

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 537 929**

51 Int. Cl.:

**G01R 15/18** (2006.01)

**G01R 31/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.11.2013** **E 13191995 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.03.2015** **EP 2730929**

54 Título: **Procedimiento y sistema de determinación de la tensión primaria de un transformador, y estación de transformación que comprende un sistema de determinación de ese tipo**

30 Prioridad:

**09.11.2012 FR 1260655**

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

**15.06.2015**

73 Titular/es:

**SCHNEIDER ELECTRIC INDUSTRIES SAS  
(100.0%)**

**35 rue Joseph Monier  
92500 Rueil-Malmaison, FR**

72 Inventor/es:

**DESCHAMPS, PHILIPPE y  
BOSS, DENIS**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 537 929 T3**

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

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento y sistema de determinación de la tensión primaria de un transformador, y estación de transformación que comprende un sistema de determinación de ese tipo

5 La presente invención se refiere a un procedimiento de determinación de la tensión primaria de un transformador eléctrico, presentando el transformador eléctrico una relación de transformación en vacío y que comprende un arrollamiento primario apropiado para presentar la tensión primaria entre sus extremos y para ser atravesado por una corriente primaria, un arrollamiento secundario apropiado para presentar una tensión secundaria entre sus extremos y para ser atravesado por una corriente secundaria.

Este procedimiento comprende las etapas siguientes:

- 10
- la medición de la tensión secundaria con la ayuda de un sensor de tensión,
  - la medición de la corriente primaria con la ayuda de un primer sensor de corriente.

La invención se refiere igualmente a un sistema de determinación de la tensión primaria de un transformador eléctrico destinado a realizar un procedimiento de ese tipo.

15 La distribución terminal de las redes de distribución pública de una corriente polifásica hacia unos consumidores de energía se realiza en baja tensión desde unas estaciones de media tensión / baja tensión, denominadas igualmente estaciones de MT/BT. Cada estación de MT/BT tiene la forma de una estructura radial que comprende una pluralidad de líneas de baja tensión, comunicando cada una con un cierto número de consumidores. Cada línea de baja tensión comprende un conductor de fase para cada fase de la corriente polifásica suministrada y un conductor de neutro. Cada una de estas estaciones de MT/BT se conecta a su vez a una línea de media tensión cuyo origen se encuentra en una estación de alta tensión / media tensión, igualmente denominada estación HT/MT.

20

La baja tensión es susceptible de variar en función de las cargas conectadas a la red de baja tensión y a unas características de las líneas de baja tensión. El control de la conformidad de la tensión suministrada se asegura siguiendo dos procedimientos.

25 Un primer procedimiento consiste, en la fase de concepción de la red, en el cálculo del dimensionamiento de los cables y del reparto de las cargas, con el fin de garantizar una caída de tensión mínima en los conductores compatible con los límites de tensión admisibles para las cargas.

30 Un segundo procedimiento, realizable en condiciones de explotación, consiste en la regulación de la tensión en las líneas de baja tensión para adaptarse a las condiciones del momento. Este segundo procedimiento comprende igualmente el ajuste de la tensión aguas arriba. Por un lado, unos reguladores en carga de las estaciones de HT/MT, controlados automática y permanentemente, permiten ajustar la tensión en cabecera de la red para minimizar las pérdidas en la línea mientras se conserva una tensión aceptable aguas abajo. Por otro lado, unos reguladores en vacío de las estaciones de MT/BT permiten ajustar la tensión aguas arriba. Estos reguladores en vacío comprenden unos conmutadores manuales, igualmente denominados órganos de regulación, dispuestos en los transformadores de distribución. Permiten elegir el arrollamiento más adaptado del transformador en función de la estructura de la red

35 a la que está conectado. Los reguladores en vacío se maniobran muy ocasionalmente, es decir algunas veces durante toda la duración de la vida del transformador, para seguir las evoluciones estructurales de la red y de los consumidores.

40 En este contexto, la inserción de una producción descentralizada en la red, en particular en baja tensión, provoca localmente unas superaciones de la tensión máxima. En efecto, el dimensionamiento de la red, calculado durante su diseño, no tiene en cuenta los flujos de energía resultantes de las producciones descentralizadas. Es necesario entonces supervisar regularmente la corriente que circula en el arrollamiento primario del transformador, denominada igualmente corriente primaria, la tensión entre los extremos del arrollamiento primario, igualmente denominada tensión primaria, la corriente que circula en el arrollamiento secundario del transformador, igualmente denominada corriente secundaria, y la tensión entre los extremos del arrollamiento secundario, igualmente denominada tensión secundaria.

45

Es conocida la existencia de soluciones simples y económicas para medir la corriente primaria y/o la corriente secundaria, por ejemplo con la ayuda de núcleos toroidales abiertos, son igualmente conocidas soluciones para medir la tensión secundaria.

50 El documento US 2010/061964 A1 describe un sistema eléctrico que comprende una línea de media tensión, una línea de alta tensión y un transformador adaptado para transformar la media tensión en alta tensión. El sistema comprende igualmente un dispositivo de control que comprende una unidad de evaluación conectada a un dispositivo de medición de magnitudes relativas en la media tensión. La unidad de evaluación es apropiada para determinar unas características de la alta tensión a partir de los valores medidos relativos en la media tensión y en función de un modelo del transformador.

55

Para la medición de la tensión primaria, es conocida la utilización de transformadores de medición de tensión, de divisores capacitivos, de divisores resistivos, o incluso unas soluciones en base a un cálculo simplificado que es función de la tensión secundaria y de la relación de transformación del transformador.

5 Sin embargo, tales mediciones de la tensión primaria son poco precisas o demasiado costosas, particularmente en el caso del transformador de medición de tensión. Igualmente son intrusivas porque necesitan acceder a las partes bajo tensión del circuito primario del transformador o a unos cables que estén conectados a ellas.

El objetivo de la invención es por tanto proponer un procedimiento más preciso de determinación de la tensión primaria de un transformador, mientras es de coste limitado y compatible con el parque existente de estaciones de MT/BT.

10 Con esta finalidad, la invención tiene por objeto un procedimiento, según la reivindicación 1, de determinación de la tensión primaria de un transformador.

Siguiendo otros aspectos ventajosos de la invención, el procedimiento de determinación comprende una o varias de las características siguientes, tomadas aisladamente o siguiendo todas las combinaciones técnicamente posibles, según las reivindicaciones dependientes 2 a 7.

