

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 688 829**

51 Int. Cl.:

G05B 13/02 (2006.01)

H01F 27/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.11.2013 PCT/US2013/070696**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.05.2014 WO14078830**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.11.2013 E 13802783 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.09.2018 EP 2941674**

54 Título: **Predecir la temperatura del aceite de un transformador**

30 Prioridad:
19.11.2012 US 201261727890 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
07.11.2018

73 Titular/es:
**ABB SCHWEIZ AG (100.0%)
Brown Boveri Strasse 6
5400 Baden, CH**

72 Inventor/es:
**DAGNINO, ALDO;
CHEIM, LUIZ;
LIN, LAN y
PATEL, POORVI**

74 Agente/Representante:
ELZABURU, S.L.P

ES 2 688 829 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

Predecir la temperatura del aceite de un transformador

Solicitud Relacionada

5 Esta solicitud reivindica la prioridad de la Solicitud de Patente Provisional de EE.UU. Nº 61/727.890, presentada el 19 de noviembre de 2012 y titulada "PROFILING TRANSFORMER OF POWER SYSTEM".

Antecedentes

La presente solicitud está relacionada con el campo de los sistemas de alimentación de energía y más en concreto con sistemas y/o técnicas para predecir cómo puede responder un transformador de un sistema de alimentación de energía cuando se aplica una carga deseada al transformador.

10 Un sistema de alimentación de energía comprende una red de componentes eléctricos o equipo del sistema de alimentación de energía configurados para suministrar, transmitir, y/o utilizar energía eléctrica. Por ejemplo, una red eléctrica (p. ej., también denominada red de distribución eléctrica) comprende generadores, sistemas de transmisión, y/o sistemas de distribución. Los generadores, o las centrales eléctricas, están configurados para producir electricidad a partir de combustibles inflamables (p. ej., carbón, gas natural, etc.) y/o combustibles no inflamables
 15 (por ejemplo, tales como eólica, solar, nuclear, etc.). Los sistemas de transmisión están configurados para transportar o transmitir la electricidad desde los generadores hasta cargas. Los sistemas de distribución están configurados para enviar la electricidad suministrada a viviendas cercanas, negocios comerciales, y/u otros establecimientos. Entre otros componentes eléctricos, dichos sistemas de alimentación de energía pueden comprender uno o más transformadores configurados para convertir o transformar electricidad a una tensión (p. ej.
 20 una tensión utilizada para transmitir electricidad) en electricidad a otra tensión (p. ej., una tensión deseada por una carga que recibe la electricidad). Dependiendo de la escala del sistema de alimentación de energía y/o de la carga aplicada al transformador, el coste de adquirir transformadores puede ir desde unos pocos miles de dólares hasta más de un millón de dólares.

25 Un método para elaborar el perfil de un transformador se describe en QING HE ET AL: "Prediction of Top-Oil Temperature for Transformers Using Neural Networks", IEEE TRANSACTIONS ON POWER DELIVERY, IEEE SERVICE CENTER, NEW YORK, NY, US, vol. 15, nº 4, 1 de Octubre de 2000, XP011049941.

Compendio

Este resumen se proporciona para presentar de una forma simplificada una selección de conceptos que se describen con mayor detalle más adelante en la descripción detallada.

30 De acuerdo con la reivindicación 1, se proporciona un método para un sistema de alimentación de energía.

De acuerdo con la reivindicación 7, se proporciona un sistema para un sistema de alimentación de energía.

35 Para la consecución de los fines anteriores y de fines relacionados, la siguiente descripción y los siguientes dibujos adjuntos describen ciertos aspectos e implementaciones ilustrativos. Estos son indicativos sólo de unas pocas de las diferentes maneras en las cuales se pueden emplear uno o más aspectos. Otros aspectos, ventajas, y rasgos de la invención resultarán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada cuando se considere en conjunto con los dibujos adjuntos.

Descripción de los dibujos

La Figura 1 es un diagrama de flujo que ilustra un método ejemplar para un sistema de alimentación de energía.

40 La Figura 2 es un diagrama de flujo que ilustra un método ejemplar para transferir una carga desde un primer transformador de un sistema de alimentación de energía hasta un segundo transformador.

La Figura 3 ilustra un entorno de ejemplo para identificar uno o más transformadores a los cuales se puede transferir una carga de un transformador que ha fallado.

45 La Figura 4 ilustra un diagrama de bloques de componentes de un sistema de ejemplo para un sistema de alimentación de energía.

La Figura 5 es una ilustración de un medio legible por ordenador ejemplar en el cual pueden estar comprendidas instrucciones ejecutables por un procesador configuradas para implementar una o más de las disposiciones descritas en esta memoria.

50 La Figura 6 ilustra un entorno informático ejemplar en el cual se pueden implementar una o más de las disposiciones descritas en esta memoria.

Descripción detallada

La materia reivindicada se describe ahora con referencia a los dibujos, en los cuales se utilizan de manera general números de referencia similares para hacer referencia a elementos similares en todos ellos. En la siguiente descripción, con fines de explicación, se describen numerosos detalles específicos para proporcionar una comprensión de la materia reivindicada. Puede ser evidente, sin embargo, que la materia reivindicada se puede llevar a la práctica sin estos detalles específicos. En otros casos, se ilustran estructuras y dispositivos en forma de diagrama de bloques a fin de facilitar la descripción la materia reivindicada.

Una red eléctrica o sistema de alimentación de energía frecuentemente consta de uno o más transformadores configurados para convertir o transformar electricidad a una tensión (p. ej., una tensión utilizada para transmitir electricidad) en electricidad a otra tensión (p. ej., una tensión deseada por una carga que recibe la electricidad). A veces, es deseable mover al menos parte de una carga desde un primer transformador hasta un segundo transformador del sistema de alimentación de energía. Por ejemplo, el primer transformador puede fallar y/o se puede desenergizar al menos parcialmente para mantenimiento y/o ensayos (p. ej., sacando fuera de línea el primer transformador). A fin de mantener las prestaciones del sistema de alimentación de energía mientras el primer transformador está fuera de línea, puede ser deseable mover la carga desde el primer transformador a uno o más otros transformadores. Sin embargo, mover la carga a un(os) transformador(es) (p. ej., y potencialmente sobrecargar el/los transformador(es)) puede incrementar el riesgo de que el/los transformador(es) falle(n) (p. ej., reduciendo aún más las prestaciones del sistema de alimentación de energía).

Por consiguiente, se proporcionan sistemas y/o técnicas para determinar una carga que es capaz de soportar un transformador (p. ej., sin fallar y/o sin que una temperatura del aceite del transformador alcance un umbral especificado). Más en concreto, se proporcionan sistemas y/o técnicas para predecir una temperatura del aceite del transformador si se aplica una carga deseada al transformador y/o para predecir durante cuánto tiempo puede soportar un transformador la carga deseada. La temperatura del aceite típicamente se corresponde con (p. ej., está directamente relacionada con) el fallo de un transformador. Cuando la temperatura del aceite del transformador alcanza un nivel concreto, el transformador típicamente falla y/o tiene un alto riesgo de fallo. De esta forma, prediciendo la temperatura del aceite del transformador, se puede determinar si el transformador es capaz o no de soportar una carga deseada. Es más, se puede determinar durante cuánto tiempo puede soportar el transformador la carga deseada sin que la temperatura del aceite alcance un valor especificado (p. ej., cercano a un valor en el que el transformador puede fallar), por ejemplo.

Una realización para predecir una temperatura del aceite de un transformador (p. ej., para determinar si el transformador puede soportar una carga deseada) se ilustra mediante el método de ejemplo 100 de la Figura 1. El método de ejemplo 100 comienza en 102, y se entrena a un algoritmo de aprendizaje automático utilizando datos históricos procedentes de un sistema de alimentación de energía en 104. Es decir, dicho de otra manera, se diseña y se desarrolla un algoritmo que intenta identificar patrones o tendencias en los datos históricos del sistema de alimentación de energía. De esta manera, cuando se le proporcionan datos correspondientes a un transformador concreto, se puede desarrollar un perfil indicativo de cómo se espera que responda el transformador en diferentes situaciones.

La frase datos históricos se utiliza en esta memoria para describir datos que han sido recogidos a lo largo de un periodo de tiempo. De esta manera, los datos históricos pueden reflejar cambios que han ocurrido en el sistema de alimentación de energía o en los componentes del mismo a lo largo del tiempo. Por ejemplo, los datos históricos pueden describir cómo cambia(n) una(s) característica(s) de un transformador (p. ej., tales como la temperatura del aceite) con variaciones en una(s) condición(es) de funcionamiento del transformador (p. ej., tales como carga aplicada, temperatura del aire ambiente cerca del transformador, etc.).

Aunque un sistema de alimentación de energía puede comprender una pluralidad de diferentes tipos de componentes eléctricos, tales como disyuntores, transformadores, generadores, etc., los datos históricos pueden estar relacionados meramente con un subconjunto de los componentes eléctricos de un sistema de alimentación de energía. Como ejemplo, en una realización, los datos históricos pueden meramente pertenecer a transformadores del sistema de alimentación de energía y/o pueden pertenecer meramente a una clase concreta de transformador (p. ej., configurado para convertir tensión entre una primera tensión o un primer rango de tensiones y una segunda tensión o un segundo rango de tensiones).

En otra realización, los datos históricos utilizados para entrenar al algoritmo de aprendizaje automático pueden estar relacionados con (p. ej., pueden derivarse de) una pluralidad de diferentes fuentes o de diferentes tipos de componentes eléctricos del sistema de alimentación de energía, por ejemplo.

Los datos históricos pueden comprender, entre otras cosas, datos de sensor históricos derivados de uno o más sensores acoplados de forma operable a componentes eléctricos representados en los datos históricos y/o datos de ensayo de campo históricos derivados de uno o más ensayos de campo realizados sobre los componentes eléctricos. Como ejemplo, sensores embebidos dentro de transformadores del sistema de alimentación de energía pueden medir de manera periódica o intermitente una o más propiedades de los respectivos transformadores para proporcionar una instantánea de las prestaciones/salud de los respectivos transformadores en el instante en que se

obtiene la medida. A lo largo del tiempo, se puede obtener una pluralidad de instantáneas para producir los datos de sensor históricos.

