

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 685 423**

51 Int. Cl.:

G01R 21/06 (2006.01)

G01R 17/02 (2006.01)

G01R 29/16 (2006.01)

G01R 35/00 (2006.01)

G01R 21/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.04.2008 PCT/ES2008/000296**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.11.2008 WO08132258**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.04.2008 E 08761542 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.06.2018 EP 2149795**

54 Título: **Procedimiento y sistema de puesta en práctica para la medición de la potencia de desequilibrio en instalaciones eléctricas, así como el dispositivo para su calibración**

30 Prioridad:

30.04.2007 ES 200701224

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

09.10.2018

73 Titular/es:

**UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA
(100.0%)
Ctt- Edif. I1 Y I2, Camino de Vera s/n
46022 Valencia, ES**

72 Inventor/es:

**CAZORLA NAVARRO, ANTONIO;
GINER GARCIA, JOSÉ;
LEON MARTINEZ, VICENTE y
MONTANANA ROMEU, JOAQUIN**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 685 423 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

Procedimiento y sistema de puesta en práctica para la medición de la potencia de desequilibrio en instalaciones eléctricas, así como el dispositivo para su calibración

5

Objeto de la invención

La presente invención refiere, en general, a la medición y la calibración de instrumentos de medición del fenómeno del desequilibrio en instalaciones eléctricas y, más particularmente, a los sistemas eléctricos trifásicos a tres y a cuatro hilos.

10

Antecedentes de la invención

En la literatura técnica se conoce el concepto de la potencia de desequilibrio, magnitud que cuantifica los efectos del fenómeno del desequilibrio en las instalaciones eléctricas. Se han desarrollado diferentes formulaciones para esta potencia de desequilibrio (atendiendo a distintas teorías establecidas sobre la potencia eléctrica) que únicamente dan su magnitud, un número real. La potencia de desequilibrio no es conservativa, es decir, no cumple con el Principio de conservación de la energía y, por tanto, la potencia de desequilibrio de una instalación eléctrica no es igual a la suma de las potencias de desequilibrio correspondientes a cada uno de sus elementos integrantes. Esto limita y dificulta en gran manera su aplicación para la medición de los efectos de los desequilibrios en la práctica industrial. El documento XP000240206, "Polyphase apparent power and power factor under distorted waveform conditions", de Filipski P. S., refleja las condiciones de forma de onda distorsionada que representan el desequilibrio como factor de potencia. En la actualidad, la formulación de la potencia de desequilibrio en forma compleja se desconoce en la literatura técnica. Esta magnitud, que los autores de esta invención han denominado "fasor de potencia de desequilibrio", permite determinar el valor de la potencia de desequilibrio en cualquier instalación eléctrica conociendo los desequilibrios de sus partes integrantes. El sistema y procedimiento de medición que se reivindican permiten realizar esta función.

15

20

25

30

Por otro lado, en la práctica industrial, no se conocen calibradores de instrumentos de medición de la potencia de desequilibrio formados por elementos pasivos.

Descripción de la invención

La invención se refiere a un procedimiento y a un sistema para la medición de la potencia de desequilibrio en una instalación eléctrica y a un dispositivo para su calibración, de acuerdo con las reivindicaciones 1, 2 y 6, respectivamente. Las realizaciones preferidas del procedimiento y sistema se definen en las reivindicaciones dependientes.

35

40

Para ello, se establece como aportación fundamental el concepto de "fasor de potencia de desequilibrio", magnitud cuyo módulo es la potencia de desequilibrio y cuyo argumento indica la fase o fases en las que el desequilibrio es mayor, así como si inciden más sobre el desequilibrio las cargas resistivas o las reactivas. Una de las propiedades, entre otras, de esta nueva magnitud, que no es un número real sino complejo, es que el fasor de potencia de desequilibrio de un sistema o instalación eléctrica es igual a la suma de los fasores potencia de desequilibrio de cada una de las partes del sistema o instalación eléctrica, lo cual simplifica considerablemente la obtención del valor de la potencia de desequilibrio total del sistema.

45

En la actualidad, en la literatura técnica no se conoce esta magnitud de "fasor de potencia de desequilibrio" y, por tanto, los equipos de medición de la potencia de desequilibrio, tanto comerciales como los existentes a nivel de investigación, no pueden obtener el valor de la potencia de desequilibrio del sistema a partir de cada uno de sus subsistemas o partes integrantes.

50

La presente invención proporciona un procedimiento y sistema para la medición de la potencia de desequilibrio de un sistema o instalación eléctrica, magnitud que se expresa como un número complejo, con módulo y argumento, superando con ello las limitaciones mencionadas anteriormente. La formulación en forma compleja de la potencia de desequilibrio hace posible que el fasor de potencia de desequilibrio total de una instalación o sistema eléctrico sea igual a la suma de los fasores potencia de desequilibrio de cada uno de sus elementos; así es posible obtener el valor y los efectos de los desequilibrios en una parte de una instalación eléctrica a partir de los valores de los desequilibrios en cada una de sus componentes.

55

60

De acuerdo con un primer aspecto de la invención, esta se refiere a un procedimiento de medición del fasor de potencia de desequilibrio de una instalación o sistema eléctrico que comprende:

- i) Adquirir valores instantáneos de tensión (v_A , v_B , v_C) y corriente (i_A , i_B , i_C) de cada una de las fases A, B, C de la instalación o sistema eléctrico, y descomponerlos en sus componentes a frecuencia fundamental (v_{A1} , v_{B1} , v_{C1}), (i_{A1} , i_{B1} , i_{C1});

65

ii) obtener valores eficaces de tensión y corriente y ángulos de desfase inicial entre tensión y corriente y, a partir de estos valores eficaces, obtener potencias activas (P_A , P_B , P_C) y reactivas (Q_A , Q_B , Q_C) para cada una de las fases;

5 iii) a partir de las potencias activas y reactivas, se obtiene un fasor de potencia de desequilibrio (\bar{A}_U), según la siguiente expresión:

$$\bar{A}_U = \sqrt{2} \left(\bar{p} \cdot \left| P_A + a^2 P_B + a P_C \right| + \bar{q} \cdot \left| Q_A + a^2 Q_B + a Q_C \right| \right),$$

en donde $a = 1 \angle_{120^\circ}$ y p y q son fasores unitarios ortogonales.

