

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

(19) Organización Mundial de la
Propiedad Intelectual
Oficina internacional



(10) Número de publicación internacional
WO 2017/212088 A1

(43) Fecha de publicación internacional
14 de diciembre de 2017 (14.12.2017) **WIPO | PCT**

(51) Clasificación internacional de patentes:
G01R 31/02 (2006.01) *G01R 31/08* (2006.01)

TRANSFERENCIA. EDIFICIO NEXUS (6G) - 3ª PLAN-
TA. CAMÍ DE VERA, S/N., 46022 VALENCIA (ES).

(21) Número de la solicitud internacional:
PCT/ES2017/070185

(72) Inventores: **LEON MARTINEZ, Vicente**; SERVICIO DE PROMOCION Y APOYO A LA INVESTIGACION, LA INNOVACION Y LA TRANSFERENCIA. EDIFICIO NEXUS (6G) - 3ª PLANTA. CAMÍ DE VERA, S/N., 46022 VALENCIA (ES). **MONTAÑANA ROMEU, Joaquin**; SERVICIO DE PROMOCION Y APOYO A LA INVESTIGACION, LA INNOVACION Y LA TRANSFERENCIA. EDIFICIO NEXUS (6G) - 3ª PLANTA. CAMÍ DE VERA, S/N., 46022 VALENCIA (ES).

(22) Fecha de presentación internacional:
30 de marzo de 2017 (30.03.2017)

(25) Idioma de presentación: español

(26) Idioma de publicación: español

(30) Datos relativos a la prioridad:
P201630767 07 de junio de 2016 (07.06.2016) ES

(74) Mandatario: **MALDONADO JORDAN, Julia**; CL. VA-
RA DE REY 5 TER, 3º, OFICINA 5, 26003 LOGRO-
ÑO-LA RIOJA (ES).

(71) Solicitante: **UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VA-
LÈNCIA [ES/ES]**; SERVICIO DE PROMOCION Y APO-
YO A LA INVESTIGACION, LA INNOVACION Y LA

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR DETERMINING THE STATE OF THE NEUTRAL CONDUCTOR IN AN ELECTRICAL INSTALLATION

(54) Título: PROCEDIMIENTO Y DISPOSITIVO PARA LA DETERMINACIÓN DEL ESTADO DEL CONDUCTOR NEUTRO EN UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

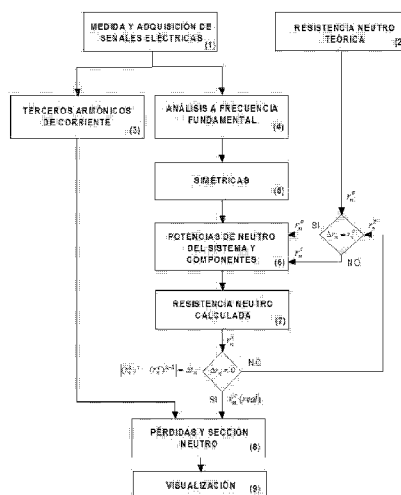


FIG. 3

- (1) MEASUREMENT AND ACQUISITION OF ELECTRICAL SIGNALS
(2) THEORETICAL RESISTANCE OF NEUTRAL CONDUCTOR
(3) THIRD HARMONICS OF CURRENT
(4) ANALYSIS AT FUNDAMENTAL FREQUENCY
(5) SYMMETRICS
(6) POWERS OF NEUTRAL CONDUCTOR OF SYSTEM AND COMPONENTS
(7) NEUTRAL CONDUCTOR RESISTANCE CALCULATED
(8) NEUTRAL CONDUCTOR CROSS SECTION AND LOSSES
(9) DISPLAY
SI: YES

(57) Abstract: The present invention describes a method and device for determining the state of the neutral conductor in a low-voltage-distribution electrical installation by indirectly determining the true value of the resistance of the neutral conductor, as well as other parameters that indicate the state of the conductor, such as the true cross section of the conductor and the energy losses in same, using for this purpose the value of the component of power of the neutral conductor of the system, said component being measured in loads at the fundamental frequency.

(57) Resumen: La presente invención describe un procedimiento y un dispositivo de puesta en práctica para la determinación del estado del conductor neutro en una instalación eléctrica de distribución de B.T. mediante la determinación indirecta del valor real de la

[Continúa en la página siguiente]

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

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

Publicada:

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

resistencia del conductor neutro, así como otros parámetros que informan sobre el estado de dicho conductor, como son su sección real y las pérdidas energéticas en el mismo, utilizándose para ello el valor de la componente de la potencia de neutro del sistema medida en las cargas a la frecuencia fundamental.

PROCEDIMIENTO Y DISPOSITIVO PARA LA DETERMINACIÓN DEL ESTADO
DEL CONDUCTOR NEUTRO EN UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere de forma general a la determinación del estado de conservación del conductor neutro en las instalaciones eléctricas de distribución de baja tensión (B.T.) y a la medida indirecta de la resistencia, la sección y las pérdidas en dicho conductor, basándose en el
10 análisis de los efectos energéticos que el conductor neutro produce sobre los receptores eléctricos y, más concretamente, a la medida de la potencia de neutro de las cargas, así como su aplicación en instrumentos de medida dedicados a la vigilancia preventiva del conductor neutro y en la realización
15 de dispositivos de protección de cargas e instalaciones eléctricas, en general.

Antecedentes de la invención

El conductor neutro en las instalaciones eléctricas de
20 distribución de B.T. tiene la misión de mantener equilibradas las tensiones de las fases de los receptores, con valores eficaces iguales o aproximados al valor nominal de la tensión de la red eléctrica, así como facilitar la evacuación de una parte de los efectos de los desequilibrios (y también de las
25 distorsiones armónicas), a través de la corriente del neutro. La rotura o bien la disminución de la sección efectiva del conductor neutro en las redes eléctricas dan lugar a efectos bien conocidos en la práctica industrial. En general, los receptores de las instalaciones eléctricas son sometidos a
30 sobretensiones permanentes (F. Redondo Quintela y otros, "Sobretensiones por corte de neutro". Universidad de Salamanca), que suelen conducir al deterioro de dichos receptores y a su consiguiente puesta fuera de servicio. La presencia de sobretensiones en las cargas debido, en este

caso, al incremento del valor de los terceros armónicos de tensión son objeto de estudio en las publicaciones "*The Effect of Neutral Path Impedance on Voltage and Current Distortion. Parts I and II*", presentadas por A.E. Emanuel y J.A. Orr en la 5 2004 11th Conference on Harmonics and Quality of Power. Estos efectos sobre las tensiones de las cargas evidencian la importancia de conocer en cada momento el estado del conductor neutro y la necesidad de disponer de dispositivos de protección de instalaciones eléctricas frente a fallas 10 intempestivas del conductor neutro.

El deterioro del conductor neutro puede ser conocido mediante procedimientos directos e indirectos. Los primeros consisten en la medida sobre el propio conductor neutro, aplicando técnicas como la reflectometría de señales (en 15 tiempo o en frecuencia), para conocer su continuidad. Los procedimientos indirectos principalmente utilizados hasta el momento presente son dos. El primero tiene su fundamento en la vigilancia de las tensiones en las fases de los receptores y su protección, mediante relés de máxima y de mínima tensión, 20 frente a las sobretensiones y subtensiones que ocurren como consecuencia del deterioro del conductor neutro. No obstante, este procedimiento no permite realizar un verdadero mantenimiento preventivo, ya que los relés actúan cuando el fallo en el conductor neutro es muy importante y, en 25 ocasiones, cuando las líneas trabajan en condiciones muy inferiores a su funcionamiento nominal, este sistema de protección es inoperante, dado que, en estos casos, pueden producirse disminuciones importantes de la sección del conductor neutro, sin que las tensiones en las fases de los 30 receptores aumenten significativamente.

El segundo procedimiento indirecto consiste en la medida de las corrientes circulantes por el conductor neutro. La gran mayoría de los sistemas basados en este procedimiento han sido aplicados a la vigilancia del conductor de puesta a tierra del

neutro, más que a la detección del estado del conductor neutro, en sí mismo. No obstante, en la patente US 4012668A ("Ground fault and neutral fault detection circuit"), publicada el 15 de marzo de 1977, se describe un sistema de protección de instalaciones frente a defectos a tierra, consistente en medir la diferencia de las corrientes en las líneas y en el neutro, que también podría ser utilizado para detectar fallas en el conductor neutro. Su principal inconveniente es que cuando las diferencias entre las corrientes de las fases y del neutro son muy pequeñas, el error puede llegar a ser importante.

Por tanto, sigue existiendo en la técnica la necesidad de un procedimiento alternativo que permita determinar el estado de conservación del conductor neutro en una instalación eléctrica para así proporcionar un mantenimiento preventivo y protección de la red eléctrica.

Sumario de la invención

Para solucionar los problemas de la técnica anterior, en el presente documento se describe un nuevo procedimiento indirecto que, a diferencia de los indicados anteriormente, es capaz de medir con gran exactitud la resistencia real y, por tanto, la sección física real del conductor neutro en cualquier instante, asegurando, de esta manera, un verdadero mantenimiento preventivo y una protección efectiva de las redes eléctricas frente al deterioro o corte del conductor neutro. Este procedimiento se basa en la medida del impacto energético del conductor neutro sobre las cargas.

Los efectos energéticos del conductor neutro en las instalaciones eléctricas están determinados por una nueva magnitud, desarrollada por los autores de la presente invención, que se ha denominado "potencia de neutro del sistema" (S_n). Su formulación y algunas de sus propiedades se describen por primera vez en el presente documento, aplicadas

a la detección del estado de conservación del conductor neutro y a la protección de las instalaciones eléctricas.

La potencia de neutro del sistema (S_n) no es ninguna de las bien conocidas potencias activa, reactiva y aparente del neutro, que están determinadas por la corriente del neutro. Se trata de una nueva potencia, obtenida a partir de metodología propuesta en el presente documento, en cuya expresión están implícitamente incluidas las potencias anteriores, además de los productos de tensiones y corrientes que representan a las energías de desequilibrio y de distorsión, que se manifiestan en las redes eléctricas como consecuencia del funcionamiento del conductor neutro.

Por tanto, la presente invención da a conocer un procedimiento y un dispositivo de puesta en práctica para la determinación indirecta del valor real de la resistencia del conductor neutro en instalaciones eléctricas de distribución de B.T., así como otros parámetros que informan sobre el estado de dicho conductor, como son su sección real y las pérdidas energéticas en el mismo, utilizándose para ello el valor de la componente de la potencia de neutro del sistema medida en las cargas a la frecuencia fundamental.