Los datos de ensayo de campo históricos pueden ser representativos de una pluralidad de ensayos de campo realizados a lo largo de algún periodo de tiempo. Dicho ensayo de campo puede medir las mismas propiedades que el/los sensor(es) y/o puede medir una o más propiedades que no son medidas por los sensores. A modo de ejemplo, los sensores pueden estar configurados para medir menos de seis gases disueltos (p. ej., en el aceite del transformador) y un ensayo de campo puede estar configurado para medir diez o más gases disueltos (p. ej., los cuales pueden solaparse con los gases disueltos medidos por los sensores o pueden no solaparse). De esta manera, el ensayo de campo puede medir las mismas o diferentes propiedades/características del/de los componente(s) eléctrico(s) en relación con los sensores.

Otra diferencia entre los datos de sensor históricos y los datos de ensayo de campo históricos puede estar relacionada con cómo/cuando se llevan a cabo las mediciones de las cuales se derivan los datos. Por ejemplo, las mediciones de sensor se pueden llevar a cabo mientras el transformador u otro componente eléctrico está funcionando mientras que las mediciones de ensayo de campo se pueden realizar mientras el transformador u otro componente eléctrico no está funcionando o está desenergizado (p. ej., o muestras a partir de las cuales se toman mediciones de ensayo de campo se pueden obtener mientras el transformador u otro componente eléctrico está desenergizado).

Las propiedades medidas por los sensores y representadas en los datos de sensor históricos pueden ser función de, entre otras cosas, un tipo de equipo del sistema de alimentación de energía al cual están acoplados de forma operable los sensores. De manera similar, las propiedades medidas por los datos de ensayo de campo y representadas en los datos de ensayo de campo históricos puede ser función de, entre otras cosas, un tipo de equipo del sistema de alimentación de energía en el cual se realiza el ensayo de campo. Por ejemplo, en un transformador, las concentraciones de gases disueltos, la temperatura del aceite, la proporción agua-aceite, la temperatura del núcleo, y/o la temperatura del aire ambiente cerca del transformador se pueden medir por medio de los sensores y/o por medio de ensayo de campo. Ensayos de campo realizados sobre, y/o medición de sensor obtenida a partir de, un disyuntor, un condensador, un regulador de tensión, u otro componente eléctrico del sistema de alimentación de energía, pueden ser indicativas de otras o diferentes propiedades, por ejemplo.

En otra realización, los datos históricos procedentes del sistema de alimentación de energía pueden también y/o en lugar de lo anterior comprender datos de ensayo de calentamiento en carga derivados de un ensayo de calentamiento en carga realizado uno o más transformadores de un sistema de alimentación de energía. Un ensayo de este tipo se realiza típicamente sobre respectivos transformadores antes de que sean puestos en servicio (p. ej., antes de que sean desplegados en el terreno) para desarrollar una firma para el transformador concreto que está siendo ensayado. Un ensayo de calentamiento en carga típicamente verifica un valor nominal de potencia/tensión del transformador, determina una temperatura máxima de un(os) bobinado(s) bajo condiciones de funcionamiento normales, y/o verifica una temperatura máxima del aceite en el transformador bajo condiciones de funcionamiento normales, por ejemplo. Las mediciones obtenidas a partir del ensayo de calentamiento en carga también pueden estar relacionadas con, entre otras cosas, temperaturas del bobinado, gradientes de temperatura longitudinales, gradientes de temperatura cobre-aceite, etc., por ejemplo.

El algoritmo de aprendizaje automático que se diseña y/o se desarrolla utilizando los datos históricos procedentes del sistema de alimentación de energía puede ser cualquiera de numerosos tipos de algoritmos de aprendizaje automático. Por ejemplo, en una realización, el algoritmo de aprendizaje automático es un algoritmo de red neuronal, tal como un algoritmo de red neuronal artificial unidireccional (*feed-forward*) que comprende una o más capas ocultas. En una realización preferida, el algoritmo de red neuronal comprende dos capas ocultas; aunque en otras realizaciones el algoritmo de red neuronal puede comprender más de dos capas ocultas o menos de dos capas ocultas. En otras realizaciones adicionales, el algoritmo de aprendizaje automático puede utilizar una estrategia de aprendizaje por árboles de decisión, una estrategia de aprendizaje por reglas de asociación, y/u otras estrategias para desarrollar el algoritmo o entrenarlo en lugar de o en conjunto con una estrategia de red neuronal artificial.

En 106 en el método de ejemplo 100, al algoritmo de aprendizaje automático se le proporcionan datos históricos correspondientes a un transformador del sistema de alimentación de energía para desarrollar un perfil del transformador. Se puede apreciar que aunque los datos históricos correspondientes al transformador pueden haber sido parte de los datos históricos del sistema de alimentación de energía utilizados para entrenar al algoritmo de aprendizaje automático, el algoritmo de aprendizaje automático se entrena típicamente utilizando al menos algunos datos no correspondientes al transformador (p. ej., y en lugar de lo anterior, correspondientes a uno o más otros transformadores). De esta manera, los datos utilizados para entrenar al algoritmo de aprendizaje automático pueden no ser idénticos a los datos a partir de los cuales se desarrolla el perfil del transformador por medio del algoritmo de aprendizaje automático. En otra realización, los datos históricos correspondientes al transformador pueden haber sido excluidos de los datos históricos del sistema de alimentación de energía utilizados para entrenar al algoritmo y/o meramente una parte de los datos históricos utilizados para desarrollar el perfil puede haberse utilizado también para entrenar al algoritmo.

El perfil típicamente describe cómo se espera que se comporte el transformador bajo diferentes condiciones de funcionamiento. Más en concreto, el perfil puede describir cómo se espera que cambie una temperatura del aceite dentro del transformador en función de cambios en una o más condiciones de funcionamiento del transformador (p. ej., o en función de la interrelación entre diferentes condiciones de funcionamiento) y/o cuál se espera que sea la temperatura del aceite cuando se aplica una carga deseada al transformador. Por ejemplo, el aceite del transformador puede tener una primera temperatura cuando se aplica una primera carga al transformador y cuando el aire cercano al transformador mide una primera temperatura del aire ambiente. Cuando la carga aplicada al transformador cambia y/o cuando la temperatura del aire ambiente cambia, el aceite en el transformador puede cambiar en función de la carga modificada y/o de la temperatura del aire ambiente modificada. Se puede apreciar que otras condiciones de funcionamiento que pueden ser tenidas en cuenta por el perfil incluyen, entre otras cosas, concentraciones de gases disueltos, temperatura del núcleo, una constante de tiempo del bobinado, una constante de tiempo del aceite, y/o el volumen de aceite, por ejemplo.

Los datos históricos que se proporcionan al algoritmo de aprendizaje automático en 106 pueden comprender datos de tipo(s) similar(es) a los datos históricos utilizados para entrenar al algoritmo de aprendizaje automático y/o pueden ser de un tipo diferente. Por ejemplo, los datos históricos proporcionados al algoritmo de aprendizaje automático en 106 pueden comprender datos de sensor, datos de ensayo de campo, y/o datos de ensayo de calentamiento en carga.

A modo de ejemplo y no de limitación, en una realización, las variables para el algoritmo de aprendizaje automático pueden comprender temperatura del aire ambiente y carga del transformador. Constantes para el algoritmo de aprendizaje automático, específicas para el transformador, pueden comprender constante de tiempo del bobinado, constante de tiempo del aceite, y/o volumen de aceite. En un ejemplo como este, información relacionada con la temperatura del aire ambiente y/o la carga del transformador en diferentes momentos se puede proporcionar por medio de datos de sensor históricos. Información relacionada con la constante de tiempo del bobinado, con la constante de tiempo del aceite, y/o con el volumen de aceite se puede proporcionar por medio de datos de ensayo de calentamiento en carga. De esta manera, utilizando los datos de sensor históricos y los datos de ensayo de calentamiento en carga, el algoritmo de aprendizaje automático puede desarrollar un perfil del transformador que describa cómo se espera que funcione el transformador a una temperatura del aire ambiente y a una carga deseada, por ejemplo. En otra realización, la temperatura del aire ambiente y/o la carga del transformador se pueden derivar de datos de ensayo de campo históricos y/o de otros datos. Además, se puede apreciar que las variables anteriores y/o las constantes anteriores se proporcionan meramente como ejemplo y que se puede concebir un algoritmo que utilice otras características para desarrollar el perfil.

En 108 en el método de ejemplo 100, se predice una temperatura del aceite del transformador para una carga deseada sobre la base del perfil del transformador desarrollado en 106 en el método de ejemplo 100. Es decir, dicho de otra manera, se utiliza el perfil para determinar cuál se espera que sea la temperatura del aceite del transformador para una carga dada/deseada y/o cómo se podría comportar la temperatura del aceite (p. ej., incremento o reducción) en función de cómo cambia una carga del transformador.

La probabilidad o posibilidad de que un transformador falle puede estar correlacionada con la temperatura del aceite de un transformador. Es decir, cuando la temperatura del aceite se aproxima a un valor umbral, el transformador se puede volver inestable y/o puede no ser ya capaz de soportar la carga. Cuando la temperatura del aceite alcanza y/o supera el valor umbral, el transformador puede fallar y/o la probabilidad de que el transformador falle puede estar por encima de una tolerancia especificada. De esta manera, prediciendo la temperatura del aceite del transformador a una carga deseada, se puede predecir si el transformador puede soportar (p. ej., si es capaz de soportar) la carga sin fallar y/o sin que la temperatura del aceite supere un umbral especificado. Si la temperatura del aceite supera el umbral especificado (p. ej., o un margen establecido por debajo del umbral para proporcionar un margen de seguridad), puede ser indeseable incrementar la carga del transformador hasta la carga deseada porque el riesgo de fallo (p. ej., y el potencial de destruir el transformador) es demasiado grande, por ejemplo.

Se puede apreciar que la capacidad de un transformador de soportar una carga puede ser función de un periodo de tiempo durante el que se espera que el transformador soporte la carga. Por ejemplo, un transformador que está sobrecargado durante un corto periodo de tiempo puede ser capaz de soportar la carga (p. ej., porque la temperatura del aceite puede aumentar gradualmente). Sin embargo, si el transformador está sobrecargado durante un periodo de tiempo más largo, el transformador puede fallar. De esta manera, en una realización, la predicción en 106 no comprende meramente un único valor de temperatura del aceite para una carga deseada, sino que más bien describe/predice cómo se espera que cambie la temperatura del aceite a lo largo del tiempo si se sigue aplicando la carga deseada al transformador. En otra realización, la temperatura del aceite predicha en 108 puede ser una temperatura máxima esperada del aceite para la carga deseada, por ejemplo.