10

De acuerdo con una posible realización del procedimiento de la invención, en la etapa ii) se obtienen valores eficaces de tensión (V_{A1} , V_{B1} , V_{C1}) y corriente (I_{A1} , I_{B1} , I_{C1}) y ángulos de desfase (φ_{A1} , φ_{B1} , φ_{C1}) entre tensión y corriente para la frecuencia fundamental; y las potencias activas (P_A , P_B , P_C) y reactivas (Q_A , Q_B , Q_C) para cada una de las fases se calculan de acuerdo con la siguiente expresión:

15

$$\begin{aligned} P_A &= V_{A1} \cdot I_{A1} \cdot \cos \varphi_{A1} & Q_A &= V_{A1} \cdot I_{A1} \cdot \sen \varphi_{A1} \\ P_B &= V_{B1} \cdot I_{B1} \cdot \cos \varphi_{B1} & Q_B &= V_{B1} \cdot I_{B1} \cdot \sen \varphi_{B1} \\ P_C &= V_{C1} \cdot I_{C1} \cdot \cos \varphi_{C1} & Q_C &= V_{C1} \cdot I_{C1} \cdot \sen \varphi_{C1} \end{aligned}$$

Alternativamente, en la etapa ii) se obtienen valores eficaces de tensión de secuencia positiva y frecuencia fundamental (V_{A1+} , V_{B1+} , V_{C1+}) y ángulos de desfase (φ_{A1+} , φ_{B1+} , φ_{C1+}) entre tensión y corriente para la frecuencia fundamental (I_{A1} , I_{B1} , I_{C1}); las potencias activas (P_A , P_B , P_C) y reactivas (Q_A , Q_B , Q_C) para cada una de las fases se calculan de acuerdo con la siguiente expresión:

20

$$\begin{aligned} P_A &= V_{A1+} \cdot I_{A1} \cdot \cos \varphi_{A1+} & Q_A &= V_{A1+} \cdot I_{A1} \cdot \sen \varphi_{A1+} \\ P_B &= V_{B1+} \cdot I_{B1} \cdot \cos \varphi_{B1+} & Q_B &= V_{B1+} \cdot I_{B1} \cdot \sen \varphi_{B1+} \\ P_C &= V_{C1+} \cdot I_{C1} \cdot \cos \varphi_{C1+} & Q_C &= V_{C1+} \cdot I_{C1} \cdot \sen \varphi_{C1+} \end{aligned}$$

25 De acuerdo con un segundo aspecto de la invención, esta se refiere a un sistema de medición de la potencia de desequilibrio de una instalación o sistema eléctrico, que comprende:

- un módulo de adquisición configurado para adquirir valores instantáneos de tensión (v_A , v_B , v_C) y corriente (i_A , i_B , i_C) para cada una de las fases A, B, C de dicha instalación eléctrica;
- 30 - un módulo de análisis configurado para obtener valores eficaces de tensión (V_{A1} , V_{B1} , V_{C1}) y corriente (I_{A1} , I_{B1} , I_{C1}) y ángulos de desfase (φ_{A1} , φ_{B1} , φ_{C1}) entre tensión y corriente para la frecuencia fundamental;
- un módulo de potencias activas y reactivas, configurado para obtener potencias activas (P_A , P_B , P_C) y reactivas (Q_A , Q_B , Q_C) para cada una de las fases;
- un módulo fasor configurado para obtener un número complejo en forma polar o en forma binómica o
- 35 fasor de potencia de desequilibrio \bar{A}_U , a partir de los valores de potencias activas y reactivas de acuerdo con la siguiente expresión:

$$\bar{A}_U = \sqrt{2} \left(\bar{p} \cdot \left| P_A + a^2 P_B + a P_C \right| + \bar{q} \cdot \left| Q_A + a^2 Q_B + a Q_C \right| \right)$$

40 en donde $a = 1 \angle_{120^\circ}$ y p y q son fasores unitarios ortogonales.

De acuerdo con una realización preferida, el módulo de potencias activas y reactivas calcula dichas potencias de acuerdo con la siguiente expresión:

45

$$\begin{aligned} P_A &= V_{A1} \cdot I_{A1} \cdot \cos \varphi_{A1} & Q_A &= V_{A1} \cdot I_{A1} \cdot \sen \varphi_{A1} \\ P_B &= V_{B1} \cdot I_{B1} \cdot \cos \varphi_{B1} & Q_B &= V_{B1} \cdot I_{B1} \cdot \sen \varphi_{B1} \\ P_C &= V_{C1} \cdot I_{C1} \cdot \cos \varphi_{C1} & Q_C &= V_{C1} \cdot I_{C1} \cdot \sen \varphi_{C1} \end{aligned}$$

Según otra posible realización, el sistema además incluye un módulo de simétricas configurado para obtener valores eficaces de tensión de secuencia positiva y frecuencia fundamental (V_{A1+} , V_{B1+} , V_{C1+}) y ángulos de desfase (φ_{A1+} , φ_{B1+} , φ_{C1+}) entre tensión y corriente para la frecuencia fundamental; y en ese caso el módulo de potencias activas y reactivas calcula estas de acuerdo con la siguiente expresión:

5

$$\begin{aligned} P_A &= V_{A1+} \cdot I_{A1} \cdot \cos \varphi_{A1+} & Q_A &= V_{A1+} \cdot I_{A1} \cdot \sen \varphi_{A1+} \\ P_B &= V_{B1+} \cdot I_{B1} \cdot \cos \varphi_{B1+} & Q_B &= V_{B1+} \cdot I_{B1} \cdot \sen \varphi_{B1+} \\ P_C &= V_{C1+} \cdot I_{C1} \cdot \cos \varphi_{C1+} & Q_C &= V_{C1+} \cdot I_{C1} \cdot \sen \varphi_{C1+} \end{aligned}$$

El sistema además incluye preferentemente un módulo de visualización configurado para representar una o más magnitudes obtenidas en o utilizadas por los diferentes módulos que comprenden el sistema.