En concreto, la presente invención da a conocer un procedimiento para la determinación del estado del conductor neutro en una instalación eléctrica que comprende:

- i) calcular la resistencia teórica del neutro (r_n^0) en el instante inicial, a partir de las siguientes características de la línea: sección nominal inicial del conductor (A_0), generalmente conocida, longitud estimada o medida del cable (l_0) y conductividad (γ_0) del conductor utilizado (generalmente de cobre o aluminio), a la temperatura de trabajo nominal del cable, determinada por las normativas vigentes, dependiendo del tipo de línea (subterránea, aérea o

interior),

$$r_n^o = \frac{l_o}{\gamma_o \cdot A_o}$$

[1]

- ii) 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 el punto de conexión de las cargas con la red eléctrica, separando sus componentes a la frecuencia fundamental (v_{A1} , v_{B1} , v_{C1}) y (i_{A1} , i_{B1} , i_{C1}), de las corrientes de frecuencia no fundamental (i_{Ah} , i_{Bh} , i_{Ch});
- ii-a) determinar, a partir de las componentes a la frecuencia fundamental, las componentes de secuencia homopolar a la frecuencia fundamental de las tensiones (v_{011}) y corrientes (i_{01});
- iii) obtener el ángulo de desfase entre las tensiones y corrientes de secuencia homopolar en la carga, a la frecuencia fundamental (φ_{011}), como la diferencia entre la fase inicial de dichas tensiones y corrientes (α_{011} , β_{01}):

$$\varphi_{011} = \alpha_{011} - \beta_{01}$$

[2]

- iv) calcular la potencia de neutro de la carga a la frecuencia fundamental (S_{n11}) según la siguiente expresión:

$$S_{n11} = V_{011} \cdot \sqrt{3 \cdot (I_{A1}^2 + I_{B1}^2 + I_{C1}^2)}$$

[3]

- v) determinar el valor de la diferencia relativa ε^c entre la potencia de neutro de la carga y la potencia de neutro del sistema, comenzando por sustituir el valor $r_n^c = r_n^o$ en la siguiente función potencial

$$\varepsilon^c = K \cdot \left(\frac{r_n^c}{r_n^o} \right)^{-a}$$

[4]

en la que los valores de k y de a se conocen a partir de tablas mostradas a continuación en el presente

documento;

- vi) calcular la potencia de neutro del sistema a la frecuencia fundamental (S_{n1}^c), como:

$$S_{n1}^c = (1 - \varepsilon^c) \cdot S_{n1l} \quad [5]$$

- 5 vii) determinar la potencia de neutro de la fuente a la frecuencia fundamental (S_{n1s}^c) basándose en la siguiente expresión:

$$S_{n1s}^c = \sqrt{S_{n1l}^2 - (S_{n1}^c)^2} \quad [6]$$

- 10 viii) obtener el valor eficaz de la tensión de secuencia homopolar en la fuente, a la frecuencia fundamental (V_{01s}^c), de acuerdo con la expresión:

$$V_{01s}^c = \frac{S_{n1s}^c}{\sqrt{3 \cdot (I_{A1}^2 + I_{B1}^2 + I_{C1}^2)}} \quad [7]$$

- 15 ix) calcular el ángulo de desfase (φ_{01s}^c) entre las tensiones y corrientes de secuencia homopolar en la fuente, a la frecuencia fundamental, según la expresión:

$$\varphi_{01s}^c = \arcsin \left(\frac{V_{01l}}{V_{01s}^c} \sin \varphi_{01l} \right) \quad [8]$$

- x) determinar las potencias activas de secuencia homopolar de la fuente (P_{01s}^c) y de la carga (P_{01l}), a la frecuencia fundamental, en función de las siguientes expresiones:

$$20 \quad P_{01s}^c = 3 V_{01s}^c \cdot I_{01} \cdot \cos \varphi_{01s}^c \quad P_{01l} = 3 V_{01l} \cdot I_{01} \cdot \cos \varphi_{01l} \quad [9]$$

en el que la primera de ellas se calcula, mientras que la segunda se obtiene a partir de tensiones y corrientes medidas en la carga;

- 25 xi) calcular las pérdidas en el conductor neutro a la frecuencia fundamental como:

$$P_{n1}^c = P_{01l} - P_{01s}^c \quad [10]$$

xii) obtener la resistencia calculada del neutro (r_n^c) a partir de la siguiente relación:

$$r_n^c = \frac{P_{R1}^c}{9 I_{01}^2} \quad [11]$$

5 xiii) en el caso de que el valor de r_n^c sea muy próximo a r_n^0 , la resistencia real del conductor neutro queda determinada y coincide con el valor teórico obtenido en el instante inicial del procedimiento,

$$r_n(\text{real}) = r_n^c = r_n^0 \quad [12]$$

10 xiv) en el caso de que los valores de r_n^c y r_n^0 difieran, repetir las etapas v) a xii), utilizando el valor de r_n^c obtenido cada vez en la etapa xii) hasta alcanzar un valor de convergencia (r_n^{conv}), que será el valor real de la resistencia del neutro,

$$r_n(\text{real}) = r_n^{\text{conv}} \quad [13]$$

15 xv) obtener la sección real del conductor neutro como:

$$A(\text{real}) = \frac{l_0}{\gamma_0 \cdot r_n(\text{real})} \quad [15]$$

20 En caso de que la sección real del conductor neutro disminuya por debajo de un umbral determinado con respecto a la sección inicial del conductor neutro, el procedimiento puede comprender la etapa de emitir una alarma y/o abrir la instalación para su protección.

La presente invención también da a conocer un dispositivo para la determinación del estado del conductor neutro en una instalación eléctrica. El dispositivo comprende:

- 25 - medios de entrada para la introducción de datos por parte de un usuario;
- medios físicos de medida y adquisición de señales eléctricas; y
- medios de cálculo programables para llevar a cabo los

cálculos del procedimiento según la presente invención.

Realizaciones preferidas del procedimiento y dispositivo de la presente invención se definen en las reivindicaciones dependientes.

5

Breve descripción de las figuras

Para complementar la descripción del procedimiento y dispositivo para la determinación indirecta de la resistencia del conductor neutro y de otras magnitudes, como la sección y las pérdidas energéticas, que informan del estado de conservación y de funcionamiento de dicho conductor, 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 acompaña como parte integrante de dicha descripción un conjunto de dibujos en donde, con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

La figura 1 es un gráfico que representa la variación de la diferencia relativa (ε) entre la potencia de neutro de la carga y la potencia de neutro del sistema en función del incremento de la resistencia del neutro.

La figura 2 muestra la línea de tendencia de la diferencia relativa entre la potencia de neutro de la carga y del sistema en función del incremento de la resistencia del neutro, para un cable de 30 m, 25 mm² de sección y temperaturas de 30°C y 70°C, y su ajuste a una función potencial.

La figura 3 es un diagrama que muestra la secuencia operacional del procedimiento según una realización preferida de la invención, aplicable a instrumentos de medida y de vigilancia del estado del conductor neutro.

La figura 4 es un diagrama que representa una realización de un dispositivo para la medida de la resistencia, sección y pérdidas en el conductor neutro.

La figura 5 es un diagrama que representa los módulos de programación para el instrumento de medida y vigilancia del estado del conductor neutro según una realización preferida de la presente invención.

5 La figura 6 muestra una posible disposición de la pantalla del instrumento de medida y de vigilancia del estado del conductor neutro.

La figura 7 es un diagrama que muestra la secuencia operacional del procedimiento según una realización de la
10 invención aplicado a la protección de instalaciones eléctricas frente al deterioro del conductor neutro.

La figura 8 es un diagrama que representa una realización de un relé de protección de instalaciones eléctricas frente al deterioro del conductor neutro.

15 La figura 9 es un diagrama que representa los módulos de programación para el relé de protección de instalaciones eléctricas frente al deterioro del conductor neutro.

La figura 10 es un diagrama que representa el aumento de la tensión en la carga en función del aumento de la
20 resistencia del conductor neutro.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

La "potencia de neutro del sistema" (S_n) es una magnitud que mide el efecto combinado de las energías que se
25 manifiestan en las instalaciones eléctricas como consecuencia del funcionamiento del conductor neutro, las cuales pueden ser advertidas por el diferente valor que tienen las potencias aparentes de fuentes y cargas directamente conectadas. La existencia de la potencia de neutro del sistema es necesaria
30 para que se verifique el principio de conservación de la energía en el conjunto del sistema eléctrico. El módulo de la potencia de neutro del sistema a la frecuencia fundamental (50-60 Hz) responde a la siguiente expresión:

$$S_{n1} = \sqrt{3 \cdot (V_{01i}^2 - V_{01s}^2) \cdot (I_{a1}^2 + I_{b1}^2 + I_{c1}^2)} = \sqrt{S_{n1i}^2 - S_{n1s}^2}$$

en la que V_{01i} y V_{01s} son los valores eficaces de las componentes de secuencia homopolar de las tensiones en las fases de la carga y de la fuente, respectivamente, medidas a la frecuencia fundamental en el punto de conexión de las cargas con la red eléctrica, e I_{a1} , I_{b1} , I_{c1} son los valores eficaces de las corrientes de frecuencia fundamental medidas en las fases de la carga. La potencia de neutro del sistema tiene unidades de potencia aparente. En su expresión están implícitamente incluidas las pérdidas Joule en el conductor neutro (así como la potencia reactiva del neutro); por esta razón, la potencia de neutro del sistema (S_{n1}) y la resistencia del conductor neutro (r_n) están relacionadas.

Desde el punto de vista de su utilidad práctica, se distinguen, en primera instancia, dos componentes de la potencia de neutro del sistema. La primera componente, S_{n1s} , es la potencia de neutro de la fuente, magnitud que cuantifica los efectos del neutro sobre el transformador y las líneas. La segunda componente, S_{n1i} , es la potencia de neutro de las cargas, que mide el impacto energético del conductor neutro sobre los receptores; su valor es generalmente mayor que S_{n1s} y aumenta significativamente al incrementarse la resistencia del neutro. Esta componente de la potencia de neutro del sistema permite explicar, desde un punto de vista energético, la existencia de sobretensiones en las cargas y el mayor valor de la potencia aparente de las cargas desequilibradas y distorsionadas, por encima de la potencia aparente de las fuentes, como consecuencia del deterioro del conductor neutro.

El valor de la potencia de neutro de las cargas (S_{n1i}) depende, lógicamente, de la instalación eléctrica en donde se mida esta magnitud. Sin embargo, basándose en análisis previos realizados, se ha podido constatar que su diferencia relativa

(ε) con la potencia de neutro del sistema (S_{n1}),

$$\varepsilon = \frac{S_{n11} - S_{n1}}{S_{n11}}$$

es completamente independiente de las cargas y, para una línea dada, sólo depende del valor de la resistencia del neutro (r_n).