También se puede apreciar que la capacidad del transformador para soportar la carga puede ser función de las condiciones de funcionamiento en ese instante. Por ejemplo, la capacidad del transformador de soportar la carga puede ser función de la temperatura del aceite del transformador en ese instante. Si la temperatura del aceite en ese instante es alta, alcanzar la temperatura umbral puede requerir menos tiempo que si la temperatura del aceite en ese instante es menor. Además, la temperatura del aire ambiente puede tener un efecto sobre la temperatura del aceite. Por ejemplo, un transformador puede ser capaz de soportar una carga mayor cuando la temperatura del aire

ambiente es menor porque la menor temperatura del aire ambiente puede enfriar el aceite. Como otro ejemplo, una velocidad a la cual aumenta la temperatura del aceite cuando aumenta una carga del transformador puede ser menor cuando la temperatura del aire ambiente es menor, de nuevo debido a que al menos parte del calor procedente del transformador se puede transferir al aire ambiente.

5 Por consiguiente, en una realización, la predicción de la temperatura del aceite para una carga deseada se puede basar en las condiciones de funcionamiento en ese instante del transformador. Tales condiciones de funcionamiento en ese instante pueden comprender, entre otras cosas, una carga del transformador en ese instante, una temperatura del aire ambiente en ese instante cerca del transformador, concentraciones de gases disueltos en ese instante, una temperatura del núcleo en ese instante, y/o una temperatura del aceite en ese instante, por ejemplo.
10 Además, las condiciones de funcionamiento en ese instante se pueden derivar de, entre otras cosas, datos de sensor y/o datos de ensayo de campo producidos a partir de mediciones de sensores y/o mediciones de ensayos de campo realizadas más recientemente que los datos históricos correspondientes al transformador. Para ello, se puede apreciar que las condiciones de funcionamiento en ese instante pueden no reflejar necesariamente información instantánea, en tiempo real, relacionada con el transformador, sino que en lugar de esto pueden reflejar mediciones obtenidas días, semanas, o meses antes (p. ej., pero las cuales son más actuales que los datos históricos correspondientes al transformador).
15

En una realización, predecir la temperatura del aceite en 106 puede comprender además predecir un tiempo (p. ej., un periodo de tiempo) durante el cual el transformador puede soportar la carga deseada y/o predecir cuándo el transformador ya no puede soportar la carga deseada. Es decir, como se ha descrito previamente, un cambio en la carga sobre un transformador puede no tener un efecto inmediato sobre la temperatura del aceite. Más bien, un cambio en la carga puede hacer que la temperatura del aceite cambie a lo largo del tiempo hasta que la temperatura del aceite alcance una temperatura máxima del aceite (p. ej., para la carga dada y/o para la temperatura del aire ambiente dada, por ejemplo). De esta manera, un transformador que es capaz de soportar una carga deseada durante 20 minutos puede no ser capaz de soportar la carga deseada durante 30 minutos porque la temperatura del aceite del transformador puede ascender por encima de un umbral especificado (p. ej., una temperatura predefinida) entre la marca de 20 minutos y la marca de 30 minutos. Por consiguiente, se puede hacer una predicción relacionada con cuánto tiempo puede soportar el transformador la carga deseada (p. ej., dadas las condiciones de funcionamiento en ese instante del transformador), por ejemplo.
20
25

En 110 en el método de ejemplo 100, se puede identificar una carga que puede ser soportada por el transformador durante un tiempo deseado (p. ej., un periodo de tiempo) en respuesta a la temperatura del aceite predicha (p. ej., predicción en 108) que indica que el transformador no puede soportar la carga deseada durante el tiempo deseado. Es decir, dicho de otra manera, cuando se determina que la carga deseada no puede ser soportada durante un periodo de tiempo deseado, se puede determinar qué carga puede ser soportada durante el periodo de tiempo deseado (p. ej., dadas las condiciones de funcionamiento en ese instante del transformador).
30

En una realización, calcular una carga que puede ser soportada durante un tiempo deseado puede ser un proceso iterativo, por el cual se predice una temperatura del aceite para una pluralidad de cargas hasta que se identifica una carga que puede ser soportada durante el periodo de tiempo deseado. En otra realización, se puede utilizar una estrategia no-iterativa para estimar/identificar una carga que puede ser soportada durante el tiempo deseado.
35

El método de ejemplo 100 y/o partes del método de ejemplo 100 puede(n) encontrar aplicabilidad concreta con respecto al mantenimiento y/o sustitución de transformadores. A modo de ejemplo, cuando un transformador falla, sale fuera de línea, y/o se hace funcionar a una capacidad reducida (p. ej., para mantenimiento y/o sustitución rutinaria), puede ser deseable transferir la carga del transformador a uno o más otros transformadores con exceso de capacidad para mitigar degradaciones de prestaciones del sistema de alimentación de energía. De esta manera, puede ser útil determinar si uno o más transformadores tiene el exceso de capacidad para soportar la carga añadida mientras el transformador es sometido a mantenimiento o sustituido. El método de ejemplo 100 describe una técnica para determinar si un(os) transformador(es) puede(n) soportar una carga deseada (p. ej., la carga normal del transformador más la carga añadida) sobre la base de la temperatura del aceite predicha del transformador a la carga deseada y/o si un(os) transformador(es) puede(n) soportar la carga durante un periodo de tiempo deseado necesario para someter a mantenimiento y/o sustituir el transformador desde el cual se transfiere la carga, por ejemplo.
40
45
50

En 112, el método de ejemplo 100 finaliza.

La Figura 2 ilustra otro método de ejemplo 200 para un sistema de alimentación de energía. Más en concreto, el método de ejemplo 200 describe cómo se pueden identificar uno o más transformadores que son capaces de soportar una carga añadida cuando un transformador falla, sale fuera de línea, y/o funciona bajo condiciones normales (p. ej., debido a mantenimiento o sustitución).
55

El método de ejemplo 200 comienza en 202 y un fallo de un primer transformador del sistema de alimentación de energía se identifica en 204. El primer transformador soporta una primera carga y el fallo del primer transformador se puede identificar de forma automática y/o manual. A modo de ejemplo, en una realización, el primer transformador puede comprender uno o más sensores configurados para proporcionar un estado de funcionamiento del

transformador (p. ej., en tiempo real). Cuando un sensor identifica que un primer transformador ha fallado y/o está fallando, se puede emitir una alerta que identifica que el primer transformador ha fallado y/o está fallando. En otra realización, la identificación puede adoptar una estrategia más manual. Por ejemplo, un centro de atención telefónica puede recibir llamadas procedentes del público general. Si un centro de atención telefónica recibe llamadas que indican que hay un corte de energía y/o que indican que se produjo una explosión u otro suceso en un transformador, una empresa eléctrica puede comenzar a buscar el origen del problema para identificar el primer transformador que falló. En otra realización, esta identificación se puede hacer por medio de equipos de monitorización por vídeo, tales como los frecuentemente comprendidos en una o más subestaciones, por ejemplo. Se puede apreciar que las técnicas anteriores se proporcionan meramente como técnicas de ejemplo y que también se contemplan otras técnicas de identificación.

Además, se puede apreciar que un fallo puede ser un fallo planeado o intencionado y/o puede ser no intencionado. A modo de ejemplo, se pueden provocar fallos planeados o intencionados durante mantenimiento rutinario y/o sustitución, en casos en que el primer transformador se desenergiza de manera parcial y/o completa para facilitar la realización de alguna acción con respecto al transformador (p. ej., tal como sustituir un componente del transformador, realizar un ensayo sobre el transformador, etc.). Un ejemplo de un fallo no intencionado puede ser un transitorio de sobretensión y/o una avería del equipo que reduce de forma inesperada (p. ej., a cero) la salida de energía, por ejemplo. Tal como se usa en esta memoria, fallo se puede referir a situaciones tanto no planeadas como planeadas en las que la carga del primer transformador se reduce y/o en las que el transformador se desenergiza al menos parcialmente, por ejemplo.

En 206 en el método de ejemplo 200, se identifica un segundo transformador del sistema de alimentación de energía que puede soportar al menos parte de la primera carga (p. ej., soportada inicialmente por el primer transformador) durante un tiempo deseado. Es decir, dicho de otra manera, se puede identificar un segundo transformador al cual se puede transferir al menos una parte de la primera carga mientras el primer transformador está funcionando con una carga reducida (o sin carga). A modo de ejemplo, puede esperarse que el primer transformador estará desenergizado durante aproximadamente 1 hora. De esta manera, en 206 en el método de ejemplo 200, se puede identificar un transformador que puede soportar al menos una parte de la primera carga durante al menos 1 hora (p. ej., para soportar la carga hasta que el primer transformador pueda ser totalmente funcional de nuevo). De esta manera, se identifica al menos un transformador que tiene exceso de capacidad para soportar una carga adicional durante un tiempo deseado.

Como parte la identificación del segundo transformador en 206, se estima una carga que puede soportar el segundo transformador durante el tiempo deseado sobre la base de un perfil del segundo transformador en 208. A modo de ejemplo, se puede introducir en un sistema un tiempo deseado (p. ej., o periodo de tiempo), tal como 1 hora, y el sistema puede utilizar el perfil del segundo transformador (p. ej., y las condiciones de funcionamiento en ese instante del segundo transformador) para estimar una carga que el segundo transformador puede soportar durante un lapso de tiempo de 1 hora. Una diferencia entre la carga en ese instante del segundo transformador y la carga estimada (p. ej., una carga máxima) puede corresponder a una carga adicional que puede soportar el segundo transformador.

Se puede apreciar que el método de ejemplo 100 de la Figura 1 describe una técnica de ejemplo para desarrollar un perfil de un transformador y/o para predecir una carga que puede soportar un transformador. De esta manera, por brevedad, estas técnicas no se describen con mayor detalle para la creación del perfil del segundo transformador. Más bien, puede ser suficiente con destacar que el perfil describe cómo se espera que se comporte el segundo transformador en diferentes condiciones de funcionamiento y que un perfil como este se puede desarrollar por medio de un algoritmo de aprendizaje automático (p. ej., tal como un algoritmo de red neuronal) que utiliza como entrada datos históricos correspondientes al segundo transformador.

