

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 730 009**

51 Int. Cl.:

G01R 21/133 (2006.01)

G01R 22/06 (2006.01)

G01D 4/00 (2006.01)

G01R 19/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.11.2014 E 14192954 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.03.2019 EP 2873981**

54 Título: **Sistema de cálculo de la energía eléctrica, armario eléctrico que comprende tal sistema, estación de transformación y procedimiento de cálculo asociados**

30 Prioridad:

15.11.2013 FR 1361222

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

07.11.2019

73 Titular/es:

**SCHNEIDER ELECTRIC INDUSTRIES SAS
(100.0%)
35, rue Joseph Monier
92500 Rueil-Malmaison, FR**

72 Inventor/es:

**COUPELOU, OLIVIER;
MOLLIER, CHRISTOPHE;
GAILLARD, MAXIME y
SILLANS, DAMIEN**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 730 009 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Sistema de cálculo de la energía eléctrica, armario eléctrico que comprende tal sistema, estación de transformación y procedimiento de cálculo asociados

5 La presente invención se refiere a un sistema de cálculo de la energía eléctrica de una corriente alterna que circula en al menos un conductor eléctrico secundario que está conectado eléctricamente a un conductor eléctrico primario, presentando el conductor primario y el o cada conductor secundario sustancialmente la misma tensión alterna, incluyendo la corriente alterna al menos una fase.

Este sistema de cálculo comprende:

- 10 - un primer dispositivo que incluye un emisor radioeléctrico, un órgano de medición de la tensión del conductor primario, unos primeros medios de muestreo del valor de la tensión medida, unos medios de emisión según un período de emisión de un primer mensaje, correspondiendo el período de emisión a un múltiplo de períodos de tensión, siendo el período de tensión igual a la inversa de la frecuencia de la tensión alterna y unos medios de determinación de un conjunto de al menos una magnitud representativa de la tensión medida, determinándose dicho conjunto en función del valor de la tensión medida durante un período de emisión dado, conteniendo el primer mensaje dicho conjunto;
- 15 - al menos un segundo dispositivo que incluye un sensor de la intensidad de la corriente que circula en el conductor secundario correspondiente, unos segundos medios de muestreo del valor de la intensidad medida; y
- 20 - al menos un órgano de cálculo de la energía eléctrica para la o cada fase de dicha corriente que circula en el conductor secundario correspondiente, estando el órgano de cálculo conectado a al menos un segundo dispositivo correspondiente y que incluye un receptor radioeléctrico y unos medios de recepción del primer mensaje, siendo el o cada órgano de cálculo adecuado para calcular un valor de la energía eléctrica durante el período de emisión dado en función de dicho conjunto contenido en el primer mensaje y de las muestras de intensidad asociadas al período de emisión dado.

25 La presente invención se refiere, igualmente, a un armario eléctrico que comprende un cuadro que incluye unos conductores eléctricos de salida y un sistema de cálculo de este tipo.

30 La presente invención se refiere, igualmente, a una estación de transformación de una corriente eléctrica que presenta una primera tensión alterna en una corriente eléctrica que presenta una segunda tensión alterna, comprendiendo esta estación de transformación un armario eléctrico de este tipo, un cuadro de llegada que incluye al menos un conductor eléctrico de llegada adecuado para estar conectado a una red eléctrica, presentando el conductor de llegada la primera tensión alterna, formando el cuadro del armario un cuadro de salida cuyos conductores de salida correspondientes presentan la segunda tensión alterna. La estación de transformación incluye, además, un transformador eléctrico conectado entre el cuadro de llegada y el cuadro de salida, siendo el transformador adecuado para transformar la corriente que presenta la primera tensión alterna en la corriente que presenta la segunda tensión alterna.

35 La presente invención se refiere, igualmente, a un procedimiento de cálculo de la energía eléctrica con un sistema de cálculo de este tipo.

40 Se conoce por el documento WO 2013/017663 A1 un sistema de cálculo del tipo mencionado anteriormente. El sistema de cálculo comprende un primer dispositivo, llamado módulo primario, que incluye un emisor radioeléctrico, un órgano de medición de la tensión del conductor primario, unos medios de muestreo del valor de la tensión medida y unos medios de emisión de un primer mensaje. El período de emisión del primer mensaje es igual a un segundo y corresponde a 50 períodos de tensión, siendo el período de tensión igual a la inversa de la frecuencia de la tensión alterna, esto es, 20 ms. El sistema de cálculo comprende, igualmente, varios segundos dispositivos, llamados módulos secundarios, que incluye cada uno un sensor de la intensidad de la corriente que circula en el conductor secundario correspondiente, unos medios de muestreo del valor de la intensidad medida y un órgano de cálculo de la energía eléctrica para la o cada fase de dicha corriente que circula en el conductor secundario correspondiente.

45 Para el cálculo de la energía eléctrica, el órgano de cálculo calcula, en cada período de tensión, es decir, cada 20 ms, una potencia activa a partir de los valores de las intensidades medidas y de los valores de las tensiones recibidas en el primer mensaje. La energía activa se calcula, entonces, incrementando, para cada fase, un contador positivo de energía cuando la potencia activa calculada es positiva e incrementando un contador negativo de energía cuando la potencia activa calculada es negativa. La energía eléctrica se calcula para el período de emisión dado y en función de un conjunto de magnitudes representativas de la tensión medida. Este conjunto se determina para un período de 50 tensión seleccionado de entre la pluralidad de períodos de tensión durante el período de emisión dado, con el fin de limitar la cantidad de datos transmitidos por ondas radioeléctricas entre los elementos del sistema para el cálculo de la energía eléctrica.

No obstante, el cálculo de la energía eléctrica con la ayuda de un sistema de cálculo de este tipo no es óptimo.

55 La finalidad de la invención es proponer un sistema de cálculo más preciso.

Para este propósito, la invención tiene como objeto un sistema de cálculo según la reivindicación 1.

- 5 Con el sistema de cálculo según la invención, la energía eléctrica se calcula de manera más precisa, permitiendo el coeficiente corrector tener en cuenta, para el cálculo de la energía, el valor representativo de la tensión en el transcurso de varios períodos de tensión, a partir del momento donde dicho valor representativo es superior al umbral predeterminado. La cantidad de datos transmitidos por ondas radioeléctricas es, además, idéntica a la transmitida con el sistema de cálculo del estado de la técnica.
- Con el sistema de cálculo del estado de la técnica, la energía se calcula con la ayuda de dicho valor representativo de la tensión para el único período de tensión seleccionado de entre la pluralidad de períodos de tensión durante el período de emisión dado y el cálculo de la energía es, por lo tanto, menos preciso que con el sistema de cálculo según la invención.
- 10 Según otros aspectos ventajosos de la invención, el sistema de cálculo comprende una o varias de las siguientes características, tomada(s) de manera aislada o según todas las combinaciones técnicamente posibles, según las reivindicaciones dependientes 2 a 7.
- La invención tiene como objeto, igualmente, un armario eléctrico según la reivindicación 8.
- La invención tiene como objeto, igualmente, una estación de transformación según la reivindicación 9.
- 15 La invención tiene como objeto, igualmente, un procedimiento de cálculo de la energía eléctrica según la reivindicación 10.
- Estas características y ventajas de la invención se harán evidentes con la lectura de la descripción que va a seguir, dada únicamente a título de ejemplo no limitativo y hecha con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:
- 20 - la figura 1 es una representación esquemática de una estación de transformación que comprende un primer cuadro, un segundo cuadro conectado al primer cuadro por medio de un transformador y un sistema de cálculo de la energía eléctrica de la corriente que circula en unos conductores de salida del segundo cuadro,
 - la figura 2 es una representación esquemática del sistema de cálculo de la figura 1, comprendiendo el sistema de cálculo un primer dispositivo de medición de la tensión, una pluralidad de segundos dispositivos de medición de la intensidad y un dispositivo de centralización,
 - 25 - la figura 3 es una representación esquemática del segundo dispositivo de la figura 2,
 - la figura 4 es un diagrama de flujo de las etapas de un procedimiento de cálculo según la invención, implementadas por el primer dispositivo de la figura 2,
 - la figura 5 es un diagrama de flujo de las etapas del mismo procedimiento de cálculo, implementadas por los segundos dispositivos de las figuras 2 y 3,
 - 30 - la figura 6 es un diagrama de flujo de las etapas del mismo procedimiento de cálculo, implementadas por el dispositivo de centralización de la figura 2,
 - la figura 7 es un diagrama de temporización que representa los instantes de emisión y de recepción de un primer mensaje, siendo este emitido por el primer dispositivo con destino a los segundos dispositivos y
 - 35 - la figura 8 es un diagrama de temporización que representa los períodos temporales para los que se determinan unos coeficientes de una descomposición en serie de Fourier de la tensión y, respectivamente, de la intensidad e, igualmente, los instantes temporales de preparación del primer mensaje, de emisión del primer mensaje y de cálculo de la energía eléctrica.
- En la continuación de la descripción, la expresión "sustancialmente igual a" define una relación de igualdad en más o menos un 5 %.
- 40 En la figura 1, una estación de transformación 10 conectada a una red eléctrica 12 comprende un primer cuadro 14, igualmente llamado cuadro de llegada, un segundo cuadro 16, igualmente llamado cuadro de salida, un transformador eléctrico 18 conectado entre el primer cuadro y el segundo cuadro y un sistema 20 de medición de la energía eléctrica de una corriente.
- 45 Como variante, un armario eléctrico, no representado, incluye el segundo cuadro 16 y el sistema de medición 20. En otras palabras, el armario eléctrico incluye los elementos de la estación de transformación 10 con la excepción del transformador eléctrico 18 y del primer cuadro 14, estando el segundo cuadro 16 alimentado, por ejemplo, directamente con baja tensión.
- La estación de transformación 10 es adecuada para transformar la corriente eléctrica suministrada por la red 12 y que presenta una primera tensión alterna, en una corriente eléctrica que presenta una segunda tensión alterna.
- 50 La red eléctrica 12 es una red alterna, tal como una red trifásica. La red eléctrica 12 es, por ejemplo, una red de media tensión, es decir, de tensión superior a 1.000 V e inferior a 50.000 V. La primera tensión trifásica es, entonces, una media tensión. Como variante, la red eléctrica 12 es una red de alta tensión, es decir, de tensión superior a 50.000 V.
- El primer cuadro 14 incluye varias llegadas 22, incluyendo cada llegada 22 un primer 24A, 24B, un segundo 26A, 26B y un tercer 28A, 28B conductores de llegada. Cada primer, segundo, tercer conductor de llegada 24A, 24B, 26A, 26B, 28A, 28B está conectado a la red eléctrica por medio de un disyuntor de llegada 32 respectivo. La corriente trifásica
- 55

que circula en los conductores de llegada 24A, 24B, 26A, 26B, 28A, 28B correspondientes presenta la primera tensión trifásica.

5 El segundo cuadro 16 comprende un primer 34, un segundo 36, un tercer 38 y un cuarto 39 conductores primarios y una pluralidad N de salidas 40A, 40B, ... 40N, a saber, una primera salida 40A, una segunda salida 40B, ..., una N-ésima salida 40N, siendo cada salida 40A, 40B, ..., 40N adecuada para suministrar una tensión trifásica.

Cada salida 40A, 40B, 40N es una salida de baja tensión, es decir, de tensión inferior a 1.000 V. La segunda tensión trifásica es, entonces, una baja tensión. Como variante, cada salida 40A, 40B, ..., 40N es una salida de media tensión, es decir, de tensión superior a 1.000 V e inferior a 50.000 V.

10 La primera salida 40A incluye un primer 42A, un segundo 44A, un tercer 46A y un cuarto 48A conductores secundarios y tres disyuntores de salida 50. Los primer, segundo y tercer conductores secundarios 42A, 42B, 42C están conectados respectivamente a los primer, segundo y tercer conductores primarios 34, 36, 38 por medio de un disyuntor de salida 50 correspondiente. El cuarto conductor secundario 48A está conectado directamente al cuarto conductor primario 39.

15 Los conductores primarios de salida 34, 36, 38 y los conductores secundarios de salida 42A, 44A, 46A correspondientes presentan sustancialmente la misma tensión, a saber, respectivamente, una primera tensión U1, una segunda tensión U2 y una tercera tensión U3 correspondientes a las tres fases de la segunda tensión trifásica.

Las otras salidas 40B, ... 40N son idénticas a la primera salida 40A descrita anteriormente e incluyen los mismos elementos, reemplazando cada vez la letra A por la letra B, ..., N correspondiente que se refiere a las referencias de los elementos.

20 El transformador eléctrico 18 es adecuado para transformar la corriente procedente de la red eléctrica que presenta la primera tensión alterna en la corriente suministrada en el segundo cuadro 16 y que presenta la segunda tensión alterna. El transformador eléctrico 18 incluye un arrollamiento primario 52 conectado al primer cuadro 14 y un arrollamiento secundario 54 conectado al segundo cuadro 16.

El sistema de cálculo 20 es adecuado para calcular la energía eléctrica de la corriente que circula en el o cada conductor secundario de salida 42A, 44A, 46A, 42B, 44B, 46B, ..., 42N, 44N, 46N.

25 El sistema de cálculo 20, visible en la figura 2, comprende un primer dispositivo 60, una pluralidad N de segundos dispositivos 62A, 62B, ..., 62N y un dispositivo de centralización 64.

