

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 544 902**

21 Número de solicitud: 201431822

51 Int. Cl.:

**G01R 21/06** (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

**11.12.2014**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**04.09.2015**

71 Solicitantes:

**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  
(100.0%)**

**Ctro. Apoyo a la Innovación, la Investigación y la  
Transferencia de Tecnología, CTT, Edif. 6G,  
Camino de Vera, s/n  
46022 Valencia ES**

72 Inventor/es:

**LEÓN MARTÍNEZ, Vicente y  
MONTAÑANA ROMEU, Joaquín**

74 Agente/Representante:

**MALDONADO JORDAN, Julia**

54 Título: **Método y sistema de medida de desequilibrios en una red eléctrica**

57 Resumen:

La presente invención describe un método y sistema de medida de desequilibrios en una red eléctrica. El método comprende las etapas de obtener valores eficaces y argumentos de las tensiones y las corrientes de las fases a la frecuencia fundamental; calcular el valor eficaz y el argumento de las tensiones de secuencia positiva y los valores eficaces de las tensiones de secuencia negativa; determinar, las potencias activas y reactivas de cada una de las fases a la frecuencia fundamental; y calcular el valor del vector potencia de desequilibrio según la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} \tilde{S}_u = V_u \sqrt{2 + 2\delta_u^2 + 2\delta_A^2} \cdot & \left( \frac{P_{A1}}{V_{A1}} \cos(\alpha_s - \alpha_{A1}) + j \frac{Q_{A1}}{V_{A1}} \sin(\alpha_s - \alpha_{A1}) + a^2 \frac{P_{B1}}{V_{B1}} \cos(\alpha_s - \alpha_{B1}) + \right. \\ & \left. + j a^2 \frac{Q_{B1}}{V_{B1}} \sin(\alpha_s - \alpha_{B1}) + a \frac{P_{C1}}{V_{C1}} \cos(\alpha_s - \alpha_{C1}) + j a \frac{Q_{C1}}{V_{C1}} \sin(\alpha_s - \alpha_{C1}) \right) \cdot \tilde{p} + \\ & + V_u \sqrt{2 + 2\delta_u^2 + 2\delta_A^2} \cdot \left( \frac{P_{A1}}{V_{A1}} \sin(\alpha_s - \alpha_{A1}) + \frac{Q_{A1}}{V_{A1}} \cos(\alpha_s - \alpha_{A1}) + j a^2 \frac{P_{B1}}{V_{B1}} \sin(\alpha_s - \alpha_{B1}) + \right. \\ & \left. + a^2 \frac{Q_{B1}}{V_{B1}} \cos(\alpha_s - \alpha_{B1}) + j a \frac{P_{C1}}{V_{C1}} \sin(\alpha_s - \alpha_{C1}) + a \frac{Q_{C1}}{V_{C1}} \cos(\alpha_s - \alpha_{C1}) \right) \cdot \tilde{q} + \\ & + V_u \sqrt{\delta_u^2 + \delta_A^2} \cdot \left| \sum_{s=A,B,C} \left( \frac{P_{s1}}{V_{s1}} \cos(\alpha_s - \alpha_{s1}) + j \frac{Q_{s1}}{V_{s1}} \sin(\alpha_s - \alpha_{s1}) + j \frac{P_{s1}}{V_{s1}} \sin(\alpha_s - \alpha_{s1}) + \frac{Q_{s1}}{V_{s1}} \cos(\alpha_s - \alpha_{s1}) \right) \right| \cdot \tilde{z} \end{aligned}$$

en donde  $a = 1 \angle 120^\circ$ ;  $j$  es la unidad imaginaria;  $\delta_u = V_- / V_+$  y  $\delta_A = V_0 / V_+$  son los grados de desequilibrio y de asimetría, respectivamente, de las tensiones de las fases; y  $\tilde{p}$ ,  $\tilde{q}$ ,  $\tilde{z}$  son los vectores unitarios ortogonales que definen el espacio propio del vector potencia de desequilibrio.

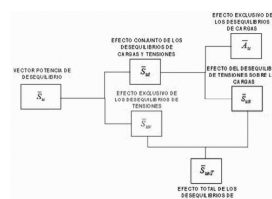


FIG 2

ES 2 544 902 A1

**DESCRIPCIÓN**MÉTODO Y SISTEMA DE MEDIDA DE DESEQUILIBRIOS EN UNA RED  
ELÉCTRICACampo de la invención

La presente invención se refiere de manera general al  
 5 campo del control y el mantenimiento de redes y sistemas  
 eléctricos, y más concretamente a la medida de los efectos  
 energéticos de los desequilibrios de tensiones sobre el  
 funcionamiento de sistemas eléctricos trifásicos a tres y a  
 cuatro hilos, con receptores equilibrados y  
 10 desequilibrados.

Antecedentes de la invención

En la técnica anterior se conocen diferentes  
 formulaciones de la potencia de desequilibrio, magnitud  
 15 encargada de medir los efectos de los desequilibrios en los  
 sistemas eléctricos (véase, por ejemplo, L.S. Czarnecki,  
*"Power related phenomena in three-phase unbalanced  
 systems"*, IEEE Trans on Power Delivery, vol. 10, n.º 3,  
 julio de 1995; A. E. Emanuel, *"The Buchholz-Goodhue  
 20 Apparent Power definition: The practical approach for non-  
 sinusoidal and unbalanced systems"*, IEEE Trans on Power  
 Delivery, vol. 13, n.º 2, abril de 1998). Una expresión  
 bastante utilizada de la potencia de desequilibrio ( $S_u$ ) es  
 la siguiente, incluida en el borrador de la norma IEEE  
 25 1459-2010, de la Sociedad de Ingenieros Eléctricos y  
 Electrónicos de Estados Unidos de América, en función de la  
 potencia aparente a la frecuencia fundamental ( $S_1$ ) y la  
 potencia aparente de secuencia positiva ( $S_+$ ):

$$S_u = \sqrt{S_1^2 - S_+^2}$$

30 siendo las expresiones de estas potencias aparentes:

$$S_1 = 3\sqrt{(V_+^2 + V_-^2 + V_o^2) \cdot (I_+^2 + I_-^2 + I_o^2)}$$

$$S_+ = 3V_+ I_+$$

en donde los subíndices +, - y 0 se refieren, respectivamente, a las componentes de secuencias positiva (directa), negativa (inversa) y cero (homopolar) de las tensiones y corrientes de las fases del sistema.

5 La preferencia por las expresiones anteriores de las potencias aparentes se encuentra en que están más relacionadas con los fenómenos físicos presentes en los sistemas eléctricos, en que las tensiones y corrientes en ellas verifican las leyes de Kirchhoff y en que la primera  
10 de las potencias aparentes proporciona los mismos resultados que la potencia aparente de Buchholz (1922). Por ello, se entiende que los efectos de los desequilibrios, medidos por la potencia  $S_u$ , obtenida de esta manera, son más próximos a la realidad del fenómeno que aquellos que se  
15 deducen del empleo de otras expresiones de la potencia aparente, con más significado matemático.

Sin embargo, el empleo de la potencia  $S_u$  para la medida de los efectos de los desequilibrios en los sistemas eléctricos es muy limitado, puesto que esta magnitud no es  
20 conservativa y, por tanto, la potencia de desequilibrio total de una instalación o red eléctrica no se obtiene como la suma de las potencias de desequilibrio de cada uno de sus receptores. Asimismo,  $S_u$  no proporciona información acerca de si el desequilibrio es debido a cargas resistivas  
25 o reactivas, o en qué fase o fases los desequilibrios tienen mayor entidad.

Para evitar este inconveniente de  $S_u$ , la patente ES 2 316 280 B1, de los presentes inventores, da a conocer un procedimiento y sistema de medida del denominado "fasor  
30 potencia de desequilibrio" ( $\bar{A}_u$ ), término empleado por primera vez en dicha patente. El módulo del fasor potencia de desequilibrio coincide con el valor de  $S_u$  cuando las tensiones del sistema están equilibradas. El fasor potencia

de desequilibrio es útil para medir los efectos de los desequilibrios de las cargas y evita algunos de los problemas de la potencia de desequilibrio  $S_u$ . El fasor potencia de desequilibrio se expresa, en función de las potencias activas y reactivas ( $P_z$ ,  $\overline{Q}_z$ ) de cada fase del sistema ( $z = 1, 2, 3$ ), como sigue:

$$\overline{A}_u = \sqrt{2} \cdot \left( \left| P_1^b + a^2 P_2^b + a P_3^b \right| \cdot \overline{p} + \left| \overline{Q}_1^b + a^2 \overline{Q}_2^b + a \overline{Q}_3^b \right| \cdot \overline{q} \right)$$

en donde  $a = 1 \angle 120^\circ$ ;  $\overline{p}, \overline{q}$  son los ejes coordenados ortogonales que definen el plano en donde se representa el fasor potencia de desequilibrio y el superíndice  $b$  denota que dichas potencias son las correspondientes a tensiones equilibradas.

Por tanto, el fasor potencia de desequilibrio presenta ventajas frente a  $S_u$ . Sin embargo, no mide los efectos causados por los desequilibrios de las tensiones; por ello, su empleo está limitado al análisis de los desequilibrios producidos por las cargas eléctricas cuando las tensiones de alimentación están perfectamente equilibradas o tienen desequilibrios muy pequeños.

Los desequilibrios de las tensiones en los sistemas eléctricos intervienen, desde el punto de vista energético, de dos maneras: por un lado, perturban a los flujos de potencia originados por los desequilibrios de cargas y, por otro lado, dan lugar a un flujo de potencia propio del desequilibrio de tensiones, que se define en una dimensión diferente al plano del desequilibrio de cargas. Es decir, la medida completa de los efectos energéticos de los desequilibrios en los sistemas eléctricos requiere de una magnitud vectorial, representada en un espacio de tres dimensiones ( $\overline{p}, \overline{q}, \overline{z}$ ).

Por tanto, sigue existiendo en la técnica la necesidad de un método y sistema que permitan medir desequilibrios en

una red eléctrica debidos tanto a efectos de desequilibrios de cargas como a efectos de desequilibrios de tensiones.

