

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 920 857**

51 Int. Cl.:

G01R 31/62 (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.12.2016 PCT/EP2016/080971**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.06.2017 WO17102828**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.12.2016 E 16810376 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.04.2022 EP 3391063**

54 Título: **Dispositivo móvil de prueba de transformadores y procedimiento para probar un transformador de potencia**

30 Prioridad:

18.12.2015 AT 510822015

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

10.08.2022

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**KLAPPER, ULRICH;
KUKUK, MATTHIAS;
ENGELN, CHRISTOPH y
FLAX, DIRK**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 920 857 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

Dispositivo móvil de prueba de transformadores y procedimiento para probar un transformador de potencia

5 Campo de la invención

La invención se refiere a un dispositivo de prueba de transformadores y a un procedimiento para probar transformadores, en particular transformadores de potencia. En particular, la invención se refiere a tales dispositivos y procedimientos para realizar mediciones que permiten sacar conclusiones sobre las propiedades magnéticas del núcleo del transformador.

Antecedentes

15 Los transformadores se utilizan como componentes de las redes de suministro de energía. Los transformadores pueden utilizarse para convertir la tensión o la corriente.

La determinación de las propiedades de un transformador mediante una prueba de transformador, en la que se determinan por medición uno o varios parámetros característicos del transformador, es necesaria, por ejemplo, para garantizar la seguridad de funcionamiento, con fines de control o por otros motivos. Ejemplos de estas pruebas de transformadores incluyen la determinación de una resistencia estática, la determinación de una resistencia dinámica, la determinación de una relación de transformación y/o la determinación de una impedancia de fuga o inductancia de fuga.

25 Sin embargo, las técnicas convencionales de prueba de transformadores solo arrojaron declaraciones limitadas sobre la caracterización de las propiedades magnéticas de la inductancia principal de un transformador. Sería deseable disponer de información adicional que permita sacar conclusiones sobre las propiedades magnéticas de la inductancia principal del transformador, no sólo para parametrizar con mayor precisión un diagrama de circuito equivalente del transformador, sino también para detectar con mayor precisión las condiciones de fallo. Por ejemplo, los daños o cambios en el núcleo del transformador podrían detectarse mejor si se dispusiera de variables de medición adicionales que dependieran de las propiedades magnéticas del núcleo del transformador.

El documento EP 1 653 238 A1 divulga la determinación de las características nominales de un transformador. El factor de remanencia se puede determinar registrando una curva de histéresis.

35 El documento EP 1 398 644 A1 describe la comprobación de un transformador. La curva de histéresis del transformador se mide para derivar un modelo de simulación que simule el comportamiento del transformador a diferentes frecuencias.

40 El documento EP 2 787 357 A1 divulga un procedimiento para comprobar un transformador. Aquí se puede determinar una inductancia principal en su curso temporal (curva de histéresis) a partir de la diferencia de la corriente magnetizante total y las corrientes óhmicas a través de las resistencias calculadas.

45 La publicación CN 104 749 537 A se refiere a un procedimiento de medición de una curva de histéresis de un transformador de corriente.

El documento JP 600 40971 A describe un procedimiento para medir con precisión las características B-H de un núcleo de hierro de un transformador.

50 Síntesis de la invención

Se necesitan dispositivos y procedimientos para mejorar las pruebas de los transformadores. En particular, se necesitan dispositivos y procedimientos mediante los cuales se puedan detectar cantidades medidas que permitan sacar conclusiones sobre las propiedades magnéticas de una inductancia principal del transformador, las condiciones de fallo relacionadas u otras propiedades del transformador.

55 De acuerdo con la invención, la reivindicación independiente 1 define un dispositivo móvil de prueba de transformadores para probar un transformador de potencia y la reivindicación independiente 14 define un procedimiento para probar un transformador de potencia. De acuerdo con ejemplos de realización, se divulga un dispositivo de prueba de transformadores y un procedimiento para probar un transformador, en donde el dispositivo de prueba de transformadores está dispuesto para registrar una característica B-H del transformador o para determinar parámetros característicos de la característica B-H. Para ello, el dispositivo de prueba del transformador puede configurarse para imprimir una corriente continua o una corriente alterna como señal de prueba en al menos un devanado del transformador. La intensidad de la corriente continua o de la corriente alterna impresa puede ajustarse y supervisarse en un bucle de control o de regulación como una variable medida proporcional a la intensidad del campo magnético. Una tensión que cae en al menos un devanado del transformador puede

registrarse como respuesta de prueba. Una integral de tiempo de la tensión puede ser determinada por un circuito integrador o por muestreo e integración numérica de la tensión. La integral temporal de la tensión da una medida de la densidad de flujo magnético.

5 El dispositivo de prueba de transformadores es un dispositivo móvil de prueba de transformadores. El dispositivo de prueba de transformadores está preparado para probar transformadores de potencia.

10 El dispositivo de prueba del transformador puede estar dispuesto para determinar las propiedades físicas del transformador a partir de la característica B-H. La interpretación de las características físicas permite un diagnóstico más diferenciado del transformador.

15 Además de detectar la característica B-H, el dispositivo de prueba de transformadores también puede configurarse para determinar una relación de devanado o -en particular para los transformadores trifásicos- varias relaciones de devanado, resistencias de devanado, inductancias de fuga o impedancias de fuga u otras magnitudes características del transformador. La información sobre la característica B-H puede utilizarse, además de estas magnitudes características, para parametrizar un diagrama de circuito equivalente del transformador o para sacar conclusiones sobre los parámetros físicos del mismo.

20 El dispositivo de prueba del transformador puede, por ejemplo, configurarse para determinar automáticamente daños en el núcleo, la presencia de un pequeño entrehierro, declaraciones sobre una resistencia a la sobretensión y/o declaraciones sobre una eficiencia a partir de las cantidades características determinadas por el dispositivo de prueba del transformador, que incluyen información sobre la característica B-H.

25 No es necesario configurar el dispositivo de prueba del transformador para determinar todas las constantes de proporcionalidad que definen la escala de los ejes B y H de la característica B-H. Por ejemplo, el dispositivo de prueba de transformadores puede configurarse para detectar la corriente impresa en un devanado del transformador como medida de la intensidad del campo magnético sin tener que considerar todas las constantes de proporcionalidad que afectan a la relación entre la intensidad de la corriente y la intensidad del campo magnético. Alternativa o adicionalmente, el dispositivo de prueba del transformador puede configurarse de tal manera que una integral de tiempo de la tensión que cae a través de un devanado del transformador en respuesta a la tensión de CC o CA impresionada como señal de prueba se determina como una medida de la densidad de flujo magnético sin tener que tener en cuenta todas las constantes de proporcionalidad que influyen en la relación entre la integral de tiempo de la tensión y la densidad de flujo magnético.

35 Un dispositivo de prueba de transformadores según una realización comprende conectores para conectar de forma desmontable el dispositivo de prueba de transformadores a un transformador. El dispositivo de prueba del transformador comprende una fuente para generar una señal de prueba para el transformador. El dispositivo de prueba del transformador comprende un circuito de evaluación dispuesto para determinar, basándose en la señal de prueba y en una respuesta de prueba del transformador, información sobre una característica B-H del transformador que define una dependencia de una densidad de flujo magnético con respecto a una intensidad de campo magnético en el transformador.