30 El primer dispositivo 60 incluye un órgano 66 de medición de la tensión de la corriente que circula en el conductor primario 34, 36, 38 correspondiente y una unidad 68 de procesamiento de información. El primer dispositivo 60 incluye, igualmente, un emisor-receptor radioeléctrico 70, una antena radioeléctrica 72 y un órgano 74 de alimentación eléctrica del órgano de medición, de la unidad de procesamiento de información y del emisor-receptor radioeléctrico.

35 El segundo dispositivo con la referencia 62A incluye, para cada uno de los primer 42A, segundo 44A y tercer 46A conductores secundarios, un sensor 76A de la intensidad de la corriente que circula en el conductor secundario 42A, 44A, 46A correspondiente. El segundo dispositivo 62A incluye una unidad 78A de procesamiento de información, un emisor-receptor radioeléctrico 80A y una antena radioeléctrica 82A. El segundo dispositivo 62A incluye, igualmente, un órgano 84A de alimentación eléctrica de la unidad de procesamiento de información y del emisor-receptor radioeléctrico. El segundo dispositivo 62A se identifica por un número único, igualmente llamado identificador.

40 Los otros segundos dispositivos 62B, ..., 62N son idénticos al segundo dispositivo 62A descrito anteriormente e incluyen los mismos elementos, reemplazando cada vez la letra A por la letra B, ..., N correspondiente que se refiere a las referencias de los elementos. Cada uno de los otros segundos dispositivos 62B, ..., 62N presenta, igualmente, un identificador único.

El dispositivo de centralización 64 incluye una unidad 86 de procesamiento de información, una base de datos 88 y una interfaz hombre-máquina 90. El dispositivo de centralización 64 incluye un emisor-receptor radioeléctrico 92, una antena radioeléctrica 94 y un órgano 96 de alimentación eléctrica de la unidad de procesamiento de información, de la base de datos, de la interfaz hombre-máquina y del emisor-receptor radioeléctrico.

45 El órgano de medición 66 es adecuado para medir la primera tensión U1 de la fase que circula a través del primer conductor primario 34, la segunda tensión U2 de la fase que circula a través del segundo conductor primario 36 y la tercera tensión U3 de la fase que circula a través del tercer conductor primario 38. El órgano de medición 66 es adecuado, igualmente, para medir la frecuencia F de la tensión trifásica que circula a través de los conductores primarios 34, 36, 38.

50 La unidad de procesamiento de información 68 incluye un procesador 98 y una memoria 100 idónea para almacenar un software 102 de medición de las tensiones U1, U2, U3 con la ayuda del órgano de medición 66 y un primer software 103 de muestreo, con un período de muestreo P_{mues} predeterminado, del valor de la tensión medida U1, U2, U3. Las muestras de la tensión medida U1, U2, U3 se indican respectivamente $U_{1,k,m}$, $U_{2,k,m}$, $U_{3,k,m}$ donde k es un índice de una ventana de muestreo de duración predeterminada, asociada al muestreo y m es un índice de muestra que varía entre

1 y N_{mues} , siendo N_{mues} un número entero que representa el número de muestras de tensiones en la ventana de muestreo. La ventana de muestreo se elige, por ejemplo, igual al período de tensión $P_{\text{tensión}}$, es decir, igual a la inversa de la frecuencia de tensión F medida por el órgano de medición 66.

5 La memoria 100 es idónea para almacenar un primer software 104 de determinación de una pluralidad de coeficientes de una transformada de las muestras $U_{1,k,m}$, $U_{2,k,m}$, $U_{3,k,m}$ de cada tensión medida, hasta un rango J de valor superior o igual a 1, preferentemente superior o igual a 5, más preferentemente igual a 17. Por convención, el rango igual a 1 corresponde a lo fundamental de la transformada.

10 La memoria 100 es idónea para almacenar un software 105 de emisión de un primer mensaje $M1$ con destino a cada segundo dispositivo 62A, ..., 62N y al dispositivo de centralización 64. Los instantes de emisión de dos mensajes $M1$ sucesivos están separados por un período de emisión $P_{\text{emisión}}$. Cada período de emisión $P_{\text{emisión}}$ presenta preferentemente un valor predeterminado, por ejemplo, igual a un segundo.

15 Cada período de emisión $P_{\text{emisión}}$ corresponde a un múltiplo de períodos de tensión $P_{\text{tensión}}$, siendo el período de tensión $P_{\text{tensión}}$ igual a la inversa de la frecuencia F de la tensión alterna $U1$, $U2$, $U3$. El múltiplo es preferentemente un número entero de valor superior o igual a 2 y el período de emisión $P_{\text{emisión}}$ corresponde, entonces, a un múltiplo entero de períodos de tensión $P_{\text{tensión}}$.

Como variante, el múltiplo es un número real de valor estrictamente superior a 1. Según esta variante, se efectuará, entonces, una normalización del valor de las muestras de la intensidad medida para tener en cuenta este valor no entero del múltiplo.

20 La memoria 100 es idónea para almacenar un segundo software 106 de determinación de un conjunto de al menos una magnitud representativa de la tensión medida $U1$, $U2$, $U3$, determinándose dicho conjunto en función del valor de la tensión medida durante un período de emisión dado $P_{\text{emisión}}$.

En la continuación de la descripción, se referencia, igualmente, cada período de tensión con la ayuda del índice k , dado que la ventana de muestreo es preferentemente igual al período de tensión.

25 Según un primer modo de realización, el conjunto de magnitudes representativas asociadas a la tensión medida se determina, además, en función de un coeficiente corrector σ_i asociado al período de emisión dado $P_{\text{emisión}}$. El coeficiente corrector σ_i es, para la o cada fase de índice i , función de un valor representativo de la tensión U_i solamente para cada período de tensión correspondiente $P_{\text{tensión}}$ donde dicho valor representativo es superior a un umbral predeterminado ϵ .

30 La memoria 100 es idónea para almacenar un software 108 de distribución de un único token en los segundos dispositivos 62A, ..., 62N de manera sucesiva.

35 La transformada es, por ejemplo, una transformada de Fourier y el primer software de determinación 104 es adecuado para calcular los coeficientes real $\text{Re}U_{i,j,k}$ e imaginario $\text{Im}U_{i,j,k}$ de la descomposición en serie de Fourier de las muestras $U_{i,k,m}$ de cada tensión medida U_i , donde i es un índice de la fase correspondiente, por ejemplo, respectivamente igual a 1, 2 y 3, j es un rango de la descomposición en serie de Fourier, con j comprendido entre 1 y J , siendo J igual al número de rangos de dicha descomposición, k es el índice del período de tensión $P_{\text{tensión}}$ correspondiente, con k comprendido entre 1 y K , siendo K igual al número de períodos de tensión $P_{\text{tensión}}$ durante un período de emisión $P_{\text{emisión}}$. En el ejemplo de realización, el período de emisión $P_{\text{emisión}}$ es igual a un segundo y el período de tensión $P_{\text{tensión}}$ es igual a 20 ms, de modo que K es igual a 50.

Como variante, la transformada es una transformada de Laplace.

40 El primer mensaje $M1$ contiene, en concreto, el conjunto de magnitudes representativas determinado por el segundo software de determinación 106.

45 El primer mensaje $M1$ contiene, igualmente, el identificador del segundo dispositivo que estará autorizado para emitir su segundo mensaje con destino al dispositivo de centralización 64 después de la recepción del primer mensaje $M1$. El identificador del segundo dispositivo autorizado para emitir sus informaciones de medición se determina con la ayuda del software de distribución del token único 108, permitiendo el identificador del dispositivo contenido en el primer mensaje $M1$ designar el segundo dispositivo al que se ha asignado el único token.

El emisor-receptor radioeléctrico 70 es conforme al protocolo de comunicación ZigBee basado en el estándar IEEE-802.15.4. Como variante, el emisor-receptor radioeléctrico 70 es conforme al estándar IEEE-802.15.1 o al estándar IEEE-802.15.2 o también al estándar IEEE-802-11 o también cualquier otro protocolo de radio propietario.

50 La antena radioeléctrica 72 está adaptada para emitir unas señales radioeléctricas con destino a las antenas 82A, ..., 82N de los segundos dispositivos y a la antena 94 del dispositivo de centralización e, igualmente, para recibir unas señales radioeléctricas de dichas antenas 82A, ..., 82N, 94. En otras palabras, el primer dispositivo 60 está conectado a cada uno de los segundos dispositivos 62A, ..., 62N y al dispositivo de centralización 64 por una conexión radioeléctrica correspondiente.

El órgano de alimentación 74 es adecuado para alimentar eléctricamente el órgano de medición 66, la unidad de procesamiento de información 68 y el emisor-receptor radioeléctrico 70 a partir de la tensión trifásica que circula a través de los conductores primarios 34, 36, 38.

5 Cada sensor de la intensidad 76A del segundo dispositivo 62A es adecuado para medir una intensidad respectiva de entre una primera intensidad I1A que circula en el primer conductor secundario de salida 42A, una segunda intensidad I2A que circula en el segundo conductor secundario de salida 44A y una tercera intensidad I3A que circula en el tercer conductor secundario de salida 46A.

10 Cada sensor de la intensidad 76A, llamado, igualmente, sensor de corriente, incluye una primera bobina 110A dispuesta alrededor del conductor secundario de salida 42A, 44A, 46A correspondiente y un primer arrollamiento 112A dispuesto alrededor de la primera bobina, como se representa en la figura 3. La circulación de la corriente a través del conductor secundario de salida correspondiente es adecuada para generar una corriente inducida proporcional a la intensidad de la corriente en el primer arrollamiento 112A. La primera bobina 110A es una bobina de Rogowski. La primera bobina 110A es preferentemente una bobina de apertura, con el fin de facilitar su disposición alrededor de los conductores correspondientes.

15 La unidad de procesamiento de información 78A, visible en la figura 2, incluye un procesador de datos 114A y una memoria 116A asociada al procesador de datos y adecuada para almacenar un software 118A de medición de los valores medidos de las intensidades respectivas y un segundo software 119A de muestreo, con un período de muestreo P_{mues} predeterminado, del valor de las primera, segunda y tercera intensidades I1A, I2A, I3A medidas y un software 120A de recepción del primer mensaje M1.

20 Las muestras de las primera, segunda y tercera intensidades I1A, I2A, I3A medidas se indican respectivamente $I1A_{k,m}$, $I2A_{k,m}$, $I3A_{k,m}$ donde k es el índice de la ventana de muestreo de duración predeterminada, asociada al muestreo y m es el índice de muestra que varía entre 1 y N_{mues} , siendo N_{mues} el número entero que representa el número de muestras de tensiones en la ventana de muestreo. La ventana de muestreo se elige, por ejemplo, igual al período de tensión $P_{tensión}$, es decir, igual a la inversa de la frecuencia de tensión F, estando este valor de la frecuencia contenido en cada primer mensaje M1 recibido.

25 La memoria 116A es idónea para almacenar un tercer software 121A de determinación de una pluralidad de coeficientes de una transformada de las muestras $I1A_{k,m}$, $I2A_{k,m}$, $I3A_{k,m}$ hasta el rango J. La transformada es, por ejemplo, una transformada de Fourier y el tercer software de determinación 121A es adecuado para calcular los coeficientes real $ReI_{iA,j,k}$ e imaginario $ImI_{iA,j,k}$ de la descomposición en serie de Fourier de las muestras $I_{iA,k,m}$ de cada intensidad medida I_{iA} , donde i es el índice de la fase correspondiente, j es el rango de la descomposición en serie de Fourier, con j comprendido entre 1 y J, k es el índice del período de tensión $P_{tensión}$ correspondiente, con k comprendido entre 1 y K.

Como variante, la transformada es una transformada de Laplace.

35 La memoria 116A es idónea para almacenar un software 122A de sincronización del muestreo intensidades I1A, I2A, I3A medidas con respecto al muestreo de la tensión medida U1, U2, U3. Por convención, el período de tensión de índice k igual a 1 corresponde al período temporal en el transcurso del que el primer mensaje M1 se emite por el primer dispositivo 60 y respectivamente se recibe por cada segundo dispositivo 62A, ..., 62N y el período de tensión de índice k igual a 2 corresponde al período al inicio del que se efectúa la sincronización de los muestreos de tensión y de intensidades.

40 La memoria 116A es idónea para almacenar un software 123A de cálculo de la energía eléctrica de la corriente que circula en el conductor secundario 42A, 44A, 46A correspondiente, tal como la energía activa E_i .

Como complemento, la memoria 116A es idónea para almacenar un software 128A de emisión de un segundo mensaje M2A con destino al dispositivo de centralización 64.

45 El segundo mensaje M2A contiene el identificador del segundo dispositivo 62A, los valores de energías activas E_1 , E_2 , E_3 para el conjunto de las tres fases de la tensión trifásica calculadas por el software de cálculo 123A.

Como complemento, el segundo mensaje M2A contiene los coeficientes complejos $ReI_{iA,j,k}$, $ImI_{iA,j,k}$ de la descomposición en serie de Fourier de las tres corrientes I1A, I2A, I3A.

El emisor-receptor radioeléctrico 80A es del mismo tipo que el emisor-receptor radioeléctrico 70.

50 La antena radioeléctrica 82A, del mismo tipo que la antena radioeléctrica 72, está adaptada para recibir unas señales radioeléctricas de la antena 72 del primer dispositivo y de la antena 94 del dispositivo de centralización e, igualmente, para emitir unas señales radioeléctricas a las antenas 72, 94.

