

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 617 105**

21 Número de solicitud: 201600864

51 Int. Cl.:

G01R 31/02

(2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

10.10.2016

43 Fecha de publicación de la solicitud:

15.06.2017

71 Solicitantes:

**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA (70.0%)
Pabellón de Gobierno, Avda. de los Castros s/n
39005 Santander (Cantabria) ES y
VIESGO DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA (30.0%)**

72 Inventor/es:

**MAÑANA CANTELI , Mario ;
ARROYO GUTIÉRREZ , Alberto ;
PIGAZO LÓPEZ, Alberto;
MARTÍNEZ TORRE , Raquel ;
BAYONA BLANCO, Eduardo;
MÍNGUEZ MATORRAS , Rafael ;
RODRIGUEZ ALONSO, José Iván y
GARROTE GARCÍA , Ramsés**

54 Título: **Metodología y sistema para la detección de la ferroresonancia en transformadores mediante el análisis de su ruido y/o vibraciones**

57 Resumen:

Método de detección prematura de la ferroresonancia en transformadores de la red eléctrica mediante el análisis de señales producidas por la magnetoestricción procedentes de dichos transformadores, tal que el método está configurado para evitar daños futuros en los transformadores y en otros elementos de la línea consecuencia de la sobrecorriente generada, y comprende las etapas de: instalar una sensórica adecuada para la medición de las señales; realizar ensayos previos de calibración de los sensores; obtener los valores patrón de las señales; comenzar una campaña de medidas en tiempo real hasta la obtención del valor eficaz (RMS) en tiempo real; comparar los valores eficaces (RMS) obtenidos en tiempo real con los valores patrón de los diferentes eventos. Sistema para la detección prematura de la ferroresonancia en un transformador de la red eléctrica mediante la medición de señales producidas por la magnetoestricción procedentes de dicho transformador, que comprende: un transformador, sensórica para la medición de las señales producidas por la magnetoestricción procedentes del transformador y un sistema de adquisición de datos conectado a la sensórica.

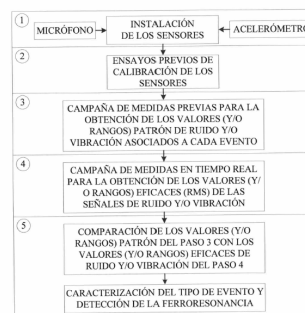


FIGURA 1

DESCRIPCIÓN

METODOLOGÍA Y SISTEMA PARA LA DETECCIÓN DE LA FERRORESONANCIA EN TRANSFORMADORES MEDIANTE EL ANÁLISIS DE SU RUIDO Y/O VIBRACIONES5 **CAMPO DE LA INVENCION**

La presente invención pertenece al campo de la ingeniería eléctrica y a la producción y distribución de la energía eléctrica, y más concretamente al campo de los métodos y sistemas para la detección de la ferresonancia en transformadores de las redes eléctricas mediante el análisis del ruido y/o vibración existente en dichos transformadores.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

15 La ferresonancia es un fenómeno no lineal que se caracteriza por generar sobretensiones, sobrecorrientes y oscilaciones de las señales de tensión e intensidad. Este fenómeno se produce por la asociación en serie o en paralelo de capacidades, debidas en la mayoría de los casos a las líneas eléctricas, e inductancias saturables, introducidas principalmente por los núcleos saturables de los transformadores [1].

20 Se debe distinguir entre circuitos lineales y no lineales. En los primeros, la resonancia se produce cuando la reactancia capacitiva y la inductiva son iguales para la frecuencia del sistema, mientras que en los segundos, (caso en el que aparece la ferresonancia) los valores de inductancia cambian dependiendo de la intensidad del sistema por lo que pueden existir diferentes puntos de operación en los que se produzca la ferresonancia. Un circuito ferresonante presenta una curva de saturación no lineal, por lo que la inductancia no será proporcional a la corriente, mientras que la capacidad sí lo será. Es por esto que la frecuencia a la que se produce la ferresonancia puede ser diferente a la frecuencia fundamental del circuito, e incluso puede llegar a

producirse a diversas frecuencias, convirtiéndose así en un efecto caótico.

La ferresonancia es un problema muy extendido en los sistemas de potencia ya que cuentan con capacidades (líneas eléctricas aéreas y subterráneas) e inductancias no lineales (transformadores de tensión). Esto produce que bajo ciertas condiciones de operación, fallos en los fusibles de los transformadores, energización manual de transformadores, empalmes abiertos, maniobras de conmutación, faltas en las líneas, etc., aparezca el fenómeno de la ferresonancia.

Los tipos de ferresonancia en los sistemas eléctricos dependen de la frecuencia a la que se produce la misma [1]. De este modo se distinguen cuatro tipos: 1) tipo fundamental, si la ferresonancia se produce a la frecuencia fundamental del sistema f_0 . Las señales son periódicas y pueden contener un número variable de armónicos ($n \cdot f_0$), 2