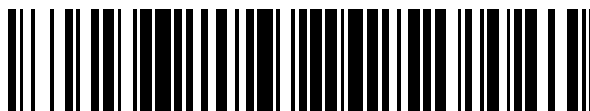


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 698 534**

51 Int. Cl.:

H01F 27/40 (2006.01)

G01R 31/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.10.2015** E 15771667 (1)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.08.2018** EP 3061107

54 Título: **Procedimiento, sistema y conjunto para determinar una reducción de la vida útil de servicio restante de un dispositivo eléctrico durante un período de tiempo específico de operación del dispositivo eléctrico**

30 Prioridad:

27.10.2014 EP 14190420

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

05.02.2019

73 Titular/es:

**LANDIS+GYR AG (100.0%)
Theilerstrasse 1
6301 Zug, CH**

72 Inventor/es:

**IMFELD, JOE;
RUMSCH, ANDREAS y
SCHMID, PATRICK**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 698 534 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento, sistema y conjunto para determinar una reducción de la vida útil de servicio restante de un dispositivo eléctrico durante un período de tiempo específico de operación del dispositivo eléctrico

Introducción

5 El aislamiento de los dispositivos eléctricos está bajo estrés durante el funcionamiento y se deterioran constantemente hasta que la capacidad de aislamiento se reduce a un grado tal que el dispositivo eléctrico falla. El cambio de dispositivos eléctricos puede ser planificado o no planificado. Un cambio planificado tiene lugar en un momento en que el dispositivo eléctrico aún funciona, pero se considera que está cerca del final de su vida de servicio, mientras que un cambio no planificado tiene lugar cuando el dispositivo eléctrico falla, es decir, "ejecución para fallar". La vida útil de servicio del dispositivo eléctrico depende en gran medida de los eventos que ocurren durante la operación del dispositivo eléctrico.

10 A pesar de que una estrategia de ejecución para fallar permitirá que el dispositivo eléctrico funcione durante un período de tiempo más largo y por lo tanto reduciendo el número total de cambios, el cambio no planificado normalmente implica un mayor coste total debido a los gastos adicionales asociados con cada fallo. Por ejemplo, un cambio planificado de un transformador puede costar unos 10.000 euros menos que un cambio no planificado. Los gastos adicionales para un cambio no planificado pueden ser causados por un coste adicional debido a que el transformador correcto no está disponible, costes adicionales de instalación debido a una instalación más compleja después de un fallo, la penalización del regulador por la interrupción de la alimentación de los consumidores y el coste de la generación de energía alternativa durante la interrupción. En el Reino Unido, cada año se producen alrededor de 2.000 cambios de transformadores no planificados causados por defectos e interrupciones, lo que genera un gasto adicional anual de alrededor de 20 millones de euros.

15 En el ejemplo anterior, un cambio no planificado costará alrededor de 50 % más que un cambio planeado. Por lo tanto, para que un enfoque de "ejecución para fallar" sea más rentable, los cambios planificados deben ocurrir 50 % más a menudo que los cambios no planificados. En consecuencia, al utilizar un procedimiento apropiado para estimar la reducción de la vida útil de servicio restante del dispositivo eléctrico, se puede evitar el enfoque de "ejecución para fallar", y la satisfacción general del cliente aumentará. Los dispositivos eléctricos típicamente tienen una vida de servicio nominal, por ejemplo, 50 años para un transformador. El enfoque más fácil es simplemente asumir que todos los dispositivos eléctricos duran toda la vida de servicio nominal. Sin embargo, esto puede provocar fallos en caso de que ocurran situaciones especiales durante la vida útil del dispositivo eléctrico. Con respecto a la técnica anterior en el presente documento técnico, la solicitud de patente china CN1 03792440A se refiere a un sistema de alerta temprana y diagnóstico de fallos que utiliza, por ejemplo, armónicos y temperatura como entradas. Además, el documento CN1026621 13 se relaciona con un procedimiento de diagnóstico de transformador que incluye la medición de la temperatura y varias otras entidades, y CN 103323707 se relaciona con un procedimiento de diagnóstico de transformador que incluye la medición de la temperatura y el uso de un proceso de probabilidad de Markov. El documento CN103245519A se refiere a un dispositivo para predecir la vida útil residual del transformador de energía. El documento CN103675621 se refiere a un dispositivo de predicción de vida del aislamiento del buje del transformador. El documento JP2008066435 se refiere a un dispositivo de predicción de vida del transformador. El documento KR1020140041568 se refiere a un procedimiento para estimar la vida útil restante de un transformador. El documento US 2013/0243033 A1 se refiere a un procedimiento para evaluar la vida útil restante de un transformador mediante la obtención de una muestra de material de cartón prensado que ha estado en contacto con el fluido en su superficie superior. El documento CN103226185 se relaciona con un procedimiento de diagnóstico de fallos en línea del módulo de energía del transformador de corriente basado en monitoreo armónico.

20 El documento US2013/0221983A1 describe un procedimiento para proporcionar información de calificación del transformador, que incluye las etapas para determinar los factores k para las pérdidas por remolinos y las pérdidas derivadas de un transformador; y proporcionar una calificación revisada para el transformador utilizando los factores k.

25 La técnica anterior relevante adicional incluye la norma europea EN 50464-3 relacionada con la determinación de la energía nominal de un transformador cargado con corrientes no sinusoidales, y la Guía de aplicación de calidad de energía, armónicos - Selección y calificación de transformadores, emitida por Copper Development Association.

30 Por lo tanto, un objeto según la presente invención es proporcionar tecnologías para determinar una reducción de la vida útil de servicio restante de un dispositivo eléctrico durante un período de tiempo específico de operación del dispositivo eléctrico.

55 Sumario de la invención

Típicamente, los procedimientos más prometedores utilizados son basados en la condición, es decir, la vida de servicio restante depende de diversos eventos que ocurren durante la vida de servicio del dispositivo eléctrico. En el presente contexto, los dispositivos eléctricos deben entenderse como dispositivos eléctricos de energía.

60 El objeto anterior y otros objetos adicionales que son evidentes a partir de la siguiente descripción detallada son según un primer aspecto de la presente invención consigue por un procedimiento de determinación de una

reducción de la vida útil de servicio restante de un dispositivo eléctrico durante un período de tiempo específico de operación del dispositivo eléctrico, el dispositivo eléctrico está conectado a una red de distribución eléctrica, el dispositivo eléctrico tiene una temperatura de operación máxima y una tensión de operación máxima, el procedimiento comprende las etapas de:

- 5 proporcionar un sistema de medición que comprende un dispositivo de medición de temperatura, un dispositivo de medición de corriente y un dispositivo de medición de tensión,
- medir un valor de temperatura correspondiente a la temperatura del dispositivo eléctrico durante el período de tiempo específico utilizando el dispositivo de medición de temperatura,
- 10 medir un conjunto de valores de tensión correspondientes a la tensión aplicada al dispositivo eléctrico por la red de distribución eléctrica durante el período de tiempo específico utilizando el dispositivo de medición de tensión,
- midiendo un conjunto de valores de corriente correspondientes a la corriente aplicada al dispositivo eléctrico por la red de distribución eléctrica durante el período de tiempo específico utilizando el dispositivo de medición de corriente,
- 15 determinar una cantidad de carga armónica en el dispositivo eléctrico sobre la base del conjunto de valores actuales,
- determinar una temperatura de operación máxima reducida del dispositivo eléctrico en función de la cantidad de carga armónica y la temperatura de operación máxima,
- determinar una cantidad de sobretensiones transitorias en la red de distribución eléctrica en el dispositivo eléctrico sobre la base del conjunto de valores de tensión y la tensión de operación máxima,
- 20 determinar un factor de envejecimiento transitorio correspondiente a la relación entre la cantidad de sobretensiones transitorias y el conjunto de valores de tensión,
- determinar un factor de envejecimiento dependiente de la temperatura en función del valor de la temperatura y la temperatura máxima de operación reducida, y
- 25 determinar la reducción de la vida de servicio restante en función del período de tiempo específico, el factor de envejecimiento transitorio y el factor de envejecimiento dependiente de la temperatura.

El dispositivo eléctrico tiene típicamente una temperatura máxima de operación y una tensión máxima de operación que son determinados por el diseñador del dispositivo eléctrico teniendo en resistencia de aislamiento de cuenta y materiales de aislamiento. El dispositivo eléctrico está conectado a una red de distribución eléctrica que puede ser cualquier red de distribución eléctrica de una red de baja tensión, como la toma de corriente doméstica de 240 Hz/120 V, 60 Hz o 400 V/230 V, 50 Hz, generalmente conocida en los EE. UU. y Europa, respectivamente, hasta líneas de distribución de 400 kV utilizadas para transmisión de energía de largo alcance, o incluso a tensiones más altas, como 800 kV y 1MV. El presente procedimiento se lleva a cabo durante un período de tiempo específico.