15 La invención tiene igualmente por objetivo un sistema, según la reivindicación 8, de determinación de la tensión primaria de un transformador eléctrico.

Siguiendo otros aspectos ventajosos de la invención, el sistema de determinación comprende una o varias de las características siguientes, tomadas aisladamente o siguiendo todas las combinaciones técnicamente posibles, según las reivindicaciones dependientes 9 y 10.

20 La invención tiene igualmente por objeto una estación, según la reivindicación 11, de transformación de una primera corriente eléctrica que presenta una primera tensión alterna en una segunda corriente eléctrica que presenta una segunda tensión alterna.

Estas características y ventajas de la invención surgirán de la lectura de la descripción a continuación, dada únicamente a título de ejemplo no limitativo, y realizada con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- 25 - 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 determinación de la tensión primaria a partir de las mediciones de corrientes primaria y secundaria y de la tensión secundaria,
- 30 - la figura 2 es una vista detallada que representa la comunicación entre una unidad de procesamiento de informaciones del sistema de determinación y los sensores de corriente secundaria y de tensión secundaria visibles en la figura 1,
- la figura 3 es un organigrama de un procedimiento de determinación de la tensión primaria de un transformador, según la invención.

35 En la figura 1, una estación 10 de transformación conectada a una red 12 eléctrica alterna comprende un primer cuadro 14, un segundo cuadro 16, un transformador eléctrico 18 provisto de un órgano 20 de regulación y conectado entre el primer cuadro y el segundo cuadro, así como un sistema 22 de determinación de una tensión U<sub>1j</sub> primaria del transformador 18.

40 La estación 10 de transformación es apropiada para transformar la corriente I<sub>1j</sub> eléctrica suministrada por la red 12 y que presenta una primera tensión U<sub>1j</sub> alterna, en una corriente I<sub>2j</sub> eléctrica que presenta una segunda tensión U<sub>2j</sub> alterna.

La red 12 eléctrica es una red alterna que comprende P fases, siendo P un número entero superior o igual a 1, tal como una red trifásica. Dicho de otra manera, en el modo de realización descrito en la figura 1, P es igual a 3. Las tensiones U<sub>1j</sub>, U<sub>2j</sub> y las corrientes I<sub>1j</sub>, I<sub>2j</sub> de cada conductor de fase son U<sub>1a</sub>, U<sub>1b</sub>, U<sub>1c</sub>, U<sub>2a</sub>, U<sub>2b</sub>, U<sub>2c</sub> e I<sub>1a</sub>, I<sub>1b</sub>, I<sub>1c</sub>, I<sub>2a</sub>, I<sub>2b</sub>, I<sub>2c</sub>.

45 La red 12 eléctrica es una red de media tensión, es decir una red cuya tensión es superior a 1000 V e inferior a 50.000 V. La primera tensión U<sub>1j</sub> trifásica es entonces una media tensión.

50 El primer cuadro 14 comprende varias llegadas 24A, 24B, comprendiendo cada llegada 24A, 24B un primer 26A, 26B, un segundo 28A, 28B y un tercer 30A, 30B conductor de llegada. Cada conductor de llegada 26A, 26B, 28A, 28B, 30A, 30B está conectado a la red 12 eléctrica por medio, por ejemplo, de un interruptor de llegada 31 respectivo. La corriente I<sub>1j</sub> que circula en los conductores de llegada 26A, 26B, 28A, 28B, 30A, 30B correspondientes presenta la primera tensión U<sub>1j</sub> trifásica.

Los primeros conductores 26A, 26B de llegada, los segundos conductores 28A, 28B de llegada y los terceros conductores 30A, 30B de llegada se conectan respectivamente a un primer conductor 32 primario de enlace, a un segundo conductor 33 primario de enlace y a un tercer conductor 34 primario de enlace. Estos conductores

primarios de enlace conectan las llegadas 24 al órgano 20 de regulación del transformador 18.

5 El segundo cuadro 16 comprende un primer 35, un segundo 36, un tercer 37 y un cuarto 38 conductores secundarios de enlace y una pluralidad N de salidas 40A, 40B,..., 40N, a saber una primera salida 40A, una segunda salida 40B,..., una enésima salida 40N, siendo apropiada cada salida 40A, 40B,..., 40N para suministrar una tensión U<sub>2j</sub> trifásica. Los conductores 35, 36, 37, 38 secundarios de enlace conectan el transformador 18 a las salidas 40A,..., 40N.

Cada salida 40A,..., 40N es una salida en baja tensión U<sub>2j</sub>, es decir una salida cuya tensión es inferior a 1000 voltios. La segunda tensión U<sub>2j</sub> trifásica es entonces una baja tensión.

10 La primera salida 40A comprende un primer 42A, un segundo 44A, un tercer 46A y un cuarto 48A conductores de salida y tres interruptores 50 de salida. El primer, segundo y tercer conductores 42A, 42B, 42C se conectan respectivamente al primer, segundo y tercer conductores 35, 36, 37 secundarios de enlace por medio de un interruptor 50 de salida correspondiente. El cuarto conductor 48A de salida se conecta directamente al cuarto conductor 38 secundario de enlace.

15 Los conductores 35, 36, 37 secundarios de enlace y los conductores de salida de las salidas 42A, 44A, 46A correspondientes presentan una misma tensión U<sub>2j</sub>, correspondiendo cada una a una fase U<sub>2a</sub>, U<sub>2b</sub>, U<sub>2c</sub> respectiva de la segunda tensión trifásica.

Las otras salidas 40B,..., 40N son idénticas a la primera salida 40A descrita anteriormente, y comprende los mismos elementos sustituyendo en cada ocasión la letra A por la letra B,..., N correspondiente relativa a la referencia de los elementos.

20 El transformador 18 eléctrico es apropiado para transformar la corriente I<sub>1j</sub> procedente de la red eléctrica que presenta la primera tensión U<sub>1j</sub> alterna en la corriente I<sub>2j</sub> suministrada al segundo cuadro 16 y que presenta la segunda tensión U<sub>2j</sub> alterna. El transformador 18 eléctrico comprende un arrollamiento 52 primario conectado al primer cuadro 14 y un arrollamiento 54 secundario conectado al segundo cuadro 16, comprendiendo cada arrollamiento 52, 54 una bobina electromagnética, no representada, para cada fase a, b, c de la corriente alterna correspondiente.