### Sumario de la invención

5 Según un primer aspecto, la presente invención da a conocer un método de medida de desequilibrios en una red eléctrica que comprende las etapas de:

- i) obtener valores eficaces ( $V_{A1}$ ,  $V_{B1}$ ,  $V_{C1}$ ) y argumentos ( $\alpha_{A1}$ ,  $\alpha_{B1}$ ,  $\alpha_{C1}$ ) de las tensiones de las fases a la frecuencia fundamental, así como los valores eficaces ( $I_{A1}$ ,  $I_{B1}$ ,  $I_{C1}$ ) y los argumentos ( $\beta_{A1}$ ,  $\beta_{B1}$ ,  $\beta_{C1}$ ) de las corrientes de las fases a la frecuencia fundamental de la red eléctrica;
- 10 ii) calcular el valor eficaz ( $V_+ = V_{A1+}$ ) y el argumento ( $\alpha_+ = \alpha_{A1+}$ ) de las tensiones de secuencia positiva y los valores eficaces de las tensiones de secuencia negativa ( $V_- = V_{A1-}$ ) y cero ( $V_0 = V_{A10}$ );
- 15 iii) determinar, a partir de los valores de las tensiones y corrientes a la frecuencia fundamental, las potencias activas ( $P_{A1}$ ,  $P_{B1}$ ,  $P_{C1}$ ) y reactivas ( $\bar{Q}_{A1}$ ,  $\bar{Q}_{B1}$ ,  $\bar{Q}_{C1}$ ) de cada una de las fases a la frecuencia fundamental; y
- 20 iv) calcular el valor del vector potencia de desequilibrio ( $\bar{S}_u$ ) según la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} \bar{S}_u = & V_+ \sqrt{2 + 2\delta_u^2 + 2\delta_A^2} \cdot \left( \left[ \frac{P_{A1}}{V_{A1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{A1}) + j \frac{\bar{Q}_{A1}}{V_{A1}} \sin(\alpha_+ - \alpha_{A1}) + a^2 \frac{P_{B1}}{V_{B1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{B1}) + \right. \right. \\ & \left. \left. + j a^2 \frac{\bar{Q}_{B1}}{V_{B1}} \sin(\alpha_+ - \alpha_{B1}) + a \frac{P_{C1}}{V_{C1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{C1}) + j a \frac{\bar{Q}_{C1}}{V_{C1}} \sin(\alpha_+ - \alpha_{C1}) \right] \cdot \bar{p} \right) + \\ & + V_+ \sqrt{2 + 2\delta_u^2 + 2\delta_A^2} \cdot \left( \left[ j \frac{P_{A1}}{V_{A1}} \sin(\alpha_+ - \alpha_{A1}) + \frac{\bar{Q}_{A1}}{V_{A1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{A1}) + j a^2 \frac{P_{B1}}{V_{B1}} \sin(\alpha_+ - \alpha_{B1}) + \right. \right. \\ & \left. \left. + a^2 \frac{\bar{Q}_{B1}}{V_{B1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{B1}) + j a \frac{P_{C1}}{V_{C1}} \sin(\alpha_+ - \alpha_{C1}) + a \frac{\bar{Q}_{C1}}{V_{C1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{C1}) \right] \cdot \bar{q} \right) + \\ & + V_+ \sqrt{\delta_u^2 + \delta_A^2} \cdot \left| \sum_{x=A,B,C} \left( \frac{P_{x1}}{V_{x1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{x1}) + j \frac{\bar{Q}_{x1}}{V_{x1}} \sin(\alpha_+ - \alpha_{x1}) + j \frac{P_{x1}}{V_{x1}} \sin(\alpha_+ - \alpha_{x1}) + \frac{\bar{Q}_{x1}}{V_{x1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{x1}) \right) \right| \cdot \bar{z} \end{aligned}$$

25

en donde

$$a = 1 \angle 120^\circ ;$$

$j$  es la unidad imaginaria;

5  $\delta_U = V_-/V_+$  y  $\delta_A = V_0/V_+$  son los grados de  
desequilibrio y de asimetría, respectivamente, de  
las tensiones de las fases; y

$\bar{p}, \bar{q}, \bar{z}$  son los vectores unitarios ortogonales que  
definen el espacio propio del vector potencia de  
desequilibrio.

10 Según un segundo aspecto, la presente invención  
también da a conocer un sistema de medida de desequilibrios  
en una red eléctrica, que comprende:

- un módulo de análisis, configurado para obtener  
valores eficaces ( $V_{A1}, V_{B1}, V_{C1}$ ) y argumentos ( $\alpha_{A1}, \alpha_{B1},$   
15  $\alpha_{C1}$ ) de las tensiones de las fases a la frecuencia  
fundamental, así como los valores eficaces ( $I_{A1},$   
 $I_{B1}, I_{C1}$ ) y los argumentos ( $\beta_{A1}, \beta_{B1}, \beta_{C1}$ ) de las  
corrientes de las fases a la frecuencia fundamental  
de la red eléctrica;
- 20 - un módulo de simétricas, configurado para obtener  
el valor eficaz ( $V_+ = V_{A1+}$ ) y el argumento ( $\alpha_+ = \alpha_{A1+}$ )  
de las tensiones de secuencia positiva y los  
valores eficaces de las tensiones de secuencia  
negativa ( $V_- = V_{A1-}$ ) y cero ( $V_0 = V_{A10}$ );
- 25 - un módulo de potencias activas y reactivas,  
configurado para obtener las potencias activas ( $P_{A1},$   
 $P_{B1}, P_{C1}$ ) y reactivas ( $\bar{Q}_{A1}, \bar{Q}_{B1}, \bar{Q}_{C1}$ ) de cada una de las  
fases a la frecuencia fundamental;
- un módulo vector potencia de desequilibrio,  
30 configurado para calcular el valor del vector  
potencia de desequilibrio ( $\bar{S}_u$ ) según la siguiente

ecuación:

$$\begin{aligned} \bar{S}_u = & V_+ \sqrt{2 + 2\delta_u^2 + 2\delta_A^2} \cdot \left( \left[ \frac{P_{A1}}{V_{A1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{A1}) + j \frac{\bar{Q}_{A1}}{V_{A1}} \operatorname{sen}(\alpha_+ - \alpha_{A1}) + a^2 \frac{P_{B1}}{V_{B1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{B1}) + \right. \right. \\ & \left. \left. + j a^2 \frac{\bar{Q}_{B1}}{V_{B1}} \operatorname{sen}(\alpha_+ - \alpha_{B1}) + a \frac{P_{C1}}{V_{C1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{C1}) + j a \frac{\bar{Q}_{C1}}{V_{C1}} \operatorname{sen}(\alpha_+ - \alpha_{C1}) \right] \cdot \bar{p} \right) + \\ & + V_+ \sqrt{2 + 2\delta_u^2 + 2\delta_A^2} \cdot \left( \left[ j \frac{P_{A1}}{V_{A1}} \operatorname{sen}(\alpha_+ - \alpha_{A1}) + \frac{\bar{Q}_{A1}}{V_{A1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{A1}) + j a^2 \frac{P_{B1}}{V_{B1}} \operatorname{sen}(\alpha_+ - \alpha_{B1}) + \right. \right. \\ & \left. \left. + a^2 \frac{\bar{Q}_{B1}}{V_{B1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{B1}) + j a \frac{P_{C1}}{V_{C1}} \operatorname{sen}(\alpha_+ - \alpha_{C1}) + a \frac{\bar{Q}_{C1}}{V_{C1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{C1}) \right] \cdot \bar{q} \right) + \\ & + V_+ \sqrt{\delta_u^2 + \delta_A^2} \cdot \left| \sum_{x=A,B,C} \left( \frac{P_{x1}}{V_{x1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{x1}) + j \frac{\bar{Q}_{x1}}{V_{x1}} \operatorname{sen}(\alpha_+ - \alpha_{x1}) + j \frac{P_{x1}}{V_{x1}} \operatorname{sen}(\alpha_+ - \alpha_{x1}) + \frac{\bar{Q}_{x1}}{V_{x1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{x1}) \right) \right| \cdot \bar{z} \end{aligned}$$

en donde

$$a = 1 \angle 120^\circ ;$$

5        j es la unidad imaginaria;

$\delta_u = V_-/V_+$  y  $\delta_A = V_0/V_+$  son los grados de desequilibrio y de asimetría, respectivamente, de las tensiones de las fases; y

10         $\bar{p}, \bar{q}, \bar{z}$  son los vectores unitarios ortogonales que definen el espacio propio del vector potencia de desequilibrio; y

- un módulo de información, configurado para proporcionar información sobre el valor calculado del vector potencia de desequilibrio.

15        Por tanto, la presente invención proporciona un método y sistema de medida de desequilibrios en una red eléctrica, basados en el cálculo de una nueva magnitud denominada "vector potencia de desequilibrio" tal como se definirá a continuación en el presente documento. El vector potencia  
20        de desequilibrio proporciona información sobre los desequilibrios producidos en una red eléctrica, debidos tanto a efectos de desequilibrios de cargas como de tensiones, más precisa que lo disponible hasta ahora en el estado de la técnica.

25        Gracias a la información proporcionada mediante el vector potencia de desequilibrio, el método y sistema de la

presente invención encontrarán utilidad en una gran variedad de aplicaciones específicas, tales como por ejemplo instrumentos de medida, instrumentos de protección, equipos de regulación de máquinas, filtros activos, mantenimiento de máquinas eléctricas, etc.

#### Breve descripción de las figuras

La presente invención se entenderá mejor con referencia a los siguientes dibujos que ilustran realizaciones preferidas de la invención, proporcionadas a modo de ejemplo, y que no deben interpretarse como limitativas de la invención de ninguna manera.

La figura 1 es un diagrama que representa gráficamente el vector potencia de desequilibrio y sus componentes en el espacio definido por los ejes de coordenadas  $(\bar{p}, \bar{q}, \bar{z})$ .

La figura 2 es un diagrama de bloques que representa el vector potencia de desequilibrio y la relación con sus diferentes componentes.

La figura 3 es un diagrama de bloques que muestra la secuencia operacional de un método según la realización preferida de la presente invención.

La figura 4 muestra esquemáticamente un sistema de medida según la realización preferida de la presente invención.

La figura 5 muestra esquemáticamente un circuito eléctrico a modo de ejemplo en el que se aplica el sistema de medida según la realización preferida de la presente invención.

#### Descripción detallada de las realizaciones preferidas

El método y sistema de medida dados a conocer en la presente invención se basan en el cálculo de una magnitud denominada en el presente documento "vector potencia de

desequilibrio" ( $\bar{S}_u$ ). Se trata de una magnitud vectorial, es decir, está definida en un espacio tridimensional y tiene módulo, dirección y sentido. El módulo siempre es igual al valor de la potencia de desequilibrio  $S_u$ , tanto en sistemas  
 5 con tensiones equilibradas como con tensiones desequilibradas.

En las figuras 1 y 2 se presentan una representación gráfica y una en diagrama de bloques, respectivamente, del vector potencia de desequilibrio y las relaciones con sus  
 10 diversas componentes.

Desde el punto de vista de su utilidad práctica, se distinguen, en primera instancia, dos componentes principales del vector potencia de desequilibrio:  $\bar{S}_{ui}$  y  $\bar{S}_{uv}$ . La primera componente,  $\bar{S}_{ui}$ , mide los efectos exclusivos de  
 15 los desequilibrios de las cargas ( $\bar{S}_{ui}^b$ ) conjuntamente con los efectos que sobre ellos originan los desequilibrios de tensiones ( $\bar{S}_{uiv}$ ); esta componente del vector potencia de desequilibrio está representada en el plano definido por los ejes de coordenadas  $\bar{p}, \bar{q}$ . Por tanto, el plano ( $\bar{p}, \bar{q}$ )  
 20 constituye el dominio conjunto de los desequilibrios de cargas y tensiones. La segunda componente,  $\bar{S}_{uv}$ , del vector potencia de desequilibrio determina el efecto exclusivo de los desequilibrios de tensiones y se representa sobre un eje  $\bar{z}$  (dominio de los desequilibrios de tensiones),  
 25 ortogonal al plano ( $\bar{p}, \bar{q}$ ).

Debe apreciarse que la componente  $\bar{S}_{ui}^b$  coincide con el fasor potencia de desequilibrio ( $\bar{A}_u$ ) de la técnica anterior, magnitud que mide los efectos exclusivos de los desequilibrios de las cargas, dado que el superíndice b  
 30 indica que las tensiones están equilibradas y por tanto no hay efecto de desequilibrio de tensiones.

Por último, el vector  $\bar{S}_{uvT}$ , suma vectorial de  $\bar{S}_{uiv}$  y  $\bar{S}_{uv}$ , define el efecto total de los desequilibrios de tensiones en la red eléctrica que esté estudiándose.

