

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 992 027**

51 Int. Cl.:

G01R 27/08 (2006.01)

G01R 31/62 (2010.01)

G01R 31/72 (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.05.2017** **PCT/EP2017/062569**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.11.2017** **WO17202927**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.05.2017** **E 17725594 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.06.2024** **EP 3465235**

54 Título: **Procedimiento y dispositivos para determinar resistencias en transformadores multifásicos**

30 Prioridad:

25.05.2016 AT 504782016

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

05.12.2024

73 Titular/es:

OMICRON ELECTRONICS GMBH (100.0%)
Oberes Ried 1
6833 Klaus, AT

72 Inventor/es:

FLAX, DIRK y
SAPETSCHNIG, RENÉ

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 992 027 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 dispositivos para determinar resistencias en transformadores multifásicos

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a procedimientos y dispositivos para determinar resistencias en transformadores multifásicos, en particular transformadores de potencia multifásicos para su uso como equipos en redes de suministro de energía eléctrica.

10

Antecedentes de la invención

Los transformadores, en particular los transformadores de potencia, se utilizan en las redes de suministro de energía eléctrica como equipos para transmitir energía eléctrica entre niveles de tensión. En funcionamiento sin fallos, solo se producen pérdidas de potencia muy reducidas, que se convierten en calor. Sin embargo, el aumento de las pérdidas de potencia debido a fallos puede provocar la liberación de calor, lo que puede destruir el transformador en cuestión y provocar averías.

15

La protección de las operaciones contra tales fallos requiere una detección proactiva de los mismos. Esto puede consistir en determinar las resistencias eléctricas, en particular las resistencias de los devanados, en un transformador que debe protegerse. Para determinar la resistencia de un devanado específico, por ejemplo, se inyecta una corriente en sus conexiones y se registra la tensión entre las conexiones. A continuación, se puede determinar la resistencia deseada mediante la ley de Ohm.

20

Esto permite identificar, por ejemplo, los fallos en los devanados, que se manifiestan en valores de resistencia modificados y, por lo tanto, están asociados a mayores pérdidas de potencia y a una mayor liberación de calor. Ejemplos de estos fallos de devanado son los fallos entre espiras, es decir, el puenteo de espiras dentro de un devanado, y las interrupciones de devanado.

25

La determinación de la resistencia de los transformadores multifásicos, en particular, requiere una cantidad de tiempo considerable: Este se compone de componentes para estabilizar la corriente inducida, para detectar la tensión resultante, para conmutar cualquier cambiador de tomas en carga a la siguiente etapa y para descargar el transformador. Este tiempo se repite para todas las etapas del cambiador de tomas en carga y para cada una de las distintas fases. Los documentos US7.106.078B1 y EP2710389B1 divulgan un procedimiento y un aparato para probar resistencias en transformadores multifásicos.

30

35

Síntesis de la invención

La presente invención se basa, por lo tanto, en la tarea de proporcionar procedimientos mejorados y dispositivos correspondientemente diseñados con la ayuda de los cuales se pueda reducir el tiempo necesario para determinar las resistencias de transformadores multifásicos.

40

De acuerdo con la invención, esta tarea se resuelve mediante un procedimiento de acuerdo con la reivindicación de patente 1 y mediante un dispositivo de acuerdo con la reivindicación de patente 9. Las reivindicaciones dependientes definen formas de realización preferidas y ventajosas de la invención. Tales procedimientos y dispositivos reducen el tiempo necesario para determinar las resistencias de transformadores multifásicos determinando simultáneamente varias resistencias. Además, se puede determinar cualquier resistencia de paso eventualmente prevista de un conductor neutro en una conexión en estrella.

45

Un procedimiento para determinar resistencias en un plano de tensión de un transformador multifásico, que presenta un devanado por fase del transformador multifásico, según un ejemplo de realización, comprende inducir una primera corriente respectiva en el devanado respectivo de las múltiples fases; detectar una primera tensión respectiva en las múltiples fases causada por las primeras corrientes inducidas; inducir una segunda corriente respectiva en el devanado respectivo de la pluralidad de fases, en donde en al menos una de la pluralidad de fases la segunda corriente inducida respectiva difiere de la primera corriente inducida respectiva; detectar una segunda tensión respectiva en la pluralidad de fases causada por las segundas corrientes inducidas, y determinar las resistencias en el plano de tensión en función de las corrientes primera y segunda inducidas y de las tensiones primera y segunda detectadas.

50

55

Por plano de tensión se entiende, en particular, un lado de alta tensión o un lado de baja tensión del transformador. Las fases múltiples incluyen, en particular, tres fases (corriente trifásica). Las resistencias son, en particular, resistencias óhmicas, y las corrientes o tensiones son, en particular, corrientes continuas o tensiones continuas. En principio, el procedimiento también funciona para corrientes alternas y tensiones alternas, pero esto requiere una transición a impedancias complejas para tener en cuenta las posiciones de fase.