En 210 en el método de ejemplo 200, al menos parte de la primera carga se transfiere al segundo transformador cuando se determina que el segundo transformador tiene exceso de capacidad (p. ej., que el segundo transformador puede soportar una carga adicional aparte de la carga que ya está siendo soportada en ese momento por el segundo transformador). Se puede apreciar que la carga total del segundo transformador no debe exceder típicamente la carga estimada en 208 (p. ej., para mitigar una posibilidad de que el segundo transformador falle y/o de que la temperatura del aceite del segundo transformador supere un umbral especificado).

Se puede apreciar que en casos en que el segundo transformador es incapaz de soportar toda la primera carga durante el periodo de tiempo deseado, los actos 206-210 se pueden repetir para transformadores adicionales para distribuir la carga entre una pluralidad de transformadores, por ejemplo.

En 212, el método de ejemplo 200 finaliza.

Haciendo referencia a la Figura 3, se proporciona un ambiente 300 de ejemplo para identificar uno o más transformadores con exceso de capacidad y/o para determinar adónde transferir una carga de un transformador que ha fallado.

En la realización ilustrada, el transformador 17892 302 ha fallado. La carga media 304 para un transformador que ha fallado es 40 kW. De esta manera, puede ser deseable transferir 40 kW a uno o más otros transformadores mientras

el transformador 17892 está siendo sometido a mantenimiento y/o reparación, por ejemplo. De esta manera, las prestaciones del sistema de alimentación de energía se pueden mantener substancialmente mientras el transformador 17892 está funcionando a una capacidad reducida (o a ninguna capacidad), por ejemplo.

5 El entorno de ejemplo 300 comprende una gráfica 306 que se puede utilizar para determinar cómo transferir la carga del transformador 17892 a uno o más otros transformadores. Más en concreto, la gráfica 306 comprende una primera columna 308 que enumera una pluralidad de transformadores con exceso de capacidad. Una segunda columna 310 describe cuánta carga adicional puede ser soportada por respectivos transformadores durante un intervalo de 5 minutos. Una tercera columna 312 describe cuánta carga adicional puede ser soportada por los respectivos transformadores durante un intervalo de una hora, y una cuarta columna 314 describe cuánta carga adicional puede ser soportada por los respectivos transformadores durante un intervalo de dos horas. La identificación de transformadores con exceso de capacidad y/o los valores comprendidos en las columnas segunda a cuarta 310-314 se puede derivar utilizando al menos parte del método de ejemplo 100 y/o del método de ejemplo 200 descritos con respecto a la Figura 1 y a la Figura 2, respectivamente, por ejemplo.

15 Los transformadores enumerados en la gráfica 306 se pueden ordenar (p. ej., se pueden clasificar) utilizando cualquier número de esquemas. Por ejemplo, los transformadores se pueden ordenar de acuerdo con su respectiva cercanía al transformador que ha fallado y/o de acuerdo con la facilidad con la cual se puede transferir una carga desde el transformador que ha fallado a los respectivos transformadores. En otra realización, los transformadores se pueden ordenar en función de su respectivo exceso de capacidad durante uno o más de los intervalos de tiempo, por ejemplo.

20 Como se ilustra, la cantidad de carga adicional que puede ser soportada por los respectivos transformadores puede ser función del tiempo. A modo de ejemplo, si la carga del transformador que ha fallado debe ser soportada por otros transformadores durante meramente 5 minutos, se puede desear transferir toda la carga al transformador 12436 porque el transformador 12436 puede soportar unos 45 kW adicionales durante 5 minutos. Si se espera que el transformador que ha fallado esté inutilizable durante 2 horas, un único transformador puede ser incapaz de soportar toda la carga de 40 kW durante el periodo de 2 horas. De esta manera, puede ser deseable distribuir la carga entre una pluralidad de transformadores. Por ejemplo, la carga se puede distribuir entre los transformadores 12436, 16571, y 18790. En otra realización, se puede desear distribuir la carga entre el menor número posible de transformadores, y de esta manera la carga se puede distribuir entre meramente el transformador 18790 y el 12435, por ejemplo.

30 De esta manera, la gráfica 306 proporciona una herramienta con la cual un sistema y/o un técnico puede determinar cómo una carga de un transformador que ha fallado se puede distribuir entre uno o más otros transformadores sin incrementar la temperatura del aceite de los respectivos transformadores a los cuales se distribuye la carga por encima de un umbral especificado y/o sin incrementar la carga de un(os) transformador(es) al cual/a los cuales se distribuye la carga más allá de un nivel que puede soportar el transformador, por ejemplo.

35 Haciendo referencia a la Figura 4, se proporciona un entorno de ejemplo 400 de un sistema para uso con un sistema 402 de alimentación de energía. Dicho sistema se puede utilizar para transferir cargas entre uno o más transformadores del sistema 402 de alimentación de energía y/o para determinar la capacidad de un transformador (p. ej., tal como el transformador A 412) dadas las condiciones de funcionamiento en ese instante, por ejemplo.

40 En el entorno de ejemplo 400, datos históricos 404 se pueden recoger o derivar a partir de componentes del sistema 402 de alimentación de energía, por ejemplo a partir de al menos algunos transformadores del sistema 402 de alimentación de energía. Típicamente, los datos históricos corresponden a más de un componente eléctrico, por ejemplo a más de un transformador. Por ejemplo, los datos históricos 404 pueden pertenecer a todos los transformadores del sistema 402 de alimentación de energía y/o a un subconjunto de transformadores, por ejemplo a una clase concreta de transformadores que son de especial interés. Como se ha descrito anteriormente, los datos históricos 404 pueden comprender datos de sensor históricos, datos de ensayo de campo históricos, y/o datos de ensayo de calentamiento en carga, por ejemplo, al menos algunos de los cuales son representativos de mediciones tomadas a lo largo del tiempo. De esta manera, los datos históricos 404 pueden ser indicativos de propiedades del sistema de alimentación de energía y/o de componentes del mismo (p. ej., tales como temperatura del aceite) bajo diferentes condiciones de funcionamiento (p. ej., tales como bajo diferentes cargas y/o temperaturas del aire ambiente).

50 En la realización ilustrada, los datos históricos 404 pueden estar almacenados en un repositorio 406 de datos históricos (p. ej., tal como un repositorio central y/o cualquier otro tipo de mecanismo de almacenamiento que pueda almacenar datos históricos, datos en tiempo real, datos predichos, y/o cualquier otro tipo de datos, etc.). Se puede apreciar que el repositorio 406 de datos históricos puede comprender uno o más dispositivos de almacenamiento, y de esta manera algunos de los datos históricos pueden estar almacenados en una ubicación física diferente a otros datos históricos, por ejemplo.

El entorno de ejemplo 400 comprende además un componente 408 de entrenamiento acoplado de forma operable al repositorio 406 de datos históricos. El componente de entrenamiento está configurado para recibir al menos algunos de los datos históricos 404 procedentes del repositorio 406 de datos históricos y está configurado para utilizar los

datos históricos recibidos para entrenar a un algoritmo de aprendizaje automático. Es decir, dicho de otra manera, el componente 408 de entrenamiento está configurado para recibir, como entrada, al menos algunos de los datos históricos 404 comprendidos en el repositorio 406 de datos históricos y para desarrollar un algoritmo basado en la entrada que intente identificar patrones o tendencias en los datos históricos 404. De esta manera, cuando se le proporcionan datos correspondientes a un transformador concreto, por ejemplo, se puede desarrollar un perfil indicativo de cómo se espera que responda el transformador en diferentes situaciones.

El algoritmo de aprendizaje automático que se diseña y/o desarrolla utilizando los datos históricos 404 procedentes del sistema 402 de alimentación de energía puede ser cualquiera de numerosos tipos de algoritmos de aprendizaje automático. Por ejemplo, en una realización, el algoritmo de aprendizaje automático es un algoritmo de red neuronal, tal como un algoritmo de red neuronal artificial unidireccional que comprende una o más capas ocultas. En otras realizaciones, el algoritmo de aprendizaje automático puede utilizar una estrategia de aprendizaje por árboles de decisión, una estrategia de aprendizaje por reglas de asociación, u otras estrategias para desarrollar el algoritmo o entrenarlo en lugar de o en conjunto con una estrategia de red neuronal artificial.

El entorno de ejemplo 400 comprende además un componente 410 de generación de perfiles acoplado de forma operable al componente 408 de entrenamiento y configurado para recibir el algoritmo de aprendizaje automático entrenado procedente del componente 408 de entrenamiento. Utilizando el algoritmo de aprendizaje automático, así como información histórica correspondiente a un transformador de interés, por ejemplo, tal como el transformador A 412, el componente 410 de generación de perfiles se puede configurar para desarrollar un perfil 416 del transformador. A modo de ejemplo, en casos en los que el algoritmo de aprendizaje automático es un algoritmo de red neuronal, el componente 410 de generación de perfiles se puede configurar para desarrollar un perfil 416 del transformador A 412 utilizando el algoritmo de red neuronal (p. ej., en casos en los que el algoritmo de red neuronal recibe, como entrada, datos históricos correspondientes al transformador A 412).

En un entorno de ejemplo, los datos históricos correspondientes al transformador A 412 pueden ser recibidos por el componente 410 de generación de perfiles procedentes de un segundo repositorio 414 de datos históricos. El segundo repositorio 414 de datos históricos puede ser el mismo segundo repositorio de datos históricos que el repositorio 406 de datos históricos configurado para almacenar los datos históricos 404 del sistema 402 de alimentación de energía o puede ser un repositorio de datos históricos diferente. Es más, los datos históricos correspondientes al transformador A 412 pueden comprender datos de sensor históricos, datos de ensayo de campo históricos, y/o datos de ensayo de calentamiento en carga, por ejemplo, indicativos de mediciones obtenidas del transformador A 412 y/u obtenidas del ensayo realizado a/en el transformador A 412, por ejemplo.

El perfil 416 que es generado por el componente 410 de generación de perfiles puede describir cómo se espera que se comporte el transformador bajo diferentes condiciones de funcionamiento y se puede proporcionar a un componente 418 de predicción del entorno de ejemplo 418. El componente 418 de predicción puede estar configurado para predecir una temperatura del aceite 420 del transformador a una carga deseada sobre la base del perfil 416 del transformador. Es decir, dicho de otra manera, el componente 418 de predicción puede estar configurado para recibir, como entrada, una carga que se desea que sea aplicada al transformador A 412, y puede estar configurado para predecir una temperatura del aceite 420 del transformador A 412 para la carga deseada. Como se ha descrito anteriormente, de esta manera, el componente 418 de predicción puede predecir si el transformador A 412 puede soportar la carga y/o si el transformador A 412 puede soportar la carga deseada durante un tiempo deseado (p. ej., un periodo de tiempo).