10

De acuerdo con otro aspecto de la invención, esta se refiere a un sistema de medición de la potencia de desequilibrio de una instalación o sistema eléctrico, que comprende:

15

- una fuente de alimentación trifásica estabilizada, equilibrada y sinusoidal, encargadas de suministrar las energías correspondientes a la ineficiencia por desequilibrio; y
- al menos un circuito patrón de desequilibrio formado por elementos pasivos, bobinas y condensadores o sus equivalentes, formados por convertidores electrónicos, siendo los valores de dichos elementos pasivos una función del módulo del fasor de potencia de desequilibrio \bar{A}_U , calculándose este según lo indicado en lo anterior.

20

El o los circuitos patrones de la potencia de desequilibrio absorben las corrientes de desequilibrio, calibradas a un valor prefijado.

25

Estos dispositivos calibradores aportan sencillez, economía y fundamento físico a la medición de la potencia de desequilibrio frente a otros posibles calibradores electrónicos, comercializados o no, menos aptos para entornos industriales.

Breve descripción de los dibujos

30

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 ejemplos preferentes de realización práctica de la misma, se incluye como parte integrante de dicha descripción un juego de dibujos en donde, con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

35

La Figura 1 es un diagrama que muestra la secuencia operacional del procedimiento de la invención.

La Figura 2 es un diagrama que representa una posible realización del dispositivo para la medición del fasor de potencia de desequilibrio de la invención.

La Figura 3 es un diagrama que representa una estructura posible del calibrador de la potencia de desequilibrio.

40

La Figura 4 es un diagrama que representa un procedimiento posible para la obtención del fasor de potencia de desequilibrio.

La Figura 5 es un diagrama que representa un procedimiento alternativo posible para la determinación del fasor de potencia de desequilibrio.

45

La figura 6 es un diagrama que muestra la disposición del patrón para calibrar la potencia de desequilibrio.

Descripción de una realización preferida de la invención

50

Como se muestra en la figura 1, una posible realización del procedimiento para la medición del fasor de potencia de desequilibrio en una instalación eléctrica, objeto de la presente invención, comprende las siguientes operaciones:

55

- Procesado digital 1 de las señales muestreadas obtenidas por el sistema físico 6 (véase figura 2) para la medición y adquisición de señales eléctricas del dispositivo, obteniéndose las matrices de valores eficaces y fases iniciales de tensión y corriente a frecuencia fundamental para cada fase, en total, seis matrices para cada fase de tensión y corriente.
- Con estas matrices se obtienen (en 3) las matrices de valores eficaces y fases iniciales para los componentes de secuencia positiva con una matriz para las tensiones de secuencia positiva.
- A partir de las matrices de valores eficaces y fases iniciales de tensión y corriente para la frecuencia fundamental, se obtienen las potencias activas y reactivas para cada una de las fases 2.

60

- A partir de las potencias activas y reactivas se obtiene el fasor de potencia de desequilibrio (en 4), según la expresión [1] indicada más adelante.
- La información gráfica y numérica del fasor de potencia de desequilibrio, así como ciertos valores de las magnitudes físicas utilizadas durante el procedimiento, se visualizan 5 en un dispositivo de visualización.

5

El dispositivo para la puesta en práctica del procedimiento de medición, como se muestra en la figura 2, está formado por un sistema físico de medición y adquisición de señales eléctricas 6 (*hardware*) y un programa de medición de la potencia eléctrica 7.

10

El sistema físico 6 se compone por unos sensores de medición 8 de tensión y corriente, que miden sus valores instantáneos; de unos acondicionadores de señal 9 que adaptan la corriente del secundario de cada sensor a la tensión aplicable a las entradas analógicas de la tarjeta de adquisición; de tal tarjeta de adquisición 10 o dispositivo equivalente que convierta las señales analógicas de tensión y corriente en una serie de muestras individuales que se utilizan como entrada en el programa de medición; de un sistema procesador 11 con una placa base en la que se coloca la tarjeta de adquisición 10 para que se puedan intercambiar las muestras discretas de las señales de tensión y corriente con el programa de medición 7; y de una pantalla táctil o dispositivo de visualización 12 en el que se visualiza toda la información sobre las formas de onda y el valor de todas las magnitudes eléctricas relacionadas con la medición del fasor de potencia de desequilibrio: tensiones, corrientes, potencias activas y reactivas, componentes simétricos, fasor de potencia de desequilibrio para energías.

15

20

El programa de medición 7 se compone de los siguientes módulos:

25

- Módulo de adquisición 13, que adquiere muestras de tensión y corriente y las guarda en un vector para cada una de ellas.
- Módulo de análisis 14, que obtiene las matrices de las tensiones y corrientes en valor eficaz y en fase para la frecuencia fundamental en función de las muestras adquiridas en el módulo anterior; además, se obtienen por integración numérica los valores eficaces de todas las tensiones y corrientes de cada una de las fases.
- Módulo de simétricas 16, que obtiene las matrices de las componentes de secuencia positiva, en valor eficaz y en fase de las tensiones para la frecuencia fundamental en función de las matrices obtenidas en el módulo anterior.
- Módulo de potencias activas y reactivas 15, encargado de obtener los valores de las potencias activas y reactivas para cada tipo de topología de la instalación eléctrica.
- Módulo de fasor de potencia de desequilibrio 17, encargado de obtener el valor del fasor de potencia de desequilibrio.