60

65

La determinación de las resistencias en el plano de tensión puede implicar la resolución de un sistema de ecuaciones basado en un análisis de red del plano de tensión para las corrientes primera y segunda inducidas de las fases múltiples.

5 Por análisis de red se entiende preferentemente una descripción de una relación entre corrientes eléctricas y tensiones eléctricas en redes eléctricas utilizando las leyes de Kirchhoff (regla del nodo, regla de la malla) y resolviendo la relación en función de las magnitudes buscadas.

10 La detección de la tensión respectiva en las fases múltiples causada por las corrientes inducidas puede incluir la detección de la tensión respectiva causada entre las conexiones respectivas primera y segunda del devanado respectivo en las fases múltiples.

15 El plano de tensión puede comprender una conexión en estrella de la pluralidad de devanados, en donde las primeras conexiones de la pluralidad de devanados están conectadas a un conductor neutro.

El plano de tensión puede comprender una conexión en estrella de la pluralidad de devanados, en donde las primeras conexiones de la pluralidad de devanados están conectadas a un conductor neutro a través de una resistencia de paso.

20 Las resistencias determinadas pueden incluir la resistencia de paso.

El plano de tensión puede comprender una conexión en triángulo de la pluralidad de devanados.

25 En particular, en una conexión en triángulo, cada una de las primeras conexiones está conectada a una respectiva de las segundas conexiones para formar una conexión en serie autónoma de los devanados de la pluralidad de fases.

Las resistencias determinadas pueden comprender las resistencias de los devanados múltiples.

30 Un dispositivo para determinar resistencias en un plano de tensión de un transformador multifásico, que presenta un devanado por fase del transformador multifásico, según un ejemplo de realización, comprende una fuente de corriente que está configurada para inducir una primera y segunda corriente respectiva en el devanado respectivo de las fases múltiples, en donde en al menos una de las fases múltiples la segunda corriente inducida respectiva difiere de la primera corriente inducida respectiva; un dispositivo de detección dispuesto para detectar una primera o
35 segunda tensión respectiva en la pluralidad de fases causada por las corrientes primera o segunda inducidas; y un dispositivo de determinación dispuesto para determinar las resistencias en el plano de tensión en función de las corrientes primera y segunda inducidas y de las tensiones primera y segunda detectadas.

40 El dispositivo de determinación puede ser un sistema informático.

El dispositivo puede también tener un dispositivo de control que se diseñe para la determinación completamente automática de las resistencias.

45 Ventajosamente, la determinación totalmente automática de las resistencias ayuda a acortar el tiempo necesario para determinar las resistencias de los transformadores multifásicos.

El dispositivo de determinación puede comprender el dispositivo de control.

50 Ventajosamente, esto puede reducir el número de componentes y favorecer la miniaturización del dispositivo.

El dispositivo de control puede diseñarse para controlar automáticamente la fuente de corriente y el dispositivo de detección.

55 Ventajosamente, el tiempo necesario para determinar las resistencias de los transformadores multifásicos se reduce aún más al eliminar las operaciones manuales y el correspondiente potencial de errores.

El dispositivo puede ser portátil.

60 Ventajosamente, el diseño portátil permite determinar las resistencias en el lugar de uso del transformador multifásico.

Breve descripción de las figuras

65 La invención se explica con más detalle a continuación haciendo referencia a las formas de realización preferidas y a los dibujos, en donde signos de referencia idénticos indican elementos idénticos o similares.

Fig. 1 muestra una vista esquemática de un transformador multifásico según una forma de realización;
 Fig. 2 muestra una vista esquemática de un circuito en estrella según un primer ejemplo de realización;
 Fig. 3 muestra una vista esquemática de un circuito en estrella según un segundo ejemplo de realización;
 Fig. 4 muestra una vista esquemática de un circuito en estrella según un tercer ejemplo de realización;
 5 Fig. 5 muestra una vista esquemática de un circuito en triángulo según un ejemplo de realización;
 Fig. 6 muestra un diagrama de flujo de un procedimiento según una forma de realización;
 Fig. 7 muestra un diagrama de bloques esquemático de un dispositivo según una primera forma de realización; y
 Fig. 8 muestra un diagrama esquemático de bloques de un dispositivo según una segunda forma de realización.

10 Descripción detallada de los ejemplos de realización

En lo que sigue, la presente invención se explica con más detalle haciendo referencia a las formas de realización preferidas y a los dibujos.

15 Las figuras son representaciones esquemáticas de diversas formas de realización de la invención. Los elementos mostrados en las figuras no se muestran necesariamente a escala, sino que se muestran de tal manera que su función y propósito pueden ser comprendidos por un experto en la técnica.