En una realización, para predecir con mayor precisión la temperatura del aceite 420 del transformador A 412 para una carga deseada, el componente 418 de predicción puede estar acoplado de forma operable al transformador A 412 y puede estar configurado para recibir información/datos indicativos de condiciones de funcionamiento en ese instante del transformador (p. ej., tales como temperatura del aceite en ese instante, temperatura del aire ambiente en ese instante, temperatura del núcleo en ese instante, etc.). De esta manera, las condiciones de funcionamiento en ese instante se pueden tener en consideración cuando se predice una temperatura del aceite 420 del transformador A 412 para una carga deseada, por ejemplo. Es decir, dicho de otra manera, el componente 418 de predicción puede estar configurado para predecir la temperatura del aceite 420 del transformador a una carga deseada sobre la base de las condiciones de funcionamiento en ese instante del transformador.

Otra realización adicional implica un medio legible por ordenador que comprende instrucciones ejecutables por un procesador configuradas para implementar una o más de las técnicas presentadas en esta memoria. Un medio legible por ordenador ejemplar que se puede concebir de estas maneras se ilustra en la Figura 7, en la cual la implementación 500 comprende un medio legible por ordenador 508 (p. ej., un CD-R, un DVD-R, o un disco de una unidad de disco duro), en el cual están codificados datos legibles por ordenador 506. Estos datos legibles por ordenador 506 comprenden a su vez un conjunto de instrucciones informáticas 504 configuradas para operar de acuerdo con uno o más de los principios descritos en esta memoria. En una realización 500 de este tipo, las instrucciones informáticas 504 ejecutables por un procesador pueden estar configuradas para realizar un método 502 tal como al menos parte del método de ejemplo 100 de la Figura 1 y/o al menos algunos (parte) del método de ejemplo 200 de la Figura 2, por ejemplo. En otra realización como esta, las instrucciones 504 ejecutables por un procesador pueden estar configuradas para implementar un sistema, tal como al menos parte del sistema de ejemplo 400 de la Figura 4, por ejemplo. Personas con experiencia ordinaria en la técnica pueden concebir muchos

medios legibles por ordenador como estos que estén configurados para operar de acuerdo con las técnicas presentadas en esta memoria.

5 Aunque la materia se ha descrito en lenguaje específico para rasgos estructurales y/o actos metodológicos, se debe comprender que la materia definida en las reivindicaciones adjuntas no está necesariamente limitada a los rasgos o actos específicos descritos anteriormente. Más bien, los rasgos y actos específicos descritos anteriormente se describen como formas de ejemplo de implementar las reivindicaciones.

10 Tal como se usan en esta solicitud, los términos “componente”, “módulo”, “sistema”, “interfaz”, y similares están pensados generalmente para referirse a una entidad relacionada con ordenadores, ya sea hardware, una combinación de hardware y software, software, o software en ejecución. Por ejemplo, un componente puede ser, pero no está limitado a ser, un proceso que se ejecuta en un procesador, un procesador, un objeto, un ejecutable, un hilo de ejecución, un programa, y/o un ordenador. A modo de ilustración, tanto una aplicación que se ejecuta en un controlador como el controlador pueden ser un componente. Uno o más componentes pueden residir dentro de un proceso y/o un hilo de ejecución y un componente puede estar localizado en un ordenador y/o distribuido entre dos o más ordenadores.

15 Además, la materia reivindicada se puede implementar como un método, un aparato, o un artículo de manufactura utilizando técnicas estándar de programación y/o de ingeniería para producir software, firmware, hardware, o cualquier combinación de ellos para controlar un ordenador para implementar la materia descrita. El término “artículo de manufactura” tal como se utiliza en esta memoria está pensado para abarcar un programa informático accesible desde cualquier dispositivo, soporte, o medio legible por ordenador. Por supuesto, los expertos en la técnica reconocerán que se pueden hacer muchas modificaciones a esta configuración sin salirse del alcance o espíritu de la materia reivindicada.

20 La Figura 6 y la siguiente exposición proporcionan una descripción breve, general, de un entorno informático apropiado para implementar realizaciones de una o más de las disposiciones descritas en esta memoria. El entorno de funcionamiento de la Figura 6 es sólo un ejemplo de un entorno de funcionamiento apropiado y no está pensado para sugerir ninguna limitación en cuanto al alcance de uso o funcionalidad del entorno de funcionamiento. Dispositivos informáticos de ejemplo incluyen, pero no están limitados a, ordenadores personales, servidores, dispositivos de mano o portátiles, dispositivos móviles (tales como teléfonos móviles, Asistentes Digitales Personales (PDAs), reproductores multimedia, y similares), sistemas multiprocesador, electrónica de consumo, mini ordenadores, ordenadores mainframe, entornos informáticos distribuidos que incluyen cualquiera de los sistemas o dispositivos anteriores, y similares.

30 Aunque no es necesario, se describen realizaciones en el contexto general de “instrucciones legibles por ordenador” que son ejecutadas por uno o más dispositivos informáticos. Las instrucciones legibles por ordenador se pueden distribuir por medio de medios legibles por ordenador (expuestos más adelante). Las instrucciones legibles por ordenador se pueden implementar como módulos de programa, tales como funciones, objetos, Interfaces de Programación de Aplicaciones (APIs), estructuras de datos, y similares, que realizan tareas concretas o que implementan tipos de datos abstractos concretos. Típicamente, la funcionalidad de las instrucciones legibles por ordenador se puede combinar o distribuir como se desee en diferentes ambientes.

35 La Figura 6 ilustra un ejemplo de un sistema 610 que comprende un dispositivo informático 612 configurado para implementar una o más realizaciones proporcionadas en esta memoria. En una configuración, el dispositivo informático 612 incluye al menos una unidad de procesamiento 616 y una memoria 618. Dependiendo de la configuración exacta y del tipo de dispositivo informático, la memoria 618 puede ser volátil (tal como RAM, por ejemplo), no volátil (tal como ROM, memoria flash, etc., por ejemplo) o alguna combinación de las dos. Esta configuración se ilustra en la Figura 6 mediante la línea discontinua 614.

40 En otras realizaciones, el dispositivo 612 puede incluir rasgos y/o funcionalidad adicionales. Por ejemplo, el dispositivo 612 puede incluir también almacenamiento adicional (p. ej., extraíble y/o no extraíble) que incluye, pero no limitado a, almacenamiento magnético, almacenamiento óptico, y similares. Este almacenamiento adicional se ilustra en la Figura 6 mediante el almacenamiento 620. En una realización, las instrucciones legibles por ordenador para implementar una o más realizaciones proporcionadas en esta memoria pueden estar en el almacenamiento 620. El almacenamiento 620 puede también almacenar otras instrucciones legibles por ordenador para implementar un sistema operativo, un programa de aplicación, y similares. Las instrucciones legibles por ordenador se pueden cargar en la memoria 618 para su ejecución por la unidad de procesamiento 616, por ejemplo.

45 El término “medios legibles por ordenador” tal como se utiliza en esta memoria incluye medios de almacenamiento informático. Los medios de almacenamiento informático incluyen medios volátiles y no volátiles, extraíbles y no extraíbles implementados en cualquier método o tecnología para almacenamiento de información tal como instrucciones legibles por ordenador u otros datos. La memoria 618 y el almacenamiento 620 son ejemplos de medios de almacenamiento informático. Los medios de almacenamiento informático incluyen, pero no están limitados a, RAM, ROM, EEPROM, memoria flash u otra tecnología de memoria, CD-ROM, Discos Versátiles Digitales (DVDs) u otro almacenamiento óptico, casetes magnéticos, cinta magnética, almacenamiento en disco magnético u otros dispositivos de almacenamiento magnético, o cualquier otro medio que se pueda utilizar para

almacenar la información deseada y al cual se pueda acceder mediante el dispositivo 612. Cualquier medio de almacenamiento informático de este tipo puede ser parte del dispositivo 612.

5 El dispositivo 612 puede también incluir conexión(es) de comunicación 626 que permite(n) que el dispositivo 612 se comunique con otros dispositivos. La(s) conexión(es) de comunicación 626 pueden incluir, pero no está(n) limitada(s) a, un modem, una Tarjeta de Interfaz de Red (NIC), una interfaz de red integrada, un transmisor/receptor de radio frecuencia, un puerto infrarrojo, una conexión USB, u otras interfaces para conectar el dispositivo informático 612 a otros dispositivos informáticos. La(s) conexión(es) de comunicación 626 pueden incluir una conexión por cable o una conexión inalámbrica. La(s) conexión(es) de comunicación 626 pueden transmitir y/o recibir medios de comunicación.

10 El término “medios legibles por ordenador” puede incluir medios de comunicación. El término medios de comunicación típicamente incorpora instrucciones legibles por ordenador u otros datos dentro de una “señal de datos modulada” tal como una onda portadora u otro mecanismo de transporte e incluye cualquier medio de suministro de información. El término “señal de datos modulada” puede incluir una señal que tiene una o más de sus características establecidas o modificadas de tal manera que se codifique información en la señal.

15 El dispositivo 612 puede incluir dispositivo(s) de entrada 624 tales como teclado, ratón, lápiz, dispositivo de entrada de voz, dispositivo de entrada táctil, cámaras infrarrojas, dispositivos de entrada de vídeo, y/o cualquier otro dispositivo de entrada. El/los dispositivo(s) de salida 622 tal(es) como uno o más pantallas, altavoces, impresoras, y/o cualquier otro dispositivo de salida también pueden estar incluidos en el dispositivo 612. El/los dispositivo(s) de entrada 624 y el/los dispositivo(s) de salida 622 se pueden conectar al dispositivo 612 por medio de una conexión por cable, una conexión inalámbrica, o cualquier combinación de ellas. En una realización, un dispositivo de entrada o un dispositivo de salida de otro dispositivo informático se puede utilizar como dispositivo(s) de entrada 624 o dispositivo(s) de salida 622 para el dispositivo informático 612.