La vida de servicio nominal se reduce considerablemente en caso de operación fuera de las condiciones "normales" mencionadas anteriormente. Por lo tanto, se ha sugerido utilizar una combinación de envejecimiento lineal y un envejecimiento basado en la condición. El envejecimiento lineal es el envejecimiento que se produce durante el funcionamiento normal del dispositivo, es decir, cuando el dispositivo está funcionando por debajo de la temperatura máxima nominal, sin armónicos ni sobretensiones transitorias. El envejecimiento lineal se basa en la suposición de que el dispositivo eléctrico no falla hasta la expiración de la vida de servicio nominal. Para el período de tiempo específico que pasa durante el envejecimiento lineal, el mismo período de tiempo específico se deduce de la vida de servicio. Por lo tanto, un dispositivo eléctrico que tenga una vida de servicio nominal de 50 años y que haya servido durante 5 años tendrá una vida útil restante de 45 años. Cuando la vida de servicio restante llega a 0 años, se cambia el dispositivo eléctrico.

El solicitante ha descubierto que, aparte del envejecimiento lineal, la vida útil de los dispositivos eléctricos está determinadas por tres factores que pueden ser utilizados como base para el envejecimiento basado en la condición, estos factores de ser un factor de envejecimiento exponencial, envejecimiento a través de cargas de corriente con armónicos y envejecimiento por sobretensiones transitorias. El envejecimiento exponencial se utiliza en caso de que el dispositivo eléctrico esté funcionando por encima de su temperatura máxima de operación. La temperatura de operación depende de las pérdidas eléctricas en un lado y del enfriamiento disponible en el otro lado. Las pérdidas eléctricas dependen de la resistencia y la corriente en el dispositivo eléctrico, mientras que la refrigeración depende de la temperatura ambiente que rodea al dispositivo eléctrico. El envejecimiento exponencial implica un envejecimiento mayor en comparación con el envejecimiento lineal, y el incremento en el envejecimiento aumenta con temperaturas por encima de la temperatura máxima de operación. Por lo tanto, al operar el dispositivo eléctrico durante 5 años bajo un envejecimiento exponencial, la deducción en la vida de servicio en relación con la vida de servicio nominal será de más de 5 años, como 10 años bajo temperaturas ligeramente elevadas, o 25 años bajo temperaturas más elevadas. Por lo tanto, un dispositivo eléctrico que tenga una vida de servicio nominal de 50 años ya puede estar al final de su vida de servicio después de 10 años a temperaturas muy elevadas. El motivo del envejecimiento exponencial es el deterioro exponencial del aislamiento experimentado a temperaturas excesivas.

En el documento de referencia mencionado anteriormente Guía de Calidad de Energía de aplicaciones, Armónicos - Selección y Clasificación de los transformadores, se analiza la influencia de los armónicos de la temperatura de los transformadores. Las corrientes armónicas provocarán pérdidas adicionales que elevarán la temperatura del bobinado del transformador. Por lo tanto, las corrientes armónicas aplicadas a un dispositivo eléctrico disminuirán o reducirán la temperatura máxima de operación, o en otras palabras, el dispositivo eléctrico estará sujeto a un

envejecimiento exponencial a una temperatura inferior a la temperatura de operación máxima nominal.

Además, sobretensiones transitorias se aplicarán un campo eléctrico incrementado en el dispositivo eléctrico. Esto causará un estrés adicional en el aislamiento del dispositivo eléctrico. Por lo tanto, la presencia de sobretensión transitoria agregará un factor adicional al envejecimiento del dispositivo eléctrico.

5 El presente procedimiento se lleva a cabo mediante el uso de un sistema de medición. El sistema de medición incluye un dispositivo de medición de temperatura. El dispositivo de medición de temperatura generalmente no mide la temperatura directamente dentro del dispositivo eléctrico, ya que esto comprometería el aislamiento, y por lo tanto, típicamente la temperatura se mide en otra ubicación y se deriva la temperatura dentro del dispositivo eléctrico.

10 El sistema de medición también comprende un dispositivo de medición de corriente y un dispositivo de medición de tensión. La corriente se puede medir en las fases de entrada usando una bobina Rogowski o cualquier dispositivo similar. La tensión puede medirse entre las fases de entrada y/o entre la fase de entrada y la tierra, como se conoce generalmente en la técnica. La frecuencia de muestreo para la medición de corriente y tensión se debe hacer usando convertidores A/D de alta velocidad y debe ser lo suficientemente alta como para capturar cualquier armónico de corriente y/o transitorios de tensión.

15 El período de tiempo específico puede estar en el mismo orden de magnitud que se espera que la temperatura a cambiar. En comparación con la corriente y la tensión que cambian al menos según la frecuencia de la red de distribución eléctrica e incluso más altas cuando se consideran armónicos y transitorios de orden superior, los cambios de temperatura son lentos. Por lo tanto, el período de muestra para la corriente y la tensión será más pequeño que el período de tiempo específico, por lo tanto, durante el período de tiempo específico, se generará un conjunto de valores de tensión y un conjunto de valores de corriente, mientras que normalmente será suficiente un solo valor de temperatura.

25 La reducción de la vida útil restante del dispositivo eléctrico durante el período de tiempo específico se calcula siguiendo las etapas del procedimiento mencionadas anteriormente. La cantidad de carga armónica corresponde a la relación entre la magnitud actual en la frecuencia fundamental y la magnitud actual en los armónicos de orden superior. La temperatura de operación reducida compensa el calentamiento adicional del aislamiento del dispositivo eléctrico por las corrientes armónicas. El factor de envejecimiento dependiente de la temperatura se calcula teniendo en cuenta la degradación exponencial del aislamiento por cada incremento de temperatura por encima de la temperatura de operación reducida. Además, el factor de envejecimiento transitorio tiene en cuenta el estrés adicional que sufre el aislamiento cuando la tensión supera la tensión máxima de operación.

30 Según una forma de realización adicional del primer aspecto, cuando el valor de temperatura es igual o inferior a la temperatura máxima de operación reducida, el dependiente de factor de envejecimiento de temperatura es igual a uno, mientras que cuando el valor de la temperatura es más alta que la temperatura de operación máxima reducida, el factor de envejecimiento dependiente de la temperatura depende exponencialmente de la diferencia entre el valor de la temperatura y la temperatura máxima de operación reducida.

35 El factor de envejecimiento depende temperatura representa el aumento de envejecimiento a temperaturas elevadas. En consecuencia, cuando el valor de la temperatura es igual o inferior a la temperatura de operación máxima reducida, el factor de envejecimiento dependiente de la temperatura es igual a uno que resulta en un envejecimiento lineal, es decir, la reducción de la vida útil de servicio restante (excluyendo la influencia de sobretensiones transitorias) es igual al período de tiempo específico de la operación, mientras que cuando el valor de la temperatura es más alto que la temperatura máxima de operación reducida, el envejecimiento exponencial reemplaza el envejecimiento lineal y el factor de envejecimiento dependiente de la temperatura es mayor que uno, lo que implica un envejecimiento acelerado, es decir, la reducción del tiempo restante. la vida útil del servicio (excluyendo la influencia de sobretensiones transitorias) es igual al período de tiempo específico multiplicado por un factor mayor que el que conduce a un período de reducción de la vida de servicio que es mayor que el período de tiempo específico.

Según una forma de realización adicional del primer aspecto, el dispositivo eléctrico es un dispositivo eléctrico inductivo, preferentemente un transformador, más preferentemente un transformador de distribución secundario.

50 El presente procedimiento se utiliza preferentemente junto con un dispositivo eléctrico inductivo, tal como un transformador o un motor eléctrico. Preferentemente se usa un dispositivo estático tal como un transformador. Lo más preferentemente, el transformador es un transformador de distribución secundaria, como un transformador entre una red de media tensión y una red de baja tensión de 240V/120V, 60Hz o 400V/230V, 50Hz generalmente conocida en, por ejemplo, EE. UU. y Europa, respectivamente.

55 Según una forma de realización adicional del primer aspecto, el dispositivo de medición de temperatura está adaptado para medir la temperatura ambiente fuera del dispositivo eléctrico y derivar el conjunto de valores de temperatura de la temperatura ambiente, el conjunto de valores de corriente y el conjunto de tensión valores.

La temperatura normalmente no puede medirse directamente en el interior del dispositivo eléctrico ya que esto pondría en peligro el aislamiento. La temperatura puede calcularse utilizando los valores actuales y los valores de tensión, a partir de los cuales se puede derivar la energía total utilizada por el dispositivo eléctrico. Una pequeña parte de la energía total se pierde y forma energía térmica dentro del dispositivo eléctrico. El factor de pérdida normalmente lo proporciona el diseñador o puede derivarse de la resistencia interna del dispositivo eléctrico, como la resistencia del bobinado del transformador. El calor se transporta al exterior y la temperatura ambiente determina la velocidad de disipación del calor. Se puede establecer un modelo de calor para calcular la temperatura dentro del dispositivo eléctrico. Otros parámetros pueden incluirse en el modelo de calor, como la humedad. Los materiales utilizados para el dispositivo eléctrico y la provisión de ventiladores de refrigeración, etc., influyen en la tasa de disipación del calor.

Según una forma de realización adicional del primer aspecto, el período de tiempo específico de operación está entre 1 segundo y 60 minutos.

Como se indicó anteriormente, la temperatura cambia lentamente en comparación con los parámetros eléctricos. Por lo tanto, una escala de tiempo como se indicó anteriormente puede ser adecuada para el presente procedimiento.

Según una forma de realización adicional del primer aspecto, el sistema de medición comprende además un procesador que comunica con el dispositivo de medición de la temperatura, el dispositivo de medición de corriente y el dispositivo de medición de tensión.