La Fig. 1 muestra una vista esquemática de un transformador multifásico 10 según un ejemplo de realización.

20 El transformador multifásico 10 presenta un diseño de tres patas, es decir, tres fases, y dos niveles de tensión. Cada una de las tres patas comprende un devanado u, v, w en el lado de baja tensión y un devanado U, V, W en el lado de alta tensión. Los devanados u, v, w del lado de baja tensión presentan conexiones primera y segunda $u_1, u_2, v_1, v_2, w_1, w_2$, mientras que los devanados U, V, W del lado de alta tensión tienen conexiones primera y segunda $U_1, U_2, V_1, V_2, W_1, W_2$.

La Fig. 2 muestra una vista esquemática de un circuito en estrella 20 según un primer ejemplo de realización.

El transformador multifásico 10 subyacente presenta tres fases.

30 Sin limitar la generalidad, las primeras conexiones u_1, v_1, w_1 de los devanados u, v, w del lado de baja tensión están conectadas entre sí en un punto en estrella en el ejemplo de realización. El punto neutro está conectado a un conductor neutro N , y las segundas conexiones u_2, v_2, w_2 de los devanados u, v, w del lado de baja tensión están conectadas a los conductores exteriores L_1, L_2, L_3 . La conexión del conductor neutro se muestra como una línea discontinua porque no es absolutamente necesaria con una carga simétrica.

Las resistencias de devanado R_1, R_2, R_3 previstas en el lado de baja tensión mostrado en la Fig. 2 pueden determinarse utilizando procedimientos y dispositivos según la invención. Lo mismo se aplica a los lados de alta tensión conectados correspondientemente.

La Fig. 3 muestra una vista esquemática de un circuito en estrella 20 según un segundo ejemplo de realización.

En contraste con la ilustración de la Fig. 2, que por lo demás es idéntica, la conexión del punto de estrella al conductor neutro N presenta una resistencia de paso R_N , que puede dar lugar a pérdidas de potencia y a la correspondiente generación de calor.

Tanto las resistencias de devanado R_1, R_2, R_3 como la resistencia de paso R_N pueden determinarse mediante procedimientos y dispositivos según la invención. Lo mismo se aplica a los lados de alta tensión conectados correspondientemente.

La Fig. 4 muestra una vista esquemática de un circuito en estrella 20 según un tercer ejemplo de realización.

En este ejemplo de realización, la resistencia de paso R_N del conductor neutro N es fija. A diferencia de la Fig. 3, en cada uno de los tres conductores exteriores L_1, L_2, L_3 , además de la resistencia de devanado R_{12}, R_{22}, R_{32} , también se tiene en cuenta una resistencia de paso respectiva R_{11}, R_{21}, R_{31} . Utilizando el procedimiento según la invención, se puede determinar la suma respectiva R_1, R_2, R_3 de la resistencia de paso R_{11}, R_{21}, R_{31} y la resistencia de devanado R_{12}, R_{22}, R_{32} para cada uno de los tres conductores exteriores L_1, L_2, L_3 , como se muestra a continuación utilizando un ejemplo de cálculo.

60 De acuerdo con la primera ley de Kirchhoff (regla de los nodos), donde se encuentran los tres conductores exteriores L_1, L_2, L_3 se produce una suma nula de las corrientes:

$$i_{1p} + i_{2p} + i_{3p} + i_{Np} \approx 0 \quad \text{con } p \in \{1; 2\}$$

El índice p registra si se trata de las primeras (p=1) o segundas (p=2) corrientes (o posteriormente también tensiones). El conductor neutro N siempre registra la suma i_{Np} de las corrientes inducidas i_{1p} , i_{2p} , i_{3p} . Incluso sin registrar las corrientes i_{Np} en el conductor neutro N, se conocen todas las corrientes.

- 5 La segunda ley de Kirchhoff (regla de la malla) y la ley de Ohm dan como resultado las tensiones de fase u_{1p} , u_{2p} , u_{3p} de los tres conductores de fase L_1 , L_2 , L_3 :

$$u_{1p} = i_{1p} \cdot R_1 - i_{Np} \cdot R_N \quad (I)$$

$$u_{2p} = i_{2p} \cdot R_2 - i_{Np} \cdot R_N \quad (II)$$

$$u_{3p} = i_{3p} \cdot R_3 - i_{Np} \cdot R_N \quad (III) \quad \text{con } p \in \{1; 2\}$$