El vector potencia de desequilibrio y sus componentes  
 5 permiten obtener factores de calidad, que ofrecen información acerca de los efectos de los desequilibrios en las redes eléctricas, valorando el desequilibrio exclusivo de las cargas o el desequilibrio exclusivo de las tensiones en relación con el desequilibrio total del sistema, así  
 10 como la importancia relativa de los desequilibrios de las cargas resistivas y reactivas, entre otros.

Asimismo, la potencia de desequilibrio total en un sistema o red eléctrica puede obtenerse como el módulo del vector resultante de la suma vectorial de los vectores  
 15 potencia de desequilibrio de cada una de sus partes integrantes.

Haciendo ahora referencia a la figura 3, se muestra un diagrama de bloques que representa un método según la realización preferida de la presente invención, que  
 20 comprende las etapas de:

- Etapa (1): Realizar un procesado digital de señales muestreadas, obtenidas mediante un sistema físico de medida y adquisición de señales eléctricas, obteniéndose así las matrices de valores eficaces ( $V_{A1}$ ,  $V_{B1}$ ,  $V_{C1}$ ) y argumentos  
 25 ( $\alpha_{A1}$ ,  $\alpha_{B1}$ ,  $\alpha_{C1}$ ) de la tensión a la frecuencia fundamental para cada fase, así como las matrices de valores eficaces ( $I_{A1}$ ,  $I_{B1}$ ,  $I_{C1}$ ) y argumentos ( $\beta_{A1}$ ,  $\beta_{B1}$ ,  $\beta_{C1}$ ) de la corriente a la frecuencia fundamental para cada fase.

- Etapa (2): A partir de las matrices obtenidas en la  
 30 etapa (1), se obtienen las componentes simétricas, es decir, el valor eficaz ( $V_+ = V_{A1+}$ ) y el argumento ( $\alpha_+ = \alpha_{A1+}$ ) de las tensiones de secuencia positiva y los valores

eficaces de las tensiones de secuencia negativa ( $V_- = V_{A1-}$ ) y cero ( $V_0 = V_{A10}$ ).

- Etapa (3): En paralelo a la etapa (2), a partir de las matrices obtenidas en la etapa (1), se obtienen las potencias activas ( $P_{A1}$ ,  $P_{B1}$ ,  $P_{C1}$ ) y reactivas ( $\bar{Q}_{A1}$ ,  $\bar{Q}_{B1}$ ,  $\bar{Q}_{C1}$ ) como las partes reales (Re) e imaginarias (Im), respectivamente, de las potencias complejas de cada fase:

$$\begin{aligned} P_{A1} &= \text{Re}[\bar{V}_{A1} \cdot \bar{I}_{A1}^*] & \bar{Q}_{A1} &= \text{Im}[\bar{V}_{A1} \cdot \bar{I}_{A1}^*] \\ P_{B1} &= \text{Re}[\bar{V}_{B1} \cdot \bar{I}_{B1}^*] & \bar{Q}_{B1} &= \text{Im}[\bar{V}_{B1} \cdot \bar{I}_{B1}^*] \\ P_{C1} &= \text{Re}[\bar{V}_{C1} \cdot \bar{I}_{C1}^*] & \bar{Q}_{C1} &= \text{Im}[\bar{V}_{C1} \cdot \bar{I}_{C1}^*] \end{aligned}$$

- Etapa (4): A partir de las potencias activas y reactivas obtenidas en la etapa (3) así como de las componentes simétricas obtenidas en la etapa (2), se obtiene el vector potencia de desequilibrio ( $\bar{S}_u$ ), y sus diversas componentes ( $\bar{S}_{ui}$ ,  $\bar{S}_{uv}$ ), según las siguientes expresiones:

$$\begin{aligned} \bar{S}_u &= V_+ \sqrt{2+2\delta_u^2+2\delta_A^2} \cdot \left( \left[ \frac{P_{A1}}{V_{A1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{A1}) + j \frac{\bar{Q}_{A1}}{V_{A1}} \text{sen}(\alpha_+ - \alpha_{A1}) + a^2 \frac{P_{B1}}{V_{B1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{B1}) + \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + j a^2 \frac{\bar{Q}_{B1}}{V_{B1}} \text{sen}(\alpha_+ - \alpha_{B1}) + a \frac{P_{C1}}{V_{C1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{C1}) + j a \frac{\bar{Q}_{C1}}{V_{C1}} \text{sen}(\alpha_+ - \alpha_{C1}) \right] \cdot \bar{p} \right) + \\ &\quad + V_+ \sqrt{2+2\delta_u^2+2\delta_A^2} \cdot \left( \left[ j \frac{P_{A1}}{V_{A1}} \text{sen}(\alpha_+ - \alpha_{A1}) + \frac{\bar{Q}_{A1}}{V_{A1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{A1}) + j a^2 \frac{P_{B1}}{V_{B1}} \text{sen}(\alpha_+ - \alpha_{B1}) + \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + a^2 \frac{\bar{Q}_{B1}}{V_{B1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{B1}) + j a \frac{P_{C1}}{V_{C1}} \text{sen}(\alpha_+ - \alpha_{C1}) + a \frac{\bar{Q}_{C1}}{V_{C1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{C1}) \right] \cdot \bar{q} \right) + \\ &\quad + V_+ \sqrt{\delta_u^2 + \delta_A^2} \cdot \left| \sum_{x=A,B,C} \left( \frac{P_{x1}}{V_{x1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{x1}) + j \frac{\bar{Q}_{x1}}{V_{x1}} \text{sen}(\alpha_+ - \alpha_{x1}) + j \frac{P_{x1}}{V_{x1}} \text{sen}(\alpha_+ - \alpha_{x1}) + \frac{\bar{Q}_{x1}}{V_{x1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{x1}) \right) \right| \cdot \bar{z} \end{aligned}$$

15

$$\begin{aligned} \bar{S}_{ui} = & V_+ \sqrt{2 + 2\delta_u^2 + 2\delta_A^2} \cdot \left( \left[ \frac{P_{A1}}{V_{A1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{A1}) + j \frac{\bar{Q}_{A1}}{V_{A1}} \sin(\alpha_+ - \alpha_{A1}) + a^2 \frac{P_{B1}}{V_{B1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{B1}) + \right. \right. \\ & \left. \left. + j a^2 \frac{\bar{Q}_{B1}}{V_{B1}} \sin(\alpha_+ - \alpha_{B1}) + a \frac{P_{C1}}{V_{C1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{C1}) + j a \frac{\bar{Q}_{C1}}{V_{C1}} \sin(\alpha_+ - \alpha_{C1}) \right] \cdot \bar{p} \right) + \\ & + V_+ \sqrt{2 + 2\delta_u^2 + 2\delta_A^2} \cdot \left( \left[ j \frac{P_{A1}}{V_{A1}} \sin(\alpha_+ - \alpha_{A1}) + \frac{\bar{Q}_{A1}}{V_{A1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{A1}) + j a^2 \frac{P_{B1}}{V_{B1}} \sin(\alpha_+ - \alpha_{B1}) + \right. \right. \\ & \left. \left. + a^2 \frac{\bar{Q}_{B1}}{V_{B1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{B1}) + j a \frac{P_{C1}}{V_{C1}} \sin(\alpha_+ - \alpha_{C1}) + a \frac{\bar{Q}_{C1}}{V_{C1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{C1}) \right] \cdot \bar{q} \right) \\ \bar{S}_{uv} = & V_+ \sqrt{\delta_u^2 + \delta_A^2} \cdot \left| \sum_{x=A,B,C} \left( \frac{P_{x1}}{V_{x1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{x1}) + j \frac{\bar{Q}_{x1}}{V_{x1}} \sin(\alpha_+ - \alpha_{x1}) + j \frac{P_{x1}}{V_{x1}} \sin(\alpha_+ - \alpha_{x1}) + \frac{\bar{Q}_{x1}}{V_{x1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{x1}) \right) \right| \cdot \bar{z} \end{aligned}$$

- Etapa (5): Por último, se presenta visualmente en un  
5 dispositivo de visualización adecuado la información gráfica y numérica del vector potencia de desequilibrio, así como valores de las magnitudes físicas utilizadas durante el procedimiento si se desea.

Según la realización preferida de la presente  
10 invención, en la etapa (1) las señales eléctricas adquiridas mediante el sistema físico de medida son los valores instantáneos de tensión ( $v_A$ ,  $v_B$ ,  $v_C$ ) e intensidad ( $i_A$ ,  $i_B$ ,  $i_C$ ) de las fases (A, B, C) en el punto de la red eléctrica en el que se está realizando la medida. El  
15 procesado digital consiste por su parte en separar sus componentes a la frecuencia fundamental ( $v_{A1}$ ,  $v_{B1}$ ,  $v_{C1}$ ), ( $i_{A1}$ ,  $i_{B1}$ ,  $i_{C1}$ ).

Según una realización preferida adicional de la presente invención, el método comprende, además o en lugar  
20 de la etapa (5) de visualización anteriormente descrita, una etapa de emisión de una alarma cuando el valor calculado de al menos uno del vector potencia de desequilibrio ( $\bar{S}_u$ ), su componente  $\bar{S}_{ui}$  y su componente  $\bar{S}_{uv}$  supera un umbral determinado. La alarma puede ser de

cualquier tipo adecuado en una aplicación concreta, por ejemplo una alarma visual y/o acústica. De este modo, el método alerta a un operador de que se está produciendo un desequilibrio de tensiones y/o cargas que puede tener  
 5 efectos graves sobre la red eléctrica en cuestión de modo que el operador puede tomar las medidas apropiadas (por ejemplo cortar el suministro de energía a esa parte de la red eléctrica) para proteger el circuito y los aparatos conectados al mismo.

10 Haciendo ahora referencia a la figura 4 adjunta, se muestra un ejemplo de sistema de medida según una realización preferida de la presente invención. El sistema comprende unos sensores de medida (8) de tensión e intensidad para medir valores instantáneos de tensión e  
 15 intensidad; un acondicionador de señal (9) para adaptar la corriente del secundario de cada sensor de medida (8) a la tensión aplicable a unas entradas analógicas de una tarjeta de adquisición (10); dicha tarjeta de adquisición (10) que convierte las señales analógicas de tensión e intensidad en  
 20 una serie de muestras discretas que se utilizan como entrada en un módulo de adquisición (13); 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 e  
 25 intensidad con el módulo de adquisición (13); y una pantalla táctil (12) que actúa como dispositivo de visualización, conectado a un módulo de visualización (18), para presentar visualmente al menos un valor calculado por el sistema de medida: por ejemplo tensiones, intensidades,  
 30 potencias activas y reactivas, componentes simétricas, vector potencia de desequilibrio y sus componentes, en módulo y argumento, además de su representación gráfica.