5 Este hecho tiene gran importancia práctica en la presente invención, pues simplifica considerablemente el procedimiento y el dispositivo para la obtención de la resistencia del neutro, al evitarse la necesidad de medir simultáneamente en la fuente (que es, generalmente, de acceso muy restringido) y
10 en las cargas. Según la presente invención, el valor de la resistencia del neutro puede determinarse con gran exactitud midiendo sólo en el punto de conexión de las cargas con la red eléctrica.

La diferencia relativa, ε , entre la potencia de neutro de
15 las cargas (S_{n11}) y la potencia de neutro del sistema (S_{n1}) es igual a 1 en el caso ideal de resistencia del neutro igual a cero ($r_n = 0$) y, para cada línea de características (longitud, sección, temperatura de trabajo, etc.) determinadas, evoluciona hacia cero según una función potencial, conforme
20 aumenta el valor de la resistencia del neutro (r_n), que responde a la siguiente expresión general:

$$\varepsilon = k \cdot (r_n)^{-a}$$

en la que los coeficientes k y a son independientes de la carga; y se han tabulado y están disponibles para las
25 distintas secciones normalizadas y longitudes de los cables, a las temperaturas normales de trabajo del conductor, fijadas por la actual normativa. Las siguientes tablas dan a conocer valores de los coeficientes k y a para distintas secciones y longitudes de cable, a temperaturas de 30°C y 70°C:

A ₀ mm ²	Longitudes de cables de cobre aislados a 30°C, l ₀ (m)													
	10		20		30		40		50		75		100	
	K	a	K	a	K	a	K	a	K	a	K	a	K	a
	10 ⁻²		10 ⁻²		10 ⁻²		10 ⁻²		10 ⁻²		10 ⁻²		10 ⁻²	
10	6,36	1,59	4,35	1,637	3,86	1,65	3,65	1,657	3,52	1,662	3,4	1,67	3,34	1,67
16	9,22	1,532	5,35	1,612	4,39	1,635	4,00	1,646	3,79	1,653	3,55	1,66	3,45	1,664
25	15,15	1,421	7,61	1,563	5,61	1,606	4,78	1,626	4,35	1,637	3,86	1,65	3,65	1,657
35	21,5	1,305	10,42	1,509	7,17	1,573	5,78	1,602	5,06	1,619	4,24	1,64	3,9	1,649
50	30,3	1,144	15,15	1,421	9,95	1,517	7,61	1,563	6,36	1,589	4,94	1,62	4,35	1,637
70	39,6	0,968	21,5	1,305	14,04	1,44	10,42	1,509	8,4	1,548	6,04	1,60	5,06	1,619
95	46,16	0,841	27	1,205	17,97	1,369	13,25	1,456	10,52	1,507	7,22	1,57	5,82	1,601
120	54,41	0,676	35,34	1,05	24,65	1,248	18,4	1,362	14,53	1,432	9,57	1,53	7,36	1,569

A ₀ mm ²	Longitudes de cables de cobre aislados a 70°C, l ₀ (m)													
	10		20		30		40		50		75		100	
	K	a	K	a	K	a	K	a	K	a	K	a	K	a
	10 ⁻²		10 ⁻²		10 ⁻²		10 ⁻²		10 ⁻²		10 ⁻²		10 ⁻²	
10	5,76	1,603	4,14	1,642	3,74	1,65	3,58	1,66	3,47	1,663	3,37	1,667	3,32	1,669
16	8,38	1,552	5,05	1,523	4,23	1,64	3,91	1,658	3,72	1,659	3,51	1,652	3,42	1,659
25	13,08	1,459	6,79	1,58	5,17	1,62	4,49	1,633	4,15	1,642	3,75	1,654	3,58	1,66
35	18,59	1,358	9,08	1,354	6,41	1,59	5,3	1,613	4,71	1,627	4,05	1,645	3,78	1,653
50	26,7	1,21	13,08	1,459	8,71	1,54	6,79	1,58	5,77	1,602	4,62	1,63	4,15	1,642
70	36,08	1,036	18,91	1,352	12,32	1,47	9,22	1,532	7,53	1,565	5,56	1,607	4,75	1,626
95	44,35	0,876	25,39	1,234	16,79	1,39	12,38	1,472	9,86	1,519	6,85	1,579	5,58	1,607
120	50,81	0,748	31,49	1,122	21,46	1,31	15,88	1,41	12,54	1,649	8,39	1,548	6,58	1,585

Pueden obtenerse valores de k y de a para longitudes y temperaturas intermedias a las de las tablas anteriores 5 mediante interpolación.

En la figura 1 se muestra la evolución de la diferencia relativa entre la potencia de neutro de la carga y la potencia de neutro del sistema en función del incremento de la resistencia del neutro, para diferentes longitudes del cable, 10 con una sección de 10 mm² y una temperatura de 70°C.

En la figura 2 se muestra la línea de tendencia de la diferencia relativa (ϵ) entre la potencia de neutro de la carga y del sistema en función del incremento de la resistencia del neutro, para un cable de 30 m, 25 mm² de sección y a 15 temperaturas de 30°C y 70°C, así como su ajuste a una función

potencial.

Estas dos figuras 1 y 2 ilustran por tanto cómo evoluciona la diferencia relativa (ϵ) hacia cero según una función potencial, a medida que aumenta el valor de la resistencia del neutro (r_n), para diferentes valores de longitud de cable, sección de cable y temperatura de trabajo.

Tal como se mencionó anteriormente, la presente invención da a conocer según un primer aspecto un procedimiento para la determinación del estado del conductor neutro en una instalación eléctrica mediante medida indirecta de la resistencia, sección y pérdidas energéticas en el conductor neutro de las instalaciones eléctricas de distribución de B.T. Según una realización preferida, el procedimiento de la invención comprende:

- 15 i) calcular la resistencia teórica del neutro (r_n^0) en el instante inicial del procedimiento, a partir de las siguientes características de la línea: sección nominal del conductor (A_0), generalmente conocida, longitud estimada o medida del cable (l_0) y conductividad (γ_0) del conductor utilizado (generalmente cobre o aluminio), a la temperatura de trabajo nominal del cable, determinada por las normativas vigentes, dependiendo del tipo de línea (subterránea, aérea o interior),

$$r_n^0 = \frac{l_0}{\gamma_0 \cdot A_0}$$

[1]

- 25 ii) 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 el punto de conexión de las cargas con la red eléctrica, separando sus componentes a la frecuencia fundamental (v_{A1} , v_{B1} , v_{C1}) y (i_{A1} , i_{B1} , i_{C1}), de las corrientes de frecuencia no fundamental (i_{Ah} , i_{Bh} , i_{Ch});

- 30 ii-a) determinar, a partir de las componentes a la frecuencia fundamental, las componentes de

secuencia homopolar a la frecuencia fundamental de las tensiones (v_{011}) y corrientes (i_{01}),

ii-b) opcionalmente, determinar, a partir de las corrientes de frecuencia no fundamental, las corrientes de terceros armónicos (i_{0h});

iii) obtener el ángulo de desfase entre las tensiones y corrientes de secuencia homopolar en la carga, a la frecuencia fundamental (ϕ_{011}), como la diferencia entre la fase inicial de dichas tensiones y corrientes (α_{011} , β_{01}):

$$\phi_{011} = \alpha_{011} - \beta_{01} \quad [2]$$

iv) calcular la potencia de neutro de la carga a la frecuencia fundamental (S_{n11}) según la siguiente expresión:

$$S_{n11} = V_{011} \cdot \sqrt{3 \cdot (I_{A1}^2 + I_{B1}^2 + I_{C1}^2)} \quad [3]$$

v) determinar el valor de la diferencia relativa ε^c entre la potencia de neutro de la carga y la potencia de neutro del sistema, comenzando por sustituir el valor $r_n^c = r_n^0$ en la siguiente función potencial

$$\varepsilon^c = K \cdot \left(\frac{r_n^c}{r_n^0} \right)^{-a} \quad [4]$$

en la que los valores de k y a son los mostrados en las tablas anteriores para diferentes secciones (A_0) y longitudes (l_0) de los cables, para dos temperaturas de trabajo de los mismos: 30°C y 70°C.

vi) calcular la potencia de neutro del sistema a la frecuencia fundamental (S_{n1}^c), como:

$$S_{n1}^c = (1 - \varepsilon^c) \cdot S_{n11} \quad [5]$$

vii) determinar la potencia de neutro de la fuente a la frecuencia fundamental (S_{ns}^c) basándose en la siguiente

expresión:

$$S_{n1s}^c = \sqrt{S_{n1l}^2 - (S_{n1}^c)^2} \quad [6]$$

- viii) obtener el valor eficaz de la tensión de secuencia homopolar en la fuente, a la frecuencia fundamental (V_{01s}^c), de acuerdo con la expresión:

$$V_{01s}^c = \frac{S_{n1s}^c}{\sqrt{3 \cdot (I_{A1}^2 + I_{B1}^2 + I_{C1}^2)}} \quad [7]$$

- ix) calcular el ángulo de desfase (φ_{01s}^c) entre las tensiones y corrientes de secuencia homopolar en la fuente, a la frecuencia fundamental, según la expresión:

$$\varphi_{01s}^c = \arcsin\left(\frac{V_{01l}}{V_{01s}^c} \sin \varphi_{01l}\right) \quad [8]$$

- x) determinar las potencias activas de secuencia homopolar de la fuente (P_{01s}^c) y de la carga (P_{01l}), a la frecuencia fundamental, en función de las siguientes expresiones:

$$P_{01s}^c = 3 V_{01s}^c \cdot I_{01} \cdot \cos \varphi_{01s}^c \quad P_{01l} = 3 V_{01l} \cdot I_{01} \cdot \cos \varphi_{01l} \quad [9]$$

- en el que la primera de ellas se calcula, mientras que la segunda se obtiene a partir de tensiones y corrientes medidas en la carga;

- xi) calcular las pérdidas en el conductor neutro a la frecuencia fundamental como:

$$P_{n1}^c = P_{01l} - P_{01s}^c \quad [10]$$

- xii) obtener la resistencia calculada del neutro (r_n^c) a partir de la siguiente relación:

$$r_n^c = \frac{P_{n1}^c}{9 I_{01}^2} \quad [11]$$

- xiii) en el supuesto de que el valor de r_n^c sea muy próximo a r_n^0 (la diferencia aceptable entre ambos valores puede

fijarse por el usuario, dependiendo del error máximo admisible), la resistencia real del conductor neutro queda determinada y coincide con el valor teórico obtenido en el instante inicial del procedimiento,

$$5 \quad r_n(real) = r_n^c = r_n^o \quad [12]$$

xiv) en el caso de que los valores de r_n^c y r_n^o difieran, repetir las etapas v) a xii), utilizando el valor de r_n^c obtenido cada vez en la etapa xii) hasta que se alcance un valor de convergencia (r_n^{conv}), que será el valor real de la resistencia del neutro,

$$10 \quad r_n(real) = r_n^{conv} \quad [13]$$

xiv') opcionalmente, determinar las pérdidas reales en el conductor neutro, basándose en la siguiente expresión:

$$P_n(real) = 9 r_n(real) \cdot [I_{01}^2 + I_{0h}^2] \quad [14]$$

15 en la que I_{0h} es el valor eficaz de los terceros armónicos; y

xv) obtener la sección real del conductor neutro como:

$$A(real) = \frac{l_0}{\gamma_0 \cdot r_n(real)} \quad [15]$$

La longitud del cable (l_0) puede estimarse con bastante aproximación a simple vista, principalmente en instalaciones de baja tensión, en las que las longitudes no suelen ser grandes. También puede medirse empleando cualquiera de varios procedimientos conocidos por los expertos en la técnica, tales como en base a los planos de la instalación, mediante el uso de metros o mediante dispositivos tales como reflectómetros.