El órgano de alimentación 84A, visible en la figura 3, es adecuado para alimentar la unidad de procesamiento de información 78A y el emisor-receptor radioeléctrico 80A. El órgano de alimentación 84A incluye, para cada uno de los primer 42A, segundo 44A y tercer 46A conductores secundarios, una segunda bobina 130A dispuesta alrededor del

conductor secundario 42A, 44A, 46A correspondiente y un segundo arrollamiento 132A dispuesto alrededor de la segunda bobina. La circulación de la corriente en el conductor secundario 42A, 44A, 46A correspondiente es adecuada para generar una corriente inducida en el segundo arrollamiento 132A.

5 El órgano de alimentación 84A incluye un convertidor 134A conectado a cada uno de los segundos arrollamientos 132A y adecuado para suministrar una tensión predeterminada a la unidad de procesamiento de información 78A y al emisor-receptor radioeléctrico 80A. Cada segunda bobina 130A es una bobina de hierro. Cada segunda bobina 130A es preferentemente una bobina de apertura, con el fin de facilitar su disposición alrededor de los conductores correspondientes.

10 En otras palabras, el segundo dispositivo 62A está autoalimentado por medio del órgano de alimentación 84A que incluye las segundas bobinas 130A adaptadas para recuperar la energía magnética procedente de la circulación de la corriente en los conductores secundarios 42A, 44A, 46A correspondientes.

Los elementos de los otros segundos dispositivos 62B, ..., 62N son idénticos a los elementos del primer segundo dispositivo 62A descritos anteriormente e incluyen los mismos subelementos, reemplazando cada vez la letra A por la letra B, ..., N correspondiente que se refiere a las referencias de los subelementos.

15 La unidad de procesamiento de información 86 del dispositivo de centralización, visible en la figura 2, incluye un procesador de datos 136 y una memoria 138 asociada al procesador e idónea para almacenar un software 140 de recepción de los primer y segundos mensajes M1, M2A, ..., M2N, un software 142 de registro en la base de datos 88 de las informaciones contenidas en los mensajes M1, M2A, ..., M2N recibidos. La memoria 138 es adecuada para almacenar un software 144 de procesamiento de dichas informaciones recibidas, un software 146 de visualización de datos y un software 148 de transmisión de datos con destino a un servidor remoto, no representado.

La interfaz hombre-máquina 90 incluye una pantalla de visualización y un teclado de introducción, no representados.

El emisor-receptor radioeléctrico 92 es del mismo tipo que los emisores-receptores radioeléctricos 70, 80A, ..., 80N.

25 La antena radioeléctrica 94, del mismo tipo que las antenas radioeléctricas 72, 82A, ..., 82N, está adaptada para recibir unas señales radioeléctricas procedentes de la antena 72 del primer dispositivo y de las antenas 82A, ..., 82N de los segundos dispositivos e, igualmente, para emitir unas señales radioeléctricas con destino a dichas antenas 72, 82A, ..., 82N.

El funcionamiento del sistema de cálculo 20 se va a explicar ahora con la ayuda de las figuras 4, 5 y 6 que representan unos diagramas de flujo de las etapas de un procedimiento de cálculo implementadas respectivamente por el primer dispositivo 60, por los segundos dispositivos 62A, ..., 62N y por el dispositivo de centralización 64.

30 Como se representa en la figura 4, durante una primera etapa 200, el primer dispositivo 60 se inicializa y mide la frecuencia F de la tensión trifásica que circula a través de los conductores primarios 34, 36, 38 por medio del software de medición 102. La frecuencia F de la tensión trifásica es, por ejemplo, igual a 50 Hz.

El primer dispositivo 60 mide, a continuación, durante la etapa 210, las primera, segunda y tercera tensiones U1, U2, U3 con la ayuda de su órgano de medición 66 y de su software de medición 102.

35 El primer software de muestreo 103 muestrea, a continuación, los valores medidas de las tensiones U1, U2, U3. La frecuencia de muestreo de la tensión medida, igual a la inversa del período P_{mues} de muestreo, es un múltiplo de la frecuencia F de dicha tensión trifásica medida anteriormente durante la etapa 200. El período $P_{\text{tensión}}$ de la tensión trifásica es igual al período de la red, esto es, aproximadamente 20 ms en Europa y aproximadamente 16,66 ms en los Estados Unidos. El período de tensión $P_{\text{tensión}}$ corresponde a un múltiplo del período de muestreo P_{mues} .

40 Durante la etapa 210, con el fin de optimizar la precisión de la medición de la energía, el período $P_{\text{tensión}}$ de la tensión se mide regularmente, por ejemplo, cada 10 segundos, con el fin de tener en cuenta las variaciones en el tiempo de esta.

45 Durante la etapa 220, el primer dispositivo 60 comprime los valores medidos de las tensiones U1, U2, U3 determinando unos coeficientes real $\text{Re}U_{i,j,k}$ e imaginario $\text{Im}U_{i,j,k}$ de la descomposición en serie de Fourier de las muestras $U_{i,k,m}$ de cada tensión medida U1, U2, U3 con la ayuda de su primer software de determinación 104. Esto permite limitar la cantidad de datos transmitidos por medio de las conexiones radioeléctricas entre el primer dispositivo 60 y los segundos dispositivos 62A, ..., 62N.

50 Los coeficientes $\text{Re}U_{i,j,k}$, $\text{Im}U_{i,j,k}$ de la descomposición en serie de Fourier se obtienen, por ejemplo, por unas operaciones de correlación sobre las muestras de los valores medidos. Más precisamente, el coeficiente real de lo fundamental, indicado $\text{Re}U_{i,1,k}$, es una correlación, sobre una duración igual al período $P_{\text{tensión}}$ de la tensión trifásica, entre las muestras $U_{i,k,m}$ de la señal de tensión U_i y un coseno de frecuencia igual a la frecuencia F de la tensión trifásica, donde U_i representa la tensión de la fase, siendo i igual a 1, 2 o 3. El coeficiente imaginario de lo fundamental, indicado $\text{Im}U_{i,1,k}$, es una correlación, sobre una duración igual al período $P_{\text{tensión}}$, entre las muestras $U_{i,k,m}$ de la señal de tensión U_i y un seno de frecuencia igual a la frecuencia F.

El coeficiente real del armónico de rango j, indicado $ReU_{i,j,k}$, estando j comprendido entre 2 y J, es la correlación, sobre una duración igual al período $P_{tensión}$, entre las muestras $U_{i,k,m}$ de la señal de tensión U_i y un coseno de frecuencia igual a j veces la frecuencia F. El coeficiente imaginario del armónico de rango j, indicado $ImU_{i,j,k}$, es la correlación, sobre una duración igual al período $P_{tensión}$, entre las muestras $U_{i,k,m}$ de la señal de tensión U_i y un seno de frecuencia igual a j veces la frecuencia F.

En otras palabras, los coeficientes $ReU_{i,j,k}$ y $ImU_{i,j,k}$ verifican las siguientes ecuaciones, estando j comprendido entre 1 y J:

$$ReU_{i,j,k} = \sum_{m=1}^{N_{mues}} U_{i,k,m} \times \cos(2 \times \Pi \times F_{tensión} \times j \times m \times T) \quad (1)$$

$$ImU_{i,j,k} = \sum_{m=1}^{N_{mues}} U_{i,k,m} \times \sen(2 \times \Pi \times F_{tensión} \times j \times m \times T) \quad (2)$$

donde T representa el período de muestreo, igualmente indicado P_{mues} .

Como variante, los coeficientes $ReU_{i,j,k}$ y $ImU_{i,j,k}$ se obtienen por una transformada de Fourier rápida, igualmente llamada FFT (del inglés *Fast Fourier Transform*).

El primer software de determinación 104 calcula, de este modo, los coeficientes complejos $ReU_{i,j,k}$ y $ImU_{i,j,k}$ de las descomposiciones en serie de Fourier de las tres tensiones U_1 , U_2 , U_3 para lo fundamental y los armónicos 2 a J.

El segundo software de determinación 106 determina, a continuación, en el transcurso de la etapa 220, el conjunto de magnitudes representativas, siendo este según el primer modo de realización determinado en función del coeficiente corrector σ_i asociado al período de emisión dado $P_{emisión}$. El coeficiente corrector σ_i es función de un valor representativo de la tensión U_i para cada período de tensión correspondiente $P_{tensión}$ donde dicho valor representativo es superior al umbral predeterminado ϵ .

El valor del umbral predeterminado ϵ está, por ejemplo, comprendido entre 0,005 y 0,10 veces el valor nominal Uno de la tensión, preferentemente entre 0,01 y 0,05 veces el valor nominal Uno de la tensión, más preferentemente igual a 0,02 veces el valor nominal Uno de la tensión.

Dicho valor representativo de la tensión es preferentemente el valor del módulo de lo fundamental de la descomposición en serie de Fourier de la tensión, estando el módulo de lo fundamental indicado $\|U_{i,1,k}\|$.

El coeficiente corrector σ_i verifica, por ejemplo, para la o cada fase de índice i, la siguiente ecuación:

$$\sigma_i = \frac{1}{k_{máx}} \times \sum_{\forall k / \|U_{i,1,k}\| \geq \epsilon} \frac{\|U_{i,1,k}\|}{\|U_{i,1,k_0}\|} \quad (3)$$

donde k es el índice del período de tensión $P_{tensión}$, con k comprendido entre 1 y K, siendo K igual al número de períodos de tensión $P_{tensión}$ durante un período de emisión $P_{emisión}$, k_0 es el índice de un período de tensión seleccionado de entre la pluralidad de períodos de tensión $P_{tensión}$, El valor del índice k_0 es preferentemente igual a 2, ya que es el primer período colocado justo después de la sincronización y, por lo tanto, es el período sobre el que las derivas de los relojes presentan el menor efecto sobre la precisión de los cálculos. $k_{máx}$ es el número de períodos de tensión para los que el valor del módulo de lo fundamental de la descomposición en serie de Fourier de la tensión es superior al umbral predeterminado ϵ durante el período de emisión dado $P_{emisión}$ y $\|U_{i,1,k}\|$, respectivamente $\|U_{i,1,k_0}\|$, representa el módulo de lo fundamental de la descomposición en serie de Fourier de la tensión para la fase de índice i y el período de tensión de índice k y respectivamente el período de tensión seleccionado de índice k_0 .

El coeficiente corrector σ_i permite, entonces, tener en cuenta la contribución de los valores de la tensión medida para todos los períodos de tensión $P_{tensión}$ en el transcurso de un período de emisión $P_{emisión}$ dado a partir del momento donde se supera el umbral ϵ y no solamente el de para el período de tensión seleccionado de índice k_0 .

El coeficiente corrector σ_i se aplica, por ejemplo, a los coeficientes complejos ReU_{i,j,k_0} y ImU_{i,j,k_0} con j de valor comprendido entre 1 y J para el período de tensión seleccionado de índice k_0 .

El conjunto de magnitudes representativas asociadas a la tensión medida comprende, entonces, los coeficientes complejos modificados, indicados $ReU_{i,j}$ y $ImU_{i,j}$, obtenidos con la ayuda de las siguientes ecuaciones:

$$ReU_{i,j} = \sigma_i \times ReU_{i,j,k_0} \quad (4)$$

$$ImU_{i,j} = \sigma_i \times ImU_{i,j,k_0} \quad (5)$$

El conjunto de magnitudes representativas está constituido preferentemente por dichos coeficientes complejos modificados $ReU_{i,j}$ y $ImU_{i,j}$.

El campo de datos del primer mensaje M1 contiene, entonces, en concreto, los coeficientes complejos modificados $ReU_{i,j}$ y $ImU_{i,j}$, con j de valor comprendido entre 1 y J que forma el conjunto de magnitudes representativas determinado.

5 Finalmente, durante la etapa 230, el primer dispositivo 60 emite, con la ayuda de su software de emisión 105, el primer mensaje M1 con destino a cada uno de los segundos dispositivos 62A, ..., 62N y al dispositivo de centralización 64.

10 El primer dispositivo 60 lanza, además, durante esta etapa 230, una primera temporización igual a una duración de referencia D_f , a contar desde el instante de inicio de emisión del primer mensaje M1, llamado, igualmente, orden de emisión T_e del primer mensaje M1. Cuando haya transcurrido esta primera temporización, el primer dispositivo 60 iniciará, entonces, el muestreo de los valores medidos de las tres tensiones U_1 , U_2 , U_3 , es decir, en un instante de inicio de muestreo T_m igual al instante de inicio de emisión T_e más la duración de referencia D_f . El muestreo, por el segundo dispositivo 62A, de los valores medidos de las tres intensidades I_{1A} , I_{2A} , I_{3A} comenzará, igualmente, en este instante de inicio de muestreo T_m , como se describirá esto con más detalle a continuación respecto a la etapa de sincronización 320.

15 La duración de referencia D_f tiene un valor predeterminado, por ejemplo, sustancialmente igual a 6 ms. El valor de la duración de referencia D_f es conocido a la vez por el primer dispositivo 60 y por el segundo dispositivo 62A y se elige superior a la duración necesaria para la emisión y para la recepción del primer mensaje M1. En el ejemplo de realización descrito, el valor de la duración de referencia D_f se almacena, previamente a la etapa 200, en la memoria 100 del primer dispositivo y en la memoria 116A del segundo dispositivo 62A.