20 Los componentes del dispositivo informático 612 se pueden conectar mediante diferentes interconexiones, como por ejemplo un bus. Dichas interconexiones pueden incluir una Interconexión de Componentes Periféricos (PCI), tal como PCI Express, un Bus Serie Universal (USB), una tarjeta firewire (IEEE 1394), una estructura de bus óptico, y similares. En otra realización, los componentes del dispositivo informático 612 se pueden conectar entre sí mediante una red. Por ejemplo, la memoria 618 puede estar compuesta por múltiples unidades de memoria física situadas en diferentes ubicaciones físicas conectadas entre sí por una red.

25 Los expertos en la técnica se darán cuenta de que los dispositivos de almacenamiento utilizados para almacenar instrucciones legibles por ordenador pueden estar distribuidos por una red. Por ejemplo, un dispositivo informático 630 accesible por medio de una red 628 puede almacenar instrucciones legibles por ordenador para implementar una o más realizaciones proporcionadas en esta memoria. El dispositivo informático 612 puede acceder al dispositivo informático 630 y descargar una parte de las instrucciones legible por ordenador o todas ellas para su ejecución. De forma alternativa, el dispositivo informático 612 puede descargar trozos de las instrucciones legibles por ordenador, según sea necesario, o algunas instrucciones se pueden ejecutar en el dispositivo informático 612 y algunas en el dispositivo informático 630.

30 En esta memoria se proporcionan diferentes operaciones de realizaciones. En una realización, una o más de las operaciones descritas pueden constituir instrucciones legibles por ordenador almacenadas en uno o más medios legibles por ordenador, las cuales si son ejecutadas por un dispositivo informático, harán que el dispositivo informático realice las operaciones descritas. No se debería considerar que el orden en el cual se describen algunas de las operaciones o todas ellas implique que estas operaciones son necesariamente dependientes del orden. Una ordenación alternativa será apreciada por un experto en la técnica que tenga el beneficio de esta descripción. Además, se entenderá que no todas las operaciones están necesariamente presentes en cada realización proporcionada en esta memoria.

35 Además, la palabra “ejemplar” se utiliza en esta memoria para que signifique que sirve como ejemplo, caso, o ilustración. Cualquier aspecto o diseño descrito en esta memoria como “ejemplar” no se debe interpretar necesariamente como ventajoso por encima de otros aspectos o diseños. Más bien, el uso de la palabra ejemplar está pensado para presentar conceptos de una forma concreta. Tal como se utiliza en esta solicitud, el término “o” está pensado para significar un “o” inclusivo en vez de un “o” exclusivo. Es decir, a menos que se especifique algo diferente, o que sea evidente a partir del contexto, “X emplea A o B” está pensado que signifique cualquiera de las permutaciones inclusivas naturales: Es decir, si X emplea a A; X emplea a B; o X emplea tanto a A como a B, entonces “X emplea a A o B” se cumple bajo cualquiera de los casos anteriores. Además, se puede interpretar generalmente que los artículos “un” y “una” tal como se utilizan en esta solicitud y en las reivindicaciones adjuntas significan “uno o más” a menos que se especifique otra cosa o que sea evidente a partir del contexto que está dirigido a una forma singular. Asimismo, al menos uno de A y B y/o similar por lo general significa A o B o tanto A como B.

45 Asimismo, aunque se ha mostrado y descrito la invención con respecto a una o más implementaciones, a otros expertos en la técnica se les ocurrirán alteraciones y modificaciones equivalentes basadas en una lectura y comprensión de esta especificación y de los dibujos adjuntos. La invención incluye todas estas modificaciones y

alteraciones y está limitada sólo por el alcance de las siguientes reivindicaciones. En relación particular con las diferentes funciones realizadas por los componentes anteriormente descritos (p. ej., elementos, recursos, etc.), los términos utilizados para describir dichos componentes están pensados para que correspondan, a menos que se indique otra cosa, a cualquier componente que realiza la función especificada del componente descrito (p. ej., que es funcionalmente equivalente), aunque no estructuralmente equivalente a la estructura descrita que realiza la función en las implementaciones ejemplares ilustradas en esta memoria de la invención. Además, aunque un rasgo concreto de la invención se puede haber descrito con respecto a sólo una de varias implementaciones, dicho rasgo se puede combinar con uno o más otros rasgos de las otras implementaciones como se pueda desear y pueda ser ventajoso para cualquier aplicación dada o concreta. Además, en el grado en que los términos "incluye", "que tiene", "tiene", "con", o variantes de ellos se utilizan en la descripción detallada o en las reivindicaciones, dichos términos están pensados para ser inclusivos de una manera similar al término "que comprende".

REIVINDICACIONES

1. Un método (100) para un sistema de alimentación de energía, que comprende:

entrenar a un algoritmo de aprendizaje automático utilizando datos históricos procedentes del sistema de alimentación de energía (104);

5 proporcionar al algoritmo de aprendizaje automático datos históricos correspondientes al transformador para desarrollar el perfil del transformador (106);

predecir una temperatura del aceite de un transformador del sistema de alimentación de energía para una carga deseada sobre la base de un perfil del transformador que describe cómo se espera que se comporte el transformador en diferentes condiciones de funcionamiento desarrollado por medio de un algoritmo de aprendizaje automático (108);

10 predecir un tiempo durante el cual el transformador puede soportar la carga deseada en función de la temperatura del aceite predicha.

2. El método (100) de la reivindicación 1, que comprende:

15 en respuesta a la temperatura del aceite predicha que indica que el transformador no puede soportar la carga deseada durante un tiempo deseado, identificar una carga que puede ser soportada por el transformador durante el tiempo deseado (110).

3. El método (100) de la reivindicación 1, siendo el algoritmo de aprendizaje automático un algoritmo de red neuronal artificial unidireccional (*feed-forward*).

20 4. El método (100) de la reivindicación 3, comprendiendo el algoritmo de red neuronal artificial unidireccional dos capas ocultas.

5. El método (100) de la reivindicación 1, correspondiendo los datos históricos al transformador derivados de al menos uno de:

uno o más sensores acoplados de forma operable al transformador; o

un ensayo de calentamiento en carga realizado sobre el transformador.

25 6. El método (100) de la reivindicación 1, comprendiendo la predicción de la temperatura del aceite del transformador:

predecir la temperatura del aceite del transformador para la carga deseada sobre la base de condiciones de funcionamiento en ese instante del transformador, comprendiendo las condiciones de funcionamiento en ese instante del transformador al menos una de:

30 una carga del transformador en ese instante;

una temperatura del aire ambiente en ese instante cerca del transformador; o

una temperatura del aceite del transformador en ese instante.

7. Un sistema (400) para un sistema (402) de alimentación de energía, que comprende:

35 un componente (410) de generación de perfiles configurado para desarrollar un perfil de un transformador (412) del sistema de alimentación de energía que describe cómo se espera que se comporte el transformador en diferentes condiciones de funcionamiento utilizando un algoritmo de red neuronal, recibiendo el algoritmo de red neuronal, como entrada, datos históricos correspondientes al transformador;

un componente (408) de entrenamiento configurado para entrenar al algoritmo de red neuronal sobre la base de datos históricos procedentes del sistema de alimentación de energía; y

40 un componente (418) de predicción configurado para predecir una temperatura del aceite del transformador a una carga deseada sobre la base del perfil del transformador y un tiempo durante el cual el transformador puede soportar la carga deseada en función de la temperatura del aceite predicha.

8. El sistema (400) de la reivindicación 7, estando configurado el componente (418) de predicción para predecir la temperatura del aceite del transformador (412) a la carga deseada sobre la base de condiciones de funcionamiento en ese instante del transformador.

45 9. El sistema (400) de la reivindicación 7, estando configurado el componente (418) de predicción para predecir la temperatura del aceite del transformador (412) para la carga deseada sobre la base de condiciones de

funcionamiento en ese instante del transformador, comprendiendo las condiciones de funcionamiento en ese instante al menos una de:

una carga del transformador en ese instante;

una temperatura del aire ambiente en ese instante cerca del transformador; o

5

una temperatura del aceite del transformador en ese instante.

10. El sistema (400) de la reivindicación 7, estando configurado el componente predictivo para

identificar una carga que puede ser soportada por el transformador (412) durante un tiempo deseado en respuesta a la temperatura del aceite predicha que indica que el transformador no puede soportar la carga deseada durante el tiempo deseado.