El procedimiento anterior se ejecuta preferentemente en un procesador, tal como un microprocesador controlado por software de control adecuado.

Según una forma de realización adicional del primer aspecto, la reducción de la restante vida útil de servicio es igual al período de tiempo específico multiplicado por el factor de envejecimiento transitorio multiplicado por el factor de envejecimiento dependiente de la temperatura.

Típicamente, el factor de envejecimiento transitorio y el factor de envejecimiento dependiente de la temperatura multiplicados con el tiempo transcurrido, es decir, el período de tiempo específico, con el fin de formar un período de tiempo aumentado correspondiente a la reducción de la vida útil de servicio restante. En caso de que el factor de envejecimiento transitorio y el factor de envejecimiento dependiente de la temperatura sean iguales a uno, la reducción de la vida útil de servicio restante durante el período de tiempo específico es igual al período de tiempo específico; de lo contrario, es mayor que el período de tiempo específico.

Según una forma de realización adicional del primer aspecto, el conjunto de valores de la corriente se divide en un conjunto de corrientes fundamentales y un conjunto de corrientes de armónicos de orden superior y la temperatura de operación máxima reducida es una función de la temperatura máxima de operación y una relación entre el conjunto de corrientes fundamentales y el conjunto de corrientes armónicas de orden superior.

La carga de armónicos depende tanto del número h del orden armónico y de la magnitud de la corriente armónica h-orden. Por lo tanto, cuanto mayor sea la frecuencia de la corriente armónica, mayor será la carga armónica. La magnitud de los armónicos de orden superior se describe como una relación relativa a la magnitud de la corriente fundamental. El orden máximo de magnitud de los armónicos hmax que puede derivarse del conjunto de valores actuales depende de la tasa de muestreo del convertidor A/D.

Según una forma de realización adicional del primer aspecto, la diferencia entre la temperatura máxima de operación y la temperatura de operación máxima reducida se describe según la siguiente fórmula:

$$\Delta T_{opmax} = \text{función} \left[\sum_{h=1}^{h=h_{max}} \left(\frac{I_h}{I_1} \right)^2 \right]$$

donde ΔT_{opmax} es la diferencia entre la temperatura máxima de operación y la temperatura máxima de operación reducida, I_h es la magnitud del h-ésimo armónico e I_1 es la corriente fundamental.

La fórmula anterior se utiliza preferentemente para el cálculo de la reducción de la temperatura máxima de operación cuando el dispositivo eléctrico se somete a una corriente armónica. La función puede incluir factores de corrección que pueden derivarse empíricamente y que se discuten en relación con la descripción detallada de los dibujos.

Según una forma de realización adicional del primer aspecto, el factor de envejecimiento transitorio depende de una magnitud y una duración de valores de tensión que pertenecen al conjunto de valores de tensión y superiores a la tensión de servicio máxima.

Una alta tensión se aplicará un alto campo eléctrico para el aislamiento. En caso de que la tensión exceda la tensión de operación máxima, el aislamiento se dañará. El daño total depende de la duración de la exposición al campo eléctrico excesivo. El período de muestreo del convertidor A/D debe ser lo suficientemente corto para capturar los

transitorios de tensión.

Según una forma de realización adicional del primer aspecto, el factor de envejecimiento de transición se describe según la siguiente fórmula:

$$k \cdot t / T \cdot ((U_0 / U_{\max} - 1)) / 2$$

- 5 donde k es una constante, t es el tiempo en que la tensión supera la tensión de operación máxima, T es el período de tiempo específico, U_0 es el pico de sobretensión transitoria y U_{\max} es la tensión de operación máxima.

La fórmula anterior se utiliza preferentemente para el cálculo de la reducción de la temperatura máxima de operación cuando el dispositivo eléctrico se somete a una corriente armónica. La función puede incluir factores de corrección que pueden derivarse empíricamente y que se discuten en relación con la descripción detallada de los dibujos.

- 10 El objeto anterior y otros objetos adicionales que son evidentes a partir de la siguiente descripción detallada son de acuerdo a un segundo aspecto de la presente invención consiguen mediante un procedimiento para determinar la vida de servicio restante de un dispositivo eléctrico mediante el almacenamiento de una vida de servicio nominal del dispositivo eléctrico en una unidad de memoria y durante un período específico de operación del dispositivo eléctrico deducen de la vida útil nominal una reducción de la vida útil de servicio restante derivada según el primer aspecto.

- 15 Cuando la instalación del dispositivo eléctrico, un número de "puntos de vida" correspondientes a la vida de servicio del dispositivo eléctrico puede ser almacenada en la unidad de memoria. Durante la operación, para cada período de tiempo específico, un número determinado de "puntos de vida", que corresponde a la reducción de la vida útil de servicio restante, puede deducirse del número de "puntos de vida" almacenados en la unidad de memoria. Cuando todos los "puntos de vida" se han agotado o casi se han agotado, de manera que solo quedan, por ejemplo, un 5 %, 10 % o 20 % del punto de vida, se puede enviar una alarma al operador del dispositivo eléctrico para programar un cambio del dispositivo eléctrico.

- 20 Además, mediante el estudio de la decadencia de los "puntos de vida" en un período de tiempo prolongado, el uso futuro de los puntos de vida útil se puede estimar de forma que una fecha para el agotamiento completo de los puntos de vida útil se puede estimar utilizando procedimientos estadísticos. Esto puede ayudar a programar el cambio del dispositivo eléctrico con mucha antelación.

- 25 Es evidente que cualquiera de las realizaciones descritas anteriormente en el primer aspecto puede ser igualmente aplicable para el segundo aspecto.

- 30 Según una realización adicional del segundo aspecto, el dispositivo eléctrico está ya utilizados para un primer periodo de tiempo y la vida de servicio nominal se ajusta de forma adaptativa basada en el primer periodo de tiempo y la reducción de la vida de servicio restante durante un segundo período de tiempo.

- 35 La reducción de los puntos de vida también se puede utilizar con carácter retroactivo. Usando los procedimientos estadísticos mencionados anteriormente, el uso histórico de los puntos de vida puede estimarse utilizando reducciones de puntos de vida útil durante un período de tiempo prolongado. Por lo tanto, cuando un dispositivo eléctrico ya existente se adapta según el procedimiento presente, durante un primer periodo de tiempo, como un año, la deducción total de los puntos de vida se puede utilizar para ajustar de manera adaptativa los puntos de vida utilizados durante el período de tiempo anterior al que se empleó el procedimiento.

- 40 El objeto anterior y otros objetos adicionales que son evidentes a partir de la siguiente descripción detallada son de acuerdo a un tercer aspecto de la presente invención consiguen mediante un sistema para determinar una reducción de la vida útil de servicio restante de un dispositivo eléctrico durante un periodo de tiempo específico de operación del dispositivo eléctrico, el dispositivo eléctrico está conectado a una red de distribución eléctrica, el dispositivo eléctrico tiene una temperatura de operación máxima y una tensión de operación máxima, el sistema comprende un sistema de medición, el sistema de medición comprende:

- 45 un dispositivo de medición de temperatura para medir un valor de temperatura correspondiente a la temperatura del dispositivo eléctrico durante el período de tiempo específico,
 un dispositivo de medición de corriente para medir un conjunto de valores de corriente correspondientes a la corriente aplicada al dispositivo eléctrico por la red de distribución eléctrica durante el periodo de tiempo específico,
 un dispositivo de medición de tensión para medir un conjunto de valores de tensión correspondientes a la tensión aplicada al dispositivo eléctrico por la red de distribución eléctrica durante el período de tiempo específico, y
 50 una unidad de procesamiento para determinar una cantidad de carga armónica en el dispositivo eléctrico sobre la base del conjunto de valores de corriente, determinar una temperatura operativa máxima reducida del dispositivo eléctrico sobre la base de la cantidad de carga armónica y la temperatura operativa máxima, determinar una cantidad de sobretensiones transitorias en la red de distribución eléctrica en el dispositivo eléctrico sobre la base del conjunto de valores de tensión y la tensión de operación máxima, determinando un factor de envejecimiento transitorio correspondiente a la relación entre la cantidad de sobretensiones transitorias y el conjunto de valores de tensión, determinando un factor de envejecimiento dependiente de la temperatura sobre la base del valor de

temperatura y la temperatura máxima de operación reducida, y determinando la reducción de la vida de servicio restante sobre la base del período de tiempo específico, el factor de envejecimiento transitorio y el envejecimiento dependiente de la temperatura factor.

5 El sistema puede ser instalado como a) un nuevo sistema en un dispositivo eléctrico instalado recientemente, b) como un nuevo sistema en un dispositivo eléctrico ya instalado y c) como un reemplazo de un sistema defectuoso en un dispositivo eléctrico ya instalado. Mientras que la instalación a) asignará a los diseñadores de dispositivos eléctricos la vida útil nominal total como el número inicial de puntos de vida útil, la instalación b) asignará un número reducido de puntos de vida derivado adaptado como se explica en el segundo aspecto, y la instalación c) utilizará el número real de puntos de vida restantes como el número inicial de puntos de vida útil.

10 Es evidente que cualquiera de las realizaciones descritas anteriormente en el primer y segundo aspectos pueden ser igualmente aplicable para el tercer aspecto.