- 10 Por escrito, se obtienen tres sistemas de ecuaciones, cada uno con dos ecuaciones y dos incógnitas, que pueden resolverse por separado:

$$i_{11} \cdot R_1 - i_{N1} \cdot R_N = u_{11} \quad (I')$$

$$i_{12} \cdot R_1 - i_{N2} \cdot R_N = u_{12} \quad (I'')$$

$$i_{21} \cdot R_2 - i_{N1} \cdot R_N = u_{21} \quad (II')$$

$$i_{22} \cdot R_2 - i_{N2} \cdot R_N = u_{22} \quad (II'')$$

$$i_{31} \cdot R_3 - i_{N1} \cdot R_N = u_{31} \quad (III')$$

$$i_{32} \cdot R_3 - i_{N2} \cdot R_N = u_{32} \quad (III'')$$

- 15 A continuación, se escalan sus dos ecuaciones y se suman de forma que se elimine la resistencia de paso R_N del conductor neutro N y se obtenga una de las resistencias necesarias R_1 , R_2 , R_3 :

$$R_1 = [u_{11} + i_{N1}/(-i_{N2}) \cdot u_{12}] / [i_{11} + i_{N1}/(-i_{N2}) \cdot i_{12}] \quad \text{de } (I') + i_{N1}/(-i_{N2}) \cdot (I'')$$

$$R_2 = [u_{21} + i_{N1}/(-i_{N2}) \cdot u_{22}] / [i_{21} + i_{N1}/(-i_{N2}) \cdot i_{22}] \quad \text{de } (II') + i_{N1}/(-i_{N2}) \cdot (II'')$$

$$R_3 = [u_{31} + i_{N1}/(-i_{N2}) \cdot u_{32}] / [i_{31} + i_{N1}/(-i_{N2}) \cdot i_{32}] \quad \text{de } (III') + i_{N1}/(-i_{N2}) \cdot (III'')$$

- 20 La resistencia de paso R_N del conductor neutro N, que también se busca, puede obtenerse insertando cualquier ecuación de los tres sistemas de ecuaciones:

$$R_N = \{u_{11} - i_{11} R_1\} / (-i_{N1}) = \quad \text{de } (1') \\ = \{u_{11} - i_{11} \{u_{31} + i_{N1} / (-i_{N2}) \cdot u_{12}\} / [i_{11} + i_{N1} / (-i_{N2}) \cdot i_{12}]\} / (-i_{N1})$$

Así, todas las resistencias R_1 , R_2 , R_3 , R_N en el plano de tensión se determinan en función de las corrientes inducidas primera y segunda i_{1p} , i_{2p} , i_{3p} , i_{Np} y de las tensiones registradas primera y segunda u_{1p} , u_{2p} , u_{3p} , en donde $p \in \{1; 2\}$.

Incluso pequeñas diferencias entre las corrientes inducidas son suficientes para producir ecuaciones resolubles, por ejemplo:

$$i_{11} = +I, i_{21} = +I, i_{31} = -I,$$

y

$$i_{12} = +I, i_{22} = +I, i_{32} = -0,9 \cdot I,$$

en donde I es una corriente con una intensidad definida en amperios.

La Fig. 5 muestra una vista esquemática de un circuito en triángulo 50 según un ejemplo de realización.

Un grupo de conmutación de este tipo puede estar presente, por ejemplo, en un transformador multifásico 10 con tres fases.

De nuevo, sin limitar la generalidad, se muestra el lado de baja tensión. Los pares de conexión u_1-w_2 , v_1-u_2 y w_1-v_2 de los devanados u , v , w del lado de baja tensión enlazan los devanados u , v , w para formar una conexión en serie autónoma. Los puntos de conexión de los pares de conexión u_1-w_2 , v_1-u_2 y w_1-v_2 de los devanados u , v , w están conectados a los conductores exteriores L_1 , L_2 , L_3 .

En el plano de tensión mostrado en la Fig. 5, las resistencias de los devanados R_1 , R_2 , R_3 también se pueden determinar de forma similar a la mostrada con anterioridad para la Fig. 4. Lo mismo se aplica a los lados de tensión superiores conectados correspondientemente.

La Fig. 6 muestra un diagrama de flujo de un procedimiento 60 según una forma de realización.

El procedimiento se refiere a un plano de tensión del transformador multifásico 10, es decir, el lado de baja tensión o el lado de alta tensión del mismo, que comprende un devanado por fase.

El primer paso consiste en inducir corrientes iniciales en los devanados del plano de tensión. Para ello, se compara una entrada de usuario previamente proporcionada para las primeras intensidades por inducir con una entrada de usuario previamente proporcionada para intensidades máximas normalizadas y se utiliza como valor diana para un aumento secuencial de las primeras intensidades por inducir hasta el valor diana. En una conexión en estrella sin conexión neutra del punto de estrella y en una conexión en triángulo, las tres conexiones L_1 , L_2 , L_3 se oponen mediante dos corrientes que deben preajustarse. En cambio, en una conexión en estrella con conexión neutra del punto de estrella, hay que inducir tres corrientes en las cuatro conexiones L_1 , L_2 , L_3 , N . El valor diana se alcanza y el primer paso se completa cuando se cumple un criterio de estabilidad.

En un segundo paso, se registran las primeras tensiones causadas por las primeras corrientes inducidas en las múltiples fases del plano de tensión. Para ello, se miden las tensiones provocadas entre las respectivas conexiones primera y segunda del devanado respectivo en las fases múltiples.

En particular, esto se hace simultáneamente. En una conexión en estrella sin conexión neutra del punto neutro y en una conexión en triángulo, se trata de las tensiones entre los pares de conexión L_1-L_2 , L_2-L_3 y L_3-L_1 . En una conexión en estrella con conexión neutra del punto estrella, se miden las tensiones entre los pares de conexión L_1-N , L_2-N y L_3-N .

En un tercer paso, se imprimen segundas corrientes en los devanados del plano de tensión. Para conocer el número de corrientes por inducir, se remite a las explicaciones anteriores relativas al primer paso. Sin embargo, al menos una de las segundas corrientes inducidas debe ser diferente de su correspondiente primera corriente inducida.

En un cuarto paso, las segundas tensiones causadas por las segundas corrientes inducidas se detectan en las múltiples fases del plano de tensión.

Las segundas tensiones se miden simultáneamente entre las mismas conexiones ya descritas en el segundo paso. Al final de la cuarta etapa, las segundas corrientes a inducir se reducen secuencialmente al valor diana de cero.

En un quinto paso, se determinan las resistencias en el plano de tensión en función de las primeras y segundas corrientes inducidas y de las primeras y segundas tensiones detectadas. Cada uno de los dos pasos de adquisición descritos con anterioridad aporta un conjunto de ecuaciones basadas en un análisis de red del plano de tensión en las primeras o segundas corrientes inducidas. Las ecuaciones se basan en las reglas de nodos y mallas de Kirchhoff, en las que las respectivas corrientes inducidas se vinculan a las respectivas tensiones detectadas en función de las resistencias que deben determinarse y de la topología del circuito del plano de tensión. Por consiguiente, las resistencias del plano de tensión pueden determinarse resolviendo el sistema de ecuaciones mediante procedimientos conocidos. Las resistencias que pueden determinarse de este modo incluyen generalmente las resistencias de devanado R_1 , R_2 , R_3 . En una conexión en estrella con resistencia de paso R_N desde el punto estrella hasta el conductor neutro N, también se puede determinar la resistencia de paso R_N .

Si el transformador tiene cambiadores de tomas en carga, el procedimiento puede repetirse para cada paso de carga de cada uno de los cambiadores de tomas en carga.

La Fig. 7 muestra un diagrama de bloques esquemático de un dispositivo 70 según una primera forma de realización.

El dispositivo 70 también tiene en cuenta un plano de tensión del transformador multifásico 10. Comprende una fuente de corriente 71, un dispositivo de detección 72 y un dispositivo de determinación 73.

La fuente de corriente 71 sirve para inducir las corrientes primera o segunda en los devanados respectivos u, v, w o U, V, W, dependiendo de si el plano de tensión es un lado de baja tensión o un lado de alta tensión del transformador. De acuerdo con lo anterior, las corrientes inducidas primera y segunda deben diferir al menos con respecto a una corriente para proporcionar conjuntos de ecuaciones independientes entre sí.

El dispositivo de detección 72 está dispuesto para detectar las primeras o segundas tensiones causadas por las primeras o segundas corrientes inducidas entre los pares de conexiones descritas con anterioridad.

El dispositivo de determinación 73 está diseñado para determinar las hasta cuatro resistencias R_1 , R_2 , R_3 , R_N en el plano de tensión en función de las primeras y segundas corrientes inducidas y las primeras y segundas tensiones detectadas. Puede ser un sistema informático que puede ejecutar instrucciones legibles por máquina.

El dispositivo 70 mostrado en la Fig. 7 también tiene un dispositivo de control 74 que está diseñado para la ejecución totalmente automática del procedimiento 60 mediante el control de la fuente de corriente 71, el dispositivo de detección 72 y el dispositivo de determinación 73 después de la provisión de los contactos eléctricos necesarios entre el dispositivo 70 y las hasta cuatro conexiones L_1 , L_2 , L_3 , N del transformador multifásico de acuerdo con la secuencia del procedimiento 60.

La Fig. 8 muestra un diagrama de bloques esquemático de un dispositivo 70 según una segunda forma de realización.

En consecuencia, el dispositivo de determinación 73 y el dispositivo de control 74 son de diseño integrado. Para evitar repeticiones, puede hacerse referencia a los comentarios anteriores sobre la Fig. 7 con respecto al otro diseño y modo de funcionamiento del dispositivo 70 de la Fig. 8.

Además, los dispositivos 70 de las Fig. 7 - 8 pueden diseñarse para ser portátiles.

Signos de referencia

10	Transformador multifásico
20	Conexión en estrella
50	Conexión en triángulo
60	Procedimiento
70	Dispositivo
71	Fuente de corriente
72	Dispositivo de detección
73	Dispositivo de determinación
74	Dispositivo de control
u, v, w	Devanados de las fases múltiples del lado de baja tensión del transformador multifásico
u_1 , v_1 , w_1	Primeras conexiones de los mismos

	u_2, v_2, w_2	Segundas conexiones de los mismos
	U, V, W	Devanados de las fases múltiples del lado de alta tensión del transformador multifásico
	U_1, V_1, W_1	Primeras conexiones de los mismos
	U_2, V_2, W_2	Segundas conexiones de los mismos
5	L_1, L_2, L_3	Conductor de fase
	N	Conductor neutro
	R_1, R_2, R_3	Resistencias de devanado
	R_N	Resistencia de paso

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento (60) para determinar resistencias (R_1, R_2, R_3, R_N) en un plano de tensión de un transformador multifásico (10), en donde el plano de tensión presenta un devanado ($u, v, w; U, V, W$) por fase del transformador multifásico (10), que comprende:
 - inducir una primera corriente respectiva en el devanado respectivo ($u, v, w; U, V, W$) de la pluralidad de fases,
 - detectar simultáneamente una primera tensión respectiva en la pluralidad de fases causada por las primeras corrientes inducidas,
 - inducir una segunda corriente respectiva en el devanado respectivo ($u, v, w; U, V, W$) de la pluralidad de fases, en donde, en al menos una de la pluralidad de fases, la respectiva segunda corriente inducida difiere de la respectiva primera corriente inducida,
 - detectar simultáneamente una segunda tensión respectiva en la pluralidad de fases causada por las segundas corrientes inducidas, y
 - determinar simultáneamente una pluralidad de resistencias (R_1, R_2, R_3, R_N) en el plano de tensión del transformador multifásico (10) en función de las primeras corrientes inducidas y de las segundas corrientes inducidas, así como de las primeras tensiones detectadas y de las segundas tensiones detectadas, en donde la pluralidad de resistencias (R_1, R_2, R_3, R_N) del transformador multifásico (10) determinada simultáneamente comprende resistencias (R_1, R_2, R_3) de las fases individuales del transformador multifásico (10).
2. Procedimiento (60) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la determinación de la pluralidad de resistencias (R_1, R_2, R_3, R_N) en el plano de tensión comprende resolver un sistema de ecuaciones basado en un análisis de red del plano de tensión a las corrientes primera y segunda inducidas de la pluralidad de fases.
3. Procedimiento (60) de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en donde detectar la tensión respectiva en la pluralidad de fases causada por las corrientes inducidas comprende detectar la tensión respectiva causada entre las respectivas conexiones primera ($u_1, v_1, w_1; U_1, V_1, W_1$) y segunda ($u_2, v_2, w_2; U_2, V_2, W_2$) del devanado respectivo en la pluralidad de fases.
4. Procedimiento (60) de acuerdo con la reivindicación 3, en donde el plano de tensión comprende una conexión en estrella (20) de la pluralidad de devanados ($u, v, w; U, V, W$), en donde las primeras conexiones ($u_1, v_1, w_1; U_1, V_1, W_1$) de la pluralidad de devanados ($u, v, w; U, V, W$) están conectadas a un conductor neutro (N).
5. Procedimiento (60) de acuerdo con la reivindicación 3, en donde el plano de tensión comprende una conexión en estrella (20) de la pluralidad de devanados ($u, v, w; U, V, W$), en donde las primeras conexiones ($u_1, v_1, w_1; U_1, V_1, W_1$) de la pluralidad de devanados ($u, v, w; U, V, W$) están conectadas a un conductor neutro (N) a través de una resistencia de paso (R_N).
6. Procedimiento (60) de acuerdo con la reivindicación 5, en donde la pluralidad de resistencias determinadas comprende la resistencia de paso (R_N).
7. Procedimiento (60) de acuerdo con la reivindicación 3, en donde el plano de tensión comprende una conexión en triángulo (50) de la pluralidad de devanados ($u, v, w; U, V, W$).
8. Procedimiento (60) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la pluralidad de resistencias determinada comprende las resistencias (R_1, R_2, R_3) de la pluralidad de devanados ($u, v, w; U, V, W$) de las fases individuales del transformador multifásico (10).
9. Dispositivo (70) para determinar resistencias (R_1, R_2, R_3, R_N) en un plano de tensión de un transformador multifásico (10), en donde el plano de tensión presenta un devanado ($u, v, w; U, V, W$) por fase del transformador multifásico (10), que comprende:
 - una fuente de corriente (71) dispuesta para inducir una primera corriente respectiva y una segunda corriente respectiva en el devanado respectivo ($u, v, w; U, V, W$) de la pluralidad de fases, en donde en al menos una de la pluralidad de fases la segunda corriente respectiva inducida es diferente de la primera corriente respectiva inducida,
 - un dispositivo de detección (72) dispuesto para detectar simultáneamente una primera tensión y una segunda tensión respectivas en la pluralidad de fases causadas por las primeras corrientes inducidas y las segundas corrientes inducidas, respectivamente, y
 - un dispositivo de determinación (73) dispuesto para determinar simultáneamente una pluralidad de resistencias (R_1, R_2, R_3, R_N) en el plano de tensión del transformador multifásico (10) en función de las primeras corrientes y de las segundas corrientes inducidas, así como de las primeras tensiones detectadas y de las segundas tensiones detectadas, en donde la pluralidad de resistencias (R_1, R_2, R_3, R_N) del transformador multifásico (10) determinadas simultáneamente comprenden resistencias (R_1, R_2, R_3) de las fases individuales del transformador multifásico (10).
10. Dispositivo (70) de acuerdo con la reivindicación 9, en donde el dispositivo de determinación (73) es un sistema informático.