45 El circuito de evaluación puede estar dispuesto para determinar puntos de datos de la característica B-H o al menos un parámetro de la característica B-H a partir de la señal de prueba y la respuesta de prueba.

El circuito de evaluación puede configurarse para determinar puntos de datos de una curva $I(t) - \int U(t')dt'$ o al menos un parámetro de la curva $I(t) - \int U(t')dt'$ a partir de la señal de prueba y la respuesta de prueba.

50 El circuito de evaluación puede estar dispuesto para determinar una integral de tiempo de una tensión a través de al menos un devanado del transformador.

El circuito de evaluación puede configurarse para determinar la densidad de flujo magnético o una variable proporcional a la densidad de flujo magnético a partir de la integral de tiempo de la tensión.

55 El circuito de evaluación puede configurarse para detectar una corriente que fluye en al menos un devanado del transformador.

60 Para detectar la corriente, se puede detectar una variable manipulada de una fuente de corriente en el dispositivo de prueba del transformador. Para detectar la corriente, se puede detectar una variable manipulada de una fuente de corriente en el dispositivo de prueba del transformador. La fuente de corriente puede tener un amperímetro interno u otro dispositivo de medición de corriente que se utiliza para controlar el amperaje. El amperaje así detectado puede utilizarse como medida de la intensidad del campo magnético para determinar la información característica B-H.

65 El circuito de evaluación puede estar dispuesto para determinar la intensidad del campo magnético a partir de la corriente que fluye en al menos un devanado del transformador.

- 5 La fuente puede ser una fuente de corriente que proporciona la corriente que fluye a través de al menos un devanado del transformador como señal de prueba. La fuente de corriente puede ser controlable para proporcionar selectivamente una corriente continua o una corriente alterna como señal de prueba. La fuente de corriente puede ser controlable para proporcionar corrientes alternas con diferentes frecuencias como señal de prueba.
- La señal de prueba puede ser una corriente alterna.
- 10 El dispositivo de prueba del transformador puede estar dispuesto para suministrar la señal de prueba en un lado de alta tensión o en un lado de baja tensión del transformador de potencia.
- El circuito de evaluación puede estar dispuesto para determinar una pendiente de la característica B-H en un cruce de cero.
- 15 El circuito de evaluación puede configurarse alternativa o adicionalmente para determinar una pendiente de la característica B-H en un punto de saturación.
- El circuito de evaluación puede configurarse alternativa o adicionalmente para determinar un punto de inflexión de la curva característica B-H y/o una pendiente de la curva característica B-H en el punto de inflexión.
- 20 El circuito de evaluación puede configurarse para determinar al menos una propiedad física del transformador a partir de la información determinada sobre la característica B-H. La al menos una propiedad física puede comprender información sobre las propiedades magnéticas de la inductancia principal del transformador. El dispositivo de prueba del transformador puede estar dispuesto para utilizar la información sobre las propiedades magnéticas de la inductancia principal en la parametrización del modelo del transformador.
- 25 El circuito de evaluación puede estar dispuesto para determinar además el al menos un parámetro físico en función de una parametrización de un modelo de transformador del transformador. La parametrización puede depender de otras características determinadas automáticamente por el dispositivo de prueba del transformador. Por ejemplo, la parametrización puede depender de una relación de devanado, inductancias de fuga o impedancias de fuga, resistencias de devanado u otras características determinadas automáticamente por el dispositivo de prueba del transformador.
- 30 El dispositivo de prueba del transformador puede comprender una interfaz de entrada para introducir un grupo vectorial del transformador.
- 35 El circuito de evaluación puede estar dispuesto para utilizar el grupo vectorial del transformador en la determinación o evaluación adicional de la información de la característica B-H. El circuito de evaluación puede estar dispuesto para utilizar el grupo vectorial, que puede determinarse a través de la interfaz de entrada, para determinar las cantidades de un modelo de transformador que debe parametrizarse.
- 40 La interfaz de entrada puede configurarse de manera que el grupo de vectores del transformador pueda definirse explícita o implícitamente. La interfaz de entrada puede configurarse de forma que se introduzca un tipo de transformador, con lo que el dispositivo de prueba de transformadores determina automáticamente el grupo vectorial a partir del tipo. Para ello, el dispositivo de prueba de transformadores puede almacenar información no volátil sobre los grupos de vectores asignados a diferentes tipos en una memoria o recuperar información de un medio de almacenamiento a través de una interfaz.
- 45 La interfaz de entrada puede configurarse de manera que el grupo vectorial del transformador pueda introducirse selectivamente sólo si se ha determinado previamente que el transformador es trifásico.
- 50 El dispositivo de prueba del transformador puede configurarse para determinar la parametrización del modelo del transformador de forma parcial o totalmente automática. El dispositivo de prueba de transformadores puede estar dispuesto para determinar al menos una relación de devanado, resistencias de devanado, inductancias de fuga o impedancias de fuga y una inductancia principal del transformador en la parametrización del modelo de transformador en función de una pluralidad de mediciones que incluyen la medición para determinar la información sobre la característica B-H.
- 55 El circuito de evaluación puede estar dispuesto para determinar la parametrización del modelo de transformador en función de la información sobre la característica B-H.
- 60 Para la parametrización del modelo de transformador, se puede determinar una inductancia de fuga de un lado de alta tensión del transformador, una inductancia de fuga de un lado de baja tensión del transformador, las resistencias de los devanados del transformador, un comportamiento de saturación de una inductancia principal del transformador y/o las pérdidas en un núcleo del transformador.
- 65

El dispositivo de prueba del transformador puede estar dispuesto para detectar daños en un núcleo del transformador en función de la información sobre la característica B-H.

5 El dispositivo de prueba del transformador puede estar dispuesto para detectar la presencia de un entrehierro en función de la información sobre la característica B-H.

El dispositivo de prueba del transformador puede estar dispuesto para probar una fuerza de sobretensión del transformador en función de la información sobre la característica B-H.

10 El dispositivo de prueba del transformador puede estar dispuesto para probar una eficiencia del transformador en función de la información sobre la característica B-H.

15 Un sistema según un ejemplo de realización comprende un transformador y un dispositivo de prueba de transformadores según un ejemplo de realización. El dispositivo de comprobación del transformador está conectado de forma desmontable al transformador.

20 Un procedimiento para probar un transformador con un dispositivo de prueba de transformadores comprende generar una señal de prueba para el transformador. El procedimiento comprende la detección de una respuesta de prueba del transformador. El procedimiento comprende la determinación de información sobre una característica B-H del transformador que define una dependencia de una densidad de flujo magnético con respecto a una intensidad de campo magnético en el transformador, basándose en la señal de prueba y en la respuesta de prueba del transformador.

25 Otras características del procedimiento y los respectivos efectos logrados por el mismo corresponden a las realizaciones y efectos del aparato de prueba del transformador descrito con anterioridad.

El procedimiento puede realizarse con el dispositivo o sistema de prueba de transformadores según un ejemplo de realización.

30 En los dispositivos, sistemas y procedimientos según las realizaciones, el dispositivo de prueba del transformador puede ser un dispositivo móvil de prueba del transformador. El dispositivo de prueba del transformador puede comprender una carcasa en cuyo interior están dispuestos la fuente para generar la señal de prueba y el circuito de evaluación.