15 El objeto anterior y otros objetos adicionales que son evidentes a partir de la siguiente descripción detallada son según un cuarto aspecto de la presente invención alcanzado por un conjunto que comprende un dispositivo eléctrico, preferentemente un dispositivo eléctrico inductivo más preferentemente un transformador, lo más preferentemente un transformador de distribución secundario, y un sistema según el tercer aspecto.

20 El presente sistema discutido bajo el tercer aspecto se utiliza preferentemente junto con un dispositivo eléctrico inductivo, tal como un transformador o un motor eléctrico, para formar un conjunto. Preferentemente se usa un dispositivo estático tal como un transformador. Lo más preferentemente, el transformador es un transformador de distribución secundaria, como un transformador entre una red de media tensión y una red de baja tensión de 240V/120V, 60Hz o 400V/230V, 50Hz generalmente conocida en, por ejemplo, EE. UU. y Europa, respectivamente.

Es evidente que cualquiera de las realizaciones descritas anteriormente en el primer y segundo aspectos pueden ser igualmente aplicable para el tercer aspecto.

Breve descripción de los dibujos

25 La figura 1 muestra un conjunto que comprende un dispositivo eléctrico y un sistema para determinar la reducción de la vida de servicio restante de un transformador.

La figura 2 muestra el principio de operación de los dispositivos de medición de temperatura, corriente y tensión.

La figura 3 muestra un modelo térmico para determinar la temperatura del transformador.

La figura 4A muestra gráficos que ilustran la operación sin corrientes armónicas.

30 La figura 4B muestra gráficos que ilustran la operación con corrientes armónicas.

La figura 5 muestra una gráfica que ilustra el envejecimiento lineal.

La figura 6 muestra una gráfica que ilustra la reducción de la vida útil de un transformador.

La figura 7 muestra un diagrama de flujo que se utilizará para determinar la vida de servicio restante de un transformador.

Descripción detallada de las realizaciones

35 La figura 1 muestra un conjunto 10 que comprende el dispositivo a probar, es decir, el transformador 12 y el sistema 14 para determinar la vida útil de servicio restante en tiempo real de un dispositivo eléctrico (como los transformadores de distribución) en una red 16 de distribución de corriente alterna. Su uso no se limita a la función de estimación de vida útil restante. Además de la medición de los valores subyacentes como la corriente, la tensión, el ángulo de fase y la frecuencia, puede procesar, almacenar, perfilar, visualizar y transmitir cantidades derivadas, como energía, energía, frecuencia, contenido de armónicos y más.

40 El sistema 14 para la determinación del tiempo de vida restante de un dispositivo eléctrico en una red 16 de distribución de CA comprende además sensores 18 de temperatura para medir la temperatura y, opcionalmente, todo tipo de otros parámetros físicos (por ejemplo, humedad, etc.). Los datos medidos son recibidos por un dispositivo 20 de medición de temperatura.

45 Además, el sistema 14 comprende sensores 22 eléctricos de diferentes tecnologías (tales como transformadores electromagnéticos de medición, bobinas de Rogowski, sensores opto-eléctrica, etc.) para medir las magnitudes eléctricas en la red 16 de distribución. Se pueden medir uno o más sistemas eléctricos. (por ejemplo, medición de transformador en LV y lado MV). Las señales eléctricas medidas por los sensores 22 son procesadas por un dispositivo 24 de medición de corriente y un dispositivo 26 de medición de tensión. Todas las señales medidas se alimentan luego a un microprocesador 28.

50 El sistema 14 puede comprender además una pantalla 30 para la visualización de los datos importantes y la información, botones 32 de control para introducir datos o parámetros por un operador y/o persona de servicio. Un dispositivo 34 de memoria se utiliza para almacenar temporalmente las señales medidas, los datos y los valores calculados de los dispositivos 20, 24, 26 de medición o el microprocesador 28. En el dispositivo 34 de memoria, también se almacenan el firmware y los parámetros de ajuste de los dispositivos 20, 24, 26 de medición.

- Una interfaz 36 de comunicación local se utiliza para conectar una unidad de ordenador local (no mostrado) con el que una tarea de servicio puede ser ejecutada o los datos se pueden leer desde el sistema 14 o para conectar una unidad de visualización/operación externa. La interfaz se puede implementar en varias tecnologías (por ejemplo, R485, Ethernet, inalámbrica, NFC, etc.). La interfaz de comunicación local 36 también se puede conectar a múltiples dispositivos mediante una estructura de bus (por ejemplo, múltiples pantallas, medidor adicional, etc.).
- Una unidad 38 de fuente de alimentación que está conectada a la red 16 de distribución eléctrica por una o más fases es capaz de alimentar los bloques de construcción individuales del sistema. Para operar el sistema 14 también en caso de falta de tensión de alimentación, se proporciona una reserva 40 de energía (por ejemplo, una batería recargable).
- A través de la unidad 42 de E/S (entradas/salidas), el sistema 14 puede transmitir información de estado, alarmas u otras señales de control al mundo exterior y también puede recibir información del mundo exterior desde sensores o dispositivos externos. Esta información se puede proporcionar en forma de una señal digital o un valor analógico.
- Un módem WAN 44 de diferentes tecnologías (por ejemplo, GSM, GPRS, LTE, de malla inalámbrica, PLC, WiMAX, Ethernet, O-fibra, ...) se proporciona para la conexión a un sistema central (no mostrado) a través de la WAN (red de área mundial). Esta conexión se utiliza para intercambiar información y datos y para transferir los comandos de control entre el sistema 14 y un sistema central (no mostrado). El módem 44 puede diseñarse de manera modular (o integrada). Este enlace de comunicación también se puede utilizar para configurar parámetros de forma remota o descargar nuevas versiones de firmware desde un sistema central hasta el sistema 14.
- El procesador 28 se utiliza para controlar todo el sistema 14. Organiza el cambio de información/datos con los diferentes sensores 18, 22 y los dispositivos 20, 24, 26 de medición. Organiza el almacenamiento de datos en el módulo 34 de memoria, la lectura de los botones 32, la visualización de información en la pantalla 30 y la comunicación con las diversas interfaces 34, 42, 44. Los algoritmos que determinan la vida de servicio restante del dispositivo 12 monitoreado también se ejecutan en el procesador 28.
- El dispositivo que se muestran en la figura 1 puede implementarse como una solución de caja "todo en uno" integrada con el módem 44 de comunicaciones modular o como una colección de bloques de funciones en forma de placas de circuito impreso o módulos, que están conectados mediante cables u otras conexiones eléctricas.
- Para la determinación de la vida útil restante del transformador 12 se aplica un análisis de múltiples etapas/procedimiento de evaluación: Los sensores 22 eléctricos y los dispositivos 24, 26 de medición detectan las cantidades eléctricas (por ejemplo, en una corriente de transformador I, tensión U, phi de ángulo de fase, armónicos/inter-armónicos, sobretensiones transitorias). Esta detección se lleva a cabo con un ciclo de medición en el rango de 1 μ s ... 1 segundo. Otros parámetros físicos (por ejemplo, la temperatura ambiente de un transformador,) se detectan y miden con los sensores 18 de temperatura y el dispositivo 20 de medición con un ciclo de medición en el rango de 1 segundo a 60 minutos. Los valores detectados de los dispositivos 20, 24, 26 de medición se reenvían al procesador 28 para su posterior procesamiento.
- La figura 2 muestra una vista detallada de los dispositivos 20, 24, 26 de medición para el procesamiento previo de las señales del sensor. Los dispositivos 20, 24, 26 de medición comprenden un convertidor 46 A/D de alta velocidad, un procesador 48 y un bloque 50 de memoria. Esto asegura que se puedan procesar ciclos de medición rápidos.
- En estos dispositivos 20, 24, 26 de medición, se procesarán previamente las señales y en una forma agregada (por ejemplo, valores promedios) y se transmitirán al procesador 28 para su posterior procesamiento. De aquí en adelante se discutirá el dispositivo 20 de medición de temperatura; sin embargo, los dispositivos 24, 26 de medición eléctrica funcionan de manera análoga, aunque con una mayor tasa de muestreo.
- En la primera etapa del procedimiento de análisis, los valores de medición del sistema 20 de medición de la temperatura se analizarán con la ayuda de un modelo físico (por ejemplo, modelo térmico). La salida de este cálculo es un valor (por ejemplo, la temperatura en un transformador) que representa el estado del transformador 12 en relación con el efecto sobre la vida útil en este momento actual.
- Cuando se instala el sistema, el modelo de temperatura se puede calibrar. Con la ayuda de un dispositivo 18 de medición de temperatura y un sensor de temperatura para la temperatura 93 ambiente, la variable física correspondiente (por ejemplo, la temperatura) del dispositivo 12 eléctrico puede medirse y usarse para ajustar o calibrar el modelo o sus parámetros. Después de la calibración del modelo, el valor físico ya no necesita medirse y el dispositivo de medición de temperatura puede retirarse. Siempre hay un sensor 93 de temperatura necesario para medir la temperatura ambiente con el fin de compensar el modelo de temperatura porque el modelo no calcula la temperatura absoluta sino el cambio relativo de la temperatura. La frecuencia del ciclo en la que el primer nivel del procedimiento está calculando dichos valores de salida está relacionada con la dinámica del dispositivo y sus cantidades físicas. Normalmente está en el rango de 1 segundo a 60 minutos.
- La figura 3 muestra los detalles del modelo 52 térmico. El modelo térmico tiene como corriente de entrada 54, tensión y temperatura ambiente fuera del transformador. Los valores 54 de entrada se transforman en dominio de frecuencia mediante el uso de FFT 56, se convierten en temperatura 60 de transformador usando un algoritmo 62

apropiado, y se transforman nuevamente en dominio 64 de tiempo usando un FFT 66 inverso.