Según una realización preferida de la presente invención, el procedimiento incluye además la etapa de emitir una alarma para avisar a un usuario de una situación de peligro en caso de que la sección real del conductor neutro disminuya por debajo de un umbral determinado con respecto a la sección

inicial del conductor neutro.

La cantidad de disminución de la sección del conductor que da lugar a una situación de peligro depende de cada aplicación y puede determinarla fácilmente el experto en la técnica. En 5 concreto, depende de si la línea que está analizándose está muy cargada o poco cargada. En una línea poco cargada pueden producirse reducciones de hasta 5 veces, o incluso superiores, en la sección del neutro sin que las sobretensiones en las fases de las cargas sean apreciables. Sin embargo, en una 10 línea muy cargada, bastan reducciones del neutro de tan solo un 25% para que las sobretensiones en la instalación sean peligrosas. Según una realización preferida, se define un umbral de peligrosidad para las disminuciones de la sección del neutro comprendido entre el 25% y el 50% de su valor 15 nominal.

En la figura 10 se muestra un diagrama que representa el aumento de la tensión en la carga en función de la resistencia del conductor neutro, relacionada con la disminución de la sección del mismo. Se trata en este caso de una línea de cobre, 20 de 50 m de longitud y 50 mm² de sección, con aislamiento de PVC, trabajando en dos situaciones: descargada y muy cargada. Un aumento de 5 veces la resistencia del conductor neutro significa que dicho conductor está muy deteriorado; a punto de cortarse. Tal como puede apreciarse en la figura, si la línea 25 que conecta al transformador con la instalación eléctrica trabaja poco cargada, pueden producirse incrementos de hasta 5 veces en la resistencia de dicho conductor (lo que equivale a disminuciones del mismo valor en su sección) sin que la tensión en la carga sea peligrosa (236,82 V). Sin embargo, en 30 una línea muy cargada, bastan incrementos de resistencia del neutro de tan sólo 2 veces para alcanzar valores de tensión peligrosos (próximos a los 240 V).

Según otra realización preferida de la presente invención, el procedimiento incluye además la etapa de abrir la

instalación para protegerla en caso de que la sección real del conductor neutro disminuya por debajo de un umbral determinado con respecto a la sección inicial del conductor neutro.

Según una realización preferida de la presente invención,
5 se da a conocer un dispositivo para la determinación del estado del conductor neutro de una instalación eléctrica, que comprende:

- medios de entrada para la introducción de datos por parte de un usuario;
- 10 - medios físicos de medida y adquisición de señales eléctricas; y
- medios de cálculo programables para llevar a cabo los cálculos del procedimiento según la presente invención.

Según una realización preferida, el dispositivo comprende
15 además medios de visualización para presentar al usuario el resultado de al menos uno de los valores obtenidos por los medios de cálculo programables.

Según otra realización preferida los medios de entrada y los medios de visualización se combinan formando una pantalla
20 táctil. Según otras realizaciones de la invención, los medios de entrada pueden estar constituidos por un teclado, botones pulsadores, botones giratorios, etc., mientras que los medios de visualización están constituidos por una pantalla, medios luminosos (luces, LED, etc.) y similares.

25 La figura 3 muestra una realización preferida del procedimiento para la determinación indirecta de la resistencia del neutro según la presente invención y su aplicación a analizadores de redes e instrumentos de vigilancia del estado de conservación del conductor neutro en
30 instalaciones eléctricas. El procedimiento comprende las siguientes etapas:

- Procesado digital (1) de señales muestreadas obtenidas por los medios físicos (véase la figura 4) de medida y adquisición de señales eléctricas del dispositivo,

obteniéndose (en 3) los valores eficaces y las fases iniciales de los terceros armónicos de corriente, y obteniéndose además (en 4) las matrices de valores eficaces y fases iniciales de tensión e intensidad a frecuencia fundamental para cada fase, 5 en total seis matrices para cada fase de tensión e intensidad.

- Con estas matrices se obtienen (en 5) los valores eficaces y fases iniciales de las componentes de secuencia homopolar de las tensiones y corrientes de la carga a la frecuencia fundamental.

10 - A partir de las matrices de valores eficaces de intensidad para la frecuencia fundamental (en 4) y de la tensión de secuencia homopolar (en 5), se obtienen las potencias de neutro de la carga a la frecuencia fundamental (en 6), según la expresión [3] mostrada anteriormente.

15 - A partir de las características iniciales de la línea (sección, longitud, conductividad del conductor, según su temperatura de trabajo), se obtiene (en 2) la resistencia inicial (teórica) de la línea, según la expresión [1], indicada anteriormente.

20 - A partir de las tablas que contienen los valores de los coeficientes k y a , mostradas anteriormente, y del valor inicial de la resistencia del neutro [1], se obtiene la diferencia relativa entre la potencia de neutro de la carga y la potencia de neutro del sistema de acuerdo con la expresión 25 [4], de donde se determina esta última potencia, tal como se indica en la expresión [5] mostrada anteriormente, así como la potencia de neutro de la fuente, aplicando la expresión [6], mostrada anteriormente.

- A partir de la potencia de neutro de la fuente y de 30 los valores eficaces de las corrientes de línea, se obtiene el valor eficaz de la tensión homopolar de la fuente, según la expresión [7] mostrada anteriormente, así como se calcula el ángulo de desfase entre dicha tensión y la corriente homopolar de la fuente de acuerdo con la expresión [8], en la que el

ángulo de desfase entre las tensiones y corrientes de secuencia homopolar en la carga se han determinado según la expresión [2], indicada anteriormente.

- A partir de las tensiones y corrientes de secuencia homopolar en las fases de la fuente y de la carga, y de sus ángulos de desfase respectivos, se obtienen las potencias activas de secuencia homopolar en la fuente (subíndice s) y en la carga (subíndice l), según las expresiones [9] mostrada anteriormente.

10 - A partir de las potencias activas de secuencia homopolar de la fuente y de la carga, se obtienen las pérdidas en el conductor neutro, de acuerdo con la expresión [10], así como la resistencia calculada del neutro, según la expresión [11], indicada anteriormente.

15 - A partir de la resistencia real del neutro, definida por la expresión [12] o la expresión [13], indicadas anteriormente, se obtienen (en 8) las pérdidas reales del neutro, de acuerdo con la expresión [14], y la sección real del conductor neutro (en 8), según la expresión [15], ambas
20 indicadas anteriormente.

- La información gráfica y numérica de la resistencia del neutro, su sección y las pérdidas en el conductor neutro, así como ciertos valores de las magnitudes físicas utilizadas durante el procedimiento, se visualizan (en 9) en unos medios
25 de visualización, por ejemplo en una pantalla.

En la figura 4 se muestra un dispositivo para la puesta en práctica del procedimiento anteriormente descrito mostrado en la figura 3. En este caso, el dispositivo comprende unos medios físicos de medida y adquisición de señales eléctricas
30 (A) (hardware) y un procesador (B), así como un programa de medida (medios de cálculo) de la resistencia del neutro (C) y unos medios de visualización (D).

Los medios físicos (A) comprenden unos acondicionadores de señal y una tarjeta de adquisición de datos; los primeros

adaptan los valores instantáneos de las tensiones y corrientes del secundario de unos sensores de medida de tensión e intensidad (E), de tal manera que las tensiones en sus salidas pueden ser aplicables a las entradas analógicas de la tarjeta de adquisición o medios equivalentes, que convierte las 5 señales analógicas de tensión e intensidad en una serie de muestras discretas que se utilizan como entrada en el programa de medida. Asimismo hay un procesador (B) con una placa base en la que se coloca la tarjeta de adquisición para que se puedan intercambiar las muestras discretas de las señales de 10 tensión e intensidad con el programa de medida (C), en el cual pueden introducirse las especificaciones iniciales de la línea y del neutro (sección, longitud y conductor). Además hay una pantalla táctil u otros medios de visualización (D) en los que se visualiza toda la información sobre las formas de onda y el 15 valor de todas las magnitudes eléctricas relacionadas con la medida de la resistencia del conductor neutro, de su sección y pérdidas, a saber: tensiones, intensidades, potencias de neutro del sistema y sus componentes en la fuente y en la 20 carga.

El programa de medida (C) comprende los siguientes módulos (figura 5):

- Módulo de procesado digital de señal (11), que adquiere muestras de tensión e intensidad, y las guarda en un vector 25 para cada una de ellas.

- Módulo de resistencia teórica del neutro (13), que calcula la resistencia inicial del neutro, de acuerdo con la expresión [1], basándose en los datos de sección, longitud y conductividad del conductor introducidos en la entrada de 30 datos de usuario (12).

- Módulo de análisis (14), en el que se obtienen los valores eficaces y la fase inicial de las tensiones y corrientes de frecuencia fundamental, así como las corrientes de terceros armónicos, a partir de las muestras adquiridas en

el módulo de procesado digital de señal (11).

- Módulo de simétricas (15), que obtiene las matrices de las componentes de secuencia homopolar, en valor eficaz y en fase, de las tensiones y corrientes de la carga a la
5 frecuencia fundamental, a partir de las matrices obtenidas en el módulo anterior.