Por otro lado, el sistema de medida según la

realización preferida de la presente invención también comprende los siguientes módulos:

- un módulo de adquisición (13), configurado para adquirir los valores instantáneos de tensión ( $v_A, v_B, v_C$ ) e intensidad ( $i_A, i_B, i_C$ ) de las fases (A, B, C) en un punto de la red eléctrica y separar sus componentes a la frecuencia fundamental ( $v_{A1}, v_{B1}, v_{C1}$ ), ( $i_{A1}, i_{B1}, i_{C1}$ );
- un módulo de análisis (14) que obtiene valores eficaces ( $V_{A1}, V_{B1}, V_{C1}$ ) y argumentos ( $\alpha_{A1}, \alpha_{B1}, \alpha_{C1}$ ) de las tensiones de las fases a la frecuencia fundamental, así como los valores eficaces ( $I_{A1}, I_{B1}, I_{C1}$ ) y los argumentos ( $\beta_{A1}, \beta_{B1}, \beta_{C1}$ ) de las corrientes de las fases a la frecuencia fundamental de la red eléctrica, a partir de las muestras adquiridas en el módulo anterior;
- un módulo de simétricas (15) que obtiene el valor eficaz ( $V_+ = V_{A1+}$ ) y el argumento ( $\alpha_+ = \alpha_{A1+}$ ) de las tensiones de secuencia positiva y los valores eficaces de las tensiones de secuencia negativa ( $V_- = V_{A1-}$ ) y cero ( $V_0 = V_{A10}$ ), a partir de los resultados del módulo anterior;
- un módulo de potencias activas y reactivas (16) encargado de obtener las potencias activas ( $P_{A1}, P_{B1}, P_{C1}$ ) y reactivas ( $\overline{Q}_{A1}, \overline{Q}_{B1}, \overline{Q}_{C1}$ ) de cada una de las fases a la frecuencia fundamental para cada tipo de topología de la instalación eléctrica;
- un módulo de vector potencia de desequilibrio (17) encargado de obtener el valor del vector potencia de desequilibrio ( $\overline{S}_u$ ) y sus componentes, según las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned}
 \bar{S}_u = & V_+ \sqrt{2 + 2\delta_u^2 + 2\delta_A^2} \cdot \left( \left| \begin{aligned} & \frac{P_{A1}}{V_{A1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{A1}) + j \frac{\bar{Q}_{A1}}{V_{A1}} \text{sen}(\alpha_+ - \alpha_{A1}) + a^2 \frac{P_{B1}}{V_{B1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{B1}) + \\ & + j a^2 \frac{\bar{Q}_{B1}}{V_{B1}} \text{sen}(\alpha_+ - \alpha_{B1}) + a \frac{P_{C1}}{V_{C1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{C1}) + j a \frac{\bar{Q}_{C1}}{V_{C1}} \text{sen}(\alpha_+ - \alpha_{C1}) \end{aligned} \right| \cdot \bar{p} \right) + \\
 & + V_+ \sqrt{2 + 2\delta_u^2 + 2\delta_A^2} \cdot \left( \left| \begin{aligned} & j \frac{P_{A1}}{V_{A1}} \text{sen}(\alpha_+ - \alpha_{A1}) + \frac{\bar{Q}_{A1}}{V_{A1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{A1}) + j a^2 \frac{P_{B1}}{V_{B1}} \text{sen}(\alpha_+ - \alpha_{B1}) + \\ & + a^2 \frac{\bar{Q}_{B1}}{V_{B1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{B1}) + j a \frac{P_{C1}}{V_{C1}} \text{sen}(\alpha_+ - \alpha_{C1}) + a \frac{\bar{Q}_{C1}}{V_{C1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{C1}) \end{aligned} \right| \cdot \bar{q} \right) + \\
 & + V_+ \sqrt{\delta_u^2 + \delta_A^2} \cdot \left| \sum_{x=A,B,C} \left( \frac{P_{x1}}{V_{x1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{x1}) + j \frac{\bar{Q}_{x1}}{V_{x1}} \text{sen}(\alpha_+ - \alpha_{x1}) + j \frac{P_{x1}}{V_{x1}} \text{sen}(\alpha_+ - \alpha_{x1}) + \frac{\bar{Q}_{x1}}{V_{x1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{x1}) \right) \right| \cdot \bar{z} \\
 \bar{S}_{ui} = & V_+ \sqrt{2 + 2\delta_u^2 + 2\delta_A^2} \cdot \left( \left| \begin{aligned} & \frac{P_{A1}}{V_{A1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{A1}) + j \frac{\bar{Q}_{A1}}{V_{A1}} \text{sen}(\alpha_+ - \alpha_{A1}) + a^2 \frac{P_{B1}}{V_{B1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{B1}) + \\ & + j a^2 \frac{\bar{Q}_{B1}}{V_{B1}} \text{sen}(\alpha_+ - \alpha_{B1}) + a \frac{P_{C1}}{V_{C1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{C1}) + j a \frac{\bar{Q}_{C1}}{V_{C1}} \text{sen}(\alpha_+ - \alpha_{C1}) \end{aligned} \right| \cdot \bar{p} \right) + \\
 & + V_+ \sqrt{2 + 2\delta_u^2 + 2\delta_A^2} \cdot \left( \left| \begin{aligned} & j \frac{P_{A1}}{V_{A1}} \text{sen}(\alpha_+ - \alpha_{A1}) + \frac{\bar{Q}_{A1}}{V_{A1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{A1}) + j a^2 \frac{P_{B1}}{V_{B1}} \text{sen}(\alpha_+ - \alpha_{B1}) + \\ & + a^2 \frac{\bar{Q}_{B1}}{V_{B1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{B1}) + j a \frac{P_{C1}}{V_{C1}} \text{sen}(\alpha_+ - \alpha_{C1}) + a \frac{\bar{Q}_{C1}}{V_{C1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{C1}) \end{aligned} \right| \cdot \bar{q} \right) \\
 \bar{S}_{uv} = & V_+ \sqrt{\delta_u^2 + \delta_A^2} \cdot \left| \sum_{x=A,B,C} \left( \frac{P_{x1}}{V_{x1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{x1}) + j \frac{\bar{Q}_{x1}}{V_{x1}} \text{sen}(\alpha_+ - \alpha_{x1}) + j \frac{P_{x1}}{V_{x1}} \text{sen}(\alpha_+ - \alpha_{x1}) + \frac{\bar{Q}_{x1}}{V_{x1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{x1}) \right) \right| \cdot \bar{z}
 \end{aligned}$$

5            - un módulo de visualización (18), encargado de representar visualmente en pantalla al menos el valor calculado del vector potencia de desequilibrio, así como opcionalmente su representación gráfica y los valores de otras magnitudes físicas, tales como: valores eficaces de

10 las tensiones e intensidades; potencias activas y reactivas para cada fase; componentes simétricas a frecuencia fundamental, etc.

Según una realización adicional de la presente invención, el sistema comprende, además o en lugar del

15 módulo de visualización (18), un módulo de alarma configurado para emitir una alarma cuando el valor calculado de al menos uno del vector potencia de desequilibrio ( $\bar{S}_u$ ), su componente  $\bar{S}_{ui}$  y su componente  $\bar{S}_{uv}$

supera un umbral determinado. Tal como se mencionó anteriormente, esto permite avisar a un operador de que se está produciendo un desequilibrio de tensiones y/o cargas que puede tener efectos graves sobre la red eléctrica con el fin de que el operador pueda tomar las medidas apropiadas para proteger el circuito y los aparatos conectados al mismo.

Un sistema de medida tal como el que acaba de describirse anteriormente en el presente documento puede encontrar utilidad práctica en una variedad de aplicaciones específicas, tales como por ejemplo, pero no de manera limitativa:

- Instrumentos de medida: El uso de un sistema de medida según la presente invención en un instrumento de medida permite determinar por separado la responsabilidad de usuarios y compañías eléctricas en las energías puestas en juego por los desequilibrios, así como medir con exactitud el valor de dichas energías.

- Instrumentos de protección: Los actuales relés de protección de receptores e instalaciones eléctricas frente a desequilibrios de las tensiones de excitación actúan atendiendo al valor del grado de desequilibrio de dichas tensiones (relación entre las componentes inversa y directa de las tensiones), sin tener en cuenta la magnitud de las energías que se manifiestan debido a dichos desequilibrios. El resultado es que cuando el grado de desequilibrio de las tensiones alcanza un determinado valor (por ejemplo, el 2% durante un minuto, para los motores eléctricos trifásicos), los actuales relés de protección abren el circuito, para proteger al receptor o a la instalación eléctrica, aún cuando las energías puestas en juego no sean peligrosas. De este modo, muchos receptores e instalaciones dejan de funcionar en numerosas ocasiones sin que sea estrictamente

necesario, con los consiguientes costes de parada y reposición.

Usando un sistema de medida según la presente invención en relés de protección es posible calcular la  
 5 energía debida al efecto exclusivo de los desequilibrios de tensiones y evaluar si se alcanzan valores peligrosos para los receptores e instalaciones eléctricas, de tal forma que la apertura del circuito y la consiguiente desconexión sólo tiene lugar cuando la energía de desequilibrio pueda dañar  
 10 a dichos receptores e instalaciones, evitándose de esta manera aperturas ineficaces de los circuitos, por intempestivas.

- Equipos de regulación de máquinas: El sistema de medida según la presente invención puede incorporarse a un  
 15 convertidor electrónico del tipo usado habitualmente tanto en diversas aplicaciones de regulación, por ejemplo la regulación de velocidad de motores eléctricos trifásicos, el control de funcionamiento de los DFIG de generadores eólicos, etc. En los parques eólicos, por ejemplo, los  
 20 huecos de tensión pueden provocar efectos energéticos muy indeseables, tales como la desconexión de los generadores, la cual está expresamente prohibida por las normativas vigentes. Las tecnologías aplicadas actualmente tratan de mantener en funcionamiento a los generadores eólicos  
 25 durante el hueco de tensión, suministrando energía activa y energía reactiva, sin tener en cuenta la energía de desequilibrio. Por tanto, cuando el hueco está muy desequilibrado (huecos de tensión monofásicos y bifásicos) estas tecnologías no sirven y el generador debe  
 30 desconectarse para evitar su destrucción.

El sistema dado a conocer en el presente documento permite medir con exactitud las energías correspondientes a los desequilibrios de tensiones, por separado de las

causadas por los desequilibrios de las cargas, proporcionando por tanto la información necesaria para actuar sobre el circuito de control del convertidor del DFIG, manteniendo así al generador en funcionamiento y  
5 minimizando las energías causadas por los desequilibrios.

- Filtros activos: Los filtros activos se usan en las redes eléctricas para compensar los efectos de los desequilibrios y de las distorsiones armónicas. Los filtros activos existentes en el mercado no distinguen entre los  
10 fenómenos de desequilibrio y los de distorsión, dado que no permiten medir adecuadamente los desequilibrios. En general, consideran que existe desequilibrio cuando los valores eficaces de las corrientes de línea tienen diferente valor en cada fase, aún cuando esta diferencia de  
15 valores se deba a los armónicos. El sistema de medida según la presente invención permite conocer con exactitud las causas de los desequilibrios y, por tanto, medir sus efectos (energías) para compensar eficazmente esos desequilibrios.

- Mantenimiento de máquinas eléctricas: Según otra realización de la presente invención, el sistema de medida dado a conocer en el presente documento se aplica al mantenimiento de máquinas eléctricas (transformadores y motores). De este modo es posible detectar si un mal  
25 funcionamiento de la máquina tiene su origen en una avería (deterioro de un devanado o de una barra, por ejemplo) o si, por el contrario, se produce debido a desequilibrios en las tensiones de suministro.

### 30 Ejemplo de aplicación

Para demostrar la eficacia del método y sistema según la presente invención y sus ventajas con respecto a la técnica anterior, se realizó un estudio comparativo entre

el vector potencia de desequilibrio ( $\bar{S}_u$ , presente invención) y el fasor potencia de desequilibrio ( $\bar{A}_u$ , técnica anterior). Se preparó el circuito eléctrico mostrado en la figura 5, en el que se instalaron tres  
5 lámparas de incandescencia de 100 W, 230 V, alimentándolas primero con tensiones equilibradas y después con tensiones desequilibradas. El desequilibrio de las tensiones de alimentación se logró mediante un autotransformador trifásico variable fase a fase.