30

35

Una aplicación típica que ilustra lo anteriormente comentado es, entre otras, el proceso de obtención del fasor de potencia de desequilibrio en uno de los centros de transformación de una población o de una factoría.

40

La figura 4 muestra esquemáticamente un posible proceso de cálculo de la citada magnitud. Los valores instantáneos de tensiones (v_A, v_B, v_C) y corrientes (i_A, i_B, i_C) de las diferentes fases son registrados y descompuestos en sus componentes de frecuencia fundamental (v_{A1}, v_{B1}, v_{C1}) (i_{A1}, i_{B1}, i_{C1}), 50/60 Hz, y en sus componentes armónicos. A continuación, se obtienen los valores eficaces y los ángulos de desfase de las tensiones y corrientes de fase de frecuencia fundamental (V_{A1}, V_{B1}, V_{C1}) (I_{A1}, I_{B1}, I_{C1}) ($\varphi_{A1}, \varphi_{B1}, \varphi_{C1}$). Con estos valores, se obtienen las potencias activas (P_A, P_B, P_C) y reactivas (Q_A, Q_B, Q_C) de cada fase según las siguientes expresiones:

45

$$\begin{aligned} P_A &= V_{A1} \cdot I_{A1} \cdot \cos \varphi_{A1} & Q_A &= V_{A1} \cdot I_{A1} \cdot \sen \varphi_{A1} \\ P_B &= V_{B1} \cdot I_{B1} \cdot \cos \varphi_{B1} & Q_B &= V_{B1} \cdot I_{B1} \cdot \sen \varphi_{B1} \\ P_C &= V_{C1} \cdot I_{C1} \cdot \cos \varphi_{C1} & Q_C &= V_{C1} \cdot I_{C1} \cdot \sen \varphi_{C1} \end{aligned}$$

50

Finalmente, los valores de potencia activa y reactiva de cada fase son sustituidos en la siguiente expresión del fasor de potencia de desequilibrio (\bar{A}_U):

$$\bar{A}_U = \sqrt{2} \left(p \cdot |P_A + a^2 P_B + a P_C| + q \cdot |Q_A + a^2 Q_B + a Q_C| \right) \quad [1]$$

55

expresión que es original y en la que $a = 1 \angle 120^\circ$ y p y q son fasores unitarios ortogonales.

Como se muestra esquemáticamente en la figura 5, otro procedimiento alternativo para obtener con muy buena aproximación el valor del fasor de potencia de desequilibrio, consiste en calcular las potencias activas

5 y reactivas de cada fase a partir de los componentes simétricos de las tensiones de fase de frecuencia fundamental. Al igual que en el caso anterior, los valores instantáneos de tensiones (v_A, v_B, v_C) y corrientes (i_A, i_B, i_C) de las diferentes fases son registrados y descompuestos en sus componentes de frecuencia fundamental (v_{A1}, v_{B1}, v_{C1}) (i_{A1}, i_{B1}, i_{C1}), 50/60 Hz, y en sus componentes armónicos. Aplicando las expresiones del teorema de Stokvis-Fortescue se obtienen los valores eficaces de las tensiones de secuencia positiva y frecuencia fundamental ($V_{A1+}, V_{B1+}, V_{C1+}$) y los ángulos de desfase ($\varphi_{A1+}, \varphi_{B1+}, \varphi_{C1+}$) de estas tensiones con las corrientes de frecuencia fundamental; y a partir de estos se obtienen las potencias activas (P_A, P_B, P_C) y reactivas (Q_A, Q_B, Q_C) de acuerdo con las siguientes expresiones:

$$10 \quad \begin{aligned} P_A &= V_{A1+} \cdot I_{A1} \cdot \cos \varphi_{A1+} & Q_A &= V_{A1+} \cdot I_{A1} \cdot \sen \varphi_{A1+} \\ P_B &= V_{B1+} \cdot I_{B1} \cdot \cos \varphi_{B1+} & Q_B &= V_{B1+} \cdot I_{B1} \cdot \sen \varphi_{B1+} \\ P_C &= V_{C1+} \cdot I_{C1} \cdot \cos \varphi_{C1+} & Q_C &= V_{C1+} \cdot I_{C1} \cdot \sen \varphi_{C1+} \end{aligned}$$

para su posterior sustitución en la expresión [1] del fasor de potencia de desequilibrio.

15 Por último, el programa de medición 7 incluye un módulo de visualización 18, encargado de representar en pantalla la información gráfica y numérica del fasor de potencia de desequilibrio, así como los valores de magnitudes físicas, tales como: valores eficaces de las tensiones y corrientes; potencias activas y reactivas para cada fase; componentes simétricos a frecuencia fundamental.

20 La figura 3 muestra una posible realización del calibrador 21 de instrumentos de medición de la potencia de desequilibrio. Está formado por una fuente de alimentación trifásica 19 y por circuitos patrones para la medición de la potencia de desequilibrio 20.

25 La fuente de alimentación 19 es el dispositivo encargado de suministrar las energías correspondientes a la ineficiencia por desequilibrio. Es una fuente trifásica, estabilizada, de 50/60 Hz de frecuencia.