25 La corriente apropiada para circular en el arrollamiento 52 primario del transformador se denomina corriente primaria y se indica por I<sub>1j</sub>, siendo j el índice de la fase correspondiente, igual a a, b o c. La tensión entre los extremos del arrollamiento 52 primario se denomina tensión primaria y se indica por U<sub>1j</sub> para cada fase j de la corriente alterna correspondiente. La corriente apropiada para circular en el arrollamiento 54 secundario del transformador se denomina corriente I<sub>2j</sub> secundaria y la tensión entre los extremos del arrollamiento 54 secundario se denomina tensión U<sub>2j</sub> secundaria para cada fase j de la corriente alterna correspondiente, siendo j igual a a, b o c.

30 El sistema 22 de determinación, visible en la figura 1 y del que es visible una parte a escala mayor en la figura 2, comprende unos sensores 56A, 56B, 56C de la corriente primaria, unos sensores 58A, 58B, 58C de la corriente secundaria, unos sensores 59A, 59B, 59C de la tensión secundaria, así como una unidad 60 de procesamiento de la información.

35 El sistema 22 de determinación es apropiado para medir, con la ayuda de los sensores 56A, 56B, 56C de corriente primaria, las corrientes I<sub>1a</sub>, I<sub>1b</sub>, I<sub>1c</sub> primarias que atraviesan cada uno de los tres conductores 32, 33, 34 primarios de enlace conectados al arrollamiento 52 primario del transformador.

40 El sistema 22 de determinación es apropiado para medir, con la ayuda de los sensores 58A, 58B, 58C de corriente secundaria, las corrientes I<sub>2a</sub>, I<sub>2b</sub>, I<sub>2c</sub> secundarias que atraviesan cada uno de los tres conductores 35, 36, 37 secundarios de enlace conectados al arrollamiento 54 secundario del transformador.

El sistema 22 de determinación es apropiado para medir, con la ayuda de los sensores 59A, 59B, 59C de tensión, las tensiones U<sub>2a</sub>, U<sub>2b</sub>, U<sub>2c</sub> secundarias, con relación al conductor 38 de neutro, de cada uno de los tres conductores 35, 36, 37 secundarios de enlace conectados al arrollamiento 54 secundario.

45 La unidad 60 de procesamiento de información comprende un procesador 62 y una memoria 64 asociada al procesador 62. La memoria 64 es adecuada para almacenar un primer programa 66 de cálculo de la caída de tensión  $\frac{\Delta U}{U}$  en los bornes del transformador del lado del arrollamiento 54 secundario, un segundo programa 68 de cálculo del módulo de la tensión U<sub>1a</sub>, U<sub>1b</sub>, U<sub>1c</sub> primaria del transformador y un tercer programa 70 de cálculo del desfase de la tensión U<sub>1a</sub>, U<sub>1b</sub>, U<sub>1c</sub> primaria con la corriente I<sub>1a</sub>, I<sub>1b</sub>, I<sub>1c</sub> primaria.

50 La unidad 60 de procesamiento de la información comprende un programa 72 de comunicación apropiado para comunicar con los sensores 56A,..., 58C de corriente.

La unidad de procesamiento comprende un programa 73 de adquisición de los valores medidos por los sensores 56A, 56B, 56C de corriente primaria, los sensores 58A, 58B, 58C de corriente secundaria y los sensores 59A, 59B,

59C de tensión secundaria.

Los cinco programas 66, 68, 70, 72, 73 son adecuados para comunicar entre sí.

El primer programa 66 de cálculo es apropiado para calcular la caída de tensión  $\frac{\Delta U}{U}$  a partir de la ecuación [1]

$$[1] \quad \frac{\Delta U}{U} = (U_r \cos \varphi + U_x \operatorname{sen} \varphi) \cdot n + \frac{1}{200} (U_x \cos \varphi - U_r \operatorname{sen} \varphi) \cdot n^2$$

5 en la que  $U_r$  y  $U_x$  representan las componentes resistivas y reactivas apropiadas en el transformador 18,  $n$  representa el factor de carga del transformador 18 y  $\cos \varphi$  representa el factor de potencia de la carga del transformador 18.

El segundo programa de cálculo 68 es apropiado para calcular el módulo de la tensión primaria a partir de la ecuación [2]:

$$10 \quad [2] \quad U_{1j} = K_{\text{pos}} \cdot \frac{U_{10}}{U_{20}} \cdot \frac{U_{2j}}{1 - \frac{\Delta U}{U}}$$

en la que  $K_{\text{pos}}$  es un coeficiente que depende de la posición del órgano 20 de regulación,  $\frac{U_{10}}{U_{20}}$  es la relación de transformación en vacío del transformador 18,  $U_{2j}$  es la tensión secundaria medida y  $\frac{\Delta U}{U}$  la caída de tensión anteriormente calculada con la ayuda de la ecuación [1].

15 El segundo programa 68 de cálculo del módulo de la tensión primaria es apropiado para determinar el coeficiente  $K_{\text{pos}}$  dependiente de la posición del órgano de regulación en una etapa preliminar al cálculo de la ecuación [2].

Esta etapa preliminar permite deducir la posición del órgano de regulación a partir del conocimiento de las tensiones nominales primaria para cada una de las posiciones del órgano de regulación del transformador, de la tensión nominal secundaria, y de la ecuación [3]:

$$[3] \quad \frac{I_{2j}}{I_{1j}} = \frac{U_{1j}}{U_{2j}}$$

20 en la que  $I_{1j}$  e  $I_{2j}$  son las corrientes primarias y secundarias medidas,  $U_{1j}$  y  $U_{2j}$  son las tensiones primarias y secundarias.

25 Cada posición del órgano de regulación determina una tensión primaria, por tanto una relación entre las tensiones primarias y secundarias. Esta relación entre las tensiones primarias y secundarias es igual a la relación entre las corrientes secundarias y primarias medidas. La determinación de la posición del órgano de medición durante esta etapa preliminar consiste por tanto en identificar la relación entre las tensiones primarias y secundarias, a través de las corrientes medidas, y por tanto deducir la posición del órgano de regulación.