20 El primer mensaje M1 comprende un campo de encabezado, llamado, igualmente, preámbulo, un campo SFD (del inglés Start of Frame Delimiter, Inicio de Delimitador de Trama), un campo PHR (del inglés Physical Header, Encabezado Físico), un campo de datos y un campo CRC (del inglés Cyclic Redundancy Check, Control de Redundancia Cíclica). El preámbulo presenta un tamaño de 4 octetos, los campos SFD y PHR presentan cada uno un tamaño de un octeto, el campo de datos es de tamaño variable, indicado n octetos y el campo CRC tiene un tamaño de 2 octetos. En el ejemplo de realización de la figura 7, el primer mensaje M1 está constituido por el campo de encabezado, por el campo SFD, por el campo PHR, por el campo de datos y por el campo CRC.

25 El campo de datos del primer mensaje M1 contiene, en concreto, el conjunto de magnitudes representativas determinado anteriormente durante la etapa 220 y el identificador del segundo dispositivo que estará autorizado para emitir su segundo mensaje con destino al dispositivo de centralización 64 después de la recepción del primer mensaje M1. El identificador del segundo dispositivo autorizado para emitir sus informaciones de medición se determina con la ayuda del software de distribución del token único 108, permitiendo el identificador del dispositivo contenido en el primer mensaje M1 designar el segundo dispositivo al que se ha asignado el único token.

30 Después de emisión del primer mensaje M1, el primer dispositivo 60 regresa a la etapa 210, con el fin de medir de nuevo la tensión U_1 , U_2 , U_3 de las fases de la tensión trifásica que circula en los conductores primarios 34, 36, 38.

35 Las etapas, visibles en la figura 5, del procedimiento de cálculo implementadas por los segundos dispositivos 62A, ..., 62N se van a describir en este momento para el segundo dispositivo con la referencia 62A.

Durante la etapa 300, el segundo dispositivo 62A se inicializa y abre una ventana deslizante de recepción del primer mensaje M1 con la ayuda de su software de recepción 120A. La ventana de recepción es una ventana que presenta una duración de algunas decenas de milisegundos que el segundo dispositivo 62A hace deslizar en el tiempo.

40 Durante la recepción del primer mensaje M1, el segundo dispositivo 62A detecta el instante T_r de recepción del campo SFD, conllevando la recepción del campo SFD el disparo de una interrupción por el receptor radioeléctrico del segundo dispositivo 62A, como se representa en la figura 7.

45 El segundo dispositivo 62A pasa, entonces, a la etapa 320 de sincronización temporal con el primer dispositivo 60. La detección del instante de recepción T_r permite calcular, con la ayuda del software de sincronización 122A, el instante T_m de inicio del muestreo de los valores medidos de las tres intensidades I_{1A} , I_{2A} , I_{3A} . El instante de inicio del muestreo T_m es, de hecho, igual al instante de recepción T_r más una duración de sincronización D_m , siendo la duración de sincronización D_m igual a la duración de referencia D_f menos una duración de transmisión de radio D_r , como se representa en la figura 7. La duración de transmisión de radio D_r es un valor que depende del emisor-receptor radioeléctrico 70 y del emisor-receptor radioeléctrico 80A. La duración de transmisión de radio D_r corresponde al período temporal entre el instante de inicio de emisión T_e y el instante de recepción T_r .

50 La duración de transmisión de radio D_r es, por ejemplo, sustancialmente igual a 0,6 ms y es conocida por el segundo dispositivo 62A. En el ejemplo de realización descrito, el valor de la duración de transmisión de radio D_r se almacena, previamente a la etapa 300, en la memoria 116A del segundo dispositivo 62A.

55 El segundo dispositivo 62A lanza, entonces, a partir del instante de recepción T_r y con la ayuda del software de sincronización 122A, una segunda temporización igual a la duración de sincronización D_m , calculándose el valor de la duración de sincronización D_m por sustracción del valor de la duración de transmisión de radio D_r al valor de la duración de referencia D_f , almacenándose el valor de la duración de transmisión de radio D_r y el valor de la duración

de referencia Df en la memoria 116A como se ha descrito anteriormente.

5 El primer dispositivo 60, por otra parte, había lanzado, durante la etapa 230, la primera temporización igual a la duración de referencia Df, de modo que el primer dispositivo 60 y el segundo dispositivo 62A comenzarán simultáneamente el muestreo de los valores de tensión medidos y respectivamente de los valores de intensidad medidos, cuando hayan transcurrido las primera y segunda temporizaciones lanzadas en las etapas 230 y 320, es decir, en el instante de inicio de muestreo Tm.

10 Por convención, el período de tensión correspondiente a la emisión del primer mensaje M1 es el período de índice k igual a 1. Cuando el primer mensaje M1 se ha recibido, igualmente, en el transcurso del período de tensión de índice k igual a 1, el instante de inicio de muestreo como continuación a la sincronización corresponde, entonces, al inicio del período de tensión de índice k igual a 2.

El período de tensión $P_{\text{tensión}}$ se recalcula, por el segundo software de muestreo 119A, en cada recepción de primer mensaje M1 con la ayuda del valor de la frecuencia de tensión F contenida en el primer mensaje M1.

15 Durante la etapa 320, el software de sincronización 122A inicializa, en la fecha de recepción del primer mensaje M1, un contador destinado a incrementarse hasta un valor correspondiente al período de emisión del primer mensaje $P_{\text{emisión}}$. El segundo dispositivo 62A regresa, entonces, automáticamente a la etapa de recepción 310 aproximadamente un milisegundo antes de la recepción esperada del próximo primer mensaje M1.

Si el primer mensaje M1 no es detectado por el segundo dispositivo 62A, la ventana de recepción se cierra y no se efectúa ninguna sincronización. El contador se incrementa, entonces, para un nuevo intento de sincronización sobre el siguiente mensaje M1 probable.

20 El segundo dispositivo 62A mide, entonces, durante la etapa 330 y por medio de sus sensores de corriente 76A y de su software de medición 118A, cada una de las primera, segunda y tercera intensidades I1A, I2A, I3A.

25 El segundo software de muestreo 119A muestrea, a continuación, los valores medidos de las tres intensidades I1A, I2A, I3A, habiéndose calculado el instante de inicio del muestreo Tm durante la etapa 320 anterior, con el fin de asegurar la sincronización temporal del sensor de la intensidad 76A con respecto al órgano de medición de la tensión 66.

30 El tercer software de determinación 121A comprime, a continuación, los valores medidos de las intensidades I1A, I2A, I3A durante la etapa 340. El tercer software de determinación 121A calcula, por ejemplo, los coeficientes real $ReI_{iA,j,k}$ e imaginario $ImI_{iA,j,k}$ de la descomposición en serie de Fourier de las muestras $IiA_{k,m}$ de cada intensidad medida I1A, I2A, I3A de las tres fases de manera análoga al cálculo, descrito para la etapa 220, de los coeficientes complejos $ReU_{i,j,k}$, $ImU_{i,j,k}$ de la descomposición en serie de Fourier de las tensiones.

35 El coeficiente real de lo fundamental, igualmente indicado $ReI_{iA,1,k}$, es, de este modo, una correlación, sobre una duración igual al período $P_{\text{tensión}}$ de la tensión trifásica, entre las muestras de la señal de la intensidad IiA y un coseno de frecuencia igual a la frecuencia F de la tensión trifásica, donde IiA representa la intensidad de la fase número i, siendo i igual a 1, 2 o 3. El coeficiente imaginario de lo fundamental, igualmente indicado $ImI_{iA,1,k}$, es una correlación, sobre una duración igual al período $P_{\text{tensión}}$, entre las muestras de la señal de la intensidad IiA y un seno de frecuencia igual a la frecuencia F.

40 El coeficiente real del armónico de rango j, indicado $ReI_{iA,j,k}$, estando j comprendido entre 2 y J, es la correlación, sobre una duración igual al período $P_{\text{tensión}}$, entre las muestras de la señal de la intensidad IiA y un coseno de frecuencia igual a j veces la frecuencia F. El coeficiente imaginario del armónico de rango j, indicado $ImI_{iA,j,k}$, estando j comprendido entre 2 y J, es la correlación, sobre una duración igual al período $P_{\text{tensión}}$, entre las muestras de la señal de la intensidad IiA y un seno de frecuencia igual a j veces la frecuencia F.

Los coeficientes $ReI_{iA,j,k}$ y $ImI_{iA,j,k}$ verifican, entonces, las siguientes ecuaciones:

$$ReI_{iA,j,k} = \sum_{m=1}^{N_{\text{mues}}} IiA_{k,m} \times \cos(2 \times \Pi \times F_{\text{tensión}} \times j \times m \times T) \quad (6)$$

$$ImI_{iA,j,k} = \sum_{m=1}^{N_{\text{mues}}} IiA_{k,m} \times \text{sen}(2 \times \Pi \times F_{\text{tensión}} \times j \times m \times T) \quad (7)$$

45 El software de cálculo 123A calcula, entonces, de manera periódica la energía activa E_1 , E_2 , E_3 para cada una de las tres fases a partir del conjunto de magnitudes representativas determinado, recibido anteriormente del primer dispositivo 60 mediante el primer mensaje M1 y unos valores de las intensidades I1A, I2A, I3A medidas por los sensores de corriente 76A. El período de cálculo de las energías activas E_1 , E_2 , E_3 es igual al período de emisión del primer mensaje $P_{\text{emisión}}$, esto es, por ejemplo, 1 s.

50 Para el cálculo de las energías activas E_1 , E_2 , E_3 , el software de cálculo 123A calcula, para el período $P_{\text{tensión}}$ de índice k igual a k_0 , la potencia activa P_{i,j,k_0} para cada fase número i, siendo i igual a 1, 2 o 3 y para cada rango j comprendido entre 1 y J, con la ayuda de la siguiente ecuación:

$$P_{i,j,k_0} = \frac{[\operatorname{Re}U_{i,j} \times \operatorname{Re}I_{iA,j,k_0} + \operatorname{Im}U_{i,j} \times \operatorname{Im}I_{iA,j,k_0}]}{2} \quad (8)$$

5 El software de cálculo 123A determina, igualmente, para el período $P_{\text{tensión}}$ de índice k igual a k_0 , la potencia reactiva Q_{i,j,k_0} para cada fase número i , siendo i igual a 1, 2 o 3 y para cada rango j comprendido entre 1 y J , con la ayuda de la siguiente ecuación:

$$Q_{i,j,k_0} = \frac{[\operatorname{Im}U_{i,j} \times \operatorname{Re}I_{iA,j,k_0} - \operatorname{Re}U_{i,j} \times \operatorname{Im}I_{iA,j,k_0}]}{2} \quad (9)$$

10 El software de cálculo 123A también determina el desplazamiento de fase φ_{i,j,k_0} , igualmente indicado $\varphi_{i,j}$, entre el armónico de la tensión y el armónico de la corriente para el período $P_{\text{tensión}}$ de índice k igual a k_0 , preferentemente igual a 2, para cada fase número i , siendo i igual a 1, 2 o 3 y para cada rango j comprendido entre 1 y J , con la ayuda de la siguiente ecuación:

$$\varphi_{i,j} = \varphi_{i,j,k_0} = \arctan\left(\frac{Q_{i,j,k_0}}{P_{i,j,k_0}}\right) \quad (10)$$

El software de cálculo 123A determina, a continuación, una tensión eficaz $U_{i,j,efi}$ para cada fase número i , siendo i igual a 1, 2 o 3 y para cada rango j comprendido entre 1 y J , con la ayuda de la siguiente ecuación:

$$U_{i,j,efi} = \sqrt{\frac{(\operatorname{Re}U_{i,j})^2 + (\operatorname{Im}U_{i,j})^2}{2}} \quad (11)$$

15 Este valor de tensión eficaz es, entonces, un valor correspondiente al conjunto de los períodos de tensión $P_{\text{tensión}}$ a partir del momento donde se supera el umbral ε para el período de emisión $P_{\text{emisión}}$ dado.

El software de cálculo 123A determina, a continuación, una corriente eficaz $I_{i,j,k,efi}$ para cada período $P_{\text{tensión}}$ de índice k comprendido entre 1 y K , para cada fase número i , siendo i igual a 1, 2 o 3 y para cada rango j comprendido entre 1 y J , con la ayuda de la siguiente ecuación:

$$20 \quad I_{i,j,k,efi} = \sqrt{\frac{(\operatorname{Re}I_{i,j,k})^2 + (\operatorname{Im}I_{i,j,k})^2}{2}} \quad (12)$$

La energía activa E_i de cada fase número i se calcula, finalmente, con la ayuda de las siguientes ecuaciones:

$$E_i = \sum_{j=1}^J E_{i,j} \quad (13)$$

$$E_{i,j} = \sum_{k=1}^K P_{i,j,k} \times P_{\text{emisión}} \quad (14)$$

$$E_{i,j} = \sum_{k=1}^K [U_{i,j,efi} \times I_{i,j,k,efi} \times \cos(\varphi_{i,j})] \times P_{\text{emisión}} = U_{i,j,efi} \times \cos(\varphi_{i,j}) \times P_{\text{emisión}} \times \sum_{k=1}^K I_{i,j,k,efi} \quad (15)$$

25 El cálculo de las energías activas E_1 , E_2 , E_3 se efectúa en cualquier momento en el transcurso de un período de emisión $P_{\text{emisión}}$ entre dos recepciones de mensaje M1, estando las informaciones necesarias para el cálculo contenidas en el primer mensaje M1 recibido anteriormente, en lo que se refiere a las informaciones relativas a la tensión o en la memoria 116A del segundo dispositivo 62A, dado que los valores relativos a las tensión e intensidades tenidos en cuenta corresponden al período de emisión $P_{\text{emisión}}$ anterior. En el ejemplo de la figura 8, el cálculo de las energías activas E_1 , E_2 , E_3 se efectúa sustancialmente en la mitad del período de emisión.