10

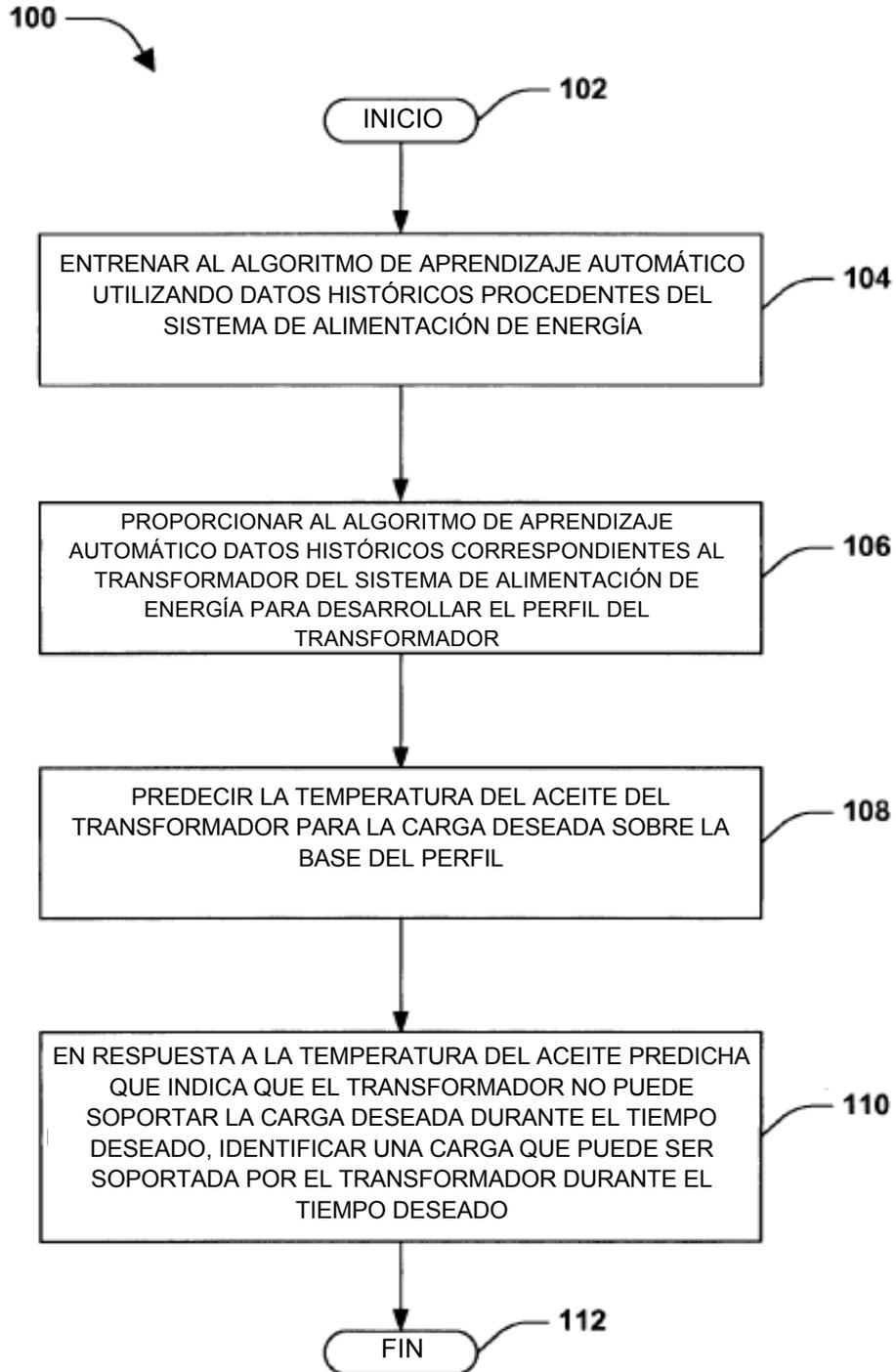


FIG. 1

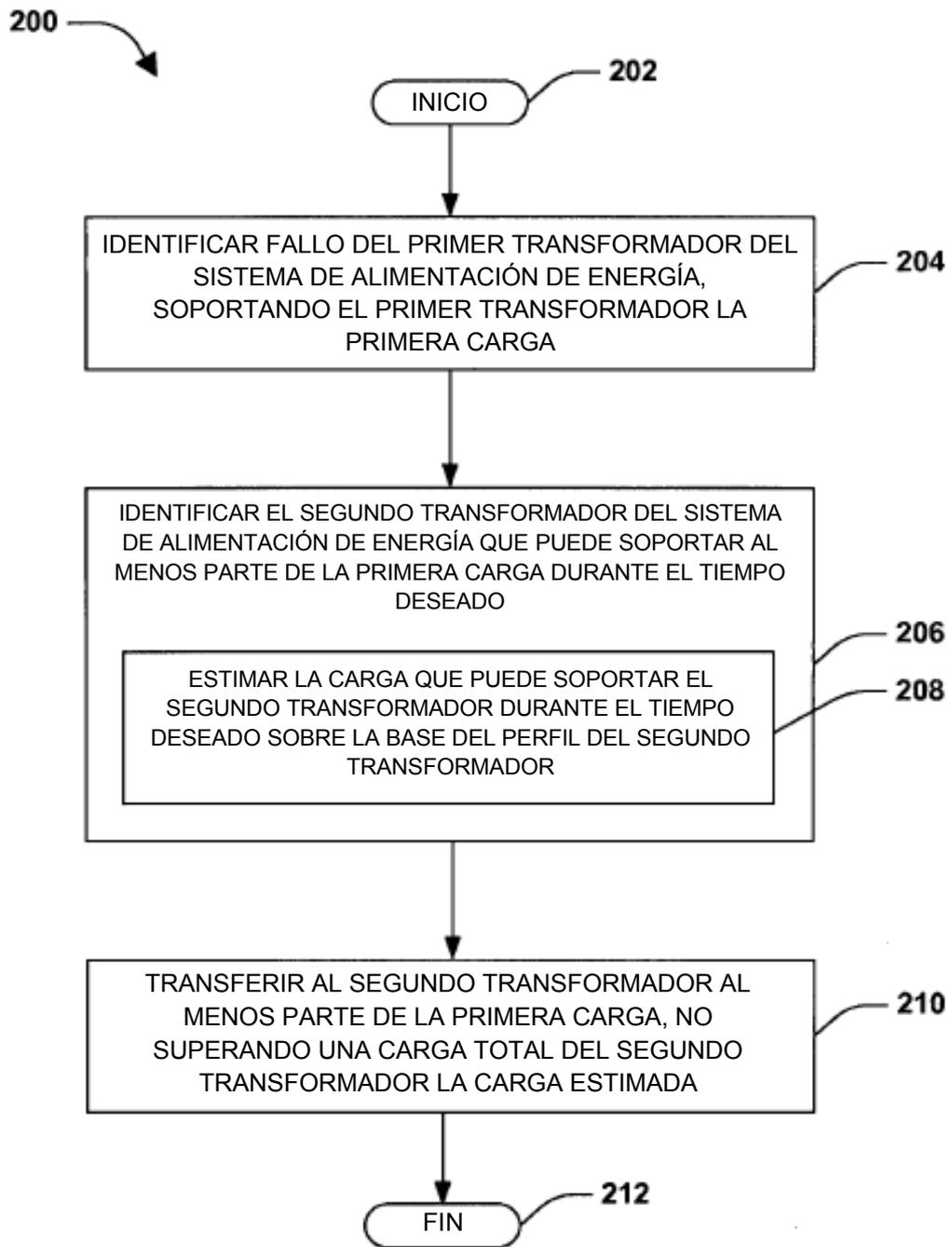


FIG. 2

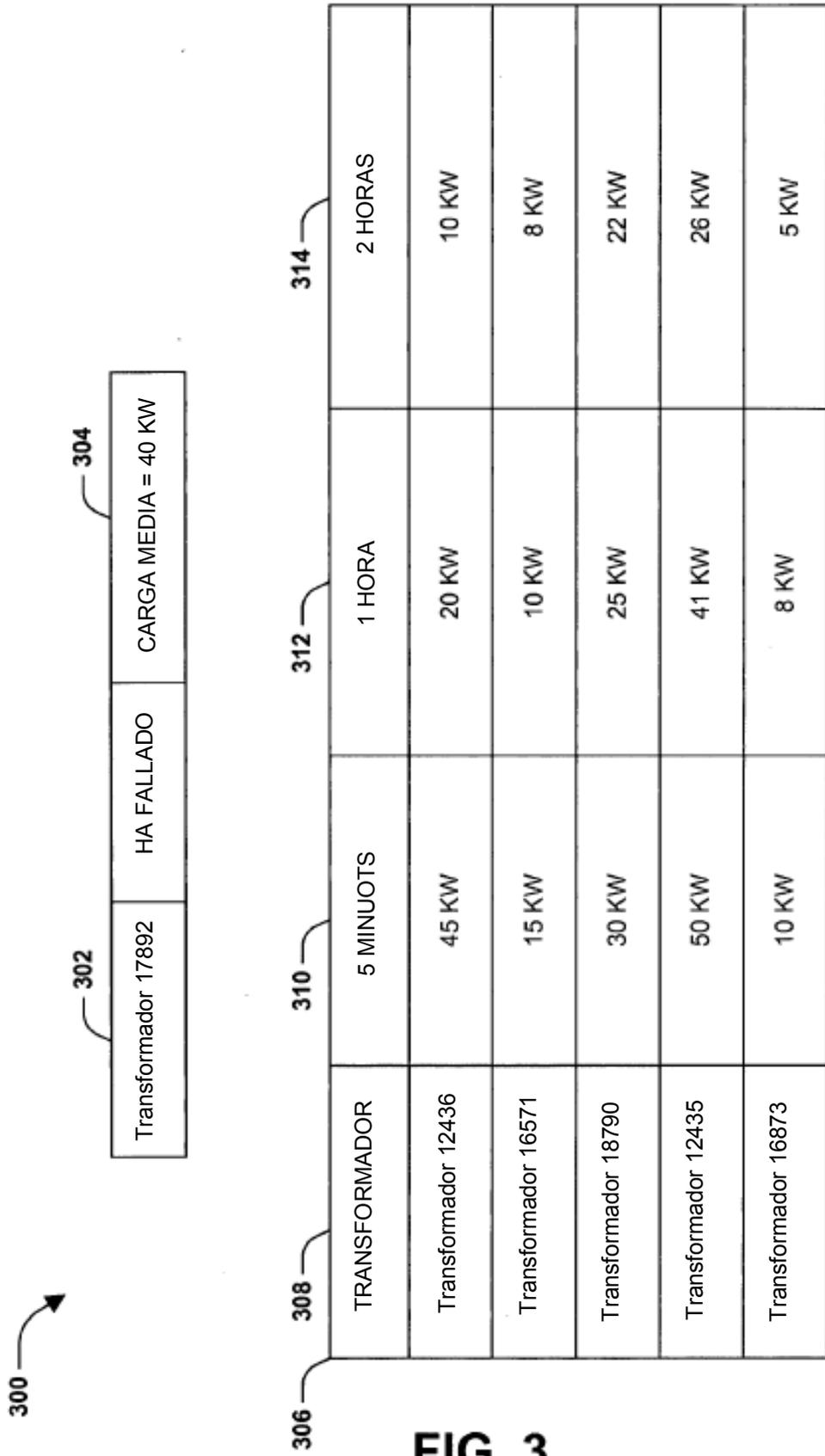


FIG. 3