El tercer programa 70 de cálculo es apropiado para calcular el desfase de la tensión  $U_{1j}$  primaria con la corriente  $I_{1j}$  primaria para una configuración D yn11 del transformador 18 a partir de la ecuación [4]

$$[4] \quad f(U_{1j}, I_{1j}) = \pi - f(I_{1j}, U_{2j})$$

30 en la que  $I_{1j}$  es la corriente primaria medida para cada fase  $j$ ,  $U_{2j}$  la tensión secundaria medida para cada fase  $j$ ,  $U_{1j}$  la tensión primaria para cada fase  $j$  y  $f(I_{1j}, U_{2j})$  el desfase entre la corriente  $I_{1j}$  primaria y la tensión  $U_{2j}$  secundaria para cada fase  $j$ . La configuración D yn11 del transformador 18 corresponde a un sistema trifásico con las bobinas del arrollamiento 52 primario conectadas en triángulo y las bobinas del arrollamiento 54 secundario conectadas en estrella con neutro accesible.

35 En el ejemplo de realización de las figuras 1 y 2, la comunicación entre los sensores 56A,..., 58C de corriente y la unidad 60 de procesamiento de la información se realiza mediante comunicación radioeléctrica. La unidad 60 de procesamiento de la información comprende entonces un emisor-receptor 74 radioeléctrico y una antena 75 radioeléctrica.

40 Sistema 22 de determinación es apropiado para determinar la tensión  $U_{1j}$  primaria del transformador 18 eléctrico a partir de las medidas de las corrientes  $I_{1j}$  primaria e  $I_{2j}$  secundaria, así como de la tensión  $U_{2j}$  secundaria.

- En la figura 2, cada sensor 58A, 58B, 58C de corriente secundaria comprende un primer núcleo toroidal 76 dispuesto alrededor de cada uno de los conductores 35, 36, 37 secundarios de enlace y un primer arrollamiento 78 dispuesto alrededor del primer núcleo toroidal 76, como se ha representado en la figura 2. La circulación de la corriente I2a, I2b, I2c a través del conductor 35, 36, 37 secundario de enlace correspondiente es apropiada para engendrar una corriente inducida proporcional a la intensidad de la corriente en el primer arrollamiento 78. El primer núcleo toroidal 76 es, por ejemplo, una bobina de Rogowski. El primer núcleo toroidal 76 es preferentemente un núcleo toroidal abierto con el fin de facilitar su disposición alrededor de los conductores 35, 36, 37 correspondientes.
- Para cada sensor 58A, 58B, 58C de corriente, la circulación de la corriente I2a, I2b, I2c a través del conductor 35, 36, 37 secundario de enlace correspondiente es apropiada para engendrar una señal proporcional a la intensidad de la corriente en el primer arrollamiento 78.
- Los sensores 56A, 56B, 56C de corriente primaria son idénticos a los sensores 58A, 58B, 58C de corriente secundaria descritos en la figura 2.
- Un órgano 90 de alimentación, visible en la figura 2, es apropiado para alimentar una unidad 92 de comunicación apropiada para conformar las corrientes I2j secundarias medidas y comunicarlas a la unidad 60 de procesamiento de informaciones a través de una antena 93 radioeléctrica. El órgano 90 de alimentación comprende, para cada uno de los primer, segundo y tercer conductores 35, 36, 37 secundarios de enlace, un segundo núcleo toroidal 94 dispuesto alrededor del conductor 35, 36, 37 secundario de enlace correspondiente y un segundo arrollamiento 96 dispuesto alrededor del segundo núcleo toroidal 94. La circulación de la corriente en el conductor 35, 36, 37 secundario de enlace correspondiente es apropiada para engendrar una corriente inducida en el segundo arrollamiento 96.
- El órgano 90 de alimentación comprende un convertidor 98 conectado a cada uno de los segundos arrollamientos 96 y apropiado para suministrar una tensión predeterminada a la unidad 92 de comunicación. Cada segundo núcleo toroidal 94 es un núcleo toroidal de hierro. Cada segundo núcleo toroidal 94 es preferentemente un núcleo toroidal abierto con el fin de facilitar su disposición alrededor de los conductores 35, 36, 37 correspondientes.
- Dicho de otra manera, la transmisión de las mediciones de la corriente I2j secundaria se autoalimenta por medio del órgano 90 de alimentación que comprende los segundos núcleos toroidales 94 adaptados para recuperar la energía magnética procedente de la circulación de la corriente en los conductores 35, 36, 37 secundarios de enlace correspondientes.
- La unidad 60 de procesamiento de informaciones es apropiada para comunicar con los sensores 56A, 56B, 56C de corriente primaria, los sensores 59A, 59B, 59C de tensión secundaria, así como con los sensores 58A, 58B, 58C de corriente secundaria a través de la unidad 92 de comunicación y la antena 93.
- En el ejemplo de realización de la figura 2, la transmisión de las mediciones de corriente I2a, I2b, I2c con destino en la unidad 60 de procesamiento de información se efectúa con la ayuda de un emisor-receptor 95 incluido en la unidad de comunicación y de la antena 93 radioeléctrica a través de un enlace 99 radioeléctrico de datos.
- El funcionamiento del sistema de determinación de la tensión U1j primaria del transformador 18 se explicará a partir de ahora con la ayuda de la figura 3. La figura 3 representa un organigrama de las etapas del procedimiento de determinación de la tensión U1j primaria del transformador 18 realizadas mediante el sistema 22 de determinación, principalmente por los sensores 56A, 56B, 56C de corriente primaria y 58A, 58B, 58C secundaria, los sensores 59A, 59B, 59C de tensión secundaria, así como por la unidad 60 de procesamiento de informaciones.
- En la figura 3, durante una primera etapa 100, los sensores 59A, 59B, 59C de tensión secundaria miden las tensiones U2j secundarias, siendo j por ejemplo igual a a, b, c, de cada uno de los primer, segundo y tercer conductores 35, 36, 37 secundarios de enlace con relación al cuarto conductor 38 secundario de enlace, es decir al conductor de neutro. Estas tensiones U2a, U2b, U2c se comunican a la unidad 60 de procesamiento de informaciones.
- Durante una segunda etapa 110, los sensores 56A, 56B, 56C de corriente primaria y los sensores 58A, 58B, 58C de corriente secundaria miden las corrientes I1a, I1b, I1c primarias e I2a, I2b, I2c secundarias de un lado y otro del transformador 18 con la ayuda del sistema 22 de determinación descrito en la figura 2. Durante esta etapa 110, los sensores de corriente 56A, 56B, 56C, 58A, 58B, 58C primaria y secundaria transmiten las mediciones de corriente a través del enlace 99 de datos, tal como un enlace radioeléctrico, a la unidad 60 de procesamiento de informaciones.
- Las mediciones de corriente se reciben por parte del programa 72 de comunicación y se tienen en cuenta por el programa 73 de adquisición, con el fin de ser suministradas a continuación a los programas 66, 68, 70 de cálculo. Una vez centralizadas las mediciones de las corrientes I1a, I1b, I1c primarias, de las corrientes I2a, I2b, I2c secundarias y de las tensiones U2a, U2b, U2c secundarias en la unidad 60 de procesamiento de informaciones, ésta puede con la ayuda de los programas 66, 68, 70 de cálculo, realizar las etapas de cálculo que permiten determinar las tensiones U1a, U1b, U1c primarias correspondientes del transformador 18.