- Módulo de potencias de neutro (16), encargado de obtener los valores de las potencias de neutro del sistema y de sus componentes en la fuente y en la carga, así como las potencias
10 de secuencia homopolar en la fuente y en la carga y las pérdidas energéticas en el conductor neutro, según las expresiones [2] a [10], a partir de las matrices de tensiones y corrientes de los dos módulos anteriores, así como de las matrices de valores de diferencia relativa de las potencias de
15 neutro de la carga y del sistema, correspondientes a cada valor de la resistencia teórica del neutro, obtenida en el módulo (13).

- Módulo de resistencia del neutro y pérdidas (17), en el que se obtiene la resistencia y la sección real del conductor
20 neutro, así como las pérdidas en dicho conductor, basándose en los datos obtenidos en el módulo de potencias de neutro (16), de acuerdo con las expresiones [11] a [15].

- Módulo de visualización (18), encargado de mostrar en una pantalla la información gráfica y numérica de la
25 resistencia, sección y pérdidas en el conductor neutro, así como la información sobre el estado de conservación de dicho conductor en una barra con tres colores (verde, amarillo o naranja y rojo), tal como se muestra en la figura 6.

Aunque no se muestra en las figuras, según una realización
30 preferida de la invención el dispositivo comprende además unos medios de alarma para emitir una alarma para avisar a un usuario de una situación de peligro en caso de que la sección real del conductor neutro disminuya por debajo de un umbral determinado con respecto a la sección inicial del conductor

neutro. La alarma emitida por dichos medios de alarma puede ser, por ejemplo, una alarma acústica, una alarma visual o una combinación de ambas.

La figura 7 muestra otra posible realización del
5 procedimiento para la determinación indirecta de la resistencia del neutro y su aplicación a dispositivos de protección de instalaciones eléctricas frente al deterioro del conductor neutro (relés de protección), objeto de la presente invención. Comprende las mismas operaciones (1), (2), (4), (5)
10 y (6) del procedimiento anterior, aplicado a la realización de analizadores de redes e instrumentos de vigilancia del estado del neutro, aunque en este caso no es necesario el cálculo de los terceros armónicos (3), ni de las pérdidas en el conductor neutro (8). Como diferencia, el presente procedimiento integra
15 el cálculo de la sección del conductor neutro dentro de la etapa 7. En concreto, a partir de las potencias activas de secuencia homopolar de la fuente y de la carga, según las expresiones [9], se obtiene (en 7) la resistencia real del neutro, de acuerdo con las expresiones [10] a [13], así como
20 la sección real del conductor neutro (en 7), según la expresión [15], indicada anteriormente.

Adicionalmente, el procedimiento comprende la siguiente nueva etapa:

- En función de los valores de la resistencia y de la
25 sección real del conductor neutro y de su comparación con un valor establecido como referencia (entre 1,25 y 1,5 veces la resistencia nominal del conductor neutro), se activarán unos medios de protección (en 10), que pueden ser la bobina de activación de un interruptor mecánico o el circuito de disparo
30 para un interruptor estático.

El dispositivo para la puesta en práctica del procedimiento de protección, como se muestra en la figura 8, comprende unos medios físicos de medida y adquisición de señales eléctricas (A) (hardware) y un procesador (B), así

como un programa de medida (medios de cálculo) de la resistencia del neutro (F) y unos medios de protección (G) formados por unos medios de activación (H) y un interruptor (I).

5 Las señales de salida de los sensores internos de medida de tensión e intensidad (E) se adaptan por unos acondicionadores de señal y se aplican a las entradas analógicas de una tarjeta de adquisición de datos o medios
10 equivalentes, elementos, todos ellos, que integran los medios físicos de adquisición de datos (A), mostrados en la figura 8. La tarjeta de adquisición de datos se encuentra dispuesta en una placa base de un procesador (B), que intercambia con el programa (F) las muestras discretas de las señales de tensión e intensidad, procedentes de la tarjeta de adquisición de
15 datos; el programa (F) admite la introducción de las especificaciones iniciales de la línea y del neutro (sección, longitud y conductividad del conductor), por parte del usuario, e intercambia información con los medios de activación (H) de los medios de protección (G), gestionando la
20 aplicación o no de una señal de activación de un interruptor (I), obtenida a través de los medios físicos (A), en función de las condiciones en las que se encuentra el conductor neutro.

El programa (F) consta de los mismos módulos (11) a (15),
25 con funciones similares que en la aplicación para analizadores de redes e instrumentos de vigilancia del estado del conductor neutro descrito anteriormente, y comprende, adicionalmente, los siguientes módulos (figura 9):

- Módulo de potencias de neutro (19), encargado de obtener
30 los valores de las potencias de neutro del sistema y de sus componentes en la fuente y en la carga, según las expresiones [2] a [10], a partir de las matrices de tensiones y corrientes de los módulos (14) y (15), así como de las matrices de valores de diferencia relativa de las potencias de neutro de

la carga y del sistema, correspondientes a cada valor de la resistencia teórica del neutro, obtenida en el módulo (13); este módulo integra también el cálculo de la resistencia y de la sección real del conductor neutro, de acuerdo con las expresiones [11], [12], [13] y [15], no siendo estrictamente necesaria la determinación de las pérdidas en el neutro para esta aplicación.

- Módulo de protección (20), encargado de decidir la aplicación de la señal de activación del interruptor (I) en función del valor de la resistencia (o de la sección) del conductor neutro, obtenido del módulo anterior.

La invención se ha descrito según realizaciones preferentes de la misma, pero para el experto en la materia resultará evidente que pueden introducirse múltiples variaciones en dichas realizaciones preferentes sin apartarse del objeto de la invención reivindicada.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la determinación del estado del conductor neutro en una instalación eléctrica que comprende las etapas de:

- 5 i) calcular la resistencia teórica del neutro (r_n^0) en el instante inicial, a partir de las siguientes características de la línea: sección nominal inicial del conductor (A_0), generalmente conocida, longitud estimada o medida del cable (l_0) y conductividad (γ_0) del conductor utilizado (generalmente de cobre o aluminio), a la temperatura de trabajo nominal del cable, determinada por las normativas vigentes, dependiendo del tipo de línea (subterránea, aérea o interior),

$$r_n^0 = \frac{l_0}{\gamma_0 \cdot A_0}$$

15

[1]

- ii) 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 el punto de conexión de las cargas con la red eléctrica, separando sus componentes a la frecuencia fundamental, (v_{A1} , v_{B1} , v_{C1}) y (i_{A1} , i_{B1} , i_{C1}), de las corrientes de frecuencia no fundamental (i_{Ah} , i_{Bh} , i_{Ch});

20

- ii-a) determinar, a partir de las componentes a la frecuencia fundamental, las componentes de secuencia homopolar a la frecuencia fundamental de las tensiones (v_{011}) y corrientes (i_{01});

25

- iii) obtener el ángulo de desfase entre las tensiones y corrientes de secuencia homopolar en la carga, a la frecuencia fundamental (φ_{011}), como la diferencia entre la fase inicial de dichas tensiones y corrientes (α_{011} , β_{01}):

30

$$\varphi_{011} = \alpha_{011} - \beta_{01}$$

[2]

- iv) calcular la potencia de neutro de la carga a la frecuencia fundamental (S_{n1l}) según la siguiente expresión:

$$S_{n1l} = V_{01l} \cdot \sqrt{3 \cdot (I_{A1}^2 + I_{B1}^2 + I_{C1}^2)} \quad [3]$$

- 5 v) determinar el valor de la diferencia relativa ε^c entre la potencia de neutro de la carga y la potencia de neutro del sistema, comenzando por sustituir el valor $r_n^c = r_n^0$ en la siguiente función potencial

$$\varepsilon^c = K \cdot \left(\frac{r_n^c}{r_n^0} \right)^{-a} \quad [4]$$

- 10 en la que los valores de k y de a se conocen a partir de tablas mostradas a continuación en el presente documento;

- vi) calcular la potencia de neutro del sistema a la frecuencia fundamental (S_{n1}^c), como:

$$15 \quad S_{n1}^c = (1 - \varepsilon^c) \cdot S_{n1l} \quad [5]$$

- vii) determinar la potencia de neutro de la fuente a la frecuencia fundamental (S_{n1s}^c) basándose en la siguiente expresión:

$$S_{n1s}^c = \sqrt{S_{n1l}^2 - (S_{n1}^c)^2} \quad [6]$$

- 20 viii) obtener el valor eficaz de la tensión de secuencia homopolar en la fuente, a la frecuencia fundamental (V_{01s}^c), de acuerdo con la expresión:

$$V_{01s}^c = \frac{S_{n1s}^c}{\sqrt{3 \cdot (I_{A1}^2 + I_{B1}^2 + I_{C1}^2)}} \quad [7]$$

- 25 ix) calcular el ángulo de desfase (ϕ_{01s}^c) entre las tensiones y corrientes de secuencia homopolar en la fuente, a la frecuencia fundamental, según la

expresión:

$$\varphi_{01s}^c = \arcsin\left(\frac{V_{01l}}{V_{01s}^c} \sin \varphi_{01l}\right) \quad [8]$$

- x) determinar las potencias activas de secuencia homopolar de la fuente (P_{01s}^c) y de la carga (P_{01l}), a la frecuencia fundamental, en función de las siguientes expresiones:

$$P_{01s}^c = 3 V_{01s}^c \cdot I_{01} \cdot \cos \varphi_{01s}^c \quad P_{01l} = 3 V_{01l} \cdot I_{01} \cdot \cos \varphi_{01l} \quad [9]$$

en el que la primera de ellas se calcula, mientras que la segunda se obtiene a partir de tensiones y corrientes medidas en la carga;

- xi) calcular las pérdidas en el conductor neutro a la frecuencia fundamental como:

$$P_{n1}^c = P_{01l} - P_{01s}^c \quad [10]$$

- xii) obtener la resistencia calculada del neutro (r_n^c) a partir de la siguiente relación:

$$r_n^c = \frac{P_{n1}^c}{9 I_{01}^2} \quad [11]$$

- xiii) en el caso de que el valor de r_n^c sea muy próximo a r_n^0 , la resistencia real del conductor neutro queda determinada y coincide con el valor teórico obtenido en el instante inicial del procedimiento,

$$r_n(\text{real}) = r_n^c = r_n^o \quad [12]$$

- xiv) en el caso de que los valores de r_n^c y r_n^0 difieran, repetir las etapas v) a xii), utilizando el valor de r_n^c obtenido cada vez en la etapa xii) hasta alcanzar un valor de convergencia (r_n^{conv}), que será el valor real de la resistencia del neutro,

$$r_n(\text{real}) = r_n^{\text{conv}} \quad [13]$$

xv) obtener la sección real del conductor neutro como:

$$A(real) = \frac{l_o}{\gamma_o \cdot r_n(real)} \quad [15]$$

2. Procedimiento según la reivindicación 1, que comprende además la etapa ii-b) de determinar, a partir de las corrientes de frecuencia no fundamental, las corrientes de terceros armónicos (i_{0h}).
3. Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado por que comprende además la etapa xiv') de determinar las pérdidas reales en el conductor neutro, basándose en la siguiente expresión:

$$P_n(real) = 9 r_n(real) \cdot [I_{01}^2 + I_{0h}^2] \quad [14]$$
4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que comprende además la etapa de emitir una alarma para avisar a un usuario de una situación de peligro en caso de que la sección real del conductor neutro disminuya por debajo de un umbral determinado con respecto a la sección inicial del conductor neutro.
5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que comprende además la etapa de abrir la instalación para protegerla en caso de que la sección real del conductor neutro disminuya por debajo de un umbral determinado con respecto a la sección inicial del conductor neutro.
6. Dispositivo para la determinación del estado del conductor neutro en una instalación eléctrica, comprendiendo dicho dispositivo:
 - medios de entrada para la introducción de datos por parte de un usuario;
 - medios físicos de medida y adquisición de señales eléctricas; y
 - medios de cálculo programables para llevar a cabo los

cálculos del procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5.

