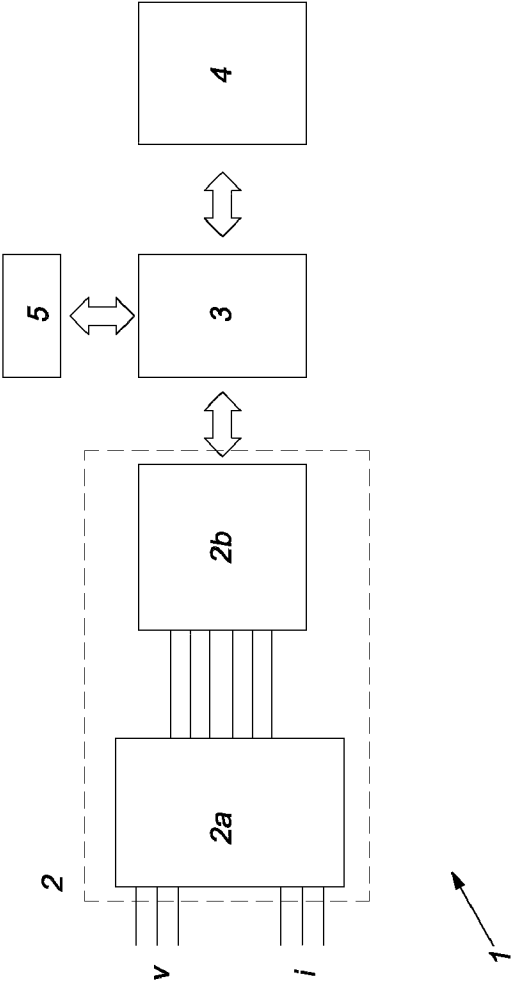


FIG. 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/ ES 2010/070474

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01R 21/06 (2006.01)

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01R+

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

INVENES, EPODOC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	LEÓN-MARTÍNEZ et al. "Power Quality Effects on the Measurement of Reactive Power in Three-Phase Power Systems in the Light of the IEEE Standard 1459-2000." 9th Internacional Conference. Electrical Power Quality and Utilisation. Barcelona, 9-11 of October, 2007.	1-6
X	US 5854995 A (PLIS et al.) 29.12.1998, the whole document.	7-11
X	ES 2215456 B1 (CSIC) 16.12.2005, the whole document.	7-11
A	ES 2166670 B1 (UPV) 16.02.2003, the whole document.	1-11

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance.	
"E" earlier document but published on or after the international filing date	
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"O" document referring to an oral disclosure use, exhibition, or other means	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	
	"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

06.October.2010 (06.10.2010)

Date of mailing of the international search report

(11/10/2010)

Name and mailing address of the ISA/
O.E.P.M.

Paseo de la Castellana, 75 28071 Madrid, España.

Facsimile No. 34 91 3495304

Authorized officer

P. López Sabater

Telephone No. +34 91 349 53 85

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/ ES 2010/070474

Patent document cited in the search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
ES 2215456 A B	01.10.2004	NONE	-----
ES 2166670 A B	16.04.2002	NONE	-----
US 5854995 A	29.12.1998	CA 2190905 AC	31.05.1997
		EP 0777125 AB	04.06.1997
		EP 19960308666	29.11.1996
		CN 1156828 A	13.08.1997
		CN 1108528 C	14.05.2003
		US 5673196 A	30.09.1997
		MX 9605980 A	30.04.1998
		BR 9605750 A	25.08.1998
		US 5978741 A	02.11.1999
		US 6173236 B	09.01.2001
		ES 2319826 T	12.05.2009

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional N°
PCT/ ES 2010/070474

A. CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

G01R 21/06 (2006.01)

De acuerdo con la Clasificación Internacional de Patentes (CIP) o según la clasificación nacional y CIP.

B. SECTORES COMPRENDIDOS POR LA BÚSQUEDA

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

G01R+

Otra documentación consultada, además de la documentación mínima, en la medida en que tales documentos formen parte de los sectores comprendidos por la búsqueda

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda internacional (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC

C. DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES

Categoría*	Documentos citados, con indicación, si procede, de las partes relevantes	Relevante para las reivindicaciones N°
A	LEÓN-MARTÍNEZ et al. "Power Quality Effects on the Measurement of Reactive Power in Three-Phase Power Systems in the Light of the IEEE Standard 1459-2000." 9th Internacional Conference. Electrical Power Quality and Utilisation. Barcelona, 9-11 de Octubre, 2007.	1-6
X	US 5854995 A (PLIS et al.) 29.12.1998, todo el documento.	7-11
X	ES 2215456 B1 (CSIC) 16.12.2005, todo el documento.	7-11
A	ES 2166670 B1 (UPV) 16.02.2003, todo el documento.	1-11

☐ En la continuación del Recuadro C se relacionan otros documentos ☒ Los documentos de familias de patentes se indican en el Anexo

* Categorías especiales de documentos citados:	"T"	documento ulterior publicado con posterioridad a la fecha de presentación internacional o de prioridad que no pertenece al estado de la técnica pertinente pero que se cita por permitir la comprensión del principio o teoría que constituye la base de la invención.
"A" documento que define el estado general de la técnica no considerado como particularmente relevante.	"X"	documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse nueva o que implique una actividad inventiva por referencia al documento aisladamente considerado.
"E" solicitud de patente o patente anterior pero publicada en la fecha de presentación internacional o en fecha posterior.	"Y"	documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse que implique una actividad inventiva cuando el documento se asocia a otro u otros documentos de la misma naturaleza, cuya combinación resulta evidente para un experto en la materia.
"L" documento que puede plantear dudas sobre una reivindicación de prioridad o que se cita para determinar la fecha de publicación de otra cita o por una razón especial (como la indicada).	"&"	documento que forma parte de la misma familia de patentes.
"O" documento que se refiere a una divulgación oral, a una utilización, a una exposición o a cualquier otro medio.		
"P" documento publicado antes de la fecha de presentación internacional pero con posterioridad a la fecha de prioridad reivindicada.		

Fecha en que se ha concluido efectivamente la búsqueda internacional.

06.Octubre.2010 (06.10.2010)

Fecha de expedición del informe de búsqueda internacional

11-OCTUBRE-2010 (11/10/2010)

Nombre y dirección postal de la Administración encargada de la búsqueda internacional

O.E.P.M.

Paseo de la Castellana, 75 28071 Madrid, España.

N° de fax 34 91 3495304

Funcionario autorizado

P. López Sabater

N° de teléfono +34 91 349 53 85

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Información relativa a miembros de familias de patentes

Solicitud internacional N°

PCT/ES 2010/070474

Documento de patente citado en el informe de búsqueda	Fecha de Publicación	Miembro(s) de la familia de patentes	Fecha de Publicación
ES 2215456 A B	01.10.2004	NINGUNO	-----
ES 2166670 A B	16.04.2002	NINGUNO	-----
US 5854995 A	29.12.1998	CA 2190905 AC	31.05.1997
		EP 0777125 AB	04.06.1997
		EP 19960308666	29.11.1996
		CN 1156828 A	13.08.1997
		CN 1108528 C	14.05.2003
		US 5673196 A	30.09.1997
		MX 9605980 A	30.04.1998
		BR 9605750 A	25.08.1998
		US 5978741 A	02.11.1999
		US 6173236 B	09.01.2001
		ES 2319826 T	12.05.2009