5 La figura 4A muestra un gráfico que ilustra la operación sin carga 68 armónica. Cuando el transformador está funcionando sin carga armónica, la magnitud de los armónicos de orden superior es 0. Por lo tanto, el transformador puede funcionar hasta la temperatura máxima de operación (T_{opmax}) sin ningún envejecimiento acelerado. El factor de envejecimiento dependiente de la temperatura es, por lo tanto, igual a uno.

La figura 4B muestra una gráfica que ilustra la operación con carga 70 armónica. Este componente de envejecimiento se aplica solo si el dispositivo monitoreado está cargado adicionalmente por corrientes armónicas. Dicho caso se incorpora mediante una reducción (disminución) de la temperatura de operación máxima permitida (T'_{opmax}).

10 La siguiente fórmula describe la determinación de la "disminución" por armónicos en un transformador.

$$-\Delta T_{opmax} = \text{función} \left[\sum_{h=1}^{h=h_{max}} \left(\frac{I_h}{I_1} \right)^2 \right]$$

Para calcular la reducción utilizamos los "procedimientos de disminución de factor K" (procedimiento de EE. UU.) que son similares al procedimiento europeo propuesto establecido en la norma EN 50464-3.

15 Esto se traduce en la reducción de la temperatura de operación máxima (disminuida) reducida $T_{reducida}$ como sigue:

$$T'_{opmax} = T_{opmax} * \left(\frac{1}{K} \right)$$

Ejemplo: transformador con temperatura de operación nominal máxima $T_{opmax} = 80$ °C. La carga generada por el armónico lleva a un factor $K = 1,15$. Esto significa que la temperatura de operación máxima reducida $T'_{opmax} = 80 * 1/1,15 = 69,6$ °C.

20 La determinación de la intensidad de uso de los puntos de vida es, por lo tanto, en una región lineal ($Top < Topmax$) o en un rango exponencial ($Top > Topmax$). Los factores de estrés adicionales causados por condiciones de operación especiales (por ejemplo, presencia de corrientes armónicas) pueden cambiar el límite entre las dos áreas.

25 La figura 5 muestra un gráfico que ilustra el envejecimiento 72 lineal. Los valores de salida del nivel 1, que es una medida de la influencia en la vida de servicio del dispositivo, ahora se evaluarán en la segunda etapa para determinar su influencia cuantitativa en la vida útil del dispositivo.

30 El "consumo" de la vida se determina en el ritmo en el que la variable de salida desde el nivel 1 llega al nivel 2. Para este propósito, el dispositivo se asigna a una cantidad de puntos de vida (por ejemplo, un transformador tiene una durabilidad de 50 años = 1.576.800.000 segundos, la vida de 1 segundo es igual a 1 punto de vida). >>> El transformador tiene en su nueva condición una cantidad de 1.576.800.000 puntos de vida). Esta información se almacenará en el módulo de memoria del sistema como un parámetro del dispositivo eléctrico.

35 En el ritmo de evaluación y en función de la carga actual y el punto de operación actual del dispositivo eléctrico más o menos puntos de vida será restado de la "cuenta de puntos de vida" del dispositivo. En caso de que el dispositivo eléctrico esté sobrecargado, se deducirán más puntos de vida de la cuenta de puntos de vida. En caso de que la carga del dispositivo eléctrico se encuentre dentro de su rango nominal, la deducción de por vida solo será proporcional. Al final de cada ciclo en el nivel 2, se calculan los puntos de vida restantes y con esto la vida útil restante del dispositivo. La vida útil restante se almacena en el módulo de memoria como una variable.

Factor de envejecimiento lineal

Se aplica el factor de envejecimiento lineal cuando el equipo se utiliza dentro de las condiciones nominales de operación (por ejemplo, un transformador tiene una temperatura de operación máxima admisible de 80 °C).

40 Mientras el dispositivo se opera por debajo de esta temperatura máxima, el consumo de punto de vida lineal debe ser asumida. El consumo de la esencia de por vida en estas condiciones operativas se relaciona linealmente con el tiempo transcurrido.
 Δ vida útil:

$$\Delta nL = k * t$$

45 Ejemplo: un transformador con temperatura de operación nominal máxima $T_{opmax} = 80$ °C funciona a una temperatura de operación de $Top < 80$ °C:
 Vida total = 50 años (1.576.800.000 segundos) corresponde a una cantidad total de puntos de vida de $NL_{Total} = 1.576.800.000$ puntos, que corresponde a una constante de consumo lineal de $k = 1$ [1/s]

ES 2 698 534 T3

Un transformador que opera durante 24 horas (86400 segundos) en esta condición rango lineal consume 86400 puntos de vida;

$$\Delta nL = k * t = 1 * 86400 = 86400 \text{ puntos}$$

- 5 La figura 6A muestra una gráfica que ilustra la reducción de la vida útil de un transformador utilizando un factor de envejecimiento exponencial 74. Este factor de envejecimiento se usa cuando el dispositivo funciona fuera de las condiciones nominales de operación (por ejemplo, un transformador tiene una temperatura máxima de operación de 80 °C). Una vez que el dispositivo funciona por encima de esta temperatura máxima, se debe esperar un consumo exponencial de vida útil.

$$\Delta nL = t * k * 2^{((T_{op} - T_{opmax})/x)}$$

- 10 Donde k: = constante de consumo lineal
T_{op}: = Temperatura de operación
T_{opmax}: = Temperatura de operación máxima
x: Diferencia de temperatura para duplicar la tasa de envejecimiento.

- 15 Ejemplo: El transformador con una temperatura de operación nominal máxima Topmax = 80 °C funciona a una temperatura de operación Top = 88 °C; x = 8. Un transformador que, por ejemplo, funciona durante 24 horas (86400 segundos) en esta área utiliza los siguientes puntos de vida útil exponencial:
Δ Vida útil:

$$\Delta nL = t * k * 2^{((T_{op} - T_{opmax})/8)} \quad \Delta nL = 86400 * 1 * 2^{((88-80)/8)} = 172800$$

- 20 La figura 7 muestra un diagrama de flujo para determinar la vida útil 76 de servicio restante de un dispositivo eléctrico. Nivel 2 del procedimiento de análisis para un transformador con la salida "vida útil restante"

Para la determinación de la intensidad de uso de los puntos de vida se consideran los siguientes factores de envejecimiento.

- 25 Factor de envejecimiento lineal
Factor de envejecimiento exponencial
Envejecimiento a través de cargas con armónicos.
Envejecimiento por ocurrencias especiales como sobretensiones transitorias.

La primera etapa 78 es determinar si los armónicos están presentes o no, y para establecer la temperatura de operación máxima reducida como la temperatura máxima de operación nominal menos una temperatura de corrección en función de la cantidad de armónicos.

- 30 El segundo paso 80, 80' es establecer si lineal o envejecimiento exponencial es para ser utilizado, es decir, si la temperatura medida (T) está por encima o por debajo de la temperatura máxima de operación reducida. El factor de envejecimiento dependiente de la temperatura se establece entonces como uno (envejecimiento 82 lineal) o mayor que uno (envejecimiento 84 exponencial)

- 35 En la tercera etapa 86 se aplica el factor de envejecimiento transitorio en función de la presencia o no presencia de transitorios de tensión. Los resultados producen un ΔL siendo la reducción de la vida útil en el período de tiempo 88 específico. Al tomar la vida útil 90 restante del último período de tiempo y restar el valor ΔL, se establece un nuevo tiempo de vida restante para el período de tiempo y el siguiente período de tiempo en el ciclo de cálculo puede comenzar.

El factor de envejecimiento debido a ocurrencias especiales: sobretensiones transitorias.

- 40 La aparición de niveles de tensión por encima de la tensión operativa máxima especificada está forzando el aislamiento de un transformador. La tensión adicional continua debido a un mayor campo eléctrico puede acelerar el envejecimiento del transformador. Con este factor adicional, se pretende considerar dichos efectos en el consumo de la vida útil.

- 45 Para este propósito aceleración adicional se introducen factores de envejecimiento que representará el nivel y el tiempo de transitorios.

Factor de estrés adicional debido a los transitorios:

- 50 AACF: Factor de aceleración adicional por estrés de tensiones transitorias.
T: tiempo de integración
t: tiempo en que la tensión supera la tensión máxima permitida del transformador
Uo: pico de sobretensión transitoria
Umax: tensión nominal máxima permitida
K: Constante que permite ajustar el factor de estrés (tipo de transformador circunstancias especiales).

$$AACF = k \cdot t / T \cdot ((U_o / U_{max} - 1)) / 2$$

Ejemplo: un transformador con la tensión nominal máxima de 500 V y los transitorios de $t = 10 \text{ ms} / U_o = 3000 \text{ V}$ $U_{max} = 500 \text{ V}$, $U_o = 3000 \text{ V}$, $T = 1 \text{ seg}$, $k = 1$

$$AACF = 1 \cdot 0,01 / 1 \cdot (3000 / 500 - 1) / 2 = 0,025$$

- 5 La aplicación de este factor de envejecimiento adicional al determinar la vida útil de un transformador es más eficiente cuando se mide en el lado primario del transformador.