35 En los dispositivos, sistemas y procedimientos según las realizaciones, el transformador puede ser un transformador de potencia.

El transformador de potencia puede ser monofásico o multifásico.

40 El dispositivo de prueba de transformadores puede ser un dispositivo de prueba de transformadores portátil.

45 Los dispositivos, procedimientos y sistemas de prueba de transformadores según las realizaciones permiten una mayor caracterización de las muestras de ensayo durante la prueba de transformadores. Los dispositivos, procedimientos y sistemas de prueba de transformadores según los ejemplos de realización permiten, en particular, determinar información adicional sobre las propiedades magnéticas de la inductancia principal del transformador y, opcionalmente, detectar automáticamente las condiciones de fallo que afectan al núcleo del transformador o a la distancia entre los devanados enrollados alrededor del núcleo del transformador.

50 Breve descripción de las figuras

La invención se explicará con más detalle a continuación con referencia a los dibujos con referencia a las realizaciones preferidas. En los dibujos, los signos de referencia idénticos denotan elementos idénticos.

La figura 1 muestra un sistema con un dispositivo de prueba de transformadores según una realización.

55 La figura 2 muestra una característica B-H que puede ser registrada automáticamente por un dispositivo de prueba de transformadores según una realización.

La figura 3 muestra una característica $I(t) - \int U(t')dt'$ que puede ser registrada automáticamente por un dispositivo de prueba de transformadores según una realización para determinar información sobre la característica B-H.

La figura 4 muestra un sistema con un dispositivo de prueba de transformadores según una realización.

60 La figura 5 es un diagrama de flujo de un procedimiento según una realización.

La figura 6 ilustra un circuito equivalente que puede ser parametrizado automáticamente por un dispositivo de prueba de transformadores según una realización.

La figura 7 es un diagrama de flujo de un procedimiento según una realización.

65 Descripción detallada de los ejemplos de realización

A continuación, la presente invención se explicará con más detalle mediante realizaciones preferidas con referencia a los dibujos. En las figuras, los mismos signos de referencia denotan elementos iguales o similares. Las figuras son representaciones esquemáticas de varias realizaciones de la invención. Los elementos mostrados en las figuras no están necesariamente a escala. Más bien, los diversos elementos mostrados en las figuras se representan de tal manera que su función y propósito pueden ser comprendidos por un experto en la técnica.

Las conexiones y acoplamientos entre las unidades funcionales y los elementos mostrados en las figuras también pueden implementarse como conexiones o acoplamientos indirectos. La conexión o el acoplamiento pueden realizarse por cable o de forma inalámbrica.

A continuación, se describen en detalle los dispositivos y procedimientos para realizar una prueba de transformadores con un dispositivo de prueba de transformadores. El transformador puede ser un transformador de potencia.

El transformador puede ser un transformador para redes de alta o media tensión. El transformador puede ser un transformador instalado en una central eléctrica o subestación. El dispositivo de prueba de transformadores puede ser un dispositivo móvil que permite realizar pruebas de transformadores en el transformador instalado.

El dispositivo de prueba del transformador está dispuesto para determinar información sobre la característica B-H del transformador. Esta información puede ser puntos de datos o parámetros característicos de la característica B-H. No es esencial que el dispositivo de prueba del transformador registre la característica B-H por sí mismo. Por ejemplo, se pueden adquirir puntos de datos que reflejen la corriente que fluye a través de un devanado del transformador como medida de la intensidad del campo magnético y la integral temporal de la tensión adquirida en respuesta a la corriente como medida del flujo magnético.

El dispositivo de prueba del transformador puede estar dispuesto para inyectar una corriente como señal de prueba en un devanado del transformador. El dispositivo de prueba del transformador puede estar dispuesto para inyectar la corriente como señal de prueba en un lado de alta tensión o en un lado de baja tensión del transformador. El dispositivo de prueba del transformador puede configurarse de manera que la inyección de la señal de prueba pueda modificarse sin necesidad de recablear entre el dispositivo de prueba del transformador y el transformador, por ejemplo, para realizar mediciones en diferentes fases.

El dispositivo de prueba del transformador puede configurarse para alimentar la corriente como corriente continua o como corriente alterna con una frecuencia variable en función del tiempo como señal de prueba.

El dispositivo de prueba del transformador puede construirse a partir de uno o más dispositivos móviles, por ejemplo, portátiles.

La figura 1 muestra un sistema 1 con un dispositivo de prueba de transformadores 10 según un ejemplo de realización.

El sistema 1 comprende un objeto de prueba, que puede ser un transformador 40, y el dispositivo de prueba del transformador 10. El dispositivo de prueba del transformador 10 puede estar formado como un solo dispositivo con una carcasa 11. El dispositivo de prueba del transformador 10 puede consistir en una disposición de varios dispositivos o equipos. En este caso, los múltiples dispositivos o equipos pueden ser controlados por un controlador central. El dispositivo de prueba de transformadores 10 puede estar diseñado como un dispositivo móvil y, en particular, como un dispositivo portátil. Si el dispositivo de prueba del transformador 10 comprende una pluralidad de dispositivos, cada uno de los dispositivos puede estar configurado como un dispositivo portátil.

El transformador 40 puede ser un transformador de potencia de un dispositivo de alimentación eléctrica. El transformador 40 puede estar instalado permanentemente en una central eléctrica o subestación mientras se realiza una prueba del transformador con el dispositivo de prueba del transformador 10. El transformador 40 puede ser un transformador de tensión o de corriente. El transformador 40 puede ser un transformador de tensión o un transformador de corriente que funciona según un principio inductivo.

El transformador 40 comprende al menos un primer devanado y un segundo devanado, y un núcleo de transformador en torno al cual pueden enrollarse el primer devanado y el segundo. El transformador 40 puede ser un transformador trifásico.

El aparato de prueba del transformador 10 comprende una pluralidad de terminales para la conexión liberable al transformador 40, una fuente 5 para una señal de prueba que se aplicará o imprimirá en el transformador 40 como muestra de prueba durante la prueba del transformador, y un circuito de evaluación 6.

La fuente 5 puede ser una fuente de corriente controlable para generar una corriente continua y/o una corriente alterna como señal de prueba. La fuente 5 puede ser controlable para generar corrientes alternas con varias frecuencias diferentes como señal de prueba. La fuente 5 puede ser una fuente de tensión controlable para generar una tensión continua y/o una tensión alterna como señal de prueba. La fuente 5 puede ser controlable para generar tensiones de CA con varias frecuencias diferentes como señal de prueba. La fuente 5 puede ser operable en diferentes modos de funcionamiento, por ejemplo como fuente de corriente o como fuente de tensión y/o como fuente de una señal constante en el tiempo o de una señal alterna.

La fuente 5 puede comprender un dispositivo de medición de corriente. La fuente 5 puede estar preparada para utilizar una señal de salida del dispositivo de medición de corriente en un bucle de control para la regulación de la corriente. Alternativa o adicionalmente, se puede conectar un dispositivo de medición de corriente en serie con la fuente 5. La intensidad de corriente detectada por el dispositivo de medición de corriente integrado en la fuente 5 o por un dispositivo de medición de corriente separado de ella puede ser procesada posteriormente por el circuito de evaluación 6 para obtener una medida de la intensidad del campo magnético siempre en el núcleo del transformador.