11. Dispositivo (70) de acuerdo con la reivindicación 9 o 10, que comprende además un dispositivo de control (74) que está diseñado para la determinación totalmente automática de las resistencias (R_1 , R_2 , R_3 , R_N).

5 12. Dispositivo (70) de acuerdo con la reivindicación 11, en donde el dispositivo de determinación (73) comprende el dispositivo de control (74).

13. Dispositivo (70) de acuerdo con la reivindicación 11 o la reivindicación 12, en donde el dispositivo de control (74) está diseñado para controlar automáticamente la fuente de corriente (71) y el dispositivo de detección (72).

10 14. Dispositivo (70) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9 - 12, en donde el dispositivo (70) está configurado para ser portátil.

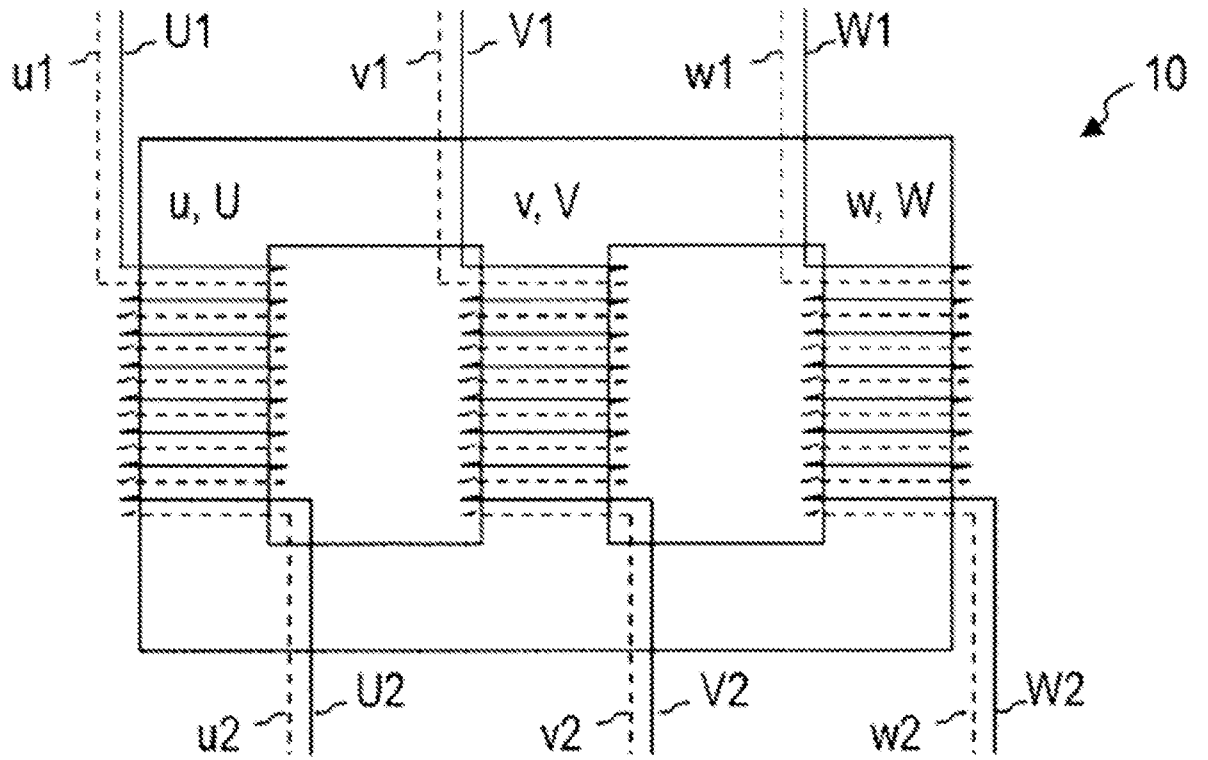


FIG. 1

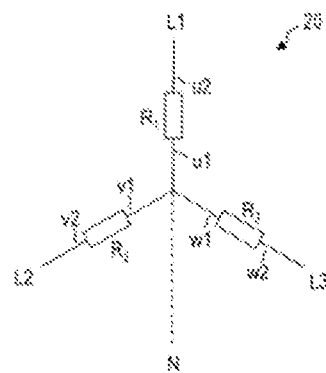


FIG. 2

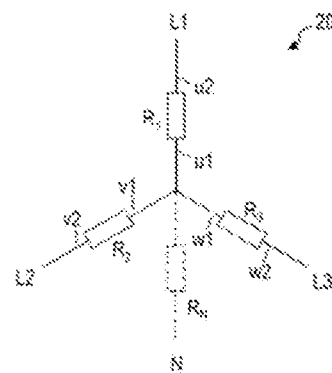


FIG. 3

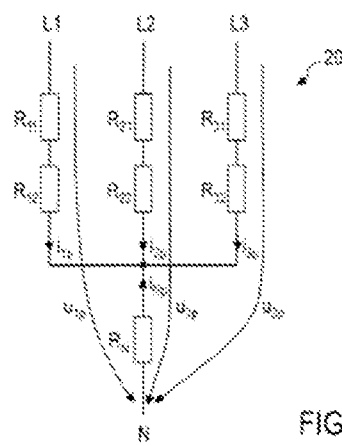


FIG. 4

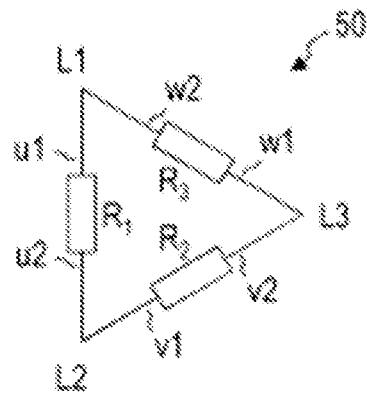


FIG. 5

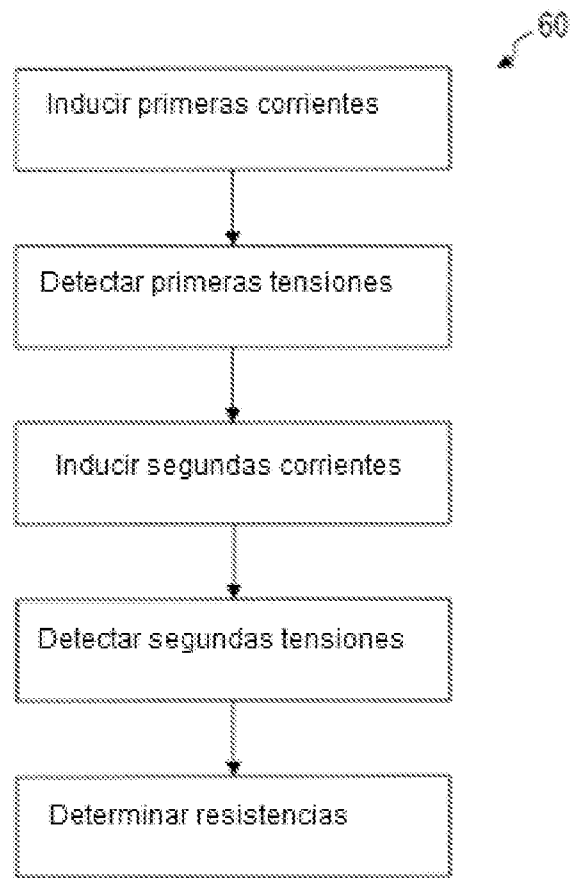


FIG. 6

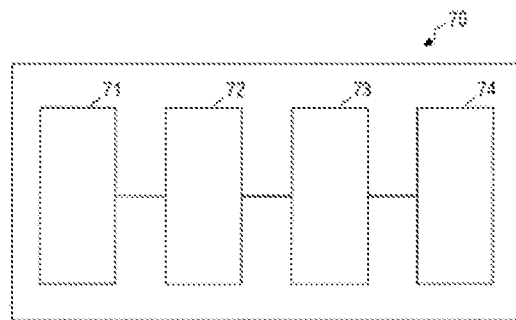


FIG. 7

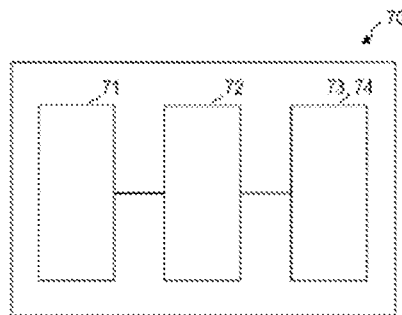


FIG. 8