30 Los circuitos patrones de la potencia de desequilibrio 20 son dispositivos pasivos, formados por bobinas y condensadores, o por sus equivalentes formados por convertidores electrónicos, que absorben las corrientes y potencias de desequilibrio, calibrados a un valor prefijado. Una configuración preferente de un patrón 20 de la potencia de desequilibrio se muestra en la figura 6 y, a continuación, se indican los posibles valores de los elementos constituyentes del mismo:

$$\begin{aligned} L_{ip} &= \frac{3\sqrt{3} V_{A1}^2}{\sqrt{2} w A_U} & C_{ip} &= \frac{\sqrt{2} A_U}{3\sqrt{3} w V_{A1}^2} \\ L_{hp} &= \frac{\sqrt{6} V_{A1}^2}{w A_U} & C_{hp} &= \frac{A_U}{\sqrt{6} w V_{A1}^2} \\ w &= 2\pi f \\ f &= 50 / 60 \text{ Hz} \end{aligned}$$

35 donde A_U es la potencia de desequilibrio.

La invención ha sido descrita según las realizaciones preferentes de la misma, pero para el experto en la materia resultará evidente que pueden introducirse múltiples variaciones en dichas realizaciones preferentes sobrepasar el objeto de la invención reivindicada.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de medición de la potencia de desequilibrio de una instalación o sistema eléctrico, que comprende:

5

i) Adquirir valores instantáneos de tensión (v_A, v_B, v_C) y corriente (i_A, i_B, i_C) de cada una de las fases A, B, C de la instalación o sistema eléctrico, y descomponerlos en sus componentes a frecuencia fundamental (V_{A1}, V_{B1}, V_{C1}), (I_{A1}, I_{B1}, I_{C1});

10

ii) obtener valores eficaces de tensión (V_{A1}, V_{B1}, V_{C1}) y corriente (I_{A1}, I_{B1}, I_{C1}) y ángulos de desfase ($\varphi_{A1}, \varphi_{B1}, \varphi_{C1}$) inicial entre tensión y corriente para la frecuencia fundamental;

iii) a partir de estos valores eficaces para la frecuencia fundamental obtenidos en la etapa anterior, obtener potencias activas (P_A, P_B, P_C) y reactivas (Q_A, Q_B, Q_C) para cada una de las fases de acuerdo con la siguiente expresión:

15

$$\begin{aligned} P_A &= V_{A1} \cdot I_{A1} \cdot \cos \varphi_{A1} & Q_A &= V_{A1} \cdot I_{A1} \cdot \sen \varphi_{A1} \\ P_B &= V_{B1} \cdot I_{B1} \cdot \cos \varphi_{B1} & Q_B &= V_{B1} \cdot I_{B1} \cdot \sen \varphi_{B1} \\ P_C &= V_{C1} \cdot I_{C1} \cdot \cos \varphi_{C1} & Q_C &= V_{C1} \cdot I_{C1} \cdot \sen \varphi_{C1} \end{aligned}$$

o alternativamente, a partir de dichos valores eficaces para la frecuencia fundamental, obteniendo los valores eficaces de tensión de secuencia positiva y frecuencia fundamental ($V_{A1+}, V_{B1+}, V_{C1+}$) y ángulos de desfase ($\varphi_{A1+}, \varphi_{B1+}, \varphi_{C1+}$) entre tensión y corriente para la frecuencia fundamental, y obteniendo las potencias activas (P_A, P_B, P_C) y reactivas (Q_A, Q_B, Q_C) para cada una de las fases de acuerdo con la siguiente expresión:

20

$$\begin{aligned} P_A &= V_{A1+} \cdot I_{A1} \cdot \cos \varphi_{A1+} & Q_A &= V_{A1+} \cdot I_{A1} \cdot \sen \varphi_{A1+} \\ P_B &= V_{B1+} \cdot I_{B1} \cdot \cos \varphi_{B1+} & Q_B &= V_{B1+} \cdot I_{B1} \cdot \sen \varphi_{B1+} ; y \\ P_C &= V_{C1+} \cdot I_{C1} \cdot \cos \varphi_{C1+} & Q_C &= V_{C1+} \cdot I_{C1} \cdot \sen \varphi_{C1+} \end{aligned}$$

25

caracterizado por iv) a partir de las potencias activas y reactivas, se obtiene (4) un fasor de potencia de desequilibrio (\bar{A}_U), según la siguiente expresión:

$$\bar{A}_U = \sqrt{2} \left(p \cdot |P_A + a^2 P_B + a P_C| + \bar{q} \cdot \left| \bar{Q}_A + a^2 \bar{Q}_B + a \bar{Q}_C \right| \right),$$

30

en donde $a = 1 \angle_{120^\circ}$ y p y q son fasores unitarios ortogonales.

2. Un sistema de medición de la potencia de desequilibrio de una instalación o sistema eléctrico, que comprende:

35

- un módulo de adquisición (13) configurado para adquirir valores instantáneos de tensión (v_A, v_B, v_C) y corriente (i_A, i_B, i_C) para cada una de las fases A, B, C de dicha instalación eléctrica;

- un módulo de análisis (14) configurado para obtener valores eficaces de tensión (V_{A1}, V_{B1}, V_{C1}) y corriente (I_{A1}, I_{B1}, I_{C1}) y ángulos de desfase ($\varphi_{A1}, \varphi_{B1}, \varphi_{C1}$) entre tensión y corriente para la frecuencia fundamental;

40

- un módulo de potencias activas y reactivas (15) configurado para obtener potencias activas (P_A, P_B, P_C) y reactivas (Q_A, Q_B, Q_C) para cada una de las fases, **caracterizado por**

- un módulo fasor (17) configurado para obtener un número complejo en forma polar o en forma binómica o fasor de potencia de desequilibrio (\bar{A}_U), a partir de los valores de potencias activas y reactivas de acuerdo con la siguiente expresión:

45

$$\bar{A}_U = \sqrt{2} \left(p \cdot |P_A + a^2 P_B + a P_C| + q \cdot \left| Q_A + a^2 Q_B + a Q_C \right| \right),$$

en donde $a = 1 \angle_{120^\circ}$ y p y q son fasores unitarios ortogonales.