El circuito de evaluación 6 puede estar dispuesto para detectar una respuesta de prueba del transformador 10 a la señal de prueba. La respuesta a la prueba puede ser una tensión caída a través del devanado en el que se imprime la corriente como señal de prueba. La respuesta de prueba puede ser una tensión que cae en otro devanado diferente del devanado en el que se imprime la corriente como señal de prueba.

El circuito de evaluación 6 puede incluir un circuito de procesamiento 7 para procesar la respuesta de la prueba. El circuito de procesamiento 7 puede comprender un integrador que integra la tensión detectada como respuesta de prueba en el tiempo. El circuito de procesamiento 7 puede comprender un convertidor A/D que convierte la respuesta de prueba y la proporciona para la integración numérica de las muestras digitales de la tensión adquirida. El circuito de procesamiento 7 puede estar dispuesto para integrar numéricamente las muestras de la tensión detectada en el tiempo. El circuito de evaluación 6 puede configurarse en consecuencia para determinar la integral de tiempo de la tensión como medida de la densidad de flujo magnético en el núcleo del transformador.

El circuito de evaluación 6 puede comprender un dispositivo de determinación 8 para determinar la información sobre la característica BH. Los medios de determinación 8 pueden estar dispuestos para determinar puntos de datos de una curva que indique o dependa de la densidad de flujo magnético en función de la intensidad del campo magnético en el núcleo del transformador. El dispositivo determinante 8 no tiene por qué tener en cuenta todas las constantes de proporcionalidad que afectan a un escalado de la característica B-H. Por ejemplo, para determinar los parámetros característicos de la característica B-H, las integrales de tiempo de la tensión que caen a través de un devanado del transformador en respuesta a la señal de prueba pueden registrarse en función de la intensidad de corriente de la señal de prueba. Alternativa o adicionalmente, se pueden determinar parámetros característicos de la característica B-H, como la posición de los cruces de cero o la pendiente de la característica B-H en los cruces de cero, la pendiente de la característica B-H en los puntos de rodilla o la pendiente de la característica B-H en la saturación.

El circuito de evaluación 6 puede incluir una lógica de diagnóstico 9 para procesar la información sobre la característica B-H. La lógica de diagnóstico 9 puede estar configurada para determinar los parámetros físicos del transformador al menos también en función de la característica B-H. La lógica de diagnóstico 9 puede configurarse para determinar al menos un parámetro de un diagrama de circuito equivalente del transformador, en particular al menos la inductancia principal del diagrama de circuito equivalente, en función de la información sobre la característica B-H. La lógica de diagnóstico 9 puede configurarse para procesar aún más la característica B-H y, opcionalmente, otros parámetros del transformador que son determinados automáticamente por el dispositivo de prueba del transformador 10, por ejemplo, para detectar daños en el núcleo del transformador o la formación de un espacio de aire entre el devanado y el núcleo del transformador.

El circuito de evaluación 6 puede comprender uno o varios procesadores o microprocesadores, uno o varios controladores, uno o varios circuitos especiales de aplicación específica (ASIC) u otros circuitos integrados de semiconductores o combinaciones de los citados o de otros circuitos de semiconductores con el fin de determinar la información sobre la característica B-H o de seguir evaluándola.

La figura 2 muestra una característica B-H ejemplar 50 que puede ser registrada automáticamente por el dispositivo de prueba del transformador 10 según una realización ejemplo durante la prueba del transformador. El dispositivo de prueba del transformador 10 puede determinar automáticamente los puntos de datos 51-53 de la característica B-H 50 durante la prueba del transformador. Alternativa o adicionalmente, el dispositivo de prueba del transformador 10 puede estar dispuesto para determinar automáticamente ciertos parámetros característicos de la característica B-H 50. Por ejemplo, la posición de los cruces de cero 55 de la característica B-H 50 puede determinarse automáticamente. Alternativa o adicionalmente, la pendiente de la característica B-H 50 en los pasos por cero 55 puede determinarse automáticamente. Para ello, pueden adquirirse al menos dos puntos de datos 54, 55 en la proximidad de un cruce cero y procesarse computacionalmente para determinar la pendiente de la característica B-H

50 cruce cero 55. Del mismo modo, el dispositivo de prueba del transformador 10 puede determinar alternativa o adicionalmente la ubicación de los puntos de inflexión o la pendiente de la característica B-H en los puntos de inflexión o en la saturación.

5 En general, el dispositivo de prueba del transformador 10 puede estar dispuesto para evaluar automáticamente la relación entre la intensidad del campo magnético y la densidad de flujo magnético en el núcleo del transformador durante la prueba del transformador. No es necesario que el propio dispositivo de prueba del transformador 10 determine los puntos de datos de esta curva característica para determinar la información sobre la curva característica B-H 50. Por ejemplo, puede bastar con muestrear los puntos de datos de una curva que relaciona el
10 amperaje de un devanado del transformador con la integral de tiempo de la tensión. La tensión puede detectarse en el mismo devanado en el que se imprime una corriente continua o una corriente alterna de frecuencia variable como señal de prueba. La tensión puede detectarse en un devanado distinto del devanado en el que se imprime una corriente continua o una corriente alterna de frecuencia variable como señal de prueba.

15 La intensidad del campo magnético puede representarse como

$$H(t) = c_1 I(t), \quad (1)$$

20 en donde c_1 puede ser una constante que depende de la geometría del devanado, del número de devanados y de la longitud del devanado.

La densidad de flujo magnético puede representarse como

$$B(t) = c_2 \int_0^t U(t') dt', \quad (2)$$

25 en donde c_2 es una constante y la integral de tiempo se determina integrando la tensión a través de un devanado del transformador desde el momento en que se aplica la señal de prueba.

30 Las propiedades esenciales sobre el transformador y las propiedades magnéticas de su inductancia principal pueden obtenerse ya a partir de una curva que relaciona la corriente con la integral de tiempo de la tensión. En consecuencia, es posible, pero no absolutamente necesario, que el dispositivo de prueba del transformador determine también la relación de las dos constantes de proporcionalidad c_1 y c_2 en las ecuaciones (1) y (2).

35 La figura 3 muestra una curva 60 que representa la relación entre la integral de tiempo de la tensión detectada por el dispositivo de prueba del transformador 10 y la corriente alimentada como señal de prueba. La curva $I(t) - \int U(t') dt'$ puede corresponder a la característica B-H mostrada en la figura 2, excepto por los factores de escala a lo largo de los dos ejes. De la forma de la curva $I(t) - \int U(t') dt'$ ya se desprende información importante 60.

40 El dispositivo de prueba del transformador 10 puede estar convenientemente dispuesto para determinar los puntos de datos 61-63 de la curva $I(t) - \int U(t') dt'$. El dispositivo de comprobación del transformador 10 puede estar dispuesto, alternativa o adicionalmente, para determinar un cruce por cero 65 de la curva $I(t) - \int U(t') dt'$. El dispositivo de prueba del transformador 10 puede estar dispuesto, alternativa o adicionalmente, para determinar la pendiente de la curva $I(t) - \int U(t') dt'$ en el cruce cero a partir de los puntos de datos 64, 65 en la proximidad del cruce cero 65. Del mismo modo, el dispositivo de prueba del transformador puede determinar la ubicación de los puntos de inflexión o la
45 pendiente de la curva 60 en los puntos o en la saturación.