En una primera etapa 120 de cálculo, el primer programa 66 de cálculo realiza el cálculo de la caída de tensión en los bornes del transformador 18, del lado del arrollamiento 54 secundario.

5 El cálculo de esta caída de tensión se realiza a partir de los datos de las componentes  $U_r$  resistiva y  $U_x$  reactiva de la tensión de cortocircuito medida en el ensayo sobre el transformador 18, del factor de carga del transformador 18 y del factor de potencia de la carga del transformador 18. Esta caída de tensión se calcula a partir de la ecuación [1]. Se expresa en porcentaje de la tensión nominal en vacío, estando esta última indicada sobre la placa de características, no representada, asociada al transformador 18.

10 Las mediciones complementarias del factor de carga del transformador, es decir la medición de la corriente  $I_{2j}$  secundaria y las del factor de potencia  $\cos \varphi$  de la carga serán tenidas en cuenta igualmente por la unidad 60 de procesamiento de informaciones para la determinación de la caída de tensión para el régimen de carga considerado.

Después de esta etapa 120 y de una etapa 125 intermedia de determinación de la posición  $K_{pos}$  del órgano de regulación, el segundo programa 68 de cálculo calcula, durante una segunda etapa 130 de cálculo, el módulo de la tensión  $U_{1j}$  primaria a partir de la ecuación [2].

15 Durante la etapa 125 intermedia se determina la posición  $K_{pos}$  del órgano de regulación en función del número de espiras del arrollamiento 52 primario tenidas en cuenta. En general, un órgano 20 de regulación comprende una pluralidad de posiciones de regulación, tal como una primera  $P_1$ , una segunda  $P_2$  y una tercera  $P_3$  posiciones cuando el transformador eléctrico 18 se utiliza en Francia. La segunda posición  $P_2$  es la posición para la que se obtiene una tensión nominal. La selección de la primera posición  $P_1$  permite la toma en consideración de un número de espiras mayor, por tanto el establecimiento de una tensión  $U_{1j}$  primaria mayor. Inversamente, la selección de la tercera posición  $P_3$  implica la toma en consideración de un número de espiras menor e impone por tanto una tensión  $U_{1j}$  primaria más reducida. Cuando el transformador 18 eléctrico se utiliza en Suiza, el órgano 20 de regulación comprende cinco o seis posiciones de regulación.

25 El valor  $K_{pos}$  vale 1 para la segunda posición  $P_2$  del órgano 20 de regulación, es decir para el establecimiento del valor nominal de la tensión primaria. En el ejemplo de una tensión  $U_{1j}$  primaria superior en un 2,5% a la tensión nominal, el órgano de regulación está en la primera posición  $P_1$  y el valor de  $K_{pos}$  vale por ejemplo 1,025.  $K_{pos}$  vale, por ejemplo, 0,975 para un órgano de regulación en tercera posición  $P_3$ .

La determinación del valor  $K_{pos}$  se obtiene, por ejemplo, con la ayuda del conocimiento de las tensiones nominales primarias correspondientes a cada posición del órgano de regulación, de la tensión nominal secundaria, de la ecuación [3] y de la medición de las corrientes  $I_{1j}$  primarias e  $I_{2j}$  secundarias.

30 El cálculo del primer término de la ecuación [3] permite identificar la posición  $K_{pos}$  del órgano de regulación que verifica que la relación entre las tensiones  $U_{1j}$  primaria y  $U_{2j}$  secundarias sea igual al primer término de la ecuación [3] resultante de las medidas de las corrientes primaria y secundaria.

35 Una vez conocida la posición  $K_{pos}$  del órgano de regulación, se efectúa el cálculo del módulo de cada tensión  $U_{1j}$  primaria durante la etapa 130 con la ayuda del segundo programa 68 de cálculo. Este módulo es función de la posición  $K_{pos}$  del órgano de regulación, de la relación de transformación en vacío de las tensiones nominales primaria y secundaria, de la medición de cada tensión  $U_{2j}$  secundaria y de la caída de tensión calculada durante la etapa 120.

40 Finalmente, durante una etapa 140, se calcula el desfase de cada tensión  $U_{1j}$  primaria con la corriente  $I_{1j}$  primaria correspondiente. Para ello, se parte del principio de que el desfase del lado del arrollamiento 52 primario no depende significativamente más que del desfase de la corriente  $I_{1j}$  primaria correspondiente con relación a la tensión  $U_{2j}$  secundaria medida correspondiente. En la configuración D yn11 del transformador 18, la relación viene dada por la ecuación [4].

Se conocen de ese modo el módulo y la fase de cada tensión  $U_{1j}$  primaria.

45 El sistema 22 de determinación según la invención permite una realización de la determinación de cada tensión  $U_{1j}$  primaria en un contexto de utilización y de mejora de la red existente.

Además, la implementación del sistema 22 de determinación es posible sin corte de la tensión gracias, por ejemplo, a la utilización de núcleos toroidales abiertos en tanto que sensores de corriente. No necesita por otro lado ningún acceso físico a las partes bajo tensión del lado primario del transformador 18.

50 La implementación del sistema 22 de determinación no necesita ni regulación, ni parametrizado particular a lo largo de toda su vida de funcionamiento. En particular, la posición del órgano 20 de regulación del transformador se tiene en cuenta automáticamente.

Ninguno de los sensores 56A,... 59C de corriente y de tensión necesita un aislamiento en media tensión.

Además, este sistema 22 de determinación permite calcular la posición  $K_{pos}$  del órgano 20 de regulación del transformador 18 y convertir esta información en accesible a distancia y disponible digitalmente. Históricamente, los

cambiadores en vacío de los transformadores de distribución se sitúan durante la instalación de la estación según las reglas apropiadas de cada distribuidor, y la consignación de su posición en una base de datos no se garantiza más que raramente. Actualmente, el único medio de conocer con certidumbre la posición real de un cambiador de tomas consiste en acercarse a la estación para verificarlo visualmente.