50

3. Sistema según la reivindicación 2, **caracterizado por que** el módulo de potencias activas y reactivas calcula dichas potencias según la siguiente expresión:

$$\begin{aligned} P_A &= V_{A1} \cdot I_{A1} \cdot \cos \varphi_{A1} & Q_A &= V_{A1} \cdot I_{A1} \cdot \sen \varphi_{A1} \\ P_B &= V_{B1} \cdot I_{B1} \cdot \cos \varphi_{B1} & Q_B &= V_{B1} \cdot I_{B1} \cdot \sen \varphi_{B1} \\ P_C &= V_{C1} \cdot I_{C1} \cdot \cos \varphi_{C1} & Q_C &= V_{C1} \cdot I_{C1} \cdot \sen \varphi_{C1} \end{aligned}$$

5

4. Sistema según la reivindicación 2, **caracterizado por que** además incluye un módulo de simétricas (16) configurado para obtener valores eficaces de tensión de secuencia positiva y frecuencia fundamental (V_{A1+} , V_{B1+} , V_{C1+}) y ángulos de desfase (φ_{A1+} , φ_{B1+} , φ_{C1+}) entre tensión y corriente para la frecuencia fundamental (I_{A1} , I_{B1} , I_{C1});

10 y **por que** el módulo de potencias activas y reactivas (15) las calcula de acuerdo con la siguiente expresión:

$$\begin{aligned} P_A &= V_{A1+} \cdot I_{A1} \cdot \cos \varphi_{A1+} & Q_A &= V_{A1+} \cdot I_{A1} \cdot \sen \varphi_{A1+} \\ P_B &= V_{B1+} \cdot I_{B1} \cdot \cos \varphi_{B1+} & Q_B &= V_{B1+} \cdot I_{B1} \cdot \sen \varphi_{B1+} \\ P_C &= V_{C1+} \cdot I_{C1} \cdot \cos \varphi_{C1+} & Q_C &= V_{C1+} \cdot I_{C1} \cdot \sen \varphi_{C1+} \end{aligned}$$

15

5. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 2-4, **caracterizado por que** además incluye un módulo de visualización (18), configurado para representar una o más magnitudes obtenidas en, o utilizadas por, los diferentes módulos que componen el sistema.

6. Dispositivo calibrador (21) de instrumentos de medición de la potencia de desequilibrio de una instalación o sistema eléctrico, que comprende:

20

- una fuente de alimentación trifásica (19) estabilizada, equilibrada y sinusoidal; y
- al menos un patrón del circuito de desequilibrio (20) formado por elementos pasivos, bobinas (L_{ip} , L_{hp}) y condensadores (C_{ip} , C_{hp}) o sus equivalentes, formados por convertidores electrónicos, siendo los valores de dichos elementos una función del módulo del fasor de potencia de desequilibrio \bar{A}_U , calculándose este según lo indicado en cualquiera de las reivindicaciones precedentes.