50 La figura 4 muestra un sistema 1 con un dispositivo de prueba de transformadores 10 según un ejemplo de realización. El dispositivo de prueba de transformadores 10 está dispuesto para el acoplamiento liberable con un transformador 40 con el fin de determinar información sobre una característica B-H en un dispositivo de prueba de transformadores.

55 El transformador 40 tiene un lado de alta tensión 41 con un primer devanado 42 y un lado de baja tensión 43 con un segundo devanado 44. El transformador 40 también puede estar configurado como un transformador trifásico, en el que los devanados secundarios de las diferentes fases pueden estar interconectados de diferentes maneras según el grupo vectorial del transformador 40.

60 El dispositivo de prueba del transformador 10 está dispuesto para inyectar una señal de prueba, que puede ser una corriente continua o una corriente alterna de frecuencia variable, en el primer devanado 42 o en el segundo devanado 44. El dispositivo de prueba del transformador 10 puede estar dispuesto para ser conectado tanto al lado de alta tensión 41 como al lado de baja tensión 43 para alimentar selectivamente la señal de prueba al lado de alta tensión 41 o al lado de baja tensión 43 sin recablear. La señal de prueba puede ser alimentada selectivamente al lado de alta tensión 41 o al lado de baja tensión 43, independientemente de si el dispositivo de prueba del transformador está conectado a ambos lados o solo al lado en el que se alimenta la señal de prueba.

- 5 El dispositivo de prueba del transformador 10 comprende una fuente 5, que puede estar configurada como una fuente de corriente. La fuente 5 puede ser la descrita en la figura 1. La fuente 5 puede incluir un dispositivo de medición de corriente 15 o puede estar conectada en serie con un dispositivo de medición de espectáculo 15. Una corriente detectada por el dispositivo de medición de corriente 15 puede ser utilizada por el circuito de evaluación 6 para determinar información sobre la característica B-H del transformador 40.
- 10 El dispositivo de prueba del transformador 10 comprende una pluralidad de terminales 12 para acoplar al menos un lado del transformador 40. El dispositivo de prueba del transformador 10 puede comprender una pluralidad de terminales 12 que incluyen terminales 34 para el acoplamiento al lado de alta tensión 41 y otros terminales 31, 32 para el acoplamiento al lado de baja tensión 43 del transformador 40.
- 15 El dispositivo de prueba del transformador 10 puede estar dispuesto para conectar selectivamente la fuente 5 a los terminales para la conexión con el lado de alta tensión 41 o a los terminales para la conexión con el lado de baja tensión 43 del transformador 40 sin necesidad de recablear las conexiones 35, 36 entre el dispositivo de prueba del transformador 10 y el transformador 40. El dispositivo de prueba del transformador 10 puede comprender medios de conmutación controlables que permiten que la señal de prueba generada por la fuente 5 se emita selectivamente al lado de alta tensión 41 o al lado de baja tensión 43 del transformador 40.
- 20 El dispositivo de prueba del transformador 10 puede comprender otros medios, por ejemplo uno o más dispositivos de medición 14, 16 para detectar una respuesta de prueba en respuesta a la señal de prueba. Los dispositivos de medición 14, 16 pueden ser dispositivos de medición de tensión, por ejemplo, voltímetros.
- 25 El dispositivo de prueba de transformadores 10 puede comprender medios de control 17 para controlar eléctricamente de forma automática la fuente 5. El dispositivo de prueba del transformador 10 comprende un circuito de evaluación 6 para evaluar una respuesta de prueba del transformador 40 detectada por los dispositivos de medición 14, 16. El primer dispositivo de medición 14 y el segundo dispositivo de medición 16 pueden estar dispuestos cada uno para una medición de tensión. El circuito de evaluación 6 puede configurarse para determinar una integral de tiempo de la tensión detectada por el primer dispositivo de medición 14 o el segundo dispositivo de medición 16, que cae a través de un devanado del transformador 40 en respuesta a la señal de prueba. Para ello, el
- 30 circuito de evaluación 6 puede comprender un integrador o un convertidor A/D en combinación con un dispositivo de integración digital. El circuito de evaluación 6 puede estar dispuesto para determinar una intensidad de la corriente emitida por la fuente 5 y una integral de tiempo de las tensiones detectadas por al menos uno de los dispositivos de medición 14, 16 para determinar información sobre la característica B-H del transformador 40.
- 35 Las funciones del dispositivo de control 17 y/o del circuito de evaluación 6 pueden ser realizadas por un procesador 19 u otro circuito integrado semiconductor 19.
- 40 La fuente 6 puede generar una señal de prueba variable en el tiempo. Una frecuencia de la señal de prueba puede ser variable entre una pluralidad de valores. El primer dispositivo de medición 14 y el segundo dispositivo de medición 16 pueden estar dispuestos para la adquisición resuelta en el tiempo de una respuesta de prueba. Los valores medidos adquiridos por el primer dispositivo de medición 14 y el segundo dispositivo de medición 16 pueden ser convertidos A/D y evaluados computacionalmente, por ejemplo, para determinar las características del transformador para cada una de una pluralidad de frecuencias.
- 45 El transformador 40 también puede comprender más de dos devanados 41, 42. El dispositivo de prueba del transformador 10 puede comprender conexiones para la conexión a un tercer devanado del transformador 40 y cualquier otro devanado del transformador 40.
- 50 El transformador 40 puede ser un transformador de potencia multifásico. El dispositivo de prueba del transformador 10 puede comprender terminales para la conexión simultánea a múltiples fases del transformador de potencia multifásico.
- 55 El dispositivo de prueba del transformador 10 puede estar dispuesto para realizar diferentes mediciones sin necesidad de desconectar y/o conectar de forma diferente las conexiones 35, 36 entre el dispositivo de prueba del transformador 10 y el transformador 40. Las diferentes mediciones pueden realizarse sin necesidad de recablear el DUT. Las mediciones pueden ser realizadas por el dispositivo de prueba de transformadores 10 de forma total o parcialmente automatizada, es decir, sin interacción del usuario entre las mediciones. Las mediciones pueden incluir la determinación de información sobre la característica B-H y otras características del transformador 40. Por ejemplo, estas mediciones adicionales pueden determinar la relación del devanado, las impedancias de fuga o las inductancias de fuga, las resistencias del devanado u otras características del transformador 40. La información
- 60 obtenida de estas mediciones puede utilizarse para determinar automáticamente los diversos parámetros de un circuito equivalente del transformador 40. En particular, la información sobre la característica B-H puede utilizarse para determinar el valor de la inductancia principal en el circuito equivalente del transformador.

Como se ha descrito con referencia a las figuras 1 a 3, el circuito de evaluación 6 puede estar dispuesto, además, para detectar, en función de la característica B-H y, opcionalmente, de otras mediciones en el transformador 40, si el núcleo del transformador está dañado, si se ha formado un espacio de aire entre un devanado y el núcleo del transformador, si la resistencia a la sobretensión y el rendimiento del transformador 40 están dentro de un intervalo admisible, o si se dan otras condiciones de fallo.