El segundo dispositivo 62A elabora, entonces, durante la etapa 350, su segundo mensaje M2A. El segundo mensaje M2A contiene el identificador del segundo dispositivo 62A, los valores de las energías activas E_1 , E_2 , E_3 para el conjunto de las tres fases de la tensión trifásica y los coeficientes complejos $\operatorname{Re}I_{iA,j,k}$ y $\operatorname{Im}I_{iA,j,k}$ de la descomposición en serie de Fourier de las tres corrientes I_{1A} , I_{2A} , I_{3A} hasta el armónico J .

35 Como complemento, el segundo mensaje M2A contiene los valores de los promedios cuadráticos, igualmente anotados RMS, de las corrientes I_{1A} , I_{2A} , I_{3A} de las tres fases, así como los términos P_{i,j,k_0} y Q_{i,j,k_0} para cada una de las tres fases.

40 En la hipótesis donde el identificador del segundo dispositivo 62A estuviera contenido en el primer mensaje M1 recibido anteriormente, el segundo dispositivo 62A emite, entonces, durante la etapa 360 su segundo mensaje M2A con la ayuda de su software de emisión 128A. En el caso contrario, el segundo dispositivo 62A regresa directamente a la etapa 310 de recepción del primer mensaje M1 y emitirá su segundo mensaje M2A cuando el primer mensaje M1 contenga su identificador que indica, entonces, que le habrá sido asignado el único token, con el fin de autorizarlo para emitir su segundo mensaje M2A.

Después de la etapa de emisión 360, en el caso donde el token se hubiera asignado al segundo dispositivo 62A o bien después de la etapa 350 de otra manera, el segundo dispositivo 62A regresa a la etapa de recepción 310 si el contador ha alcanzado el valor correspondiente al período de emisión $P_{emisión}$ o bien a la etapa de medición 330 de otra manera.

5 Las etapas del procedimiento de cálculo implementadas por los otros segundos dispositivos 62B, ..., 62N son idénticas a las etapas 300 a 360 descritas anteriormente para el segundo dispositivo con la referencia 62A y, además, se realizan de manera simultánea entre todos los segundos dispositivos 62A, ..., 62N por la sincronización temporal efectuada con la ayuda del primer mensaje M1.

10 Durante la etapa de emisión 360, el único segundo dispositivo de entre el conjunto de los segundos dispositivos 62A, ..., 62N autorizado para emitir su segundo mensaje es el segundo dispositivo cuyo identificador está contenido en el primer mensaje M1 recibido durante la etapa de recepción 310 anterior. El software de distribución 108 determina según un orden creciente los identificadores contenidos en el primer mensaje M1, con el fin de asignar sucesivamente el único token a los segundos dispositivos 62A, ..., 62N. En otras palabras, cada segundo dispositivo 62A, ..., 62N emite su segundo mensaje M2A, ..., M2N respectivo cada N segundos.

15 Como se representa en la figura 6, durante la etapa 400, el dispositivo de centralización 64 recibe, con la ayuda de su software de recepción 140, el primer mensaje M1 del primer dispositivo 60 y el segundo mensaje del segundo dispositivo autorizado para emitir según el mecanismo de token distribuido, por ejemplo, el mensaje M2A.

Durante la etapa 410, el dispositivo de centralización 64 registra, a continuación, en su base de datos 88 los valores recibidos y contenidos en el primer mensaje M1 y en el segundo mensaje M2A, por medio de su software de registro 142. Como complemento, el software de procesamiento 144 efectúa una datación de los datos registrados.

20 Las magnitudes medidas y calculadas por el sistema de cálculo se visualizan, a continuación, en la pantalla de la interfaz hombre-máquina 90 del dispositivo de centralización por medio del software de visualización 146 durante la etapa 430. Estas magnitudes se visualizan en forma de valores numéricos y/o en forma de curvas.

25 El dispositivo de centralización 64 transmite, finalmente, durante la etapa 440 y con la ayuda de su software de transmisión 148, estas magnitudes medidas y calculadas al servidor remoto, no representado. El servidor remoto es adecuado para efectuar una gestión centralizada de las magnitudes medidas y calculadas para cada sistema de cálculo 20.

Al final de la etapa 440, el dispositivo de centralización 64 regresa a la etapa 400, con el fin de recibir el próximo primer mensaje M1 del primer dispositivo y el segundo mensaje del segundo dispositivo autorizado para emitir la próxima vez según el mecanismo de token distribuido, por ejemplo, el mensaje M2A.

30 El sistema de cálculo 20 según la invención permite, de este modo, calcular las energías activas E_1 , E_2 , E_3 directamente sobre el período de emisión $P_{emisión}$ dado y en función del conjunto de magnitudes representativas de la tensión medida. El sistema de cálculo 20 permite, además, con la ayuda de la determinación del coeficiente corrector σ_i tener en cuenta la contribución de los valores de la tensión medida para todos los períodos de tensión $P_{tensión}$ en el transcurso de un período de emisión $P_{emisión}$ dado a partir del momento donde se supera el umbral ϵ y no solamente la contribución de los valores de la tensión medida para el período de tensión seleccionado de índice k_0 .

35 El sistema de cálculo 20 según la invención es, de este modo, más preciso que el sistema de cálculo del estado de la técnica.

40 El sistema de cálculo 20 según la invención permite, además, obtener una medición muy precisa de las energías activas E_1 , E_2 , E_3 para las tres fases de la corriente trifásica, por la sincronización temporal de cada sensor de corriente 76A con respecto al órgano de medición de la tensión 66.

La sincronización temporal es muy precisa, siendo el desfase de sincronización medido del orden de más o menos 400 nanosegundos con la tecnología actual de los emisores-receptores radioeléctricos 70, 80A, ..., 80N, 92 y de las unidades de procesamiento de información 68, 78A, ..., 78N, 86.

45 El conjunto de los dispositivos 60, 62A, ..., 62N, 64 están conectados entre sí por unas conexiones radioeléctricas por medio de su emisor-receptor radioeléctrico 70, 82A, ..., 82N, 92 respectivo, lo que permite facilitar la instalación del sistema de cálculo 20 en la estación de transformación 10.

50 La compresión de los datos relativos a las tensiones y a las intensidades medidas con la ayuda de los softwares de determinación 104, 124A, ..., 124N y la emisión, mediante el primer mensaje M1, del conjunto de magnitudes representativas asociadas a la tensión medida, en sustitución de coeficientes asociados a la tensión para todos los períodos de tensión en el transcurso del período de emisión dado, permite limitar la cantidad de datos transmitidos mediante las conexiones radioeléctricas y, de este modo, limitar el propio consumo de energía del sistema de cálculo 20. Esto permite, además, reducir la sensibilidad del sistema de cálculo 20 a unas perturbaciones radioeléctricas de tipo interferencia o perturbación de compatibilidad electromagnética, igualmente llamada perturbación CEM.

En este momento, se va a describir el sistema de cálculo 20 según un segundo modo de realización de la invención.

Para este segundo modo de realización, los elementos idénticos al primer modo de realización, descrito anteriormente, se identifican por unas referencias idénticas y no se describen de nuevo.

- 5 Según este segundo modo de realización, el segundo software de determinación 106 es, además, adecuado para determinar, para la o cada fase, un desvío angular α_i en función de una ratio para al menos un período de tensión $P_{\text{tensión}}$, siendo la ratio igual al coeficiente imaginario de lo fundamental de una descomposición en serie de Fourier de la tensión sobre dicho período de tensión $P_{\text{tensión}}$ dividido por el coeficiente real de dicho fundamental de la tensión.

Este desvío angular α_i permite, entonces, tener en cuenta una eventual variación del valor del período de tensión $P_{\text{tensión}}$ tal que las ventanas de muestreo estarían, entonces, ligeramente defasadas con respecto al valor exacto del período de tensión $P_{\text{tensión}}$.

- 10 El software de cálculo 123A es, entonces, adecuado para calcular las energías activas E_i en función, además, del desvío angular α_i .

El desvío angular α_i verifica, por ejemplo, para la o cada fase de índice i , las siguientes ecuaciones:

$$\alpha_i = \frac{1}{K-1} \sum_{k=1}^{K-1} \alpha_{i,k} \text{ y } \alpha_{i,k} = \varphi_i(k+1) - \varphi_i(k) \quad \forall k \in [1; K-1] \quad (16)$$

esto es

$$15 \quad \alpha_i = \frac{\varphi_i(K) - \varphi_i(1)}{K-1} \quad (17)$$

con

$$\varphi_i(k) = \arctan \left(\frac{\text{Im}U_{i,1,k}}{\text{Re}U_{i,1,k}} \right) \quad (18)$$

donde i es el índice de la fase correspondiente,

- 20 k es el índice del período de tensión $P_{\text{tensión}}$, con k comprendido entre 1 y K , siendo K igual al número de períodos de tensión $P_{\text{tensión}}$ durante un período de emisión $P_{\text{emisión}}$ y $U_{i,1,k}$ representa lo fundamental de la tensión para la fase de índice i y el período de tensión de índice k .

Según el segundo modo de realización, el software de cálculo 123A calcula, entonces, los coeficientes real e imaginario de una descomposición en serie de Fourier de la tensión, luego, las potencias activas, de la siguiente manera y según el índice k del período de tensión $P_{\text{tensión}}$.

- 25 Según el segundo modo de realización, el período de tensión $P_{\text{tensión}}$ seleccionado es el período de índice igual a 2 y el valor del índice k_0 es, entonces, igual a 2.

Para el período $P_{\text{tensión}}$ de índice k igual a 2, los coeficientes real e imaginario son iguales a los coeficientes complejos modificados $\text{Re}U_{i,j}$ y $\text{Im}U_{i,j}$ contenidos en el primer mensaje M1 recibido y, entonces, verifican las siguientes ecuaciones:

$$30 \quad \begin{aligned} \text{Re}U_{i,j,2} &= \text{Re}U_{i,j} \\ \text{Im}U_{i,j,2} &= \text{Im}U_{i,j} \end{aligned} \quad (19)$$

La potencia activa $P_{i,j,2}$ para cada fase número i , siendo i igual a 1, 2 o 3 y para cada rango j comprendido entre 1 y J , se calcula, entonces, con la ayuda de la siguiente ecuación:

$$P_{i,j,2} = \frac{[\text{Re}U_{i,j,2} \times \text{Re}I_{iA,j,2} + \text{Im}U_{i,j,2} \times \text{Im}I_{iA,j,2}]}{2} \quad (20)$$

- 35 Para los períodos $P_{\text{tensión}}$ de índice k que varía entre 3 y K , los coeficientes real e imaginario verifican las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned} \text{Re}U_{i,j,k} &= \cos(j \times \alpha_i) \times \text{Re}U_{i,j,k-1} - \sin(j \times \alpha_i) \times \text{Im}U_{i,j,k-1} \\ \text{Im}U_{i,j,k} &= \cos(j \times \alpha_i) \times \text{Im}U_{i,j,k-1} + \sin(j \times \alpha_i) \times \text{Re}U_{i,j,k-1} \end{aligned} \quad (21)$$

- 40 La potencia activa $P_{i,j,k}$ con el índice k que varía entre 3 y K y para cada fase número i , siendo i igual a 1, 2 o 3 y para cada rango j comprendido entre 1 y J , se calcula, entonces, con la ayuda de la siguiente ecuación:

$$P_{i,j,k} = \frac{[\text{Re}U_{i,j,k} \times \text{Re}I_{iA,j,k} + \text{Im}U_{i,j,k} \times \text{Im}I_{iA,j,k}]}{2} \quad (22)$$

Finalmente, para el período de tensión de índice k igual a 1, los coeficientes real e imaginario verifican las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned} \operatorname{Re}U_{i,j,1} &= \cos(-j \times \alpha_i) \times \operatorname{Re}U_{i,j,2} - \operatorname{sen}(-j \times \alpha_i) \times \operatorname{Im}U_{i,j,2} \\ \operatorname{Im}U_{i,j,1} &= \cos(-j \times \alpha_i) \times \operatorname{Im}U_{i,j,2} + \operatorname{sen}(-j \times \alpha_i) \times \operatorname{Re}U_{i,j,2} \end{aligned} \quad (23)$$

- 5 De manera análoga, la potencia activa $P_{i,j,1}$ para el período de tensión de índice k igual a 1, para cada fase número i, siendo i igual a 1, 2 o 3 y para cada rango j comprendido entre 1 y J, se calcula, entonces, con la ayuda de la siguiente ecuación:

$$P_{i,j,1} = \frac{[\operatorname{Re}U_{i,j,1} \times \operatorname{Re}I_{i,j,1} + \operatorname{Im}U_{i,j,1} \times \operatorname{Im}I_{i,j,1}]}{2} \quad (24)$$

- 10 El software de cálculo 123A calcula, a continuación, la energía activa E_i de cada fase número i con la ayuda de las ecuaciones (13) y (14) descritas anteriormente.

Las otras etapas del procedimiento de cálculo según el segundo modo de realización son idénticas a las descritas anteriormente para el primer modo de realización y no se describen de nuevo.

Las ventajas de este segundo modo de realización incluyen, en concreto, las ventajas del primer modo de realización y estas no se describen de nuevo.