- 5 Esta funcionalidad de lectura a distancia de la posición Kpos aporta una solución al problema de la excursión en tensión de la red en la medida en que permite al operador de la red evaluar a distancia la capacidad de regulación de la que dispone localmente, en el sitio del problema.

- 10 El experto en la materia comprenderá que el sistema y el procedimiento descritos anteriormente en el caso P=3, siendo P el número de conductores de fases, se aplica para cualquier valor de P, e igualmente P=1, es decir en el caso de una red monofásica.

Se concibe de ese modo que el sistema 22 de determinación según la invención, es más preciso y menos costoso, mientras que es simple de instalación, simple de utilización y compatible con la red existente.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de determinación de una tensión (U1j) primaria de un transformador (18) eléctrico, presentando el transformador eléctrico una relación de transformación en vacío y comprendiendo un arrollamiento (52) primario apropiado para presentar la tensión (U1j) primaria entre sus extremos y para ser atravesado por una corriente (I1) primaria, un arrollamiento (54) secundario apropiado para presentar una tensión (U2j) secundaria entre sus extremos y para ser atravesado por una corriente (I2j) secundaria, y, comprendiendo el procedimiento las etapas siguientes:

- la medición de la tensión (U2j) secundaria con la ayuda de un sensor (59A, 59B, 59C) de tensión,
- la medición de la corriente (I1j) primaria con la ayuda de un primer sensor (56A, 56B, 56C) de corriente.

estando el procedimiento **caracterizado porque** comprende además las etapas siguientes:

- a) el cálculo de una caída de tensión secundaria entre los extremos del arrollamiento (54) secundario, en función de características propias del transformador (18), del factor de carga del transformador (18) y del factor de potencia de una carga conectada al arrollamiento (54) secundario en la salida del transformador (18), siendo expresada la caída de tensión secundaria en porcentaje de una tensión nominal en vacío asociada al transformador (18);
- b) el cálculo del módulo |U1j| de la tensión primaria en función de la tensión secundaria medida, de la caída de tensión calculada durante la etapa a) y de la relación de transformación en vacío; y
- c) el cálculo del desfase de la tensión (U1j) primaria con relación a la corriente (I1j) primaria medida en función del desfase de la tensión (U2j) secundaria medida con relación a la corriente (I1j) primaria medida.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** durante la etapa a) la caída de tensión secundaria se calcula según la ecuación siguiente:

$$\frac{\Delta U}{U} = (U_r \cos \varphi + U_x \sin \varphi) * n + \frac{1}{200} * (U_x \cos \varphi - U_r \sin \varphi) * n^2$$

en la que Ur y Ux representan las componentes resistivas y reactivas apropiadas en el transformador (18), n representa el factor de carga del transformador (18) y cos φ representa el factor de potencia de la carga del transformador (18).

3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado porque** el transformador (18) eléctrico comprende además un órgano (20) de regulación apropiado para modificar la relación de transformación en vacío del transformador (18), y **porque**, durante la etapa b) el módulo |U1j| de la tensión (U1j) primaria es calculado en función de la tensión (U2j) secundaria medida, de la caída de tensión calculada durante la etapa a), de la relación de transformación en vacío y de la posición del órgano (20) de regulación.

4. Procedimiento según la reivindicación 3, **caracterizado porque** durante la etapa b) es calculado el módulo |U1j| de la tensión primaria según la ecuación siguiente:

$$U_{1j} = K_{pos} * \frac{U_{1o}}{U_{2o}} * \frac{U_{2j}}{1 - \frac{\Delta U}{U}}$$

en la que Kpos es un coeficiente que depende de la posición del órgano (20) de regulación,  $\frac{U_{1o}}{U_{2o}}$  es la relación de transformación en vacío del transformador (18), U2j es la tensión secundaria y  $\frac{\Delta U}{U}$  la caída de tensión secundaria calculada durante la etapa a).

5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** durante la etapa c), el desfase f(U1j, I1j) entre la tensión (U1j) primaria y la corriente (I1j) primaria es calculado según la ecuación siguiente:

$$f(U_{1j}, I_{1j}) = \pi - f(I_{1j}, U_{2j})$$

en la que f(I1j, U2j) es el desfase medido entre la corriente I1j primaria y la tensión U2j secundaria.

6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** comprende además la medición de la corriente (I2j) secundaria con la ayuda de un segundo sensor (58A, 58B, 58C) de corriente y **porque**, durante la etapa b), la posición del órgano (20) de regulación del transformador (18) es calculada en función de las corrientes (I1j) primaria y (I2j) secundaria.

7. Procedimiento según la reivindicación 6, **caracterizado porque** la posición (Kpos) del órgano de regulación es determinada con la ayuda del conocimiento de las tensiones nominales primarias para cada una de las posiciones

del órgano de regulación del transformador, de la tensión nominal secundaria, así como con la ayuda de la ecuación siguiente:

$$\frac{I_{2j}}{I_{1j}} = \frac{U_{1j}}{U_{2j}}$$

5 en la que  $I_{1j}$  e  $I_{2j}$  son las corrientes primarias y secundarias medidas,  $U_{1j}$  y  $U_{2j}$  son las tensiones primarias y secundarias, la determinación de la posición del órgano (20) de regulación es realizada mediante la identificación de la posición ( $K_{pos}$ ) que permite obtener la relación entre las tensiones nominales primaria y secundaria, correspondientes al segundo término de la ecuación anterior, la más cercana a la relación entre las corrientes ( $I_{2j}$ ) secundaria y ( $I_{1j}$ ) primaria medidas.