25

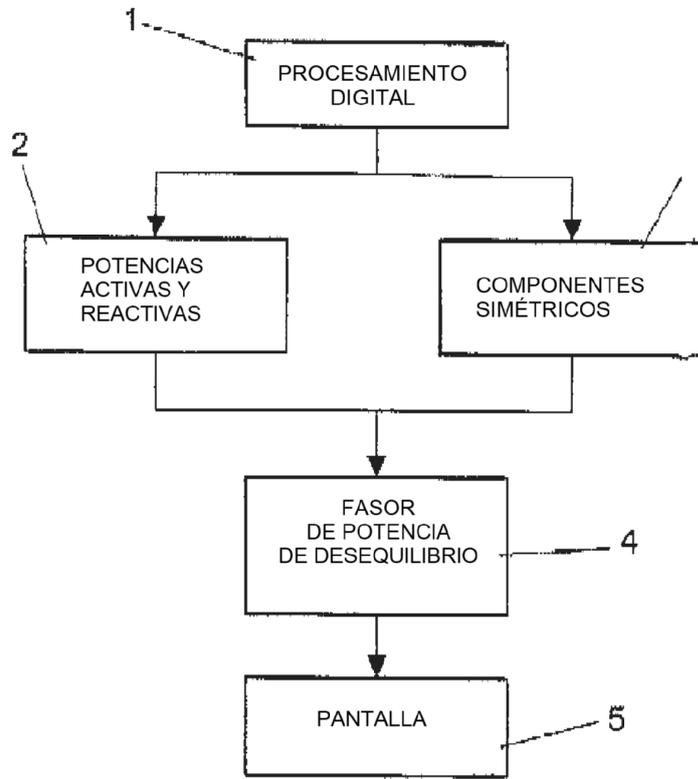


FIG. 1

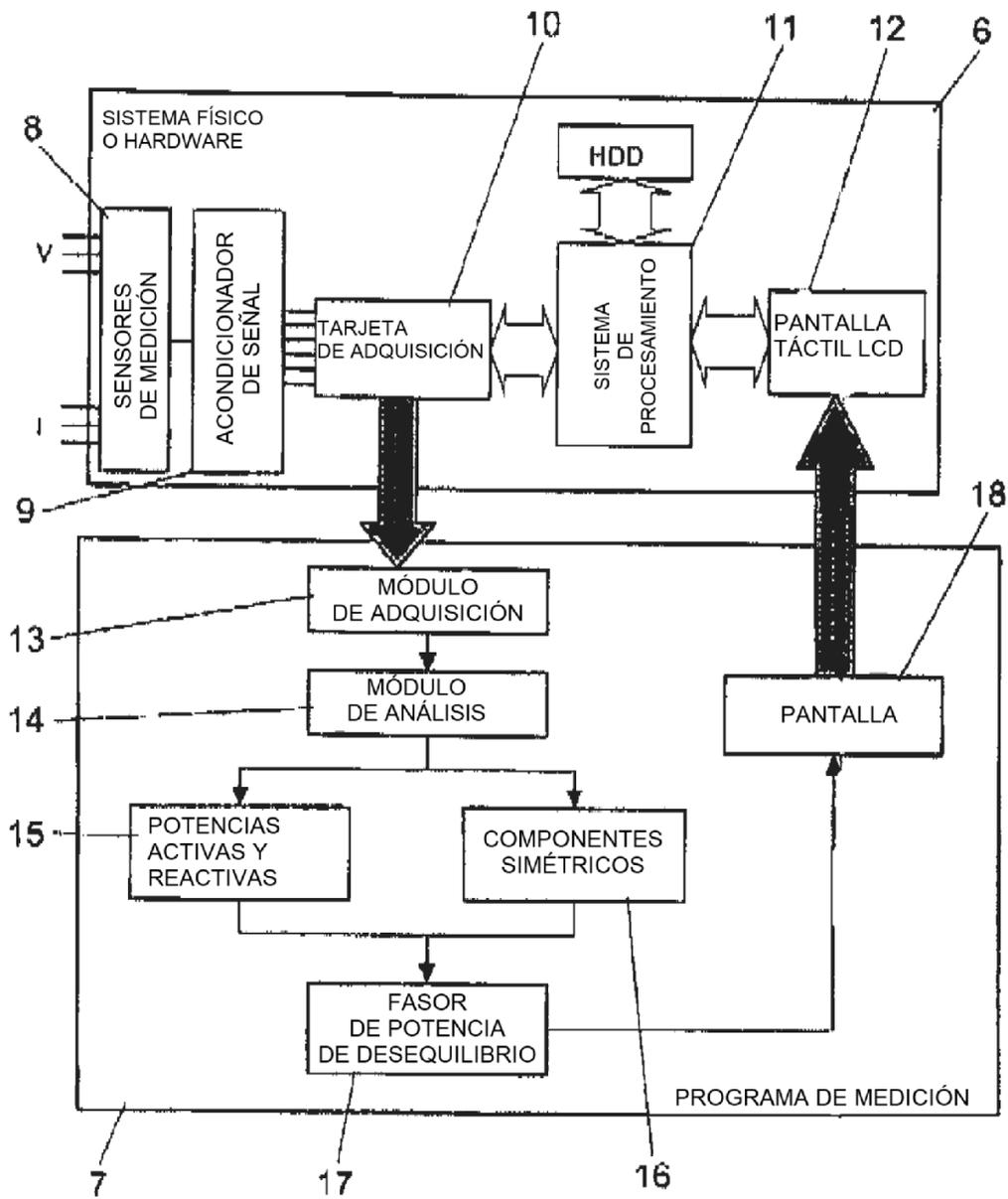


FIG. 2

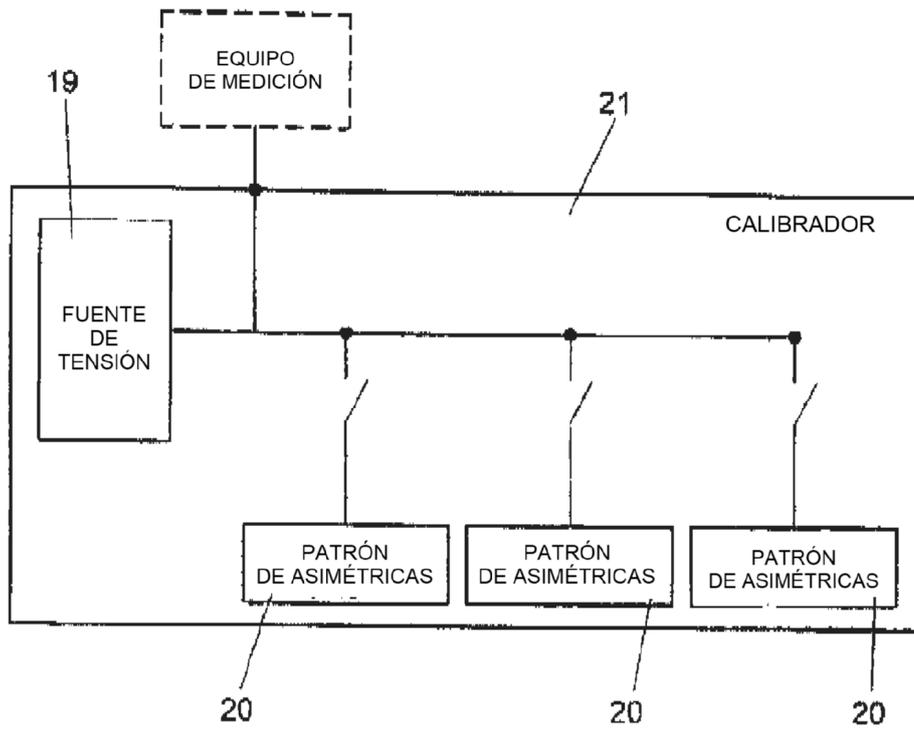


FIG. 3