- 15 El sistema de cálculo 20 según este segundo modo de realización permite, además, con la ayuda de la determinación del desvío angular α_i , compensar una eventual variación del valor del período de tensión $P_{\text{tensión}}$ que conllevaría un desfase de las ventanas de muestreo con respecto al valor exacto del período de tensión $P_{\text{tensión}}$.

El sistema de cálculo 20 según la invención es, de este modo, todavía más preciso.

- 20 En el segundo modo de realización descrito anteriormente, para el período $P_{\text{tensión}}$ de índice k igual a 2, los coeficientes real e imaginario se eligen iguales a los coeficientes complejos modificados $\operatorname{Re}U_{i,j}$ y $\operatorname{Im}U_{i,j}$ contenidos en el primer mensaje M1 recibido. En otras palabras, el segundo modo de realización descrito anteriormente implementa a la vez la determinación del coeficiente corrector σ_i y la determinación del desvío angular α_i .

- 25 El experto en la materia comprenderá que, como variante, la determinación del desvío angular α_i es susceptible de implementarse independientemente de la determinación del coeficiente corrector σ_i . Llegado el caso, para el período $P_{\text{tensión}}$ de índice k igual a 2, los coeficientes real e imaginario se eligen iguales a los coeficientes complejos $\operatorname{Re}U_{i,j,k_0}$ y $\operatorname{Im}U_{i,j,k_0}$ contenidos en el primer mensaje M1 recibido, con el índice k_0 igual a 2.

- 30 En los diferentes ejemplos de realización, cada segundo dispositivo 62A, ..., 62N incluye el órgano de cálculo, por ejemplo, en forma del software de cálculo 123A, ..., 123N. Como variante, el software de cálculo 123A es idóneo para almacenarse en un dispositivo que no sea el segundo dispositivo 62A, tal como, por ejemplo, en el dispositivo de centralización 64. El cálculo de las energías activas E_1 , E_2 , E_3 se efectúa, entonces, a partir de las informaciones relativas a las tensiones y a las intensidades contenidas en los diferentes mensajes recibidos por el dispositivo de centralización 64, por parte del primer dispositivo 60 y de cada segundo dispositivo 62A, ..., 62N, a saber, el primer mensaje M1 y, respectivamente, los segundos mensajes M2A, ..., M2N.

- 35 Según otro modo de realización, no representado, el primer dispositivo 60 y el dispositivo de centralización 64 se reagrupan en un mismo dispositivo común, lo que permite tener un único emisor-receptor radioeléctrico para dicho dispositivo común en sustitución de los dos emisores-receptores radioeléctricos 70, 92 del primer dispositivo y del dispositivo de centralización.

De este modo, se diseña que el sistema de cálculo 20 según la invención sea más preciso que el sistema de cálculo del estado de la técnica.

REIVINDICACIONES

1. Sistema (20) de cálculo de la energía eléctrica (E_i) de una corriente alterna que circula en al menos un conductor eléctrico secundario (42A, 44A, 46A, ..., 42N, 44N, 46N), estando el conductor secundario (42A, ..., 46N) conectado eléctricamente a un conductor eléctrico primario (34; 36; 38), presentando el conductor primario (34; 36; 38) y el o cada conductor secundario (42A, ..., 46N) sustancialmente la misma tensión alterna (U_1 ; U_2 ; U_3), incluyendo la corriente alterna al menos una fase, comprendiendo este sistema de cálculo:

- un primer dispositivo (60) que incluye un emisor radioeléctrico (70), un órgano (66) de medición de la tensión del conductor primario (34, 36, 38), unos primeros medios (103) de muestreo del valor de la tensión medida (U_1 , U_2 , U_3), unos medios (105) de emisión según un período de emisión ($P_{emisión}$) de un primer mensaje (M1), correspondiendo el período de emisión ($P_{emisión}$) a un múltiplo de períodos de tensión ($P_{tensión}$), siendo el período de tensión ($P_{tensión}$) igual a la inversa de la frecuencia (F) de la tensión alterna (U_1 ; U_2 ; U_3) y unos medios (106) de determinación de un conjunto de al menos una magnitud representativa de la tensión medida, determinándose dicho conjunto en función del valor de la tensión medida durante un período de emisión dado ($P_{emisión}$), conteniendo el primer mensaje (M1) dicho conjunto;
- al menos un segundo dispositivo (62A, ..., 62N) que incluye un sensor (76A, ..., 76N) de la intensidad (I_{1A} , ..., I_{3N}) de la corriente que circula en el conductor secundario correspondiente (42A, ..., 46N), unos segundos medios (119A, ..., 119N) de muestreo del valor de la intensidad medida (I_{1A} , ..., I_{3N}); y
- al menos un órgano (123A, ..., 123N) de cálculo de la energía eléctrica (E_i) para la o cada fase de dicha corriente que circula en el conductor secundario correspondiente (42A, ..., 46N), estando el órgano de cálculo conectado a al menos un segundo dispositivo correspondiente (62A, ..., 62N) e incluyendo un receptor radioeléctrico (80A, ..., 80N) y unos medios de recepción del primer mensaje (M1), siendo el o cada órgano de cálculo (123A, ..., 123N) adecuado para calcular un valor de la energía eléctrica (E_i) durante el período de emisión dado ($P_{emisión}$) en función de dicho conjunto contenido en el primer mensaje (M1) y unas muestras de la intensidad asociadas al período de emisión dado ($P_{emisión}$),

caracterizado porque los medios de determinación (106) son adecuados para determinar dicho conjunto en función, además, de un coeficiente corrector (σ_i) asociado al período de emisión dado ($P_{emisión}$), siendo el coeficiente corrector (σ_i), para la o cada fase, función de un valor representativo de la tensión (U_i) solamente para cada período de tensión correspondiente ($P_{tensión}$) donde dicho valor representativo es superior a un umbral predeterminado (ϵ), siendo el valor representativo de la tensión el valor del módulo de lo fundamental de una descomposición en serie de Fourier de la tensión ($\|U_{i,1,k}\|$).

2. Sistema (20) según la reivindicación 1, en el que el coeficiente corrector (σ_i) verifica, para la o cada fase, la siguiente ecuación:

$$\sigma_i = \frac{1}{k_{m\acute{a}x}} \times \sum_{\forall k/\|U_{i,1,k}\| \geq \epsilon} \frac{\|U_{i,1,k}\|}{\|U_{i,1,k_0}\|}$$

- donde i es un índice de la fase correspondiente,
- k es un índice del período de tensión ($P_{tensión}$), con k comprendido entre 1 y K , siendo K igual al número de períodos de tensión ($P_{tensión}$) durante un período de emisión ($P_{emisión}$),
- k_0 es el índice de un período de tensión seleccionado de entre la pluralidad de períodos de tensión ($P_{tensión}$),
- $k_{m\acute{a}x}$ es el número de períodos de tensión para los que el valor del módulo de lo fundamental de la descomposición en serie de Fourier de la tensión es superior al umbral predeterminado ϵ durante el período de emisión dado ($P_{emisión}$) y $\|U_{i,1,k}\|$, respectivamente $\|U_{i,1,k_0}\|$, representa el módulo de lo fundamental de la descomposición en serie de Fourier de la tensión para la fase de índice i y el período de tensión de índice k , respectivamente, el período de tensión seleccionado de índice k_0 .

3. Sistema (20) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho conjunto de al menos una magnitud representativa incluye una pluralidad de coeficientes reales e imaginarios de una descomposición en serie de Fourier de la tensión medida, siendo el número (J) de rangos de la descomposición en serie de Fourier preferentemente superior o igual a 5, más preferentemente igual a 17.

4. Sistema (20) según la reivindicación 3, en el que la energía eléctrica (E_i) verifica, para la o cada fase, las siguientes ecuaciones:

$$E_i = \sum_{j=1}^J E_{i,j} \quad y \quad E_{i,j} = \sum_{k=1}^K P_{i,j,k} \times P_{emisión}$$

donde i es un índice de la fase correspondiente, j es un rango de la descomposición en serie de Fourier, con j comprendido entre 1 y J , siendo J igual al número de rangos de dicha descomposición, correspondiendo lo fundamental al rango igual a 1,

k es un índice del período de tensión ($P_{\text{tensión}}$) correspondiente, con k comprendido entre 1 y K, siendo K igual al número de períodos de tensión ($P_{\text{tensión}}$) durante un período de emisión ($P_{\text{emisión}}$) y

$P_{i,j,k}$ representa la potencia activa para la fase de índice i, los coeficientes reales e imaginarios de rango j y el período de tensión de índice k.

5 5. Sistema (20) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los medios de determinación (106) son adecuados, además, para determinar, para la o cada fase, un desvío angular (α_i) en función de una ratio para al menos un período de tensión ($P_{\text{tensión}}$), siendo la ratio igual al coeficiente imaginario de lo fundamental ($\text{Im}U_{i,1,k}$) de una descomposición en serie de Fourier de la tensión sobre dicho período de tensión ($P_{\text{tensión}}$) dividido por el coeficiente real de dicho fundamental de la tensión ($\text{Re}U_{i,1,k}$) y el órgano de cálculo (123A, ..., 123N) es adecuado para calcular un valor de la energía eléctrica (E_i) en función, además, del desvío angular (α_i).

6. Sistema (20) según la reivindicación 5, en el que se determina el desvío angular (α_i), para la o cada fase, con la ayuda de las siguientes ecuaciones:

$$\alpha_i = \frac{1}{K-1} \sum_{k=1}^{K-1} \alpha_{i,k} \quad \text{y} \quad \alpha_{i,k} = \varphi_i(k+1) - \varphi_i(k) \quad \forall k \in [1; K-1]$$

esto es

$$15 \quad \alpha_i = \frac{\varphi_i(K) - \varphi_i(1)}{K-1} \quad \text{con} \quad \varphi_i(k) = \arctan\left(\frac{\text{Im}U_{i,1,k}}{\text{Re}U_{i,1,k}}\right)$$

donde i es un índice de la fase correspondiente,

k es un índice del período de tensión ($P_{\text{tensión}}$), con k comprendido entre 1 y K, siendo K igual al número de períodos de tensión ($P_{\text{tensión}}$) durante un período de emisión ($P_{\text{emisión}}$); y

$U_{i,1,k}$ representa lo fundamental de la tensión para la fase de índice i y el período de tensión de índice k.

20 7. Sistema (20) según la reivindicación 5 o 6, en el que los primeros coeficientes reales ($\text{Re}U_{i,j,k}$) e imaginarios ($\text{Im}U_{i,j,k}$) de una descomposición en serie de Fourier de la tensión medida se calculan con la ayuda de las siguientes ecuaciones, para cada período de tensión que presenta un índice (k) comprendido entre 3 y K, teniendo el período de tensión seleccionado un índice (k_0) igual a 2:

$$\text{Re}U_{i,j,k} = \cos(j \times \alpha_i) \times \text{Re}U_{i,j,k-1} - \text{sen}(j \times \alpha_i) \times \text{Im}U_{i,j,k-1}$$

$$25 \quad \text{Im}U_{i,j,k} = \cos(j \times \alpha_i) \times \text{Im}U_{i,j,k-1} + \text{sen}(j \times \alpha_i) \times \text{Re}U_{i,j,k-1}$$

y en el que los primeros coeficientes reales e imaginarios de una descomposición en serie de Fourier de la tensión medida se calculan con la ayuda de las siguientes ecuaciones, para el período de tensión de índice (k) igual a 1:

$$\text{Re}U_{i,j,1} = \cos(-j \times \alpha_i) \times \text{Re}U_{i,j,2} - \text{sen}(-j \times \alpha_i) \times \text{Im}U_{i,j,2}$$

$$\text{Im}U_{i,j,1} = \cos(-j \times \alpha_i) \times \text{Im}U_{i,j,2} + \text{sen}(-j \times \alpha_i) \times \text{Re}U_{i,j,2}$$

30 8. Armario eléctrico, que comprende:

- un cuadro (16) que incluye al menos un conductor eléctrico primario de salida (34, 36, 38) y al menos un conductor eléctrico secundario de salida (42A, ..., 46N), estando el o cada conductor secundario de salida (42A, ..., 46N) conectado eléctricamente a un conductor primario de salida (34; 36; 38) correspondiente, presentando los conductores de salida (34, 42A, 42B, ..., 38, 46A, 46B, ..., 46N) correspondientes una tensión alterna y

35 - un sistema (20) de cálculo de la energía eléctrica (E_i) de una corriente que circula en el o cada conductor secundario de salida (42A, ..., 46N),

caracterizado porque el sistema de cálculo (20) es conforme a una cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

9. Estación (10) de transformación de una corriente eléctrica que presenta una primera tensión alterna en una corriente eléctrica que presenta una segunda tensión alterna,

40 **caracterizada porque** comprende un armario eléctrico según la reivindicación 8, un cuadro de llegada (14) que incluye al menos un conductor eléctrico de llegada (24A, 26A, 28A, 24B, 26B, 28B) adecuado para estar conectado a una red eléctrica (12), presentando el conductor de llegada la primera tensión alterna, formando el cuadro (16) del armario un cuadro de salida cuyos conductores de salida (34, 42A, 42B, ..., 38, 46A, 46B, ..., 46N) correspondientes presentan la segunda tensión alterna y

45 un transformador eléctrico (18) conectado entre el cuadro de llegada (14) y el cuadro de salida (16), siendo el transformador (18) adecuado para transformar la corriente que presenta la primera tensión alterna en la corriente que presenta la segunda tensión alterna.

10. Procedimiento de cálculo de la energía eléctrica (E_i) de una corriente alterna que circula en al menos un conductor

eléctrico secundario (42A, 44A, 46A, 42B, 44B, 46B, ..., 42N, 44N, 46N), estando el conductor secundario (42A, ..., 46N) conectado eléctricamente a un conductor eléctrico primario (34; 36; 38), presentando el conductor primario (34; 36; 38) y el o cada conductor secundario (42A, ..., 46N) sustancialmente la misma tensión alterna, incluyendo la corriente alterna al menos una fase,

5 comprendiendo el procedimiento las siguientes etapas:

- (a) la medición (210), por un primer dispositivo (60), de la tensión (U1, U2, U3) de la corriente que circula en el conductor primario (34, 36, 38), el muestreo del valor de la tensión medida (U1, U2, U3), la determinación (220) de un conjunto de al menos una magnitud representativa de la tensión medida, determinándose dicho conjunto en función del valor de la tensión medida durante el período de emisión dado ($P_{emisión}$), conteniendo el primer mensaje (M1) dicho conjunto y la emisión (230) según un período de emisión ($P_{emisión}$) de un primer mensaje (M1), correspondiendo el período de emisión ($P_{emisión}$) a un múltiplo de períodos de tensión ($P_{tensión}$), siendo el período de tensión ($P_{tensión}$) igual a la inversa de la frecuencia de la tensión alterna (U1; U2; U3),

10

- (b) la medición (330), por un segundo dispositivo (62A, ..., 62N), de la intensidad (I1, ..., I3N) de la corriente que circula en el conductor secundario (42A, ..., 46N) correspondiente y el muestreo del valor de la intensidad medida (I1A, ..., I3N) y

15

(c) el cálculo (340), por al menos un órgano de cálculo (123A, ..., 123N), de la energía eléctrica (E_i) para la o cada fase de dicha corriente que circula en el conductor secundario (42A, ..., 46N) correspondiente, estando el órgano de cálculo conectado a al menos un segundo dispositivo correspondiente (62A, ..., 62N) e incluyendo un receptor radioeléctrico (80A, ..., 80N) y unos medios de recepción del primer mensaje (M1), efectuándose el cálculo de la energía eléctrica (E_i) en función de dicho conjunto contenido en el primer mensaje (M1) y unas muestras de la intensidad asociadas al período de emisión dado ($P_{emisión}$),

20

caracterizado porque, durante la etapa (a), dicho conjunto se determina, además, en función de un coeficiente corrector (σ_i) asociado al período de emisión dado ($P_{emisión}$), siendo el coeficiente corrector (σ), para la o cada fase, función de un valor representativo de la tensión (U_i) solamente para cada período de tensión correspondiente ($P_{tensión}$) donde dicho valor representativo es superior a un umbral predeterminado (ϵ), siendo el valor representativo de la tensión el valor del módulo de lo fundamental de una descomposición en serie de Fourier de la tensión ($||U_{i,1,k}||$).

25

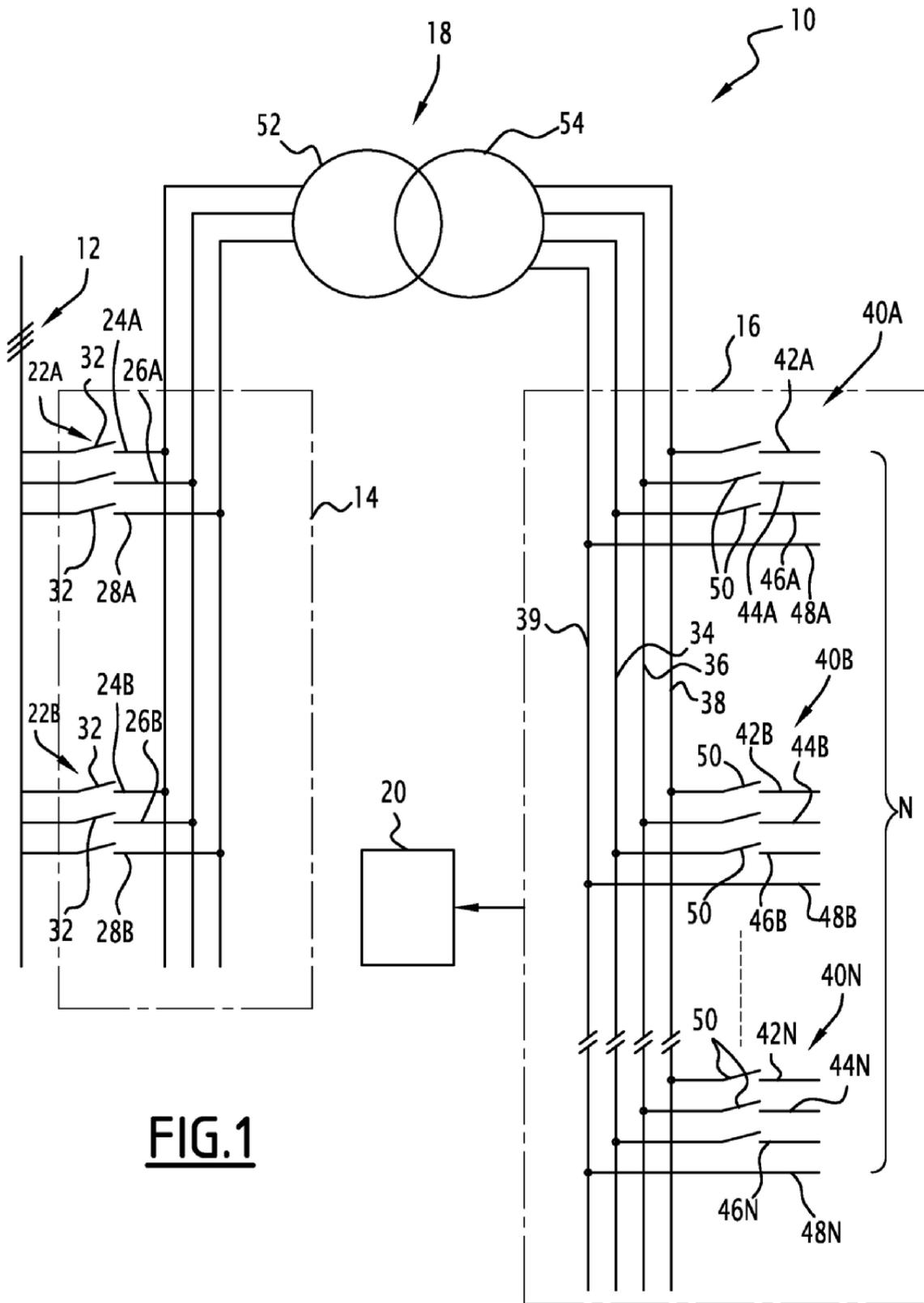
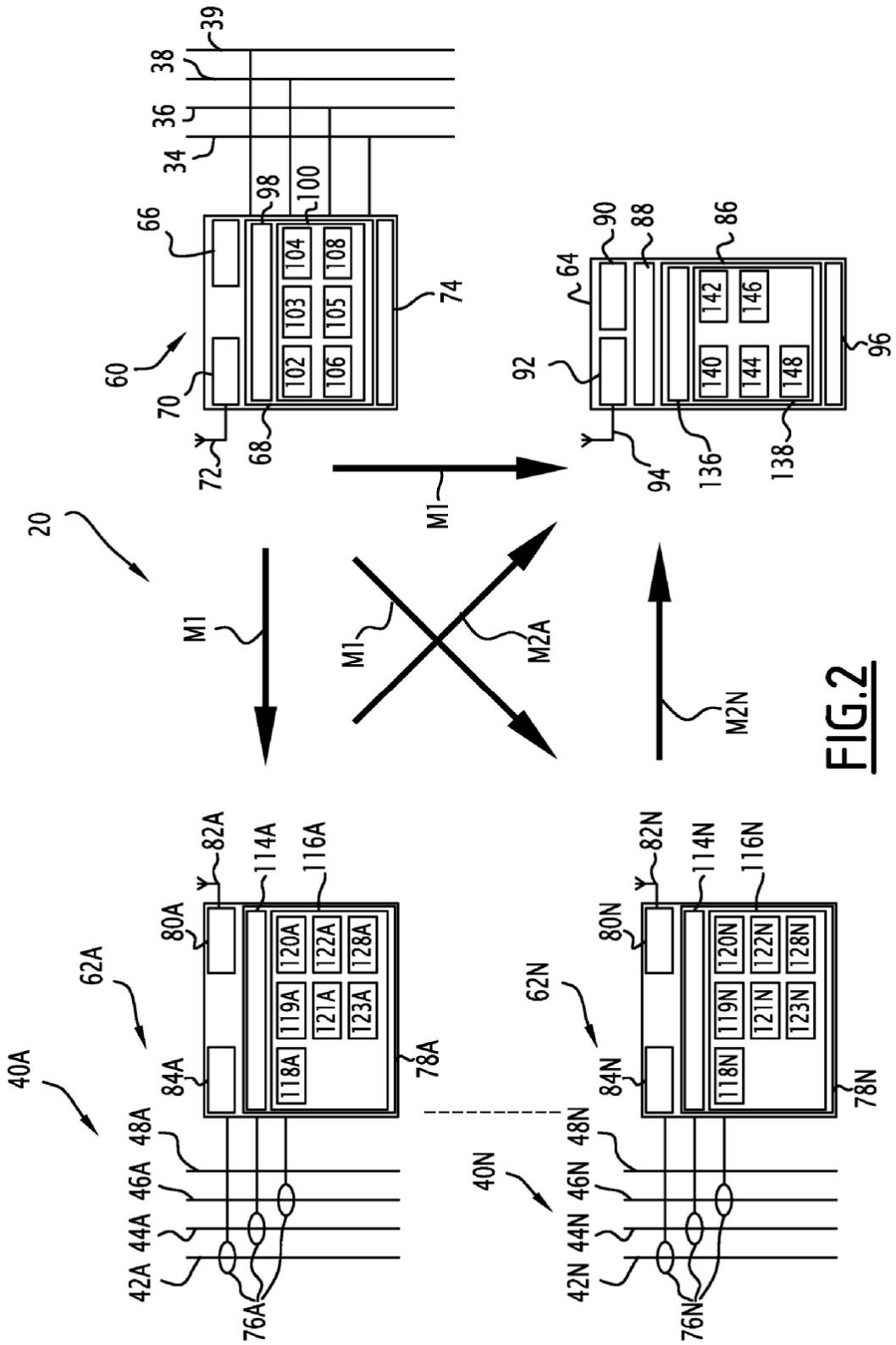


FIG.1



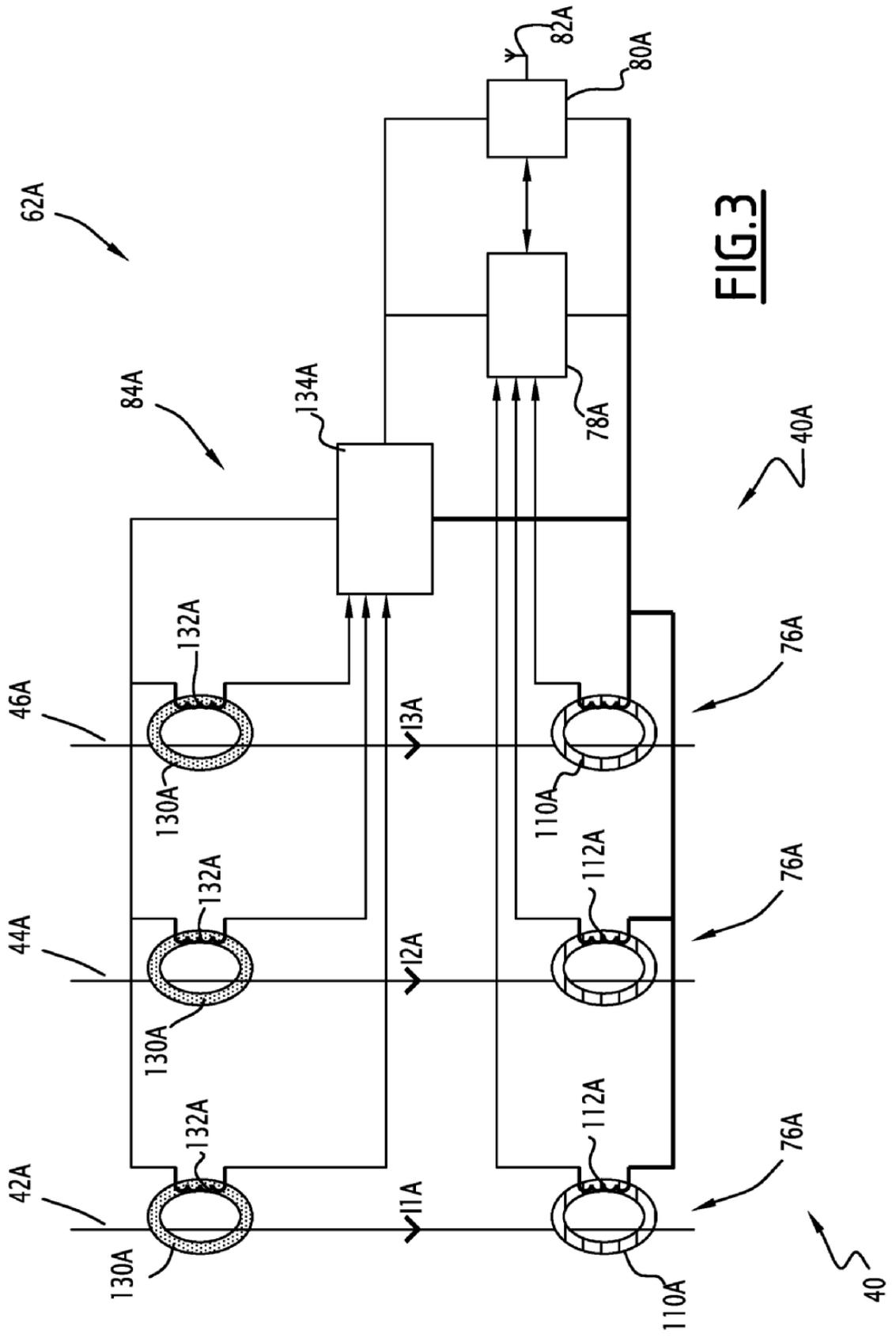


FIG.3

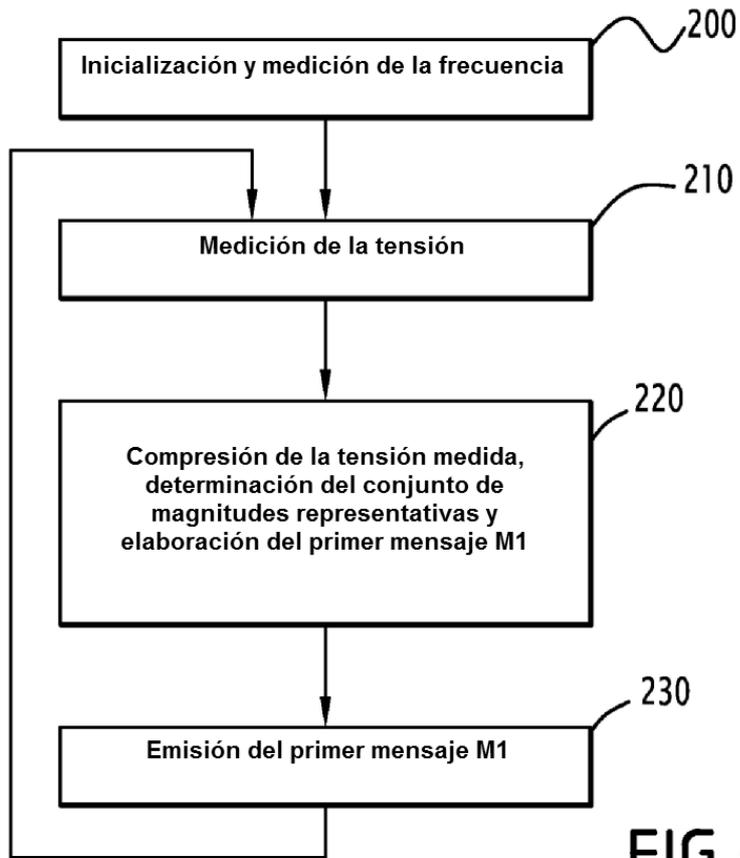


FIG.4

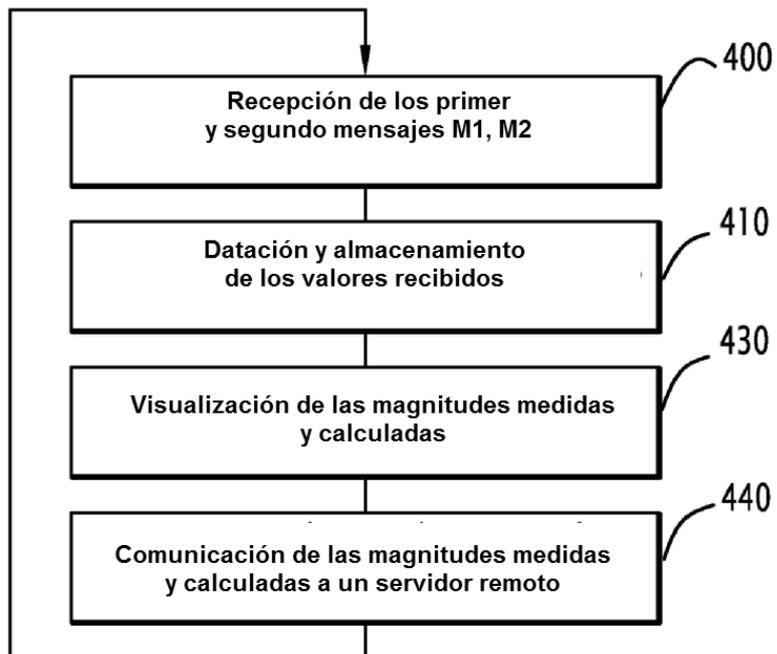


FIG.6

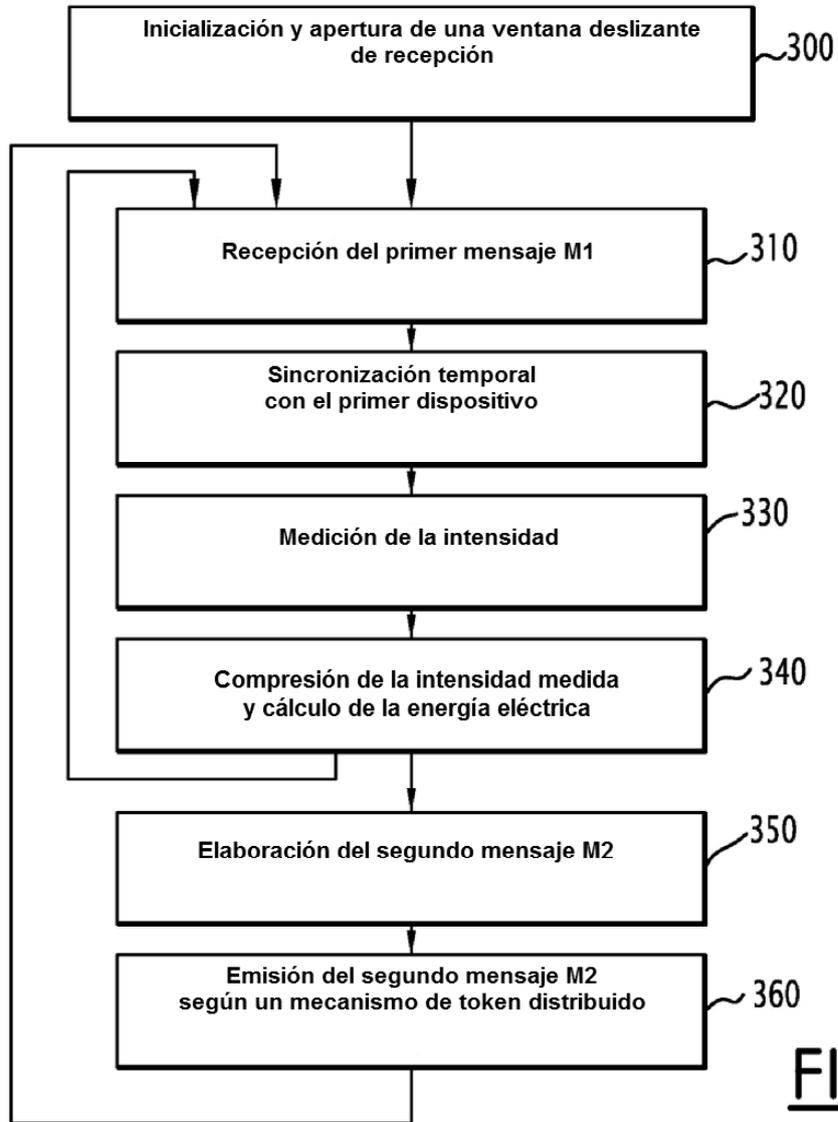


FIG.5

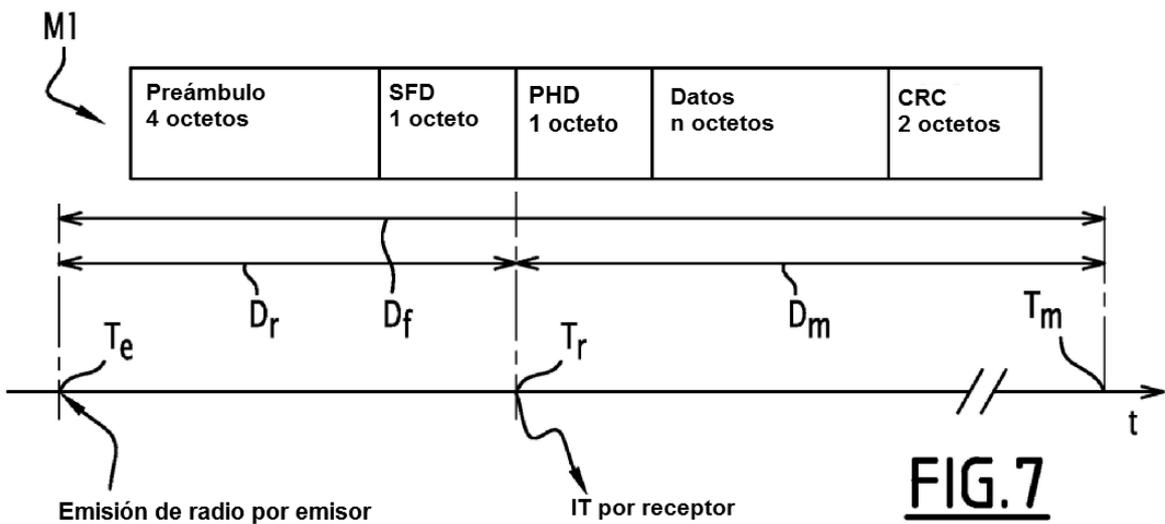


FIG.7

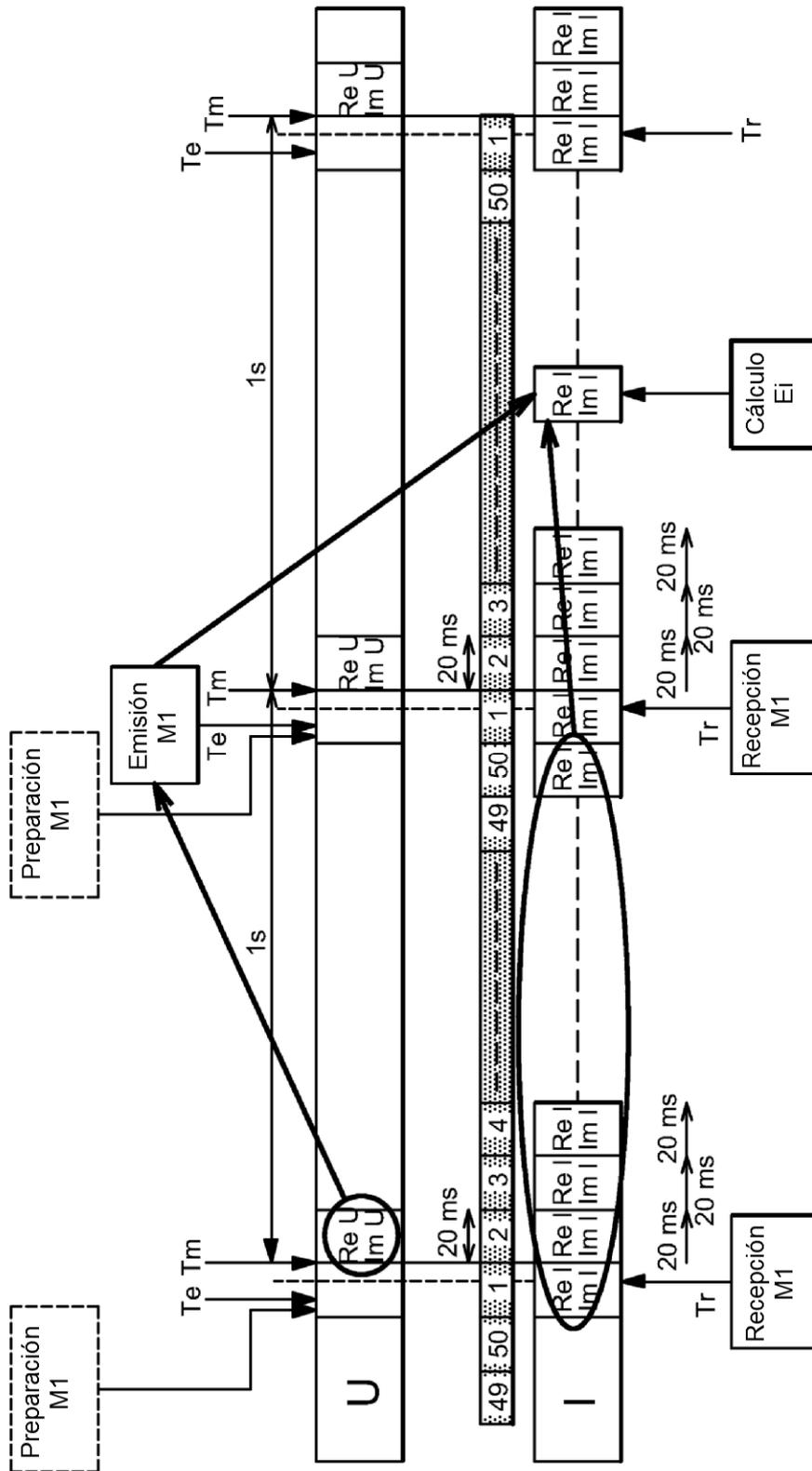


FIG.8