10 A) Tensiones equilibradas:

Se ajustaron las tres tensiones de salida (secundario) del autotransformador a 115,4 V y se registraron en un instrumento de medida (vatímetro digital) la potencia activa (P), la potencia reactiva (Q), el fasor potencia de  
15 desequilibrio ( $A_u$ ) y el vector potencia de desequilibrio ( $S_u$ ). Los resultados se muestran en la tabla 1 a continuación.

A) Tensiones desequilibradas:

Se ajustaron las tensiones de salida (secundario) del  
20 autotransformador hasta que se alcanzaron los siguientes valores  $V_{an} = 100$  V,  $V_{bn} = 100$  V y  $V_{cn} = 173,2$  V (estas tensiones tienen una componente de secuencia directa de 115,4 V, el mismo valor que con las tensiones equilibradas en el caso anterior). Los resultados obtenidos se muestran  
25 en la tabla 1 a continuación.

Tabla 1: Resumen de potencias

|                           | P (W)  | Q (var) | $A_u$ (VA) | $S_u$ (VA) |
|---------------------------|--------|---------|------------|------------|
| Tensiones equilibradas    | 104,29 | 1,00    | 0,902      | 0,902      |
| Tensiones desequilibradas | 129,83 | 1,32    | 1,18       | 77,445     |

A partir de los resultados mostrados en la tabla 1 anterior, puede apreciarse que, cuando se aplicaron tensiones equilibradas a las lámparas, el fenómeno principal era el de la potencia activa ( $P$ ). La potencia reactiva ( $Q$ ) y las potencias de desequilibrio ( $A_u$ ,  $S_u$ ) eran despreciables. Además, se observa que el fasor ( $A_u$ ) y el vector ( $S_u$ ) de potencia de desequilibrio tenían los mismos valores, muy pequeños, aunque no llegan a ser nulos debido al pequeño desequilibrio de las lámparas producido por pequeñas diferencias entre las mismas.

También puede apreciarse que, cuando se usaron tensiones de alimentación desequilibradas, la potencia activa aumentó en 25,5 W (un 24,5%) con respecto a su valor con tensiones equilibradas, mientras que el fasor potencia de desequilibrio ( $A_u$ ) no detectó el cambio (su valor es prácticamente el mismo con tensiones equilibradas y desequilibradas). Sin embargo, el vector potencia de desequilibrio ( $S_u$ ) sí que detectó el efecto del desequilibrio de tensiones, ya que pasó de 0,902 VA a 77,445 VA. Este enorme incremento alerta del aumento en el consumo de potencia activa causado por el desequilibrio de las tensiones. Este efecto no había podido detectarse por el fasor potencia de desequilibrio ( $A_u$ ).

Por tanto, se demuestra la utilidad y las ventajas del método de la presente invención basado en el vector potencia de desequilibrio ( $S_u$ ) (magnitud introducida por la presente invención), con respecto a la técnica anterior basada en el fasor potencia de desequilibrio ( $A_u$ ).

Aunque se ha descrito anteriormente la presente invención con referencia a realizaciones específicas de la misma, el experto en la técnica entenderá que pueden realizarse modificaciones y variaciones sin por ello

apartarse del alcance de la presente invención. Por ejemplo, el experto en la técnica podrá idear aplicaciones adicionales a las mencionadas anteriormente en el presente documento en las que puede aplicarse el método y sistema de  
5 medida de desequilibrios eléctricos de la presente invención.

Por otro lado, aunque se han descrito realizaciones preferidas tanto del método como del sistema de medida de la presente invención en las que se calcula el valor tanto  
10 del vector potencia de desequilibrio ( $\bar{S}_u$ ) como de sus componentes ( $\bar{S}_{ui}, \bar{S}_{uv}$ ), debe entenderse que en otras realizaciones posibles de la presente invención tan sólo se calcula el vector potencia de desequilibrio ( $\bar{S}_u$ ).

**REIVINDICACIONES**

1. Método de medida de desequilibrios en una red eléctrica, que comprende las etapas de:
  - i) obtener valores eficaces ( $V_{A1}$ ,  $V_{B1}$ ,  $V_{C1}$ ) y argumentos ( $\alpha_{A1}$ ,  $\alpha_{B1}$ ,  $\alpha_{C1}$ ) de las tensiones de las fases a la frecuencia fundamental, así como los valores eficaces ( $I_{A1}$ ,  $I_{B1}$ ,  $I_{C1}$ ) y los argumentos ( $\beta_{A1}$ ,  $\beta_{B1}$ ,  $\beta_{C1}$ ) de las corrientes de las fases a la frecuencia fundamental de la red eléctrica;
  - 10 ii) calcular el valor eficaz ( $V_+ = V_{A1+}$ ) y el argumento ( $\alpha_+ = \alpha_{A1+}$ ) de las tensiones de secuencia positiva y los valores eficaces de las tensiones de secuencia negativa ( $V_- = V_{A1-}$ ) y cero ( $V_o = V_{A1o}$ );
  - 15 iii) determinar, a partir de los valores de las tensiones y corrientes a la frecuencia fundamental, las potencias activas ( $P_{A1}$ ,  $P_{B1}$ ,  $P_{C1}$ ) y reactivas ( $\bar{Q}_{A1}$ ,  $\bar{Q}_{B1}$ ,  $\bar{Q}_{C1}$ ) de cada una de las fases a la frecuencia fundamental; y
  - 20 iv) calcular el valor del vector potencia de desequilibrio ( $\bar{S}_u$ ) según la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} \bar{S}_u = & V_+ \sqrt{2+2\delta_u^2+2\delta_A^2} \cdot \left[ \frac{P_{A1}}{V_{A1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{A1}) + j \frac{\bar{Q}_{A1}}{V_{A1}} \sin(\alpha_+ - \alpha_{A1}) + a^2 \frac{P_{B1}}{V_{B1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{B1}) + \right. \\ & \left. + j a^2 \frac{\bar{Q}_{B1}}{V_{B1}} \sin(\alpha_+ - \alpha_{B1}) + a \frac{P_{C1}}{V_{C1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{C1}) + j a \frac{\bar{Q}_{C1}}{V_{C1}} \sin(\alpha_+ - \alpha_{C1}) \right] \cdot \bar{p} + \\ & + V_+ \sqrt{2+2\delta_u^2+2\delta_A^2} \cdot \left[ j \frac{P_{A1}}{V_{A1}} \sin(\alpha_+ - \alpha_{A1}) + \frac{\bar{Q}_{A1}}{V_{A1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{A1}) + j a^2 \frac{P_{B1}}{V_{B1}} \sin(\alpha_+ - \alpha_{B1}) + \right. \\ & \left. + a^2 \frac{\bar{Q}_{B1}}{V_{B1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{B1}) + j a \frac{P_{C1}}{V_{C1}} \sin(\alpha_+ - \alpha_{C1}) + a \frac{\bar{Q}_{C1}}{V_{C1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{C1}) \right] \cdot \bar{q} + \\ & + V_+ \sqrt{\delta_u^2 + \delta_A^2} \cdot \left[ \sum_{x=A,B,C} \left( \frac{P_{x1}}{V_{x1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{x1}) + j \frac{\bar{Q}_{x1}}{V_{x1}} \sin(\alpha_+ - \alpha_{x1}) + j \frac{P_{x1}}{V_{x1}} \sin(\alpha_+ - \alpha_{x1}) + \frac{\bar{Q}_{x1}}{V_{x1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{x1}) \right) \right] \cdot \bar{z} \end{aligned}$$

en donde

$$a = 1 \angle 120^\circ ;$$

j es la unidad imaginaria;

$\delta_U = V_-/V_+$  y  $\delta_A = V_0/V_+$  son los grados de desequilibrio y de asimetría, respectivamente, de las tensiones de las fases; y

$\bar{p}, \bar{q}, \bar{z}$  son los vectores unitarios ortogonales que definen el espacio propio del vector potencia de desequilibrio.

2. Método según la reivindicación 1, caracterizado por que comprende además una etapa inicial de adquirir los valores instantáneos de tensión ( $v_A, v_B, v_C$ ) e intensidad ( $i_A, i_B, i_C$ ) de las fases (A, B, C) en un punto de la red eléctrica y separar sus componentes a la frecuencia fundamental ( $v_{A1}, v_{B1}, v_{C1}$ ), ( $i_{A1}, i_{B1}, i_{C1}$ ), usándose dichos valores en la etapa i) de obtener los valores eficaces y argumentos de las tensiones y las corrientes de las fases a la frecuencia fundamental de la red eléctrica.
3. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que comprende además una etapa de calcular una componente ( $\bar{S}_{ui}$ ) del vector potencia de desequilibrio que determina los efectos conjuntos de los desequilibrios de tensiones y cargas, según la siguiente expresión:

$$\begin{aligned} \bar{S}_{ui} = & V_+ \sqrt{2 + 2\delta_u^2 + 2\delta_A^2} \cdot \left( \left[ \frac{P_{A1}}{V_{A1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{A1}) + j \frac{\bar{Q}_{A1}}{V_{A1}} \sin(\alpha_+ - \alpha_{A1}) + a^2 \frac{P_{B1}}{V_{B1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{B1}) + \right. \right. \\ & \left. \left. + j a^2 \frac{\bar{Q}_{B1}}{V_{B1}} \sin(\alpha_+ - \alpha_{B1}) + a \frac{P_{C1}}{V_{C1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{C1}) + j a \frac{\bar{Q}_{C1}}{V_{C1}} \sin(\alpha_+ - \alpha_{C1}) \right] \cdot \bar{p} \right) + \\ & + V_+ \sqrt{2 + 2\delta_u^2 + 2\delta_A^2} \cdot \left( \left[ j \frac{P_{A1}}{V_{A1}} \sin(\alpha_+ - \alpha_{A1}) + \frac{\bar{Q}_{A1}}{V_{A1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{A1}) + j a^2 \frac{P_{B1}}{V_{B1}} \sin(\alpha_+ - \alpha_{B1}) + \right. \right. \\ & \left. \left. + a^2 \frac{\bar{Q}_{B1}}{V_{B1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{B1}) + j a \frac{P_{C1}}{V_{C1}} \sin(\alpha_+ - \alpha_{C1}) + a \frac{\bar{Q}_{C1}}{V_{C1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{C1}) \right] \cdot \bar{q} \right) \end{aligned}$$

4. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que comprende además una

etapa de calcular una componente ( $\bar{S}_{uv}$ ) del vector potencia de desequilibrio que determina el efecto exclusivo de los desequilibrios de tensiones, según la siguiente ecuación:

$$\bar{S}_{uv} = V_+ \sqrt{\delta_u^2 + \delta_A^2} \cdot \left| \sum_{x=A,B,C} \left( \frac{P_{x1}}{V_{x1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{x1}) + j \frac{\bar{Q}_{x1}}{V_{x1}} \text{sen}(\alpha_+ - \alpha_{x1}) + j \frac{P_{x1}}{V_{x1}} \text{sen}(\alpha_+ - \alpha_{x1}) + \frac{\bar{Q}_{x1}}{V_{x1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{x1}) \right) \right| \cdot \bar{z}$$

5. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 y 2, caracterizado por que comprende además:
- una etapa de calcular una componente ( $\bar{S}_{ui}$ ) del vector potencia de desequilibrio que determina los efectos conjuntos de los desequilibrios de tensiones y cargas, según la siguiente expresión:

$$\begin{aligned} \bar{S}_{ui} = & V_+ \sqrt{2 + 2\delta_u^2 + 2\delta_A^2} \cdot \left( \left| \frac{P_{A1}}{V_{A1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{A1}) + j \frac{\bar{Q}_{A1}}{V_{A1}} \text{sen}(\alpha_+ - \alpha_{A1}) + a^2 \frac{P_{B1}}{V_{B1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{B1}) + \right. \right. \\ & \left. \left. + j a^2 \frac{\bar{Q}_{B1}}{V_{B1}} \text{sen}(\alpha_+ - \alpha_{B1}) + a \frac{P_{C1}}{V_{C1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{C1}) + j a \frac{\bar{Q}_{C1}}{V_{C1}} \text{sen}(\alpha_+ - \alpha_{C1}) \right| \cdot \bar{p} + \right. \\ & \left. + V_+ \sqrt{2 + 2\delta_u^2 + 2\delta_A^2} \cdot \left( \left| j \frac{P_{A1}}{V_{A1}} \text{sen}(\alpha_+ - \alpha_{A1}) + \frac{\bar{Q}_{A1}}{V_{A1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{A1}) + j a^2 \frac{P_{B1}}{V_{B1}} \text{sen}(\alpha_+ - \alpha_{B1}) + \right. \right. \\ & \left. \left. + a^2 \frac{\bar{Q}_{B1}}{V_{B1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{B1}) + j a \frac{P_{C1}}{V_{C1}} \text{sen}(\alpha_+ - \alpha_{C1}) + a \frac{\bar{Q}_{C1}}{V_{C1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{C1}) \right| \cdot \bar{q} \right) \end{aligned}$$

- 15 - una etapa de calcular una componente ( $\bar{S}_{uv}$ ) del vector potencia de desequilibrio que determina el efecto exclusivo de los desequilibrios de tensiones, según la siguiente ecuación:

$$\bar{S}_{uv} = V_+ \sqrt{\delta_u^2 + \delta_A^2} \cdot \left| \sum_{x=A,B,C} \left( \frac{P_{x1}}{V_{x1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{x1}) + j \frac{\bar{Q}_{x1}}{V_{x1}} \text{sen}(\alpha_+ - \alpha_{x1}) + j \frac{P_{x1}}{V_{x1}} \text{sen}(\alpha_+ - \alpha_{x1}) + \frac{\bar{Q}_{x1}}{V_{x1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{x1}) \right) \right| \cdot \bar{z}$$

6. Método según la reivindicación 5, caracterizado por que comprende además una etapa de presentar

visualmente el valor calculado de al menos uno del vector potencia de desequilibrio ( $\bar{S}_u$ ), su componente  $\bar{S}_{ui}$  y su componente  $\bar{S}_{uv}$ .

7. Método según cualquiera de las reivindicaciones 5 y 6, caracterizado por que comprende además una etapa de emitir una alarma cuando el valor calculado de al menos uno del vector potencia de desequilibrio ( $\bar{S}_u$ ), su componente  $\bar{S}_{ui}$  y su componente  $\bar{S}_{uv}$  supera un umbral determinado.

8. Sistema de medida de desequilibrios en una red eléctrica, que comprende:

- un módulo de análisis (14), configurado para obtener valores eficaces ( $V_{A1}$ ,  $V_{B1}$ ,  $V_{C1}$ ) y argumentos ( $\alpha_{A1}$ ,  $\alpha_{B1}$ ,  $\alpha_{C1}$ ) de las tensiones de las fases a la frecuencia fundamental, así como los valores eficaces ( $I_{A1}$ ,  $I_{B1}$ ,  $I_{C1}$ ) y los argumentos ( $\beta_{A1}$ ,  $\beta_{B1}$ ,  $\beta_{C1}$ ) de las corrientes de las fases a la frecuencia fundamental de la red eléctrica;
- un módulo de simétricas (15), configurado para obtener el valor eficaz ( $V_+ = V_{A1+}$ ) y el argumento ( $\alpha_+ = \alpha_{A1+}$ ) de las tensiones de secuencia positiva y los valores eficaces de las tensiones de secuencia negativa ( $V_- = V_{A1-}$ ) y cero ( $V_0 = V_{A10}$ );
- un módulo de potencias activas y reactivas (16), configurado para obtener las potencias activas ( $P_{A1}$ ,  $P_{B1}$ ,  $P_{C1}$ ) y reactivas ( $\bar{Q}_{A1}$ ,  $\bar{Q}_{B1}$ ,  $\bar{Q}_{C1}$ ) de cada una de las fases a la frecuencia fundamental;
- un módulo vector potencia de desequilibrio (17), configurado para calcular el valor del vector potencia de desequilibrio ( $\bar{S}_u$ ) según la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} \bar{S}_u = & V_+ \sqrt{2 + 2\delta_u^2 + 2\delta_A^2} \cdot \left( \left[ \frac{P_{A1}}{V_{A1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{A1}) + j \frac{\bar{Q}_{A1}}{V_{A1}} \sin(\alpha_+ - \alpha_{A1}) + a^2 \frac{P_{B1}}{V_{B1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{B1}) + \right. \right. \\ & \left. \left. + j a^2 \frac{\bar{Q}_{B1}}{V_{B1}} \sin(\alpha_+ - \alpha_{B1}) + a \frac{P_{C1}}{V_{C1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{C1}) + j a \frac{\bar{Q}_{C1}}{V_{C1}} \sin(\alpha_+ - \alpha_{C1}) \right] \cdot \bar{p} \right) + \\ & + V_+ \sqrt{2 + 2\delta_u^2 + 2\delta_A^2} \cdot \left( \left[ j \frac{P_{A1}}{V_{A1}} \sin(\alpha_+ - \alpha_{A1}) + \frac{\bar{Q}_{A1}}{V_{A1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{A1}) + j a^2 \frac{P_{B1}}{V_{B1}} \sin(\alpha_+ - \alpha_{B1}) + \right. \right. \\ & \left. \left. + a^2 \frac{\bar{Q}_{B1}}{V_{B1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{B1}) + j a \frac{P_{C1}}{V_{C1}} \sin(\alpha_+ - \alpha_{C1}) + a \frac{\bar{Q}_{C1}}{V_{C1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{C1}) \right] \cdot \bar{q} \right) + \\ & + V_+ \sqrt{\delta_u^2 + \delta_A^2} \cdot \left| \sum_{x=A,B,C} \left( \frac{P_{x1}}{V_{x1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{x1}) + j \frac{\bar{Q}_{x1}}{V_{x1}} \sin(\alpha_+ - \alpha_{x1}) + j \frac{P_{x1}}{V_{x1}} \sin(\alpha_+ - \alpha_{x1}) + \frac{\bar{Q}_{x1}}{V_{x1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{x1}) \right) \right| \cdot \bar{z} \end{aligned}$$

en donde

$$a = 1 \angle 120^\circ ;$$

j es la unidad imaginaria;

5  $\delta_u = V_-/V_+$  y  $\delta_A = V_0/V_+$  son los grados de desequilibrio y de asimetría, respectivamente, de las tensiones de las fases; y

$\bar{p}, \bar{q}, \bar{z}$  son los vectores unitarios ortogonales que definen el espacio propio del vector potencia de desequilibrio; y

- un módulo de información, configurado para proporcionar información sobre el valor calculado del vector potencia de desequilibrio.

9. Sistema según la reivindicación 8, caracterizado por  
15 que comprende además un módulo de adquisición (13), configurado para adquirir los valores instantáneos de tensión ( $v_A, v_B, v_C$ ) e intensidad ( $i_A, i_B, i_C$ ) de las fases (A, B, C) en un punto de la red eléctrica y separar sus componentes a la frecuencia fundamental  
20 ( $v_{A1}, v_{B1}, v_{C1}$ ), ( $i_{A1}, i_{B1}, i_{C1}$ ), usándose dichos valores por el módulo de análisis (14) para obtener los valores eficaces y argumentos de las tensiones y las corrientes de las fases a la frecuencia fundamental de la red eléctrica.

25 10. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 8 y 9, caracterizado por que el módulo vector potencia de

desequilibrio (17) está configurado además para  
calcular una componente ( $\bar{S}_{ui}$ ) del vector potencia de  
desequilibrio que determina los efectos conjuntos de  
los desequilibrios de tensiones y cargas, según la  
5 siguiente expresión:

$$\begin{aligned} \bar{S}_{ui} = & V_+ \sqrt{2 + 2\delta_u^2 + 2\delta_A^2} \cdot \left( \left[ \frac{P_{A1}}{V_{A1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{A1}) + j \frac{\bar{Q}_{A1}}{V_{A1}} \text{sen}(\alpha_+ - \alpha_{A1}) + a^2 \frac{P_{B1}}{V_{B1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{B1}) + \right. \right. \\ & \left. \left. + j a^2 \frac{\bar{Q}_{B1}}{V_{B1}} \text{sen}(\alpha_+ - \alpha_{B1}) + a \frac{P_{C1}}{V_{C1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{C1}) + j a \frac{\bar{Q}_{C1}}{V_{C1}} \text{sen}(\alpha_+ - \alpha_{C1}) \right] \cdot \bar{p} \right) + \\ & + V_+ \sqrt{2 + 2\delta_u^2 + 2\delta_A^2} \cdot \left( \left[ j \frac{P_{A1}}{V_{A1}} \text{sen}(\alpha_+ - \alpha_{A1}) + \frac{\bar{Q}_{A1}}{V_{A1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{A1}) + j a^2 \frac{P_{B1}}{V_{B1}} \text{sen}(\alpha_+ - \alpha_{B1}) + \right. \right. \\ & \left. \left. + a^2 \frac{\bar{Q}_{B1}}{V_{B1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{B1}) + j a \frac{P_{C1}}{V_{C1}} \text{sen}(\alpha_+ - \alpha_{C1}) + a \frac{\bar{Q}_{C1}}{V_{C1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{C1}) \right] \cdot \bar{q} \right) \end{aligned}$$

11. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 8 a  
10, caracterizado por que el módulo vector potencia de  
desequilibrio (17) está configurado además para  
calcular una componente ( $\bar{S}_{uv}$ ) del vector potencia de  
desequilibrio que determina el efecto exclusivo de los  
desequilibrios de tensiones, según la siguiente  
ecuación:

$$\bar{S}_{uv} = V_+ \sqrt{\delta_u^2 + \delta_A^2} \cdot \left| \sum_{x=A,B,C} \left( \frac{P_{x1}}{V_{x1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{x1}) + j \frac{\bar{Q}_{x1}}{V_{x1}} \text{sen}(\alpha_+ - \alpha_{x1}) + j \frac{P_{x1}}{V_{x1}} \text{sen}(\alpha_+ - \alpha_{x1}) + \frac{\bar{Q}_{x1}}{V_{x1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{x1}) \right) \right| \cdot \bar{z}$$

12. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 8 y  
9, caracterizado por que el módulo vector potencia de  
desequilibrio (17) está configurado además para  
calcular:

- una componente ( $\bar{S}_{ui}$ ) del vector potencia de  
desequilibrio que determina los efectos conjuntos de  
los desequilibrios de tensiones y cargas, según la  
siguiente expresión:

$$\begin{aligned} \bar{S}_{ui} = & V_+ \sqrt{2 + 2\delta_u^2 + 2\delta_A^2} \cdot \left( \left| \begin{aligned} & \frac{P_{A1}}{V_{A1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{A1}) + j \frac{\bar{Q}_{A1}}{V_{A1}} \sin(\alpha_+ - \alpha_{A1}) + a^2 \frac{P_{B1}}{V_{B1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{B1}) + \\ & + j a^2 \frac{\bar{Q}_{B1}}{V_{B1}} \sin(\alpha_+ - \alpha_{B1}) + a \frac{P_{C1}}{V_{C1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{C1}) + j a \frac{\bar{Q}_{C1}}{V_{C1}} \sin(\alpha_+ - \alpha_{C1}) \end{aligned} \right| \cdot \bar{p} \right) + \\ & + V_+ \sqrt{2 + 2\delta_u^2 + 2\delta_A^2} \cdot \left( \left| \begin{aligned} & j \frac{P_{A1}}{V_{A1}} \sin(\alpha_+ - \alpha_{A1}) + \frac{\bar{Q}_{A1}}{V_{A1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{A1}) + j a^2 \frac{P_{B1}}{V_{B1}} \sin(\alpha_+ - \alpha_{B1}) + \\ & + a^2 \frac{\bar{Q}_{B1}}{V_{B1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{B1}) + j a \frac{P_{C1}}{V_{C1}} \sin(\alpha_+ - \alpha_{C1}) + a \frac{\bar{Q}_{C1}}{V_{C1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{C1}) \end{aligned} \right| \cdot \bar{q} \right) \end{aligned}$$

- 5      - una componente ( $\bar{S}_{uv}$ ) del vector potencia de desequilibrio que determina el efecto exclusivo de los desequilibrios de tensiones, según la siguiente ecuación:

$$\bar{S}_{uv} = V_+ \sqrt{\delta_u^2 + \delta_A^2} \cdot \left| \sum_{x=A,B,C} \left( \frac{P_{x1}}{V_{x1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{x1}) + j \frac{\bar{Q}_{x1}}{V_{x1}} \sin(\alpha_+ - \alpha_{x1}) + j \frac{P_{x1}}{V_{x1}} \sin(\alpha_+ - \alpha_{x1}) + \frac{\bar{Q}_{x1}}{V_{x1}} \cos(\alpha_+ - \alpha_{x1}) \right) \right| \cdot \bar{z}$$

- 10      13. Sistema según la reivindicación 12, caracterizado por que el módulo de información es un módulo de visualización (18) configurado para representar visualmente dicha información consistente en al menos uno del valor calculado y la representación gráfica de dicho valor de al menos uno del valor calculado del
- 15      vector potencia de desequilibrio, su componente  $\bar{S}_{ui}$  y su componente  $\bar{S}_{uv}$ .
- 20      14. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 12 y 13, caracterizado por que el módulo de información es un módulo de alarma configurado para emitir una alarma cuando el valor calculado de al menos uno del vector potencia de desequilibrio ( $\bar{S}_u$ ), su componente  $\bar{S}_{ui}$  y su componente  $\bar{S}_{uv}$  supera un umbral determinado.
15. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 8 a

13, caracterizado por que comprende además:

- sensores de medida (8) de tensión e intensidad para medir valores instantáneos de tensión e intensidad;
- un acondicionador de señal (9) para adaptar la corriente de secundario de cada sensor de medida (8) a la tensión aplicable a unas entradas analógicas de una tarjeta de adquisición (10);
- una tarjeta de adquisición (10) que convierte las señales analógicas en una serie de muestras discretas que se utilizan como entrada en el módulo de adquisición (13);
- un sistema procesador (11) que conecta la tarjeta de adquisición (10) con el módulo de adquisición (13); y
- un dispositivo de visualización (12) conectado con el módulo de visualización (18) para presentar visualmente al menos un valor calculado por el sistema de medida.

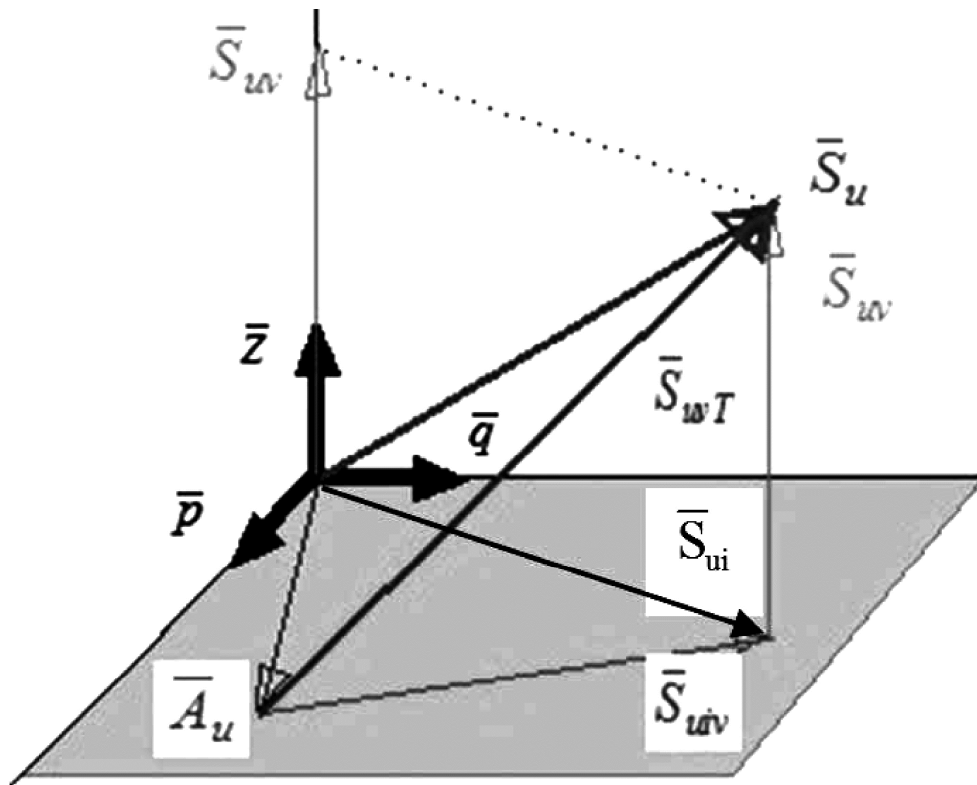


FIG 1

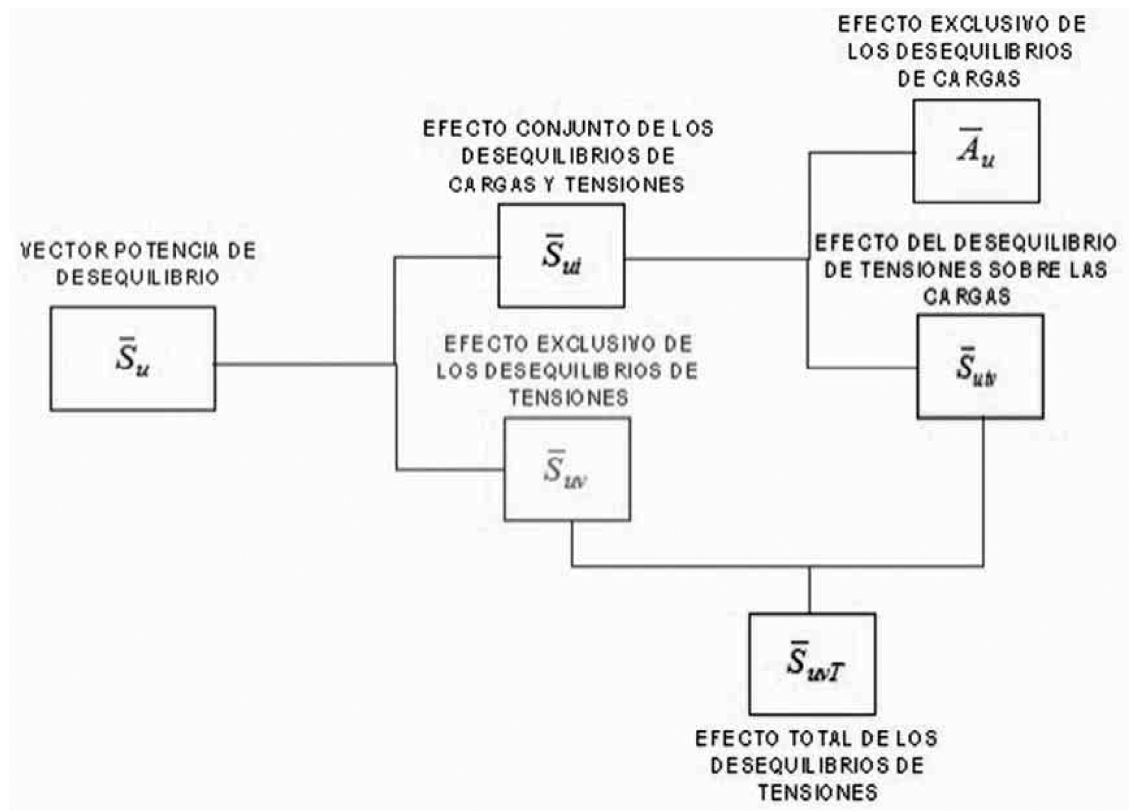
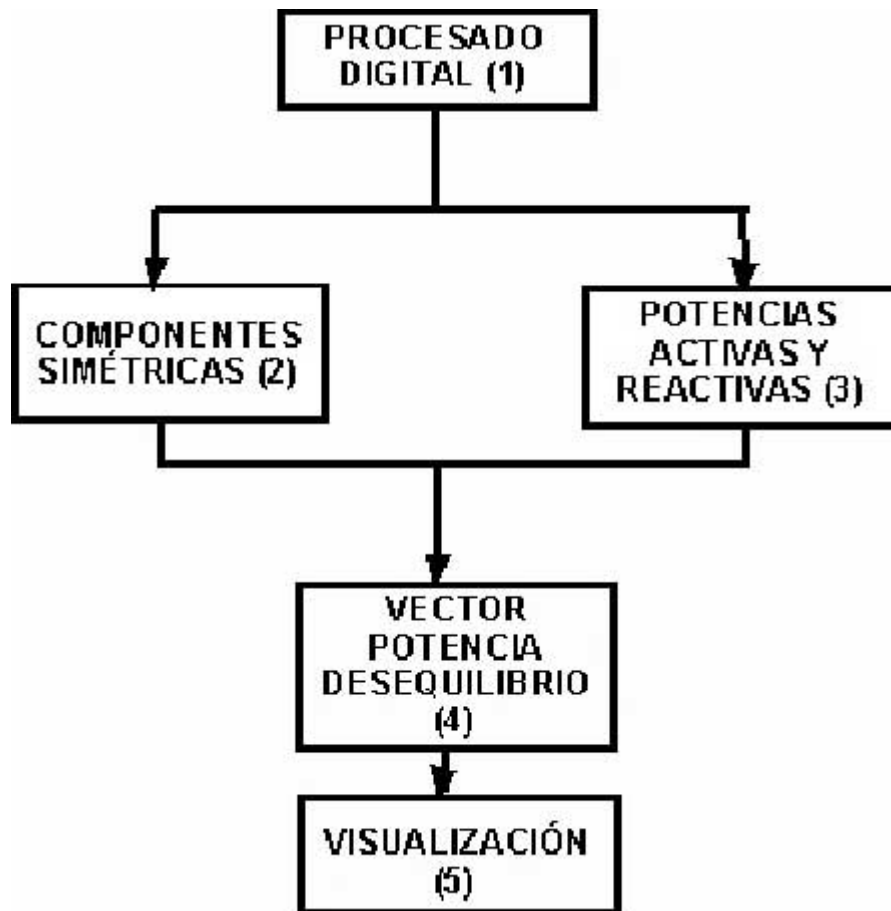