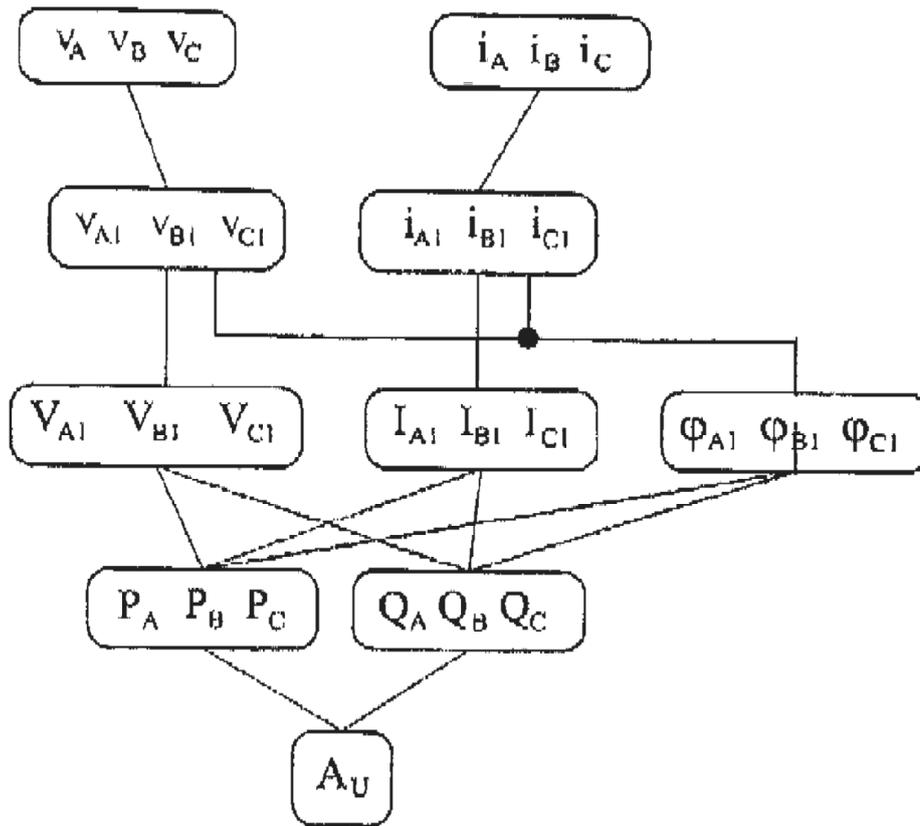


FIG. 4

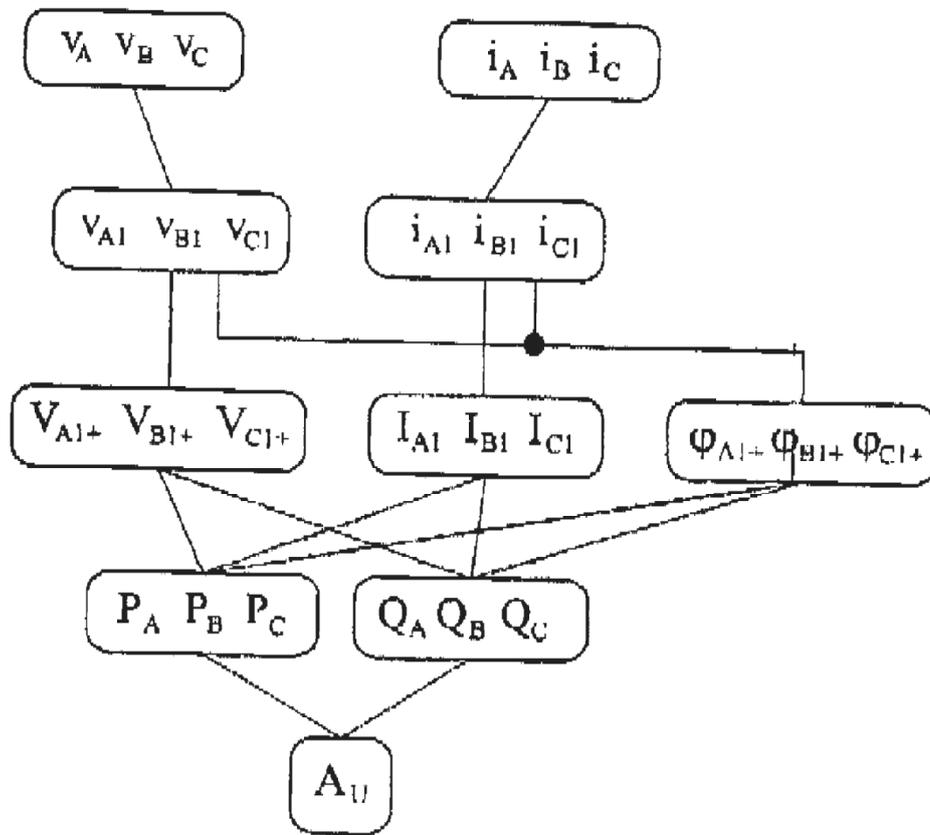


FIG. 5

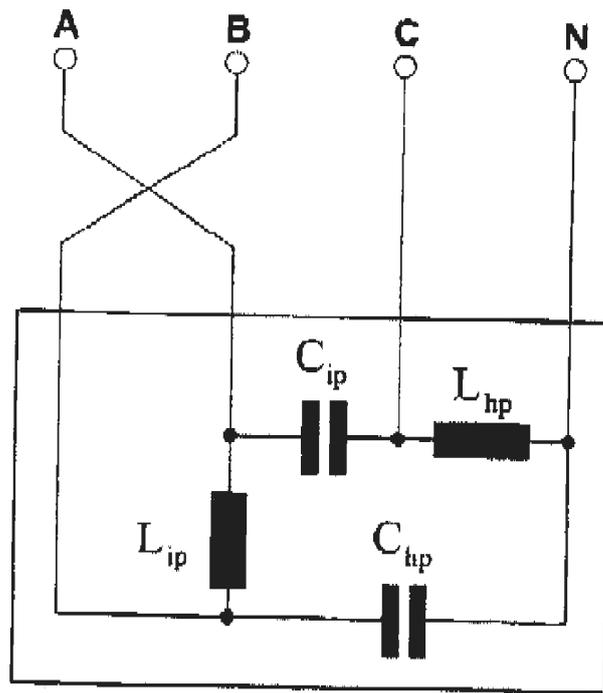


FIG. 6