Los diferentes modos de cálculo vida útil lineal, exponencial se compensarán con el factor de AACF si procede.

$$\Delta nL = (1 + AACF) \cdot k \cdot t \quad \Delta nL = (1 + AACF) \cdot t \cdot k^2 \cdot ((Top - Topmax) / x)$$

Alarma a un cierto tiempo de vida útil residual

- 10 En cada ciclo, el tiempo de vida restante calculado del dispositivo se compara en la μ Procesador con un valor umbral almacenado en la memoria. Con esto, se puede activar una alarma después del consumo de un cierto número de puntos de vida útil (por ejemplo, el 80 % de la vida total). Esta alarma se transmite a través del módem WAN a un sistema central y/o se mostrará en la pantalla local.

Descripción del procedimiento de sincronización entre el dispositivo eléctrico y el sistema.

- 15 El sistema puede ser sincronizado con el dispositivo eléctrico en los siguientes casos:

Caso 1: Instalación inicial de un sistema en un dispositivo eléctrico recién instalado.

Caso 2: Instalación inicial de un sistema en un dispositivo eléctrico ya instalado que ha estado en funcionamiento durante algún tiempo.

- 20 Caso 3: Segunda instalación de un sistema en el mismo dispositivo eléctrico o un reemplazo de un sistema defectuoso.

Caso de sincronización 1

- 25 En el caso 1 un nuevo dispositivo se pone en funcionamiento y al mismo tiempo un sistema se instala en el dispositivo eléctrico. El sistema debe programarse con los parámetros que caracterizan el dispositivo eléctrico y con la vida útil esperada del mismo. Además, se programarán los límites deseados (por ejemplo, "Alarma si se ha agotado el 90 % de los puntos de vida").

Caso de sincronización 2

- 30 En el caso 2, un nuevo sistema está instalado en el dispositivo eléctrico. Este dispositivo eléctrico ya ha estado en funcionamiento por algún tiempo. El sistema se programará con los parámetros que caracterizan el dispositivo eléctrico y la vida esperada del dispositivo eléctrico. Además, debe haber información relacionada con la vida útil ya transcurrida del dispositivo eléctrico. Los siguientes datos son necesarios:

Edad del dispositivo eléctrico a prueba.

Tiempo de operación del dispositivo eléctrico a prueba.

El nivel de estrés al que ha estado expuesto el dispositivo eléctrico que se va a probar en el tiempo transcurrido.

- 35 La configuración de la edad y el tiempo de operación del dispositivo eléctrico no requiere medidas especiales. Para establecer el nivel de estrés al que ha estado expuesto el dispositivo eléctrico en el tiempo ya transcurrido, el sistema proporciona dos procedimientos que ayudan a determinar los puntos de vida ya consumidos. Es el procedimiento de "categorización" y el proceso de "aprendizaje adaptativo".

Procedimiento de categorización

- 40 Este procedimiento utiliza una tabla en la que se estima la carga y las condiciones de aplicación a la que el dispositivo eléctrico ha sido expuesto. Esta es una estimación subjetiva del pasado. Sobre la base de esta información, se determinarán y definirán los puntos de vida ya consumidos y la vida útil restante del dispositivo eléctrico (1).

Tiempo relativo									
Carga	< 10 %	< 20 %	< 40 %	< 60 %	< 80 %	< 90 %	<= 100 %		
% de carga nominal									
Tiempo de sobrecarga	✓							✓	
Sobrecarga, nivel de	5 %	10 %	15 %	20 %	25 %	30 %			
Armónicos	Ninguna: ✓			Bajo:			Alto:		
Tiempo relativo con armónicos.	< 10 %	< 20 %	< 40 %	< 60 %	< 80 %	<= 100 %			
	✓								
Impacto de los transitorios	Sí	✓	Nivel transitorio (x* Unominal)	4	Duración transitoria (% ₀₀)	50	frecuencia de ocurrencia	Segundos	
								Minutos	
	No							Cada hora	☐
Al aire libre				Interior			✓		
Temperatura media del ambiente.	20 grados C								

El proceso de "aprendizaje adaptativo"

5 El proceso de "aprendizaje adaptativo" es muy adecuado para los dispositivos eléctricos en el que las condiciones de aplicación durante la vida útil transcurrida son similares a las condiciones esperadas en el futuro cercano. Las características de carga durante un período de 3 ... 12 meses serán analizadas por el sistema. Después de 3 ... A los 12 meses se realiza una evaluación del pasado y la variable "puntos de vida ya consumidos" calculada por el sistema y se ajustará en consecuencia para el tiempo pasado.

Caso de sincronización 3

10 En este caso se hace una segunda instalación de sistema al mismo dispositivo eléctrico. Este es el caso cuando un sistema debe ser reemplazado debido a un fallo o al final de su vida útil. Es necesario en caso de que la vida de servicio de un sistema sea más corta que la vida útil del dispositivo eléctrico bajo prueba.

También en el caso de un sistema es defectuoso, la sincronización debe realizarse según este caso sobre la sustitución del sistema.

15 Cuando se utiliza este procedimiento de sincronización, todos los parámetros almacenados y los datos calculados deben ser transferidos desde el antiguo al nuevo sistema.

Es evidente que la tecnología actual se puede usar de varias otras maneras. La disposición del sistema puede incluir, además del procedimiento para determinar la vida útil restante, elementos para capturar y calcular valores tales como energía eléctrica, energía, frecuencia y componentes armónicos, etc.

Estos valores se calculan, procesan, almacenan, perfilan, visualizan y transmiten en/desde el mismo sistema. También se puede contemplar la combinación de un medidor eléctrico para medir la energía con el sistema.

20 Números de referencia

10. Conjunto	52. Modelo térmico
12. Transformador	54. Entrada (dominio del tiempo)
14. Sistema para determinar la reducción de la vida útil de servicio restante de un dispositivo eléctrico	56. FFT
16. Red de distribución eléctrica	58. Entrada de energía (dominio de frecuencia)
18. Sensores de temperatura	60. Temperatura (dominio de frecuencia)
20. Dispositivo de medición de temperatura	62. Algoritmo
22. Sensores eléctricos	64. Temperatura (dominio del tiempo)
24. Dispositivo de medición de corriente	66. FFT inversa
26. Dispositivo de medición de tensión	68. Operación sin armónicos
28. Microprocesador	70. Operación con armónicos.
30. Monitor	72. Envejecimiento lineal
32. Botón	74. Envejecimiento exponencial
34. Memoria	76. Determinar la vida útil de servicio restante
36. Puerto com local	78. Armónicos Sí/No
38. Fuente de alimentación	80. Determinación de la temperatura máxima de operación reducida
40. Fuente de alimentación de reserva	82. Factor de envejecimiento exponencial
42. Puerto de entrada/salida	84. Factor de envejecimiento lineal
44. Módem WAN	86. Factor de sobretensión transitoria
46. Convertidor A/D	88. Reducción de la vida útil restante de la operación
48. Microprocesador	90. Vida útil de operación restante del último período de tiempo específico
50. Memoria	92. Nueva vida útil de operación restante después del período de tiempo específico actual
	93 Sensor de temperatura para la temperatura ambiente.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un procedimiento para determinar una reducción de la vida útil de servicio restante de un dispositivo (12) eléctrico durante un período de tiempo específico de operación de dicho dispositivo (12) eléctrico, dicho dispositivo (12) eléctrico está conectado a una red (16) de distribución eléctrica, dicho dispositivo (12) eléctrico que tiene una temperatura de operación máxima y una tensión de operación máxima, comprendiendo dicho procedimiento las etapas de:

10 proporcionar un sistema (14) de medición que comprende un dispositivo (20) de medición de temperatura, un dispositivo (24) de medición de corriente y un dispositivo (26) de medición de tensión,
 medir un valor de temperatura correspondiente a la temperatura de dicho dispositivo (12) eléctrico durante dicho período de tiempo específico utilizando dicho dispositivo (20) de medición de temperatura,
 medir un conjunto de valores de tensión correspondientes a la tensión aplicada a dicho dispositivo (12) eléctrico por dicha red (16) de distribución eléctrica durante dicho período de tiempo específico utilizando dicho dispositivo (26) de medición de tensión,
 15 medir un conjunto de valores de corriente correspondientes a la corriente aplicada a dicho dispositivo (12) eléctrico por dicha red (16) de distribución eléctrica durante dicho período de tiempo específico utilizando dicho dispositivo (12) de medición de corriente,
 determinar una cantidad de carga armónica en dicho dispositivo (12) eléctrico sobre la base de dicho conjunto de valores de corriente, determinar una temperatura de operación máxima reducida de dicho dispositivo (12) eléctrico sobre la base de dicha cantidad de carga armónica y dicha temperatura de operación máxima,
 20 determinar una cantidad de sobretensiones transitorias en dicha red (16) de distribución eléctrica en dicho dispositivo (12) eléctrico sobre la base de dicho conjunto de valores de tensión y dicha tensión de operación máxima,
 determinar un factor de envejecimiento transitorio correspondiente a la relación entre dicha cantidad de sobretensiones transitorias y dicho conjunto de valores de tensión,
 25 determinar un factor de envejecimiento dependiente de la temperatura sobre la base de dicho valor de temperatura y dicha temperatura máxima de operación reducida, y
 determinar dicha reducción de la vida de servicio restante sobre la base de dicho período de tiempo específico, dicho factor de envejecimiento transitorio y dicho factor de envejecimiento dependiente de la temperatura.
- 30 2. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que cuando dicho valor de temperatura es igual o inferior a dicha temperatura de operación máxima reducida, dicho factor de envejecimiento dependiente de la temperatura es igual a uno, mientras que cuando dicho valor de temperatura es mayor que dicha temperatura de operación máxima reducida, dicha temperatura el factor de envejecimiento dependiente es exponencialmente dependiente de la diferencia entre dicho valor de temperatura y dicha temperatura máxima de operación reducida.
- 35 3. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho dispositivo (12) eléctrico es un dispositivo eléctrico inductivo, preferentemente un transformador, más preferentemente un transformador de distribución secundario.
- 40 4. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho dispositivo de medición de temperatura está adaptado para medir la temperatura ambiente fuera de dicho dispositivo (12) eléctrico y derivar dicho conjunto de valores de temperatura a partir de dicha temperatura ambiente, dicho conjunto de valores actuales y dicho conjunto de valores de tensión.
5. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho período de tiempo específico de operación está entre 1 segundo y 60 minutos.
- 45 6. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho sistema (14) de medición comprende además un procesador (28) que se comunica con dicho dispositivo (20) de medición de temperatura, dicho dispositivo (24) de medición de corriente y dicho dispositivo (26) de medición de tensión.
7. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha reducción de la vida útil de servicio restante es igual a dicho período de tiempo específico multiplicado por dicho factor de envejecimiento transitorio multiplicado por dicho factor de envejecimiento dependiente de la temperatura.
- 50 8. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho conjunto de valores de corriente se divide en un conjunto de corrientes fundamentales y un conjunto de corrientes armónicas de orden superior y dicha temperatura de operación máxima reducida es una función de dicha temperatura de operación máxima y una relación entre dicho conjunto de corrientes fundamentales y dicho conjunto de corrientes armónicas de orden superior.
- 55 9. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la diferencia entre la temperatura máxima de operación y la temperatura máxima de operación reducida se describe según la siguiente fórmula:

$$\Delta T_{opmax} = \text{función} \left[\sum_{h=1}^{h=hmax} \left(\frac{I_h}{I_1} \right)^2 \right]$$

en la que ΔT_{opmax} es la diferencia entre la temperatura máxima de operación y la temperatura máxima de operación reducida, I_h es la magnitud del h-ésimo armónico e I_1 es la corriente fundamental.

5 10. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, dicho factor de envejecimiento transitorio depende de una magnitud y una duración de los valores de tensión que pertenecen a dicho conjunto de valores de tensión y que exceden dicha tensión de operación máximo.

11. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho factor de envejecimiento transitorio se describe según la siguiente fórmula:

$$k \cdot T \cdot ((U_o/U_{max}-1))/2$$

10 en la que k es una constante, t es el tiempo en que la tensión supera la tensión de operación máxima, T es el período de tiempo específico, U_o es el pico de sobretensión transitoria y U_{max} es la tensión de operación máxima.

12. Un procedimiento para determinar la vida de servicio restante de un dispositivo (12) eléctrico almacenando una vida de servicio nominal de dicho dispositivo (12) eléctrico en una unidad de memoria y durante un período específico de operación de dicho dispositivo (12) eléctrico deducir de dicha vida de servicio nominal es una
15 reducción de la vida útil restante derivada según cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

13. El procedimiento según la reivindicación 12, en el que dicho dispositivo (12) eléctrico ya se usa durante un primer período de tiempo y dicha vida de servicio nominal se ajusta de forma adaptativa basándose en dicho primer período de tiempo y la reducción de la vida de servicio restante durante un segundo período de tiempo.

20 14. Un sistema (14) para determinar una reducción de la vida útil de servicio restante de un dispositivo eléctrico durante un período de tiempo específico de operación de dicho dispositivo (12) eléctrico, dicho dispositivo (12) eléctrico está conectado a una red (16) de distribución eléctrica, dicho dispositivo (12) eléctrico con una temperatura de operación máxima y una tensión de operación máxima. dicho sistema (14) comprende un sistema de medición, comprendiendo dicho sistema de medición:

25 un dispositivo (20) de medición de temperatura para medir un valor de temperatura correspondiente a la temperatura de dicho dispositivo (12) eléctrico durante dicho período de tiempo específico,

un dispositivo (24) de medición de corriente para medir un conjunto de valores de corriente correspondientes a la corriente aplicada a dicho dispositivo (12) eléctrico por dicha red (16) de distribución eléctrica durante dicho período de tiempo específico,

30 un dispositivo (26) de medición de tensión para medir un conjunto de valores de tensión correspondientes a la tensión aplicado a dicho dispositivo (12) eléctrico por dicha red (12) de distribución eléctrica durante dicho período de tiempo específico, y

una unidad de procesamiento para determinar una cantidad de carga armónica en dicho dispositivo (12) eléctrico sobre la base de dicho conjunto de valores de corriente, determinando una temperatura operativa máxima reducida de dicho dispositivo (12) eléctrico sobre la base de dicha cantidad de carga armónica y dicha

35 temperatura de operación máxima, determinando una cantidad de sobretensiones transitorias en dicha red (16) de distribución eléctrica en dicho dispositivo (12) eléctrico sobre la base de dicho conjunto de valores de tensión y dicha tensión de operación máxima, determinando un factor de envejecimiento transitorio correspondiente al relación entre dicha cantidad de sobretensiones transitorias y dicho conjunto de valores de tensión, determinando un factor de envejecimiento dependiente de la temperatura sobre la base de dicho valor de temperatura y dicha

40 temperatura máxima de operación reducida, y determinando dicha reducción de la vida de servicio restante sobre la base de dichos valores específicos período de tiempo, dicho factor de envejecimiento transitorio y dicho factor de envejecimiento dependiente de la temperatura.

45 15. Un conjunto (10) que comprende un dispositivo (12) eléctrico, preferentemente un dispositivo eléctrico inductivo más preferentemente un transformador, lo más preferentemente un transformador de distribución secundario, y un sistema (14) según la reivindicación 14.