7. Dispositivo según la reivindicación 6, caracterizado por que comprende además:
 - 5 - sensores de medida de tensión e intensidad; y
 - un procesador.
8. Dispositivo según la reivindicación 7, caracterizado por que los medios físicos de medida y adquisición de señales eléctricas comprenden:
 - 10 - acondicionadores de señal para adaptar los valores proporcionados por los sensores de medida de tensión e intensidad; y
 - una tarjeta de adquisición de datos que recibe señales adaptadas de los acondicionadores de señal y las
 - 15 comunica a los medios de cálculo programables a través del procesador.
9. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8, caracterizado por que comprende además unos medios de visualización para presentar al usuario el resultado de al
- 20 menos uno de los valores obtenidos por los medios de cálculo programables.
10. Dispositivo según la reivindicación 9, caracterizado por que los medios de entrada y los medios de visualización se combinan formando una pantalla táctil.
- 25 11. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 6 a 10, caracterizado por que comprende además unos medios de alarma para emitir una alarma para avisar a un usuario de una situación de peligro en caso de que la sección real del conductor neutro disminuya por debajo de un umbral determinado con respecto a la sección inicial del
- 30 conductor neutro.
12. Dispositivo según la reivindicación 11, caracterizado por que los medios de alarma emiten una alarma acústica.
13. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 11 y

- 12, caracterizado por que los medios de alarma emiten una alarma visual.
14. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 6 a 13, caracterizado por que los medios de cálculo comprenden:
- un módulo de procesamiento digital de señal;
 - un módulo de resistencia teórica del neutro;
 - un módulo de análisis;
 - un módulo de simétricas;
 - un módulo de potencias de neutro;
 - un módulo de resistencia del neutro y pérdidas; y
 - un módulo de visualización.
15. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8 y 11 a 13, caracterizado por que comprende además unos medios de protección para abrir la instalación para protegerla en caso de que la sección real del conductor neutro disminuya por debajo de un umbral determinado con respecto a la sección inicial del conductor neutro.
16. Dispositivo según la reivindicación 15, caracterizado por que los medios de protección comprenden unos medios de activación y un interruptor activado por los medios de activación.
17. Dispositivo según la reivindicación 16, caracterizado por que los medios de activación son una bobina de activación.
18. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 15 a 17, caracterizado por que los medios de cálculo comprenden:
- un módulo de procesamiento digital de señal;
 - un módulo de resistencia teórica del neutro;
 - un módulo de análisis;
 - un módulo de simétricas;
 - un módulo de potencias de neutro; y
 - un módulo de protección.