El circuito de evaluación 6 puede realizar una evaluación adicional de la característica B-H, por ejemplo para parametrizar el modelo del transformador o para detectar condiciones de fallo, en función de una entrada recibida a través de una interfaz de entrada 20. Por ejemplo, puede ser posible introducir a través de la interfaz de entrada 20 si el transformador 40 es un transformador trifásico. Si el transformador 40 es un transformador trifásico, la interfaz de entrada 20 puede permitir selectivamente la determinación de un grupo vectorial al que pertenece el transformador 40. El circuito de evaluación 6 puede realizar una evaluación adicional de la característica B-H dependiendo de si el transformador 40 es un transformador trifásico y a qué grupo vectorial, si lo hay, pertenece el transformador 40.

Diferentes fases del transformador 40 pueden ser probadas simultáneamente o secuencialmente por el dispositivo de prueba del transformador 10.

La figura 5 es un diagrama de flujo de un procedimiento 70 según una realización. El procedimiento 70 puede ser ejecutado automáticamente por el dispositivo de prueba del transformador 10 según un ejemplo de realización.

En el paso 71, el dispositivo de prueba del transformador genera una señal de prueba. La señal de prueba puede ser una corriente continua. La señal de prueba puede ser una corriente alterna. Si la señal de prueba es una corriente alterna, una frecuencia de la corriente alterna puede variar con el tiempo mientras se detecta la respuesta de prueba.

La señal de prueba puede inyectarse en una bobina en un lado de alta tensión o en una bobina en un lado de baja tensión del transformador 40.

En el paso 72, se detecta una respuesta de prueba del transformador 40. La respuesta de prueba puede ser una tensión que cae a través de un devanado del transformador 40 cuando se aplica la señal de prueba.

En el paso 73, se obtiene información sobre una característica B-H del transformador 40. La información puede incluir puntos de datos que indiquen la integral de tiempo de la tensión detectada en el paso 72, cada uno en función de la corriente aplicada. La información puede comprender puntos de datos de la característica B-H o parámetros característicos de la característica B-H, como los cruces por cero o los puntos de inflexión o la pendiente de la característica B-H en los cruces por cero, los puntos de inflexión o en la saturación.

La evaluación en el paso 73 puede comprender la integración de la tensión detectada en el paso 72. Un circuito de evaluación del dispositivo de prueba del transformador puede comprender un circuito integrador que integra la tensión. Alternativa o adicionalmente, la integración puede realizarse numéricamente, por ejemplo después de la conversión A/D.

En el paso 74, se pueden determinar opcionalmente las propiedades físicas del transformador en función de la información de la característica B-H. Las propiedades físicas determinadas pueden depender de las propiedades magnéticas del núcleo del transformador. Por ejemplo, se pueden detectar automáticamente los daños en el núcleo del transformador. Alternativa o adicionalmente, se puede detectar automáticamente un espacio de aire entre uno de los devanados y el núcleo del transformador. Alternativa o adicionalmente, la degradación de la fuerza de sobretensión o la eficiencia del transformador 40 puede ser detectada automáticamente.

La determinación de las características físicas en la etapa 74 puede implicar la parametrización de un modelo de transformador. En este sentido, la información de la característica B-H puede fusionarse con otras mediciones realizadas por el dispositivo de prueba del transformador 40 de manera secuencial en el tiempo para determinar la característica B-H en el transformador 40. Estas mediciones pueden utilizarse, por ejemplo, para determinar una relación de transformación, impedancias de fuga o inductancias de fuga o resistencias de bobinado.

La figura 6 muestra un diagrama de circuito equivalente del transformador 40. La resistencia del bobinado R1 del lado de tensión superior 41 puede representarse mediante una resistencia 81. La resistencia transformada del devanado R2' del lado de baja tensión 43 puede representarse mediante una resistencia 84. La inductancia de fuga $L\sigma_1$ del lado de tensión superior 41 puede representarse mediante una inductancia 82. La inductancia de fuga transformada $L\sigma_2'$ del lado de tensión inferior 43 puede representarse mediante una inductancia 83. Las resistencias 81, 84 y las inductancias 82, 83 definen la inductancia longitudinal total del transformador. Las inductancias 82, 83 definen la inductancia de fuga total no transformada, es decir, no escalada, que puede convertirse en una característica escalada del transformador escalando con el cuadrado de la relación de transformación de una manera conocida por se.

Una inductancia principal que transporta la corriente magnetizante puede ser tenida en cuenta por una inductancia 85. La modelización lineal de las pérdidas en el núcleo del transformador puede ser proporcionada por una resistencia 86.

5 El dispositivo de prueba del transformador 10 según un ejemplo de realización puede estar dispuesto para determinar al menos la inductancia 85 de la inductancia principal que transporta la corriente magnetizante mediante la determinación de información sobre la característica B-H del transformador. El dispositivo de prueba de transformadores 10 puede realizar automáticamente una parametrización del modelo de transformador, en la que se determinan las resistencias e inductancias indicadas en la figura 6.

La figura 7 es un diagrama de flujo de un procedimiento 75 según una realización. El procedimiento 75 puede ser ejecutado automáticamente por el dispositivo de prueba del transformador 10 según un ejemplo de realización.

15 En el procedimiento 75, las etapas 71 a 74 pueden realizarse como se describe con referencia a la figura 5.

El procedimiento 75 puede incluir la parametrización de un modelo de transformador en el paso 76. Al parametrizar el modelo de transformador, se puede evaluar una pluralidad de mediciones realizadas en un transformador 40 para determinar los diversos parámetros del modelo de transformador. Estos parámetros pueden incluir la inductancia principal del transformador, que al menos también puede determinarse en función de la característica B-H determinada.

25 Aunque las realizaciones se han descrito en detalle con referencia a las figuras, pueden utilizarse características alternativas o adicionales en otras realizaciones. Por ejemplo, aunque se ha descrito el uso de un dispositivo de prueba de transformadores en combinación con un transformador que tiene dos devanados, los dispositivos y procedimientos según las realizaciones también pueden utilizarse para transformadores que tienen tres devanados o más de tres devanados.

30 Mientras que en las realizaciones el aparato de prueba del transformador puede comprender una fuente de señal para generar la señal de prueba, el aparato de prueba del transformador también puede comprender dos o más fuentes para inyectar corrientes en diferentes devanados del transformador.

35 Mientras que en las realizaciones, un procedimiento de prueba que implica la determinación de múltiples características del transformador puede realizarse automáticamente, el dispositivo de prueba del transformador y el procedimiento según las realizaciones también pueden utilizarse cuando sólo se mide una característica del transformador antes de que se requiera una nueva entrada del usuario.

40 Aunque el transformador puede instalarse en una central eléctrica o en una subestación de una red eléctrica, el dispositivo y el procedimiento de prueba de transformadores según las realizaciones también pueden utilizarse con transformadores más pequeños.