FIG 2



**FIG 3**

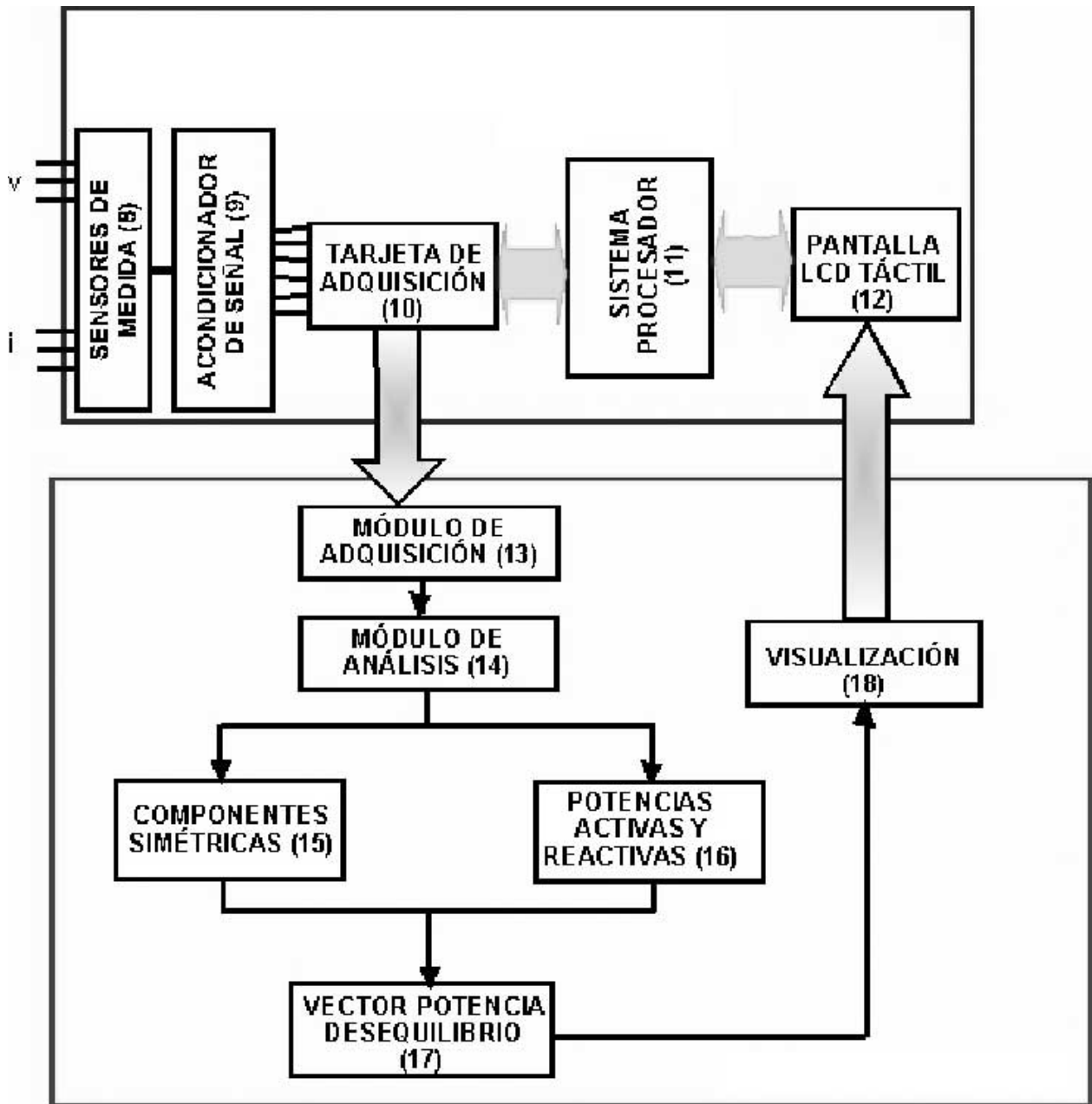
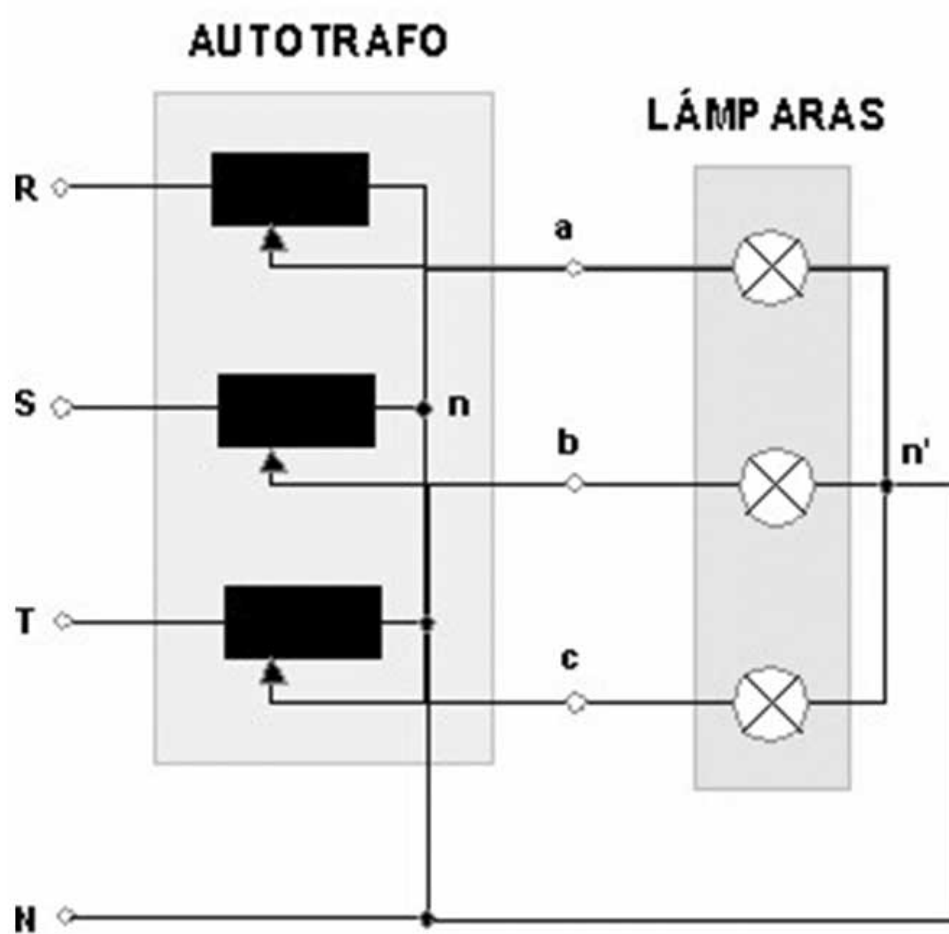


FIG 4



**FIG 5**



- ②① N.º solicitud: 201431822  
②② Fecha de presentación de la solicitud: 11.12.2014  
③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: **G01R21/06** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

| Categoría | ⑤⑥ Documentos citados                                                                | Reivindicaciones afectadas |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| A         | ES 2316280 A1 (UNIV VALENCIA POLITECNICA) 01.04.2009, reivindicaciones 1-8; resumen. | 1-15                       |
| A         | ES 2342528 A1 (UNIV VALENCIA POLITECNICA) 07.07.2010, todo el documento.             | 1-15                       |

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones

☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe  
27.08.2015

Examinador  
M. Argüeso Montero

Página  
1/4

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

G01R

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

INVENES, EPODOC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 27.08.2015

**Declaración**

|                                                 |                       |           |
|-------------------------------------------------|-----------------------|-----------|
| <b>Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)</b>            | Reivindicaciones 1-15 | <b>SI</b> |
|                                                 | Reivindicaciones      | <b>NO</b> |
| <b>Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)</b> | Reivindicaciones 1-15 | <b>SI</b> |
|                                                 | Reivindicaciones      | <b>NO</b> |

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

**Base de la Opinión.-**

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

**1. Documentos considerados.-**

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

| Documento | Número Publicación o Identificación       | Fecha Publicación |
|-----------|-------------------------------------------|-------------------|
| D01       | ES 2316280 A1 (UNIV VALENCIA POLITECNICA) | 01.04.2009        |

**2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración****- Reivindicaciones 1-7**

El documento D01, de los propios autores, es el documento del estado de la técnica más próximo a la invención reivindicada.

En él se describe un método de medida de desequilibrios en una red eléctrica que comprende las etapas de obtener valores eficaces y argumentos de las tensiones y las corrientes de las fases a la frecuencia fundamental de la red eléctrica; calcular el valor eficaz de las tensiones de secuencia positiva, negativa y cero y el argumento de las de secuencia positiva; determinar, a partir de estos datos, las potencias activas y reactivas de cada fase a la frecuencia fundamental; calcular el valor del vector potencia de desequilibrio, según la ecuación dada.

La diferencia con la invención reivindicada es la fórmula empleada en el cálculo del valor del vector potencia de desequilibrio. El efecto técnico que produce esta diferencia es la posibilidad de realizar el cálculo del vector potencia de desequilibrio en el caso de desequilibrio de la red.

Ni el documento D01 ni el resto de los documentos recuperados en la búsqueda recogen esta fórmula ni su deducción a partir de lo divulgado en estos documentos resulta obvia para el experto en la materia.

Por tanto, a la vista de los documentos recuperados en la búsqueda realizada, la invención de las reivindicaciones 1-7 es nueva e implica actividad inventiva en el sentido de los artículos 6 y 8 de la Ley de Patentes 11/1986, de 20 de marzo.

**- Reivindicaciones 8-15**

El documento D01 es el documento del estado de la técnica más próximo a la invención reivindicada.

En él se describe un sistema de medida de desequilibrios en una red eléctrica que comprende un módulo de análisis configurado para obtener valores eficaces y argumentos de las tensiones y las corrientes de las fases a la frecuencia fundamental de la red eléctrica; un módulo de simétricas, configurado para obtener el valor eficaz de las tensiones de secuencia positiva, negativa y cero, y el argumento de las tensiones de secuencia positiva; un módulo de potencias activas y reactivas configurado para obtener las potencias activas y reactivas de cada una de las fases a la frecuencia fundamental; un módulo vector potencia de desequilibrio configurado para calcular el valor del vector potencia de desequilibrio; y un módulo de información configurado para proporcionar información sobre el valor calculado.

La diferencia con la invención reivindicada es la fórmula que emplea el módulo vector de potencia de desequilibrio para el cálculo del valor del vector potencia de desequilibrio. El efecto técnico que produce esta diferencia es la posibilidad de realizar el cálculo del vector potencia de desequilibrio en el caso de desequilibrio de la red.

Ni el documento D01 ni el resto de los documentos recuperados en la búsqueda recogen esta fórmula ni su deducción a partir de lo divulgado en estos documentos resulta obvia para el experto en la materia.

Por tanto, a la vista de los documentos recuperados en la búsqueda realizada, la invención de las reivindicaciones 8-15 es nueva e implica actividad inventiva en el sentido de los artículos 6 y 8 de la Ley de Patentes 11/1986, de 20 de marzo.