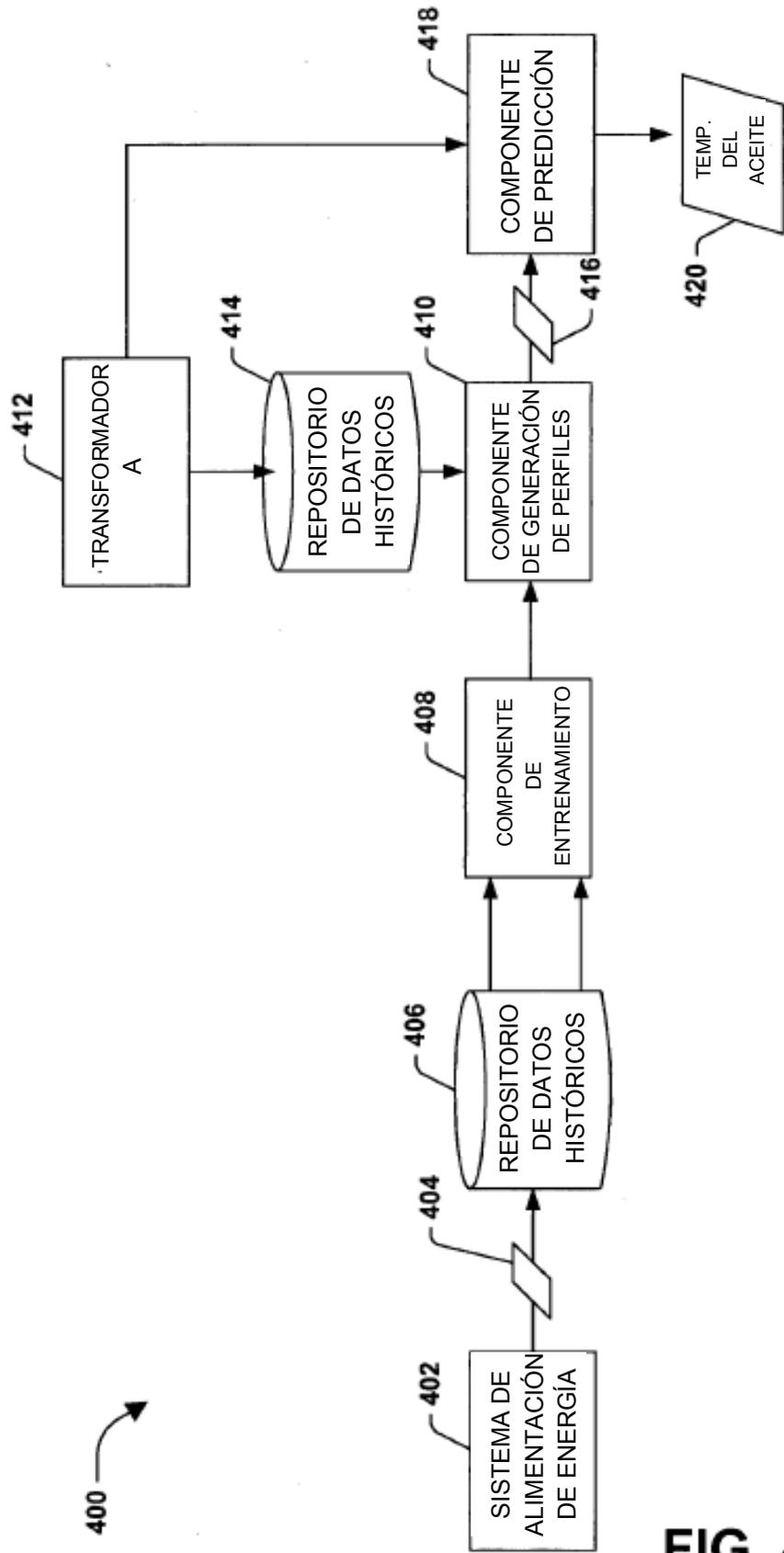


FIG. 4

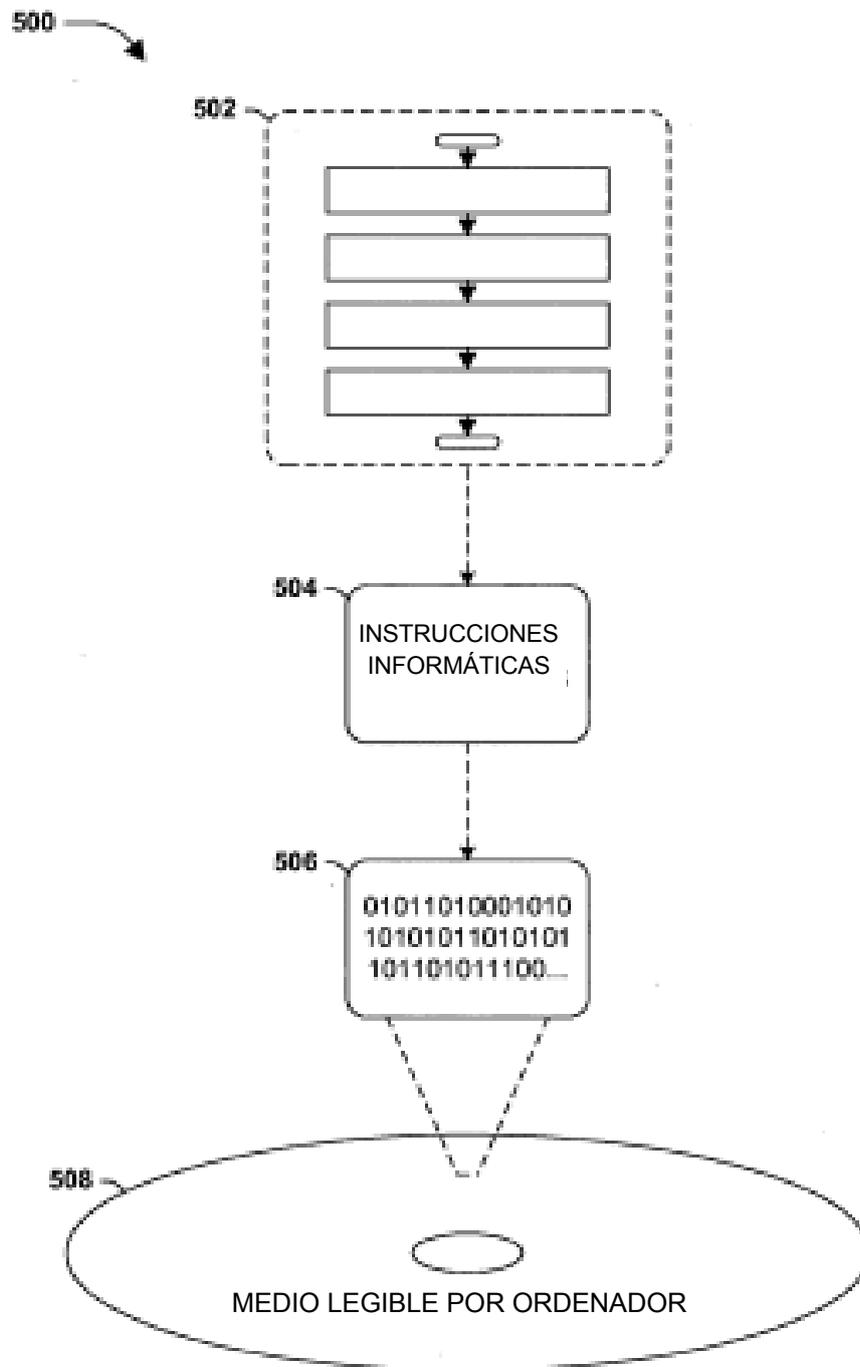


FIG. 5

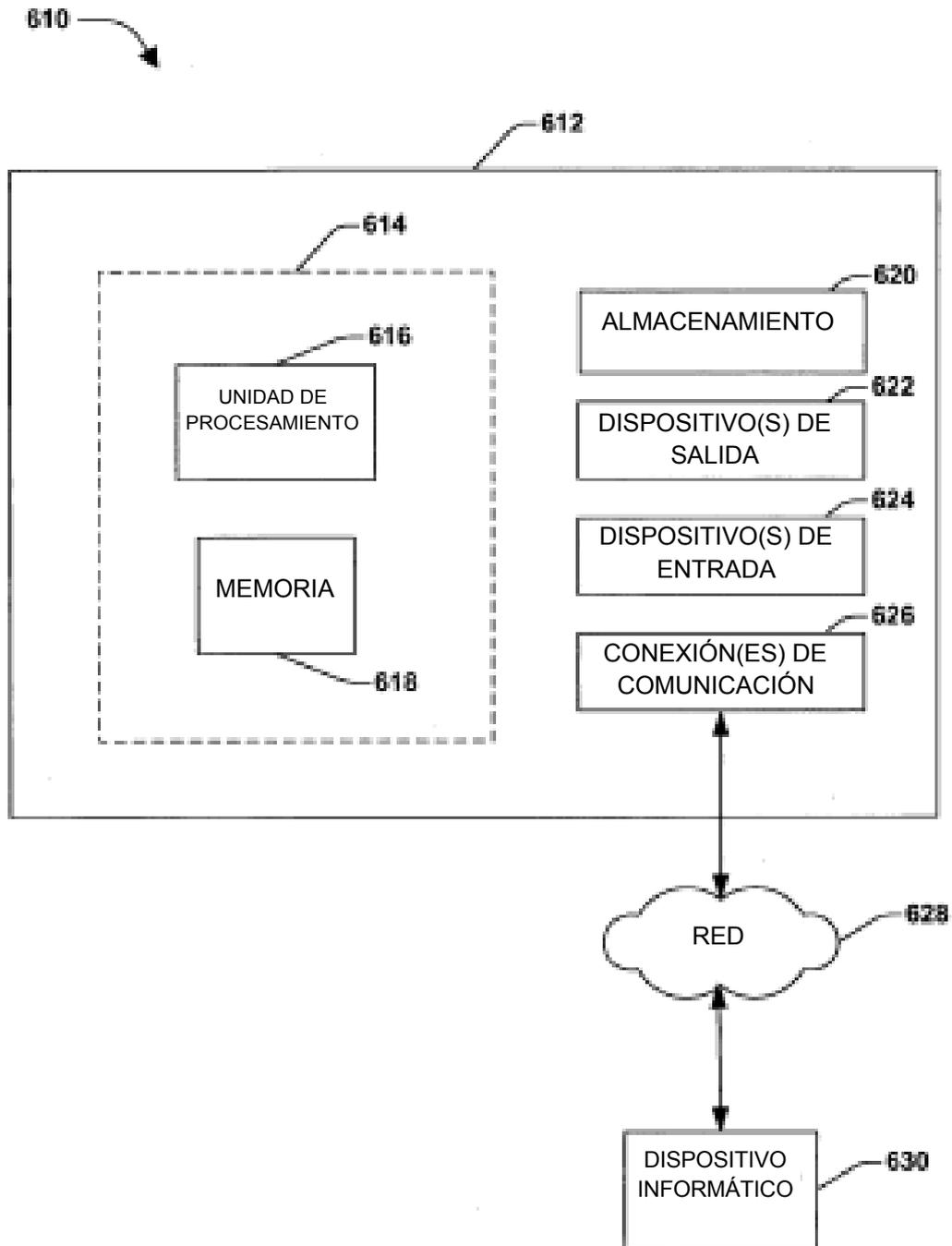


FIG. 6