1/8

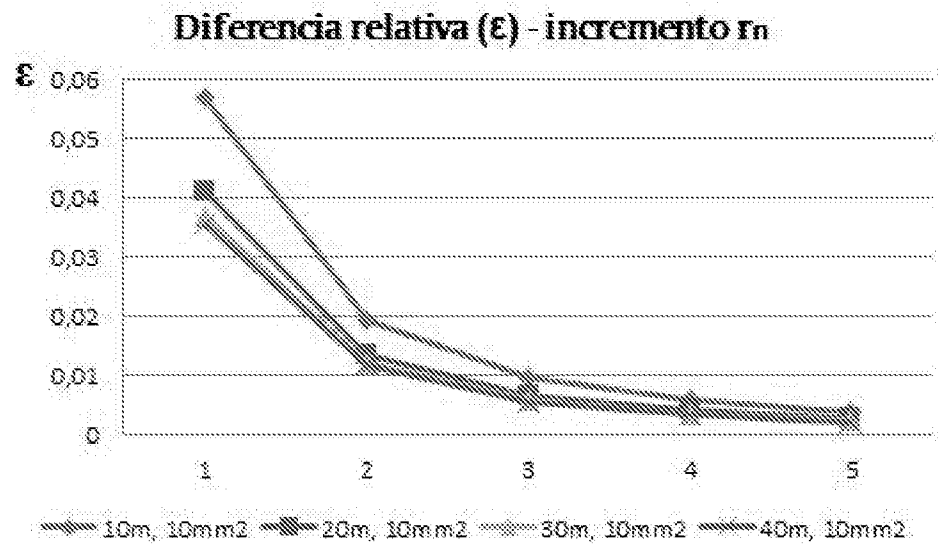


FIG. 1

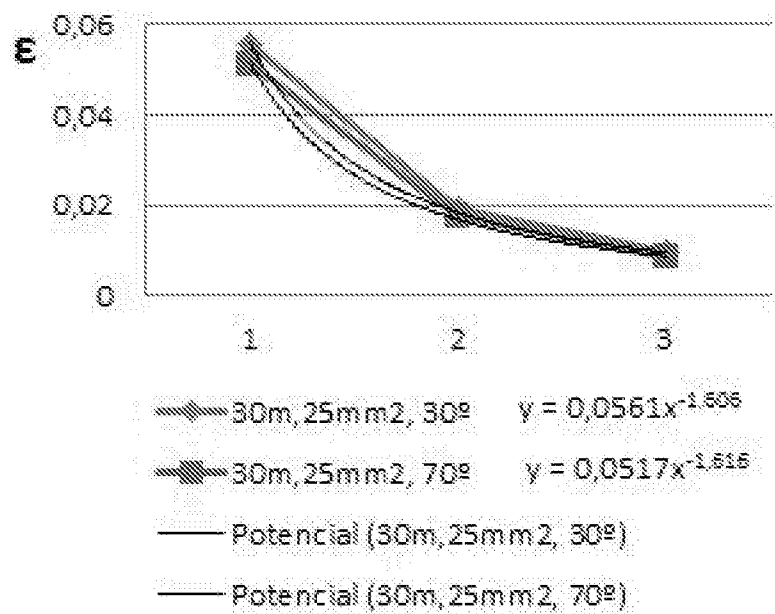


FIG. 2

2/8

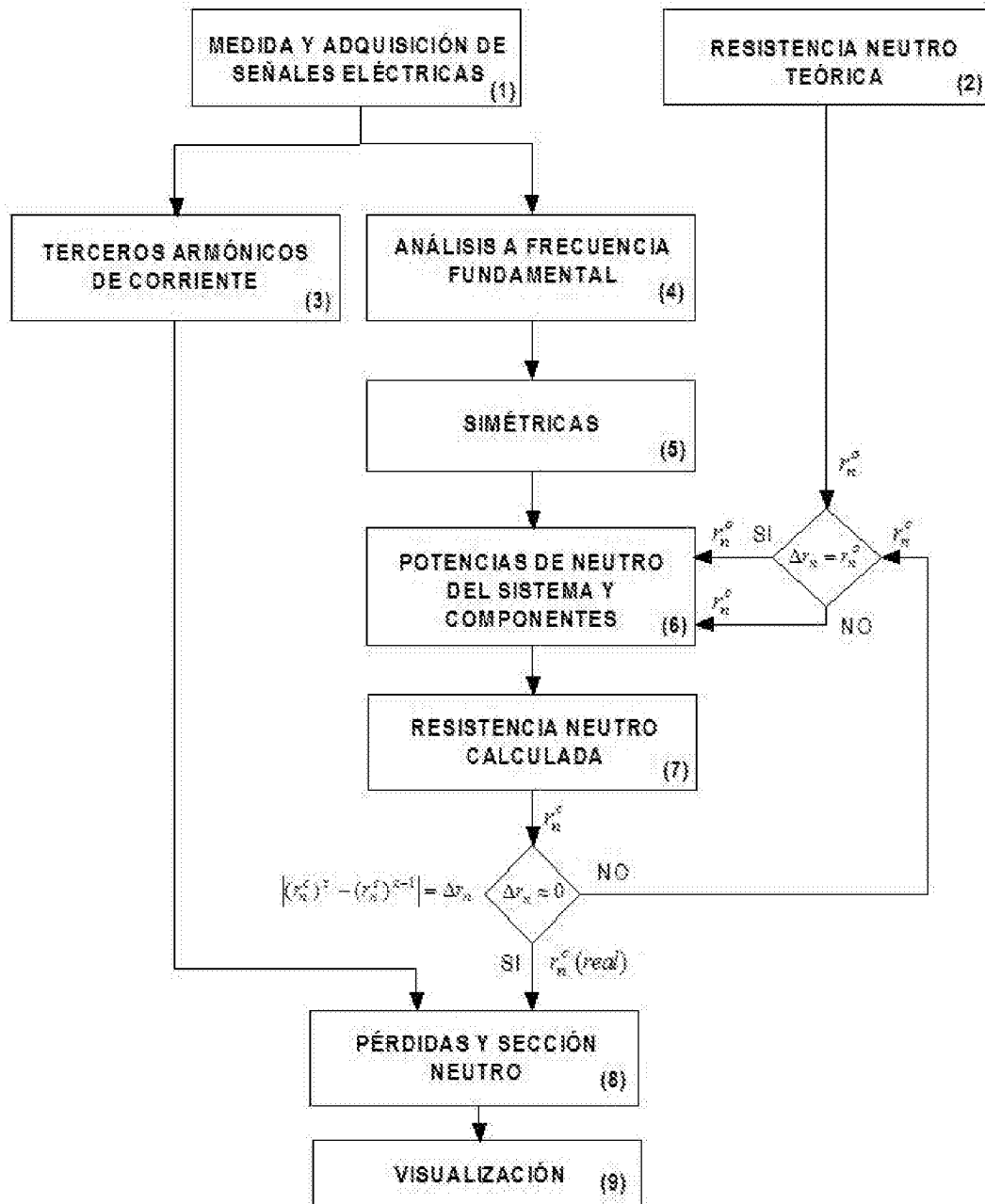


FIG. 3

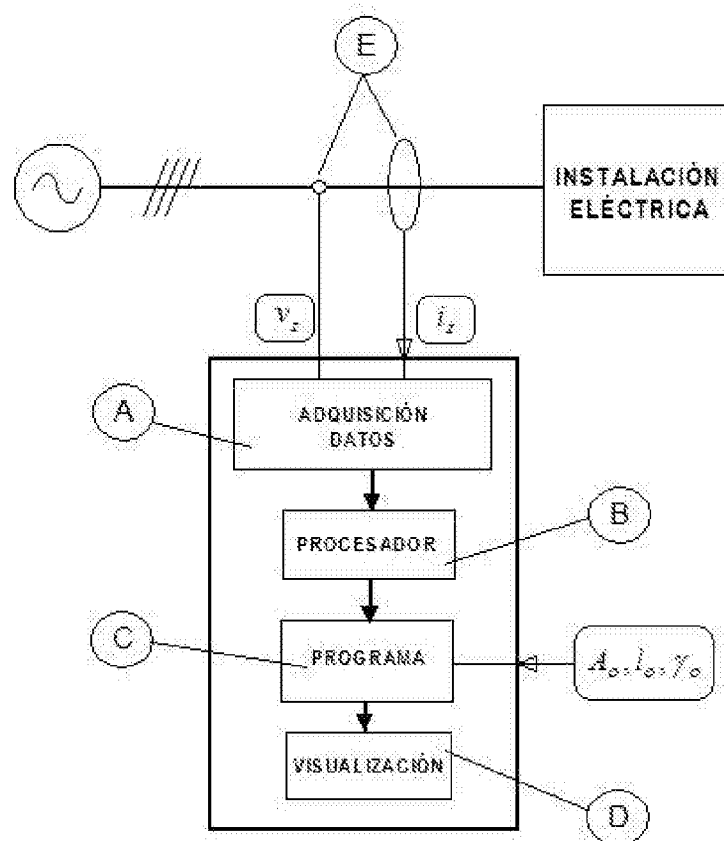


FIG. 4

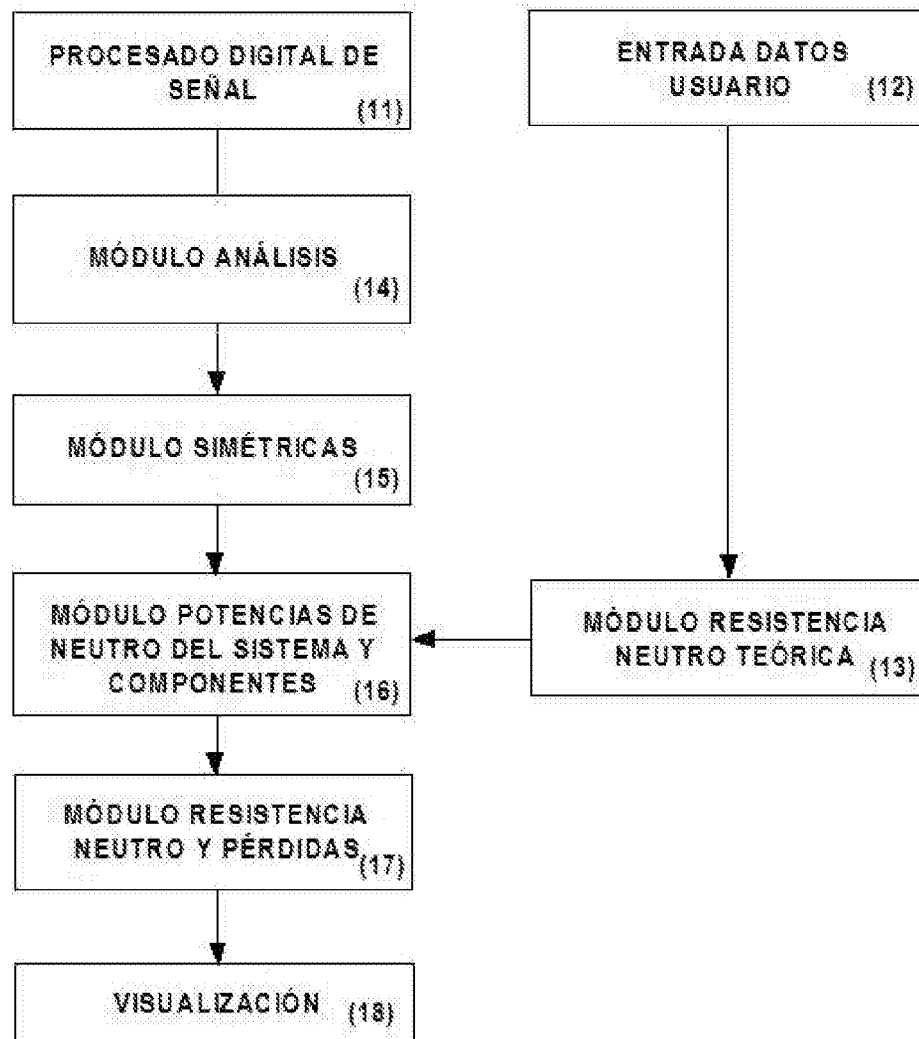


FIG. 5

CONDICIONES OPERACIÓN NEUTRO

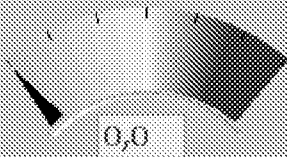
CARACTERÍSTICAS NOMINALES

SECCIÓN	LONGITUD	CABLE	MÉTODO
1,5 mm2	0 m	PVC - Cu	INTERIOR

PARÁMETROS ACTUALES

RESISTENCIA	0 Ω
SECCIÓN	0 mm ²
PÉRDIDAS	0 w

ESTADO NEUTRO



0,0

FIG. 6

6/8

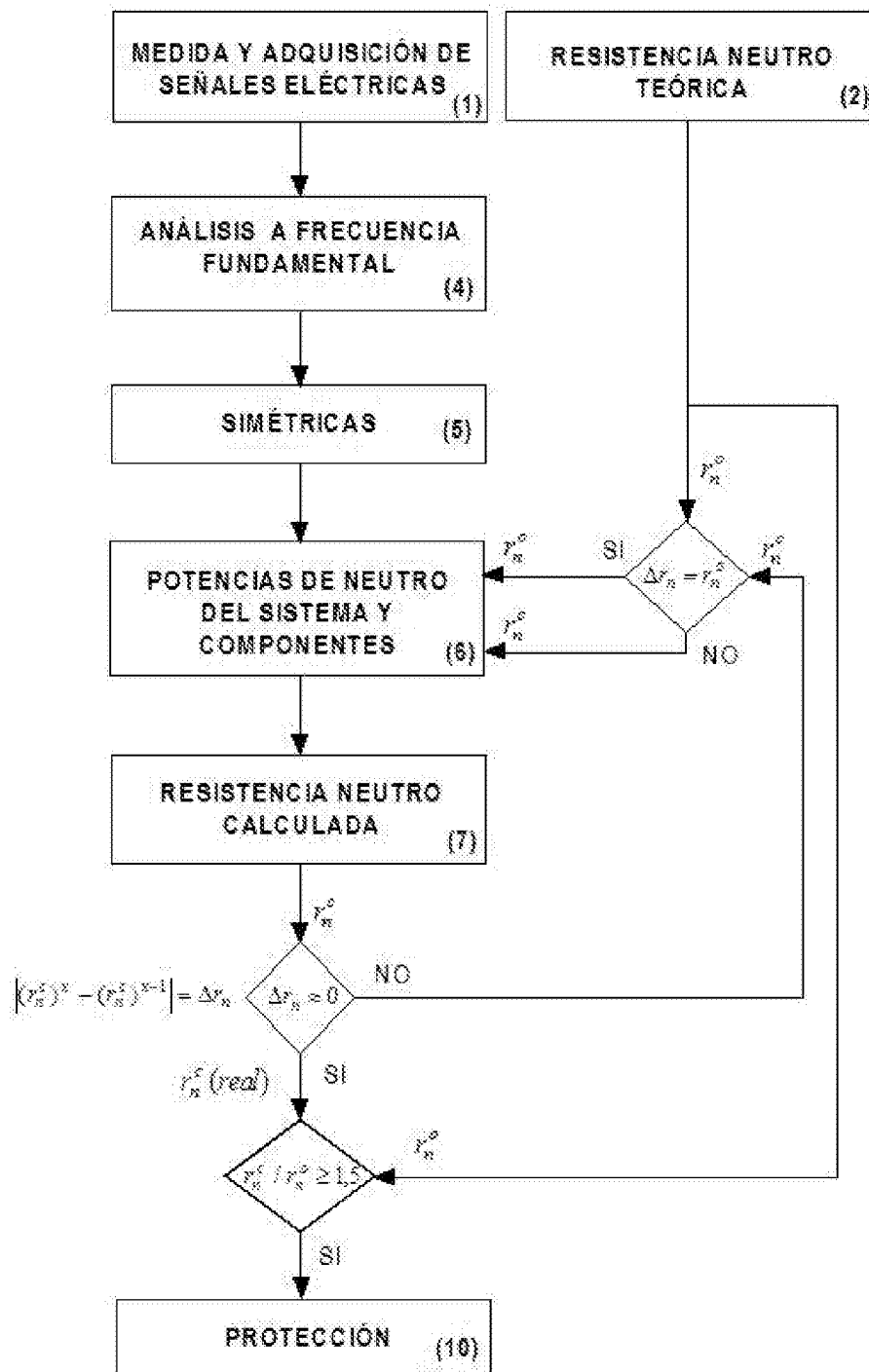


FIG. 7

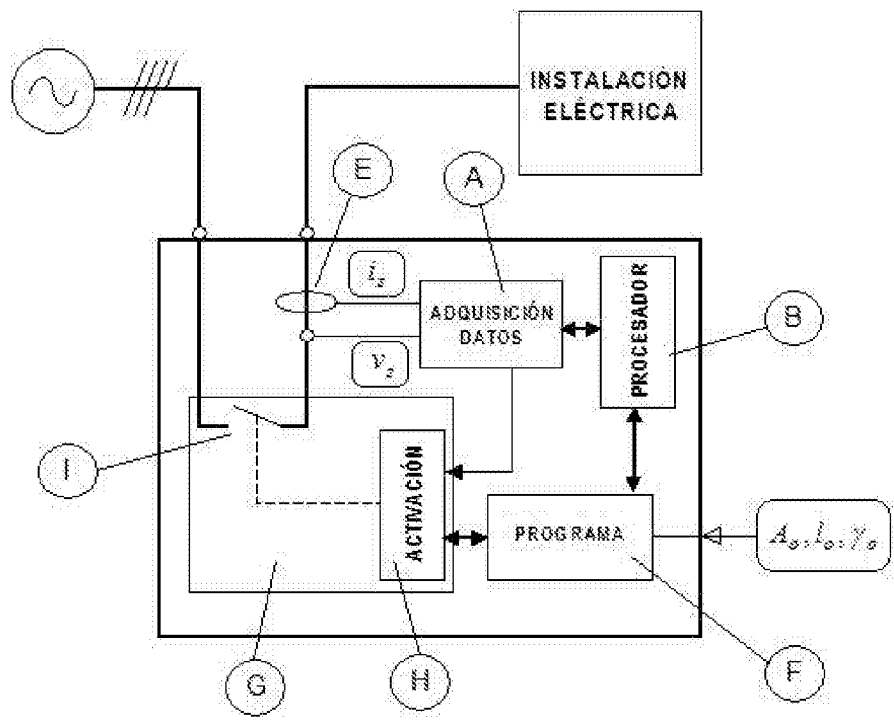


FIG. 8

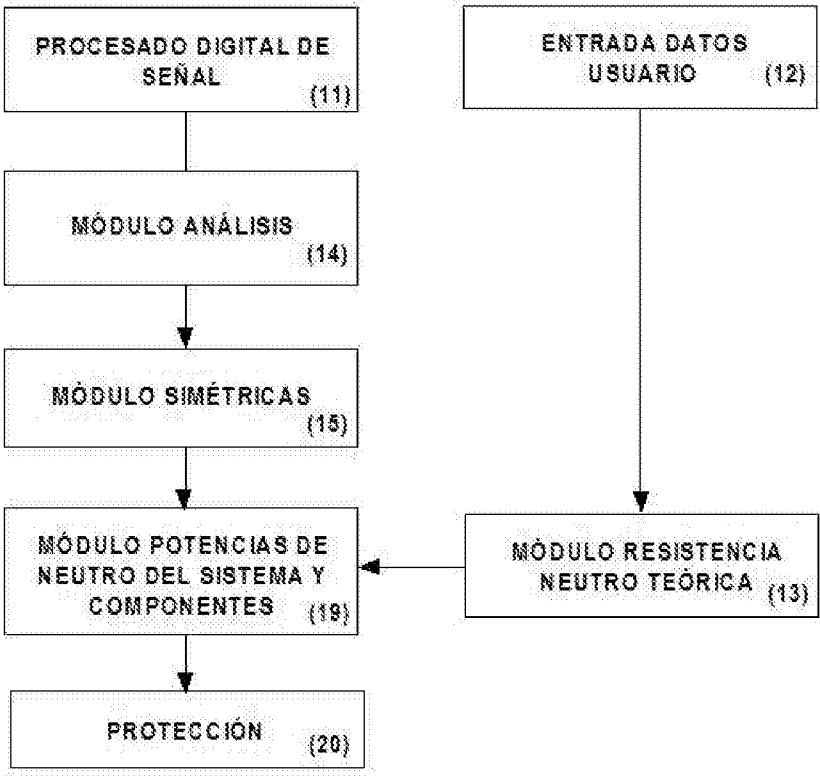


FIG. 9

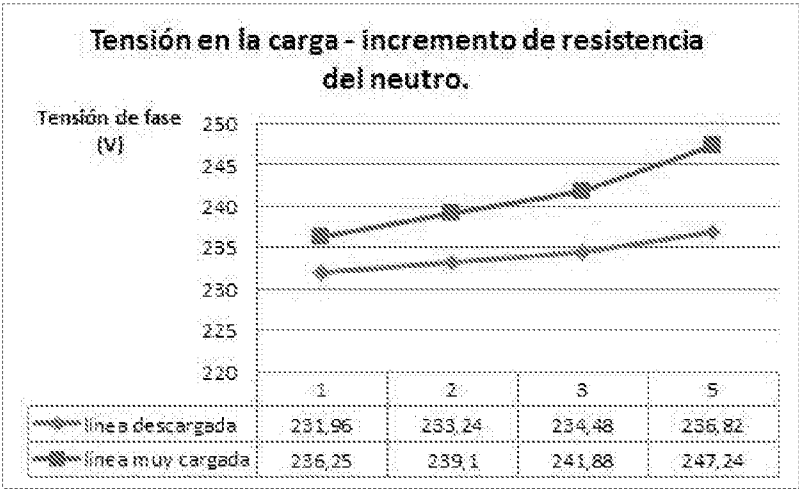


FIG. 10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/ES2017/070185

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01R31/02 (2006.01)

G01R31/08 (2006.01)

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01R

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

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

EPODOC, INVENES,

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 2693227 A2 (SCHNEIDER ELECTRIC IND SAS) 05/02/2014, the whole document.	1-18
A	US 8310370 B1 (WILLIAMS JR OLIN A ET AL.) 13/11/2012, abstract; description; column 5, lines 48 - 62; column 8, line 45 – column 9, line 46.	1-18
A	US 2010102826 A1 (EDWARDS KARL NATHAN) 29/04/2010, description; figures.	1-18
A	US B534915I I5 (WITTLINGER HAROLD ALLEN) 23/03/1976, the whole document.	1-18

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

☒ See patent family annex.

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

Date of the actual completion of the international search
28/04/2017

Date of mailing of the international search report
(05/05/2017)

Name and mailing address of the ISA/

Authorized officer
M. López Sábater

OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS
Paseo de la Castellana, 75 - 28071 Madrid (España)
Facsimile No.: 91 349 53 04

Telephone No. 91 3495385

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

Information on patent family members

PCT/ES2017/070185

Patent document cited in the search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP2693227 A2	05.02.2014	AU2013209382 A1 AU2013209382B B2 CN103575995 A FR2994275 A1 FR2994275 B1	20.02.2014 12.01.2017 12.02.2014 07.02.2014 29.08.2014
-----	-----	-----	-----
US2010102826 A1	29.04.2010	US2015077891 A1 MY150946 A JP2013079969 A JP5580389B B2 CN103048578 A MY146230 A NZ577846 A AU2011200306 A1 AU2011200306B B2 JP2010510500 A US8779776 B2 CN101682184 A CA2670391 A1 AU2007324283 A1 AU2007324283B B2 EP2097961 A1 EP2097961 A4 WO2008061321 A1	19.03.2015 14.03.2014 02.05.2013 27.08.2014 17.04.2013 31.07.2012 27.04.2012 17.02.2011 13.10.2011 02.04.2010 15.07.2014 24.03.2010 29.05.2008 29.05.2008 20.01.2011 09.09.2009 27.11.2013 29.05.2008
-----	-----	-----	-----
US8310370 B1	13.11.2012	NONE	
-----	-----	-----	-----