10 8. Sistema (22) de determinación de una tensión ( $U_{1j}$ ) primaria de un transformador (18) eléctrico, presentado el transformador (18) eléctrico una relación de transformación en vacío y comprendiendo un arrollamiento (52) primario apropiado para presentar la tensión ( $U_{1j}$ ) primaria entre sus extremos y para ser atravesado por una corriente ( $I_{1j}$ ) primaria, una arrollamiento secundario apropiado para presentar una tensión ( $U_{2j}$ ) secundaria entre sus extremos y para ser atravesado por una corriente ( $I_{2j}$ ) secundaria, y

comprendiendo el sistema:

- 15
- un sensor (59A, 59B, 59C) de tensión apropiado para medir la tensión ( $U_{2j}$ ) secundaria,
  - un primer sensor (56A, 56B, 56C) de corriente apropiado para medir la corriente ( $I_{1j}$ ) primaria.

estando el sistema **caracterizado porque** comprende además:

- 20
- unos primeros medios cálculo de la caída de una tensión secundaria entre los extremos del arrollamiento (54) secundario, en función de características propias del transformador (18), del factor de carga del transformador y del factor de potencia de una carga conectada al arrollamiento (54) secundario en la salida del transformador (18), siendo expresada la caída de tensión secundaria en porcentaje de una tensión nominal en vacío asociada al transformador (18);
- 25
- unos segundos medios de cálculo del módulo  $|U_{1j}|$  de la tensión ( $U_{1j}$ ) primaria en función de la tensión ( $U_{2j}$ ) secundaria medida, de la caída de tensión calculada durante la etapa a) y de la relación de transformación en vacío; y
  - unos terceros medios de cálculo del desfase de la tensión ( $U_{1j}$ ) primaria con relación a la corriente ( $I_{1j}$ ) primaria medida en función del desfase de la tensión ( $U_{2j}$ ) secundaria medida con relación a la corriente ( $I_{1j}$ ) primaria medida.

30 9. Sistema de determinación según la reivindicación 8, **caracterizado porque** cada sensor (56A, 56B, 56C, 58A, 56B, 56C) de corriente comprende un núcleo toroidal abierto.

10. Sistema de determinación según una de las reivindicaciones 8 o 9, **caracterizado porque** cada sensor (56A, 56B, 56C, 58A, 56B, 56C) de corriente está conectado a los terceros medios de cálculo a través de unos medios de comunicación radioeléctrica.

35 11. Estación de transformación (18) de una primera corriente ( $I_{1j}$ ) eléctrica que presenta una primera tensión ( $U_{1j}$ ) alterna, en una segunda corriente ( $I_{2j}$ ) eléctrica que presenta una segunda tensión ( $U_{2j}$ ) alterna, que comprende:

- 40
- un primer cuadro (14) que comprende al menos un conductor (26, 28, 30) de llegada apropiado para ser conectado a una red (12) eléctrica, presentando el conductor de llegada una tensión ( $U_{1j}$ ) primaria,
  - un segundo cuadro (16) que comprende al menos un conductor (42, 44, 46) eléctrico de salida, presentando el conductor de salida una tensión ( $U_{2j}$ ) secundaria,
  - un transformador (18) que comprende un arrollamiento (52) primario conectado al primer cuadro (14), y un arrollamiento (54) secundario conectado al segundo cuadro (16), y
  - un sistema de determinación de la tensión ( $U_{1j}$ ) primaria del transformador (18),