45 Los dispositivos, procedimientos y sistemas de prueba de transformadores según los ejemplos de realización permiten una mayor caracterización de un transformador durante la prueba del mismo. En particular, se puede obtener información adicional sobre el comportamiento magnético de la inductancia principal.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo móvil de prueba de transformadores para probar un transformador de potencia, que comprende conexiones (12) diseñadas para la conexión desmontable del dispositivo móvil de prueba de transformadores al transformador de potencia (40), una fuente (5) diseñada para generar una señal de prueba para el transformador de potencia (40), en donde la señal de prueba es una corriente o una tensión, y un circuito de evaluación (6) que está dispuesto para determinar, basándose en la señal de prueba y en una respuesta de prueba del transformador de potencia (40), información sobre una característica B-H (50, 60) del transformador de potencia (40) que define una dependencia de una densidad de flujo magnético con respecto a una intensidad de campo magnético en el transformador de potencia (40), en donde la respuesta de prueba es una tensión, en donde el circuito de evaluación (6) está dispuesto para determinar al menos uno de los siguientes parámetros de la característica B-H (50, 60):
- 15 una pendiente de la característica B-H (50, 60) en un cruce de cero (55, 65),
una pendiente de la característica B-H (50, 60) en un punto de saturación,
un codo de la característica B-H (50, 60).
2. Dispositivo móvil de prueba de transformadores de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el circuito de evaluación (6) está configurado para determinar al menos una propiedad física del transformador de potencia (40) a partir de la información determinada sobre la característica B-H (50, 60).
3. Dispositivo móvil de prueba de transformadores de acuerdo con la reivindicación 2, en donde el circuito de evaluación (6) está configurado para determinar la al menos una propiedad física en función de una parametrización de un modelo de transformador de potencia (40).
4. Dispositivo móvil de prueba de transformadores de acuerdo con la reivindicación 3, que comprende una interfaz de entrada para introducir un grupo vectorial del transformador de potencia (40) del que depende el modelo del transformador.
5. Dispositivo móvil de prueba de transformadores de acuerdo con la reivindicación 3 o la reivindicación 4, en donde el dispositivo de prueba de transformadores (10) está dispuesto para determinar la parametrización del modelo de transformador de forma parcial o totalmente automática.
6. Dispositivo móvil de prueba de transformadores de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5, en donde el circuito de evaluación (6) está dispuesto para determinar la parametrización del modelo de transformador en función de la información sobre la característica B-H (50, 60).
7. Dispositivo móvil de prueba de transformadores de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 3 a 6, en donde se determina una inductancia de fuga (81) de un lado de tensión superior (41) del transformador de potencia (40), una inductancia de fuga (84) de un lado de tensión inferior (42) del transformador de potencia (40), las resistencias (82, 83) de los devanados del transformador de potencia (40), un comportamiento de saturación de una inductancia principal del transformador de potencia (40) y/o las pérdidas en un núcleo del transformador de potencia (40) para parametrizar el modelo de transformador.
8. Dispositivo móvil de prueba de transformadores de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el dispositivo de prueba de transformadores (10) está dispuesto para detectar al menos una de las siguientes informaciones en función de la característica B-H (50, 60):
- 50 un daño de un núcleo del transformador de potencia (40),
una presencia de un espacio de aire,
una resistencia de sobretensión del transformador de potencia (40),
un grado de rendimiento del transformador de potencia (40).
9. Dispositivo móvil de prueba de transformadores de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el circuito de evaluación (6) está dispuesto para determinar puntos de datos de la característica B-H (50, 60) o al menos un parámetro de la característica B-H (50, 60) a partir de la señal de prueba y la respuesta de prueba.
10. Dispositivo móvil de prueba de transformadores de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el circuito de evaluación (6) está dispuesto para determinar una integral de tiempo de una tensión en al menos un devanado del transformador de potencia (40).
11. Dispositivo móvil de prueba de transformadores de acuerdo con la reivindicación 10, en donde el circuito de evaluación (6) está dispuesto para determinar la densidad de flujo magnético o una variable proporcional a la densidad de flujo magnético a partir de la integral de tiempo de la tensión.

- 5 12. Dispositivo móvil de prueba de transformadores de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el circuito de evaluación (6) está dispuesto para detectar una corriente que fluye en al menos un devanado del transformador de potencia (40), y en donde el circuito de evaluación (6) está dispuesto para determinar la intensidad del campo magnético a partir de la corriente que fluye en al menos un devanado del transformador de potencia (40).
- 10 13. Sistema que comprende un transformador de potencia (40) y un dispositivo móvil de prueba de transformadores (10) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el dispositivo de prueba de transformadores (10) está conectado de forma desmontable al transformador de potencia (40).
- 15 14. Procedimiento de prueba de un transformador de potencia (40) con un dispositivo móvil de prueba de transformadores (10), que comprende:
generar una señal de prueba para el transformador de potencia (40), en donde la señal de prueba es una corriente o una tensión,
20 detectar una respuesta de prueba del transformador de potencia (40), en donde la respuesta de prueba es una tensión, y determinar información sobre una característica B-H (50, 60) del transformador de potencia (40) que define una dependencia de una densidad de flujo magnético con respecto a una intensidad de campo magnético en el transformador de potencia (40), basándose en la señal de prueba y en la respuesta de prueba del transformador de potencia (40), en donde se determina al menos uno de los siguientes parámetros de la característica B-H (50, 25 60):
una pendiente de la característica B-H (50, 60) en un cruce de cero (55, 65),
una pendiente de la característica B-H (50, 60) en un punto de saturación,
un codo de la característica B-H (50, 60).
- 30 15. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 14, que es llevado a cabo por el dispositivo móvil de prueba de transformadores (10) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12.