USB534915I I5	23.03.1976	US4012668 A SE7407451L L NL7407470 A JPS5035646 A IT1010294 B FR2232855 A1 FR2232855 B1 DE2427920 A1 AU6982674 A	15.03.1977 12.12.1974 13.12.1974 04.04.1975 10.01.1977 03.01.1975 24.03.1978 02.01.1975 11.12.1975
-----	-----	-----	-----

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional nº
PCT/ES2017/070185

A. CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

G01R31/02 (2006.01)

G01R31/08 (2006.01)

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

B. SECTORES COMPRENDIDOS POR LA BÚSQUEDA

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

G01R

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

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

EPODOC, INVENES,

C. DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES

Categoría*	Documentos citados, con indicación, si procede, de las partes relevantes	Relevante para las reivindicaciones nº
A	EP 2693227 A2 (SCHNEIDER ELECTRIC IND SAS) 05/02/2014, todo el documento.	1-18
A	US 8310370 B1 (WILLIAMS JR OLIN A ET AL.) 13/11/2012, resumen; descripción; columna 5, líneas 48 - 62; columna 8, línea 45 – columna 9, línea 46.	1-18
A	US 2010102826 A1 (EDWARDS KARL NATHAN) 29/04/2010, descripción; figuras.	1-18
A	US B534915I I5 (WITTLINGER HAROLD ALLEN) 23/03/1976, todo el documento.	1-18

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

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

Fecha en que se ha concluido efectivamente la búsqueda internacional.
28/04/2017

Fecha de expedición del informe de búsqueda internacional.
05 de mayo de 2017 (05/05/2017)

Nombre y dirección postal de la Administración encargada de la búsqueda internacional
OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS
Paseo de la Castellana, 75 - 28071 Madrid (España)
Nº de fax: 91 349 53 04

Funcionario autorizado
M. López Sábater
Nº de teléfono 91 3495385

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Informaciones relativas a los miembros de familias de patentes

Solicitud internacional nº

PCT/ES2017/070185

Documento de patente citado en el informe de búsqueda	Fecha de Publicación	Miembro(s) de la familia de patentes	Fecha de Publicación
EP2693227 A2	05.02.2014	AU2013209382 A1 AU2013209382B B2 CN103575995 A FR2994275 A1 FR2994275 B1	20.02.2014 12.01.2017 12.02.2014 07.02.2014 29.08.2014
-----	-----	-----	-----
US2010102826 A1	29.04.2010	US2015077891 A1 MY150946 A JP2013079969 A JP5580389B B2 CN103048578 A MY146230 A NZ577846 A AU2011200306 A1 AU2011200306B B2 JP2010510500 A US8779776 B2 CN101682184 A CA2670391 A1 AU2007324283 A1 AU2007324283B B2 EP2097961 A1 EP2097961 A4 WO2008061321 A1	19.03.2015 14.03.2014 02.05.2013 27.08.2014 17.04.2013 31.07.2012 27.04.2012 17.02.2011 13.10.2011 02.04.2010 15.07.2014 24.03.2010 29.05.2008 29.05.2008 20.01.2011 09.09.2009 27.11.2013 29.05.2008
-----	-----	-----	-----
US8310370 B1	13.11.2012	NINGUNO	
-----	-----	-----	-----
USB534915I I5	23.03.1976	US4012668 A SE7407451L L NL7407470 A JPS5035646 A IT1010294 B FR2232855 A1 FR2232855 B1 DE2427920 A1 AU6982674 A	15.03.1977 12.12.1974 13.12.1974 04.04.1975 10.01.1977 03.01.1975 24.03.1978 02.01.1975 11.12.1975
-----	-----	-----	-----