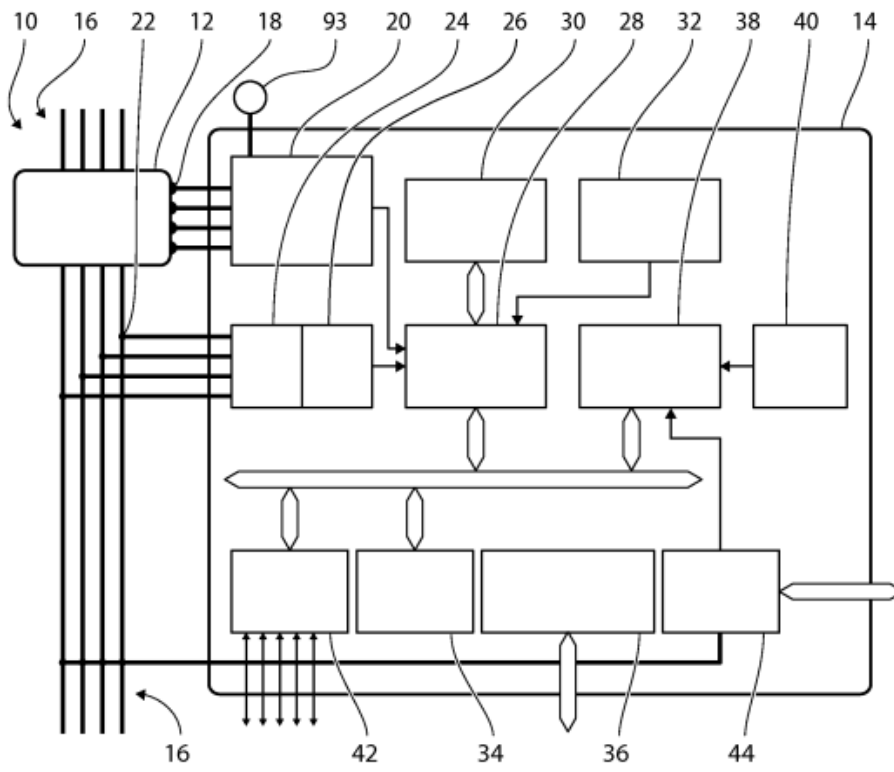


FIG. 1

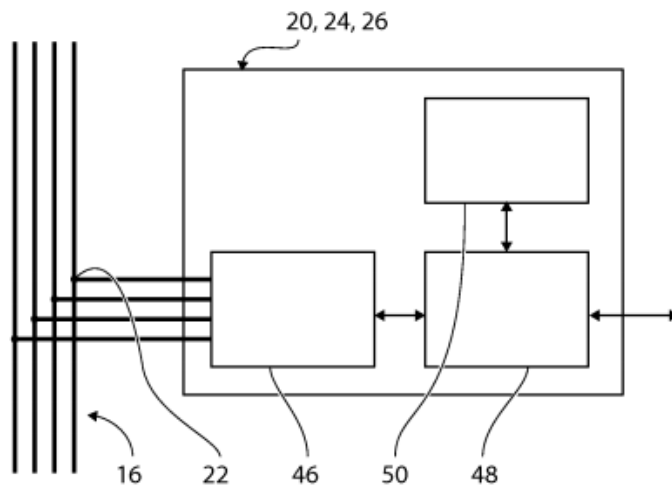


FIG. 2

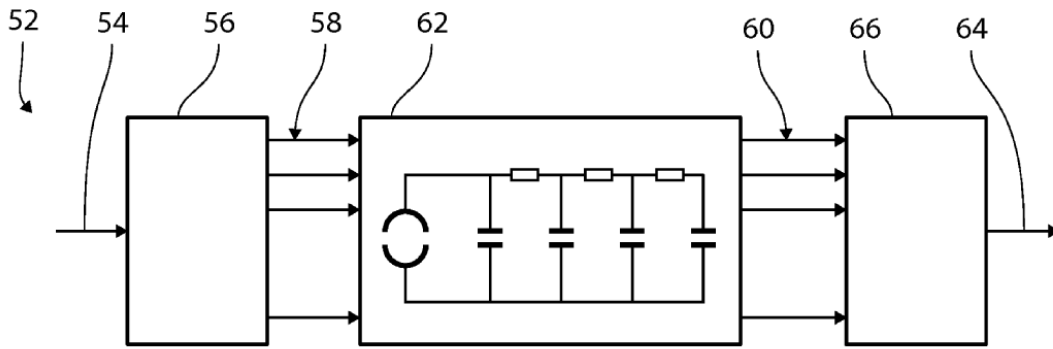


FIG. 3

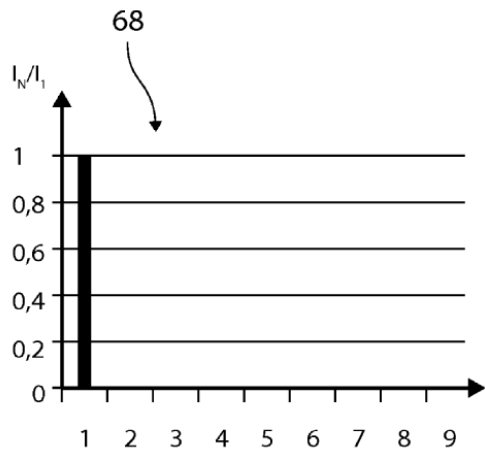


FIG. 4A

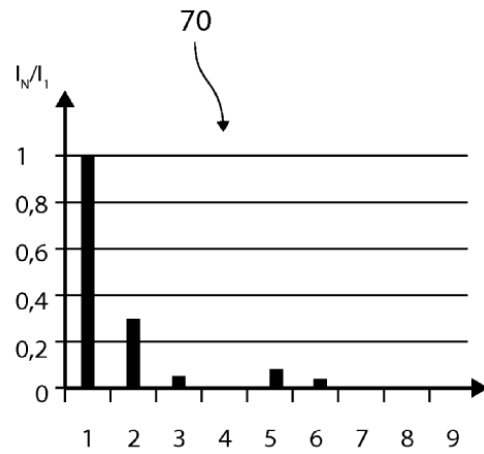
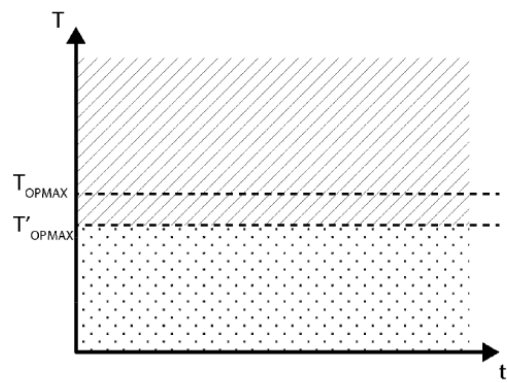
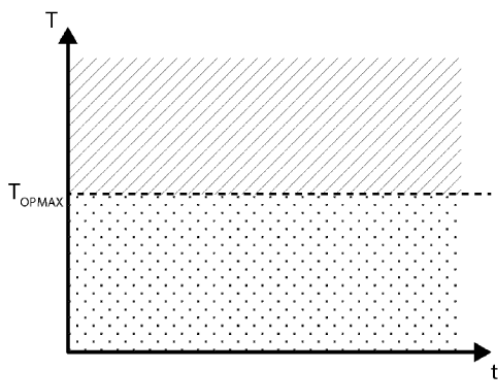


FIG. 4B



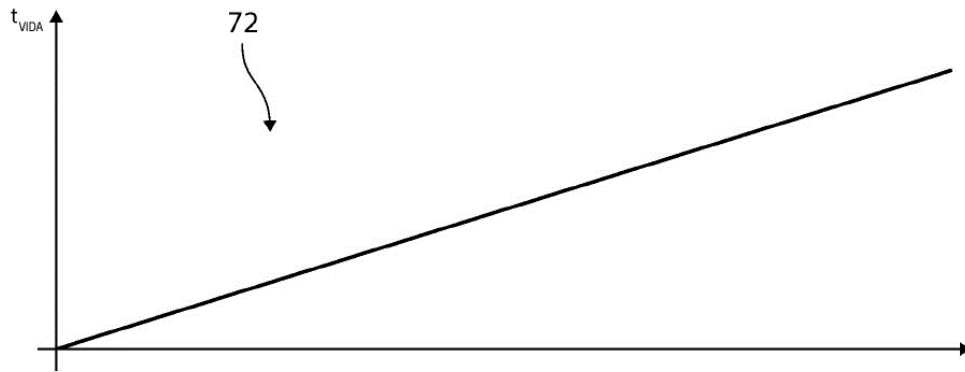


FIG. 5

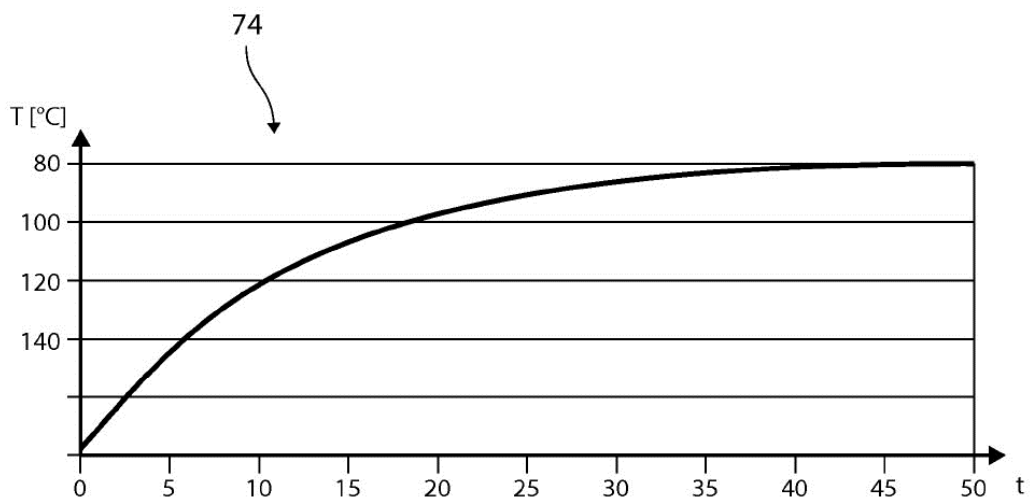


FIG. 6

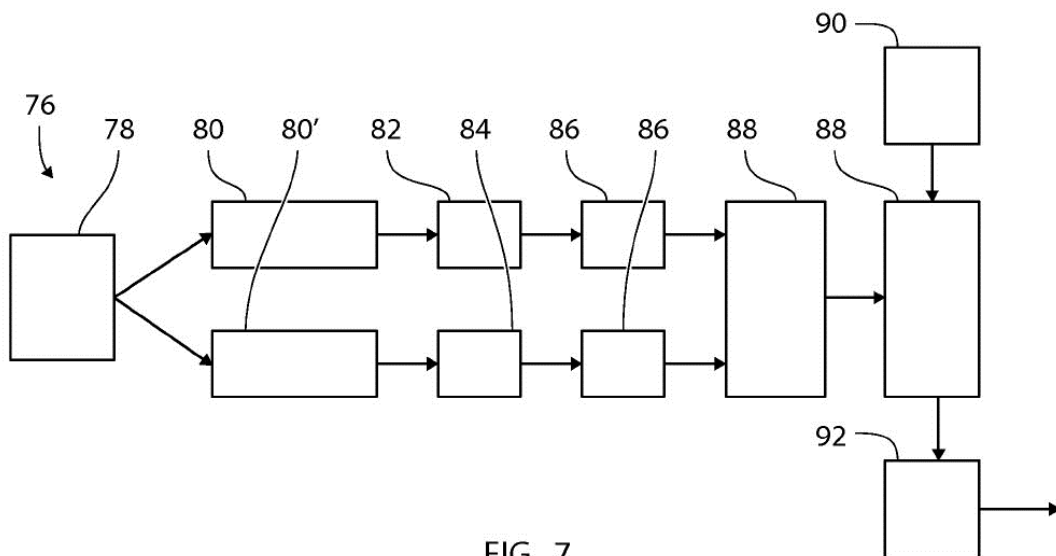


FIG. 7