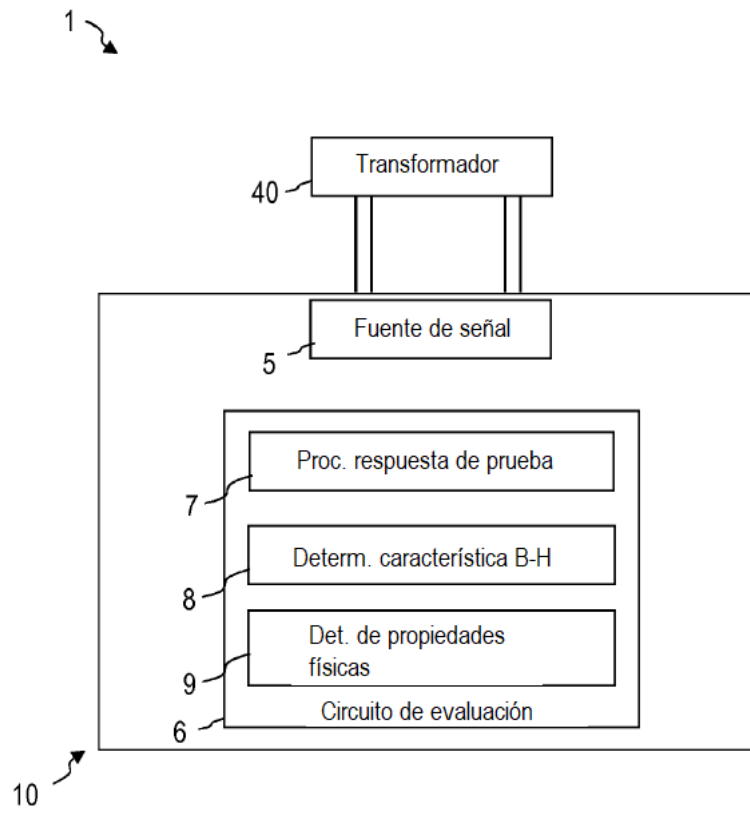


FIG. 1

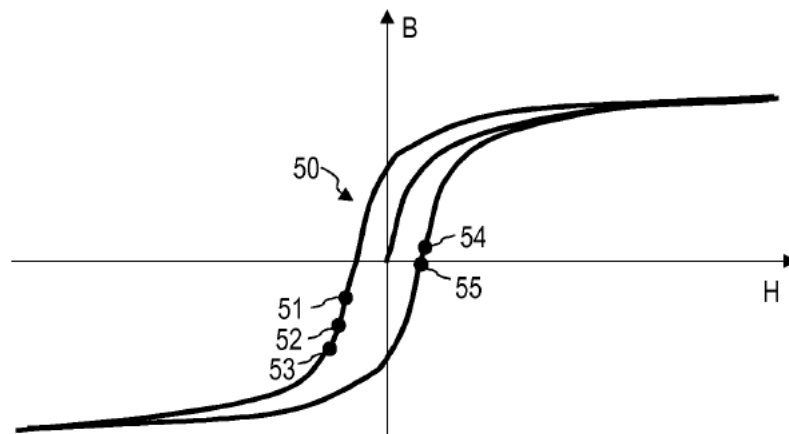


FIG. 2

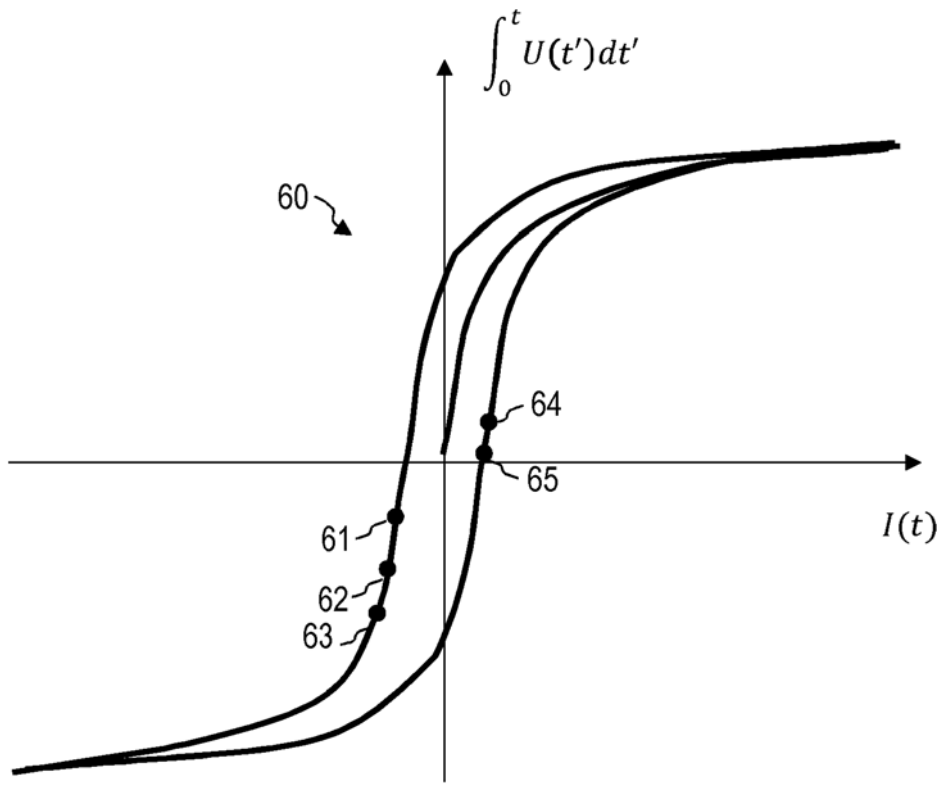


FIG. 3

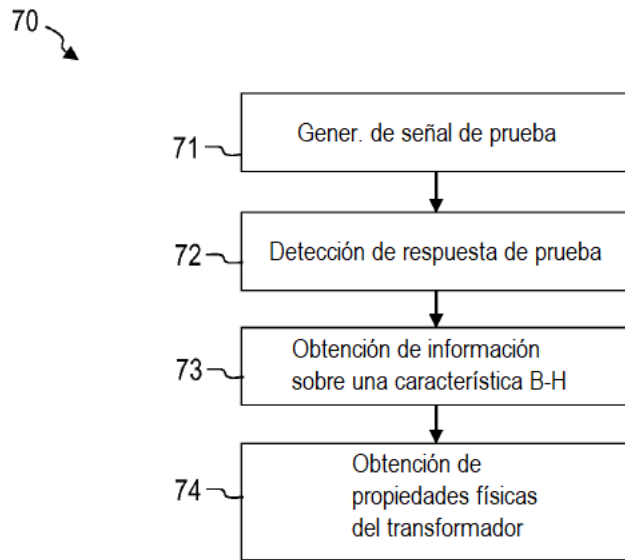


FIG. 5

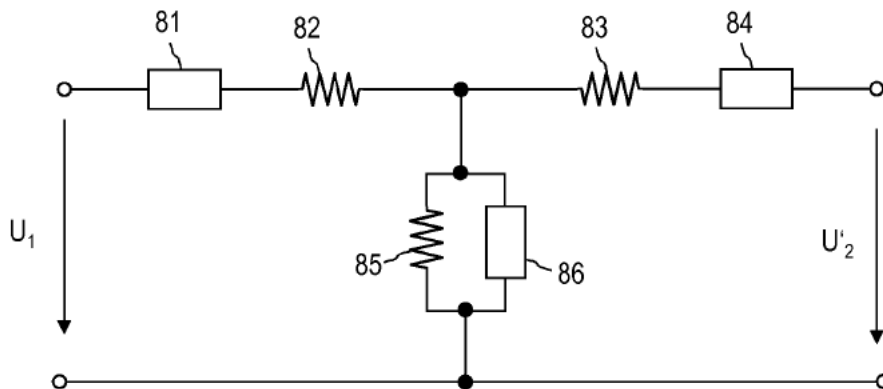


FIG. 6

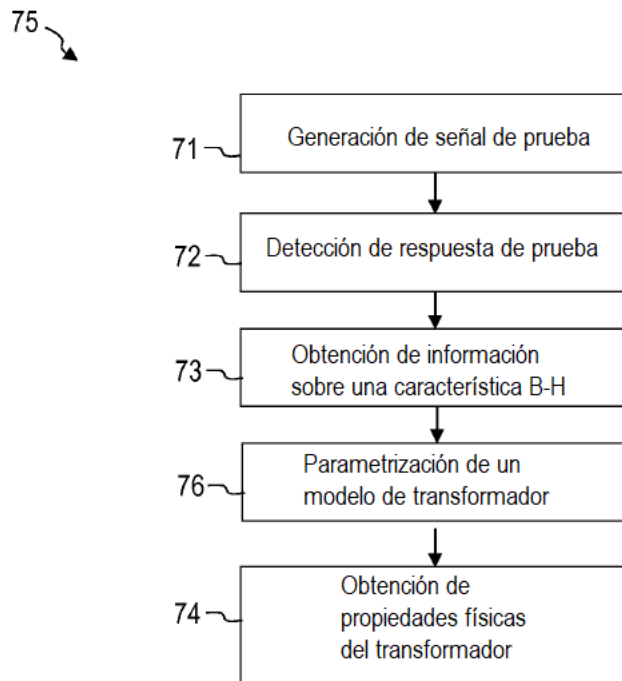


FIG. 7