**caracterizado porque** el sistema de determinación es de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10.

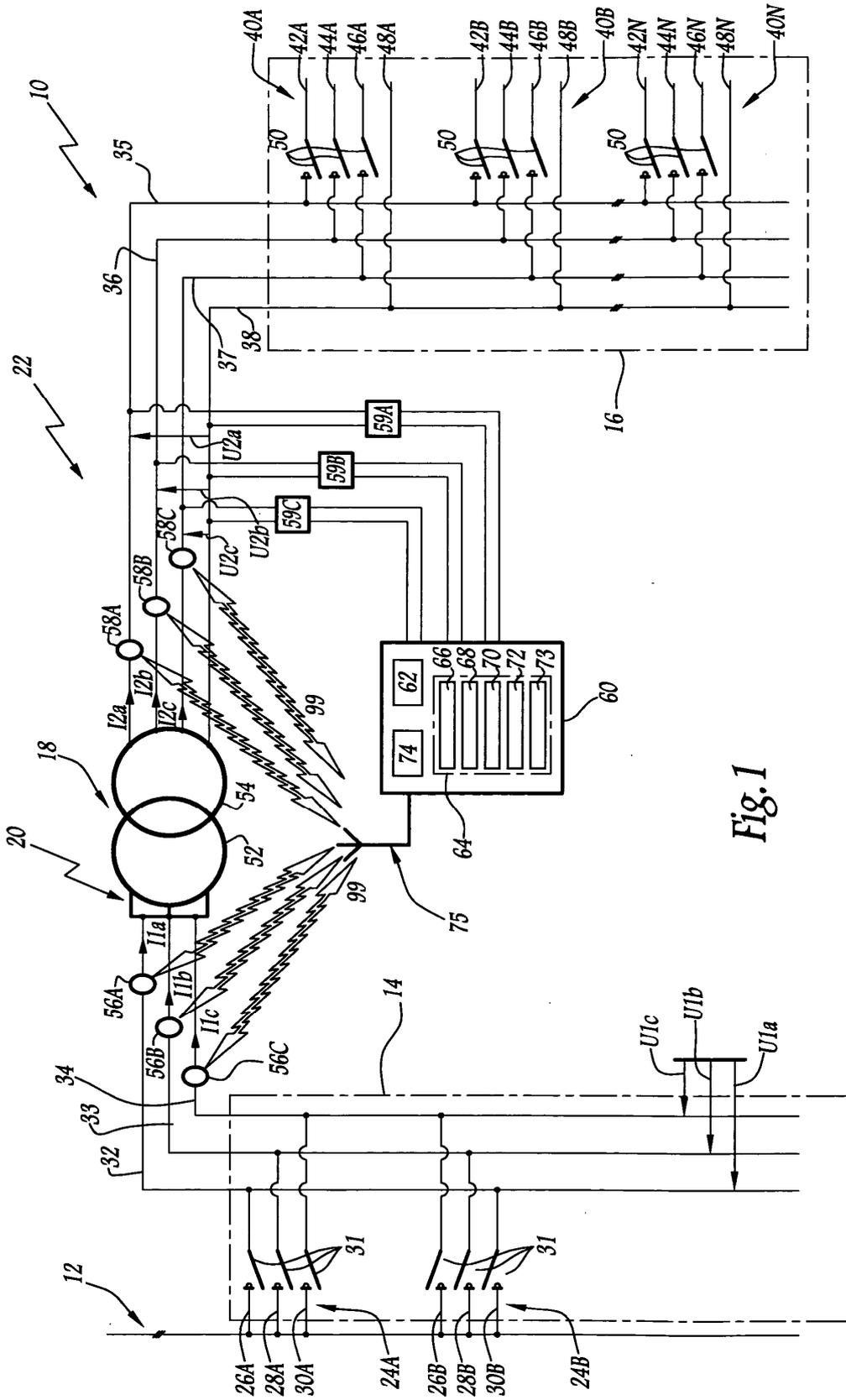
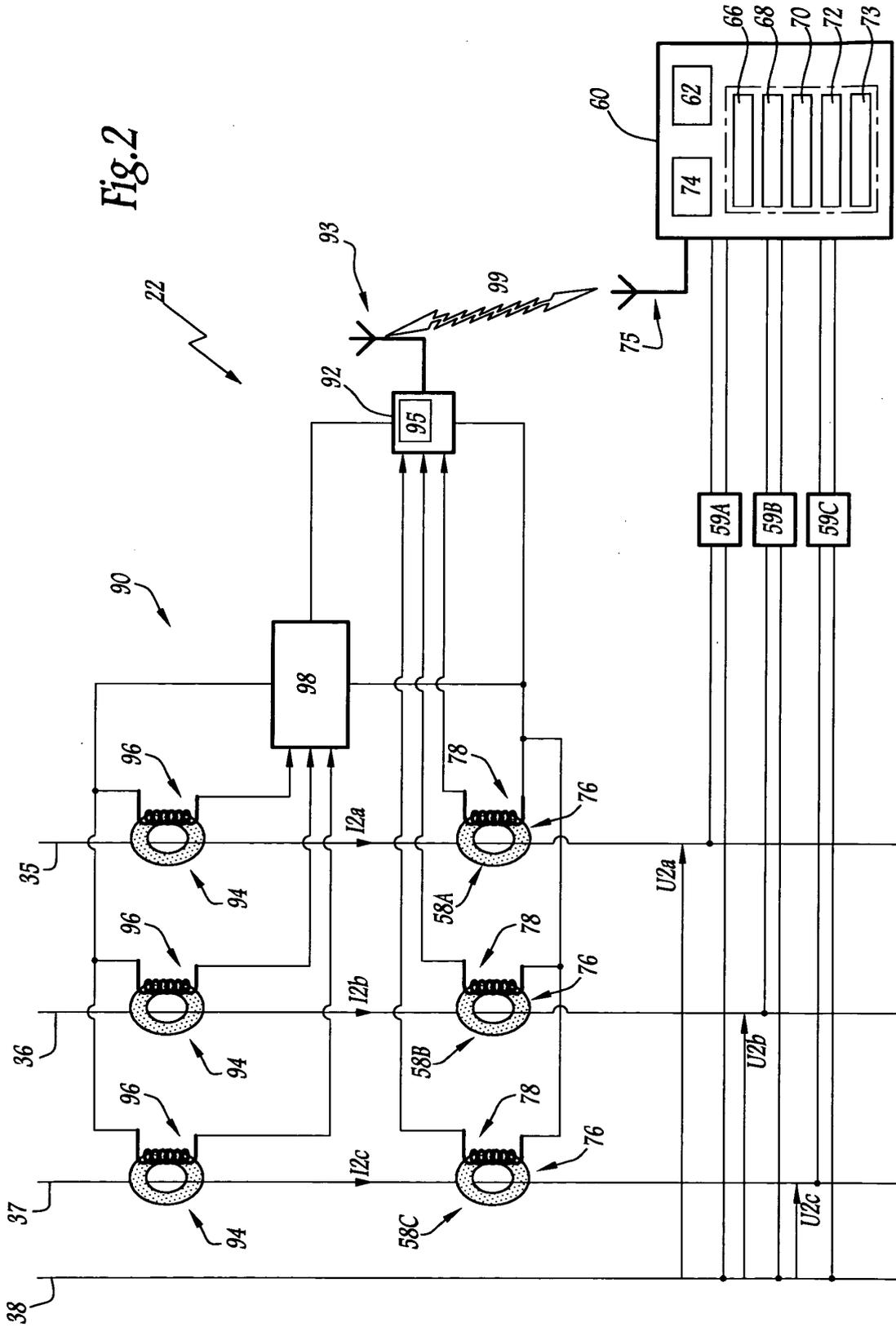
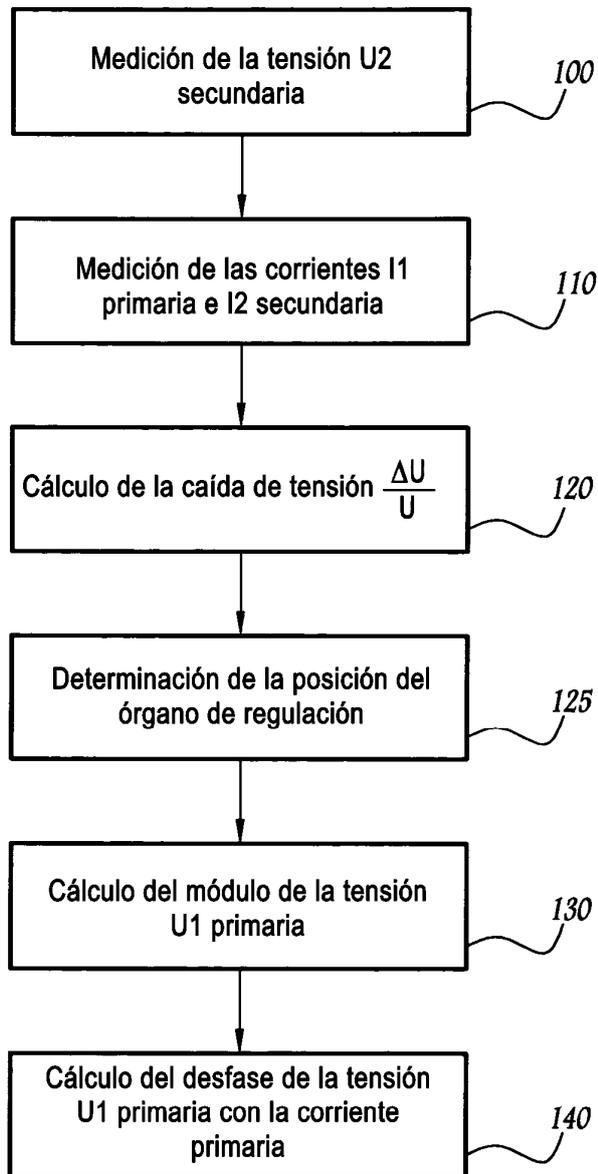


Fig. 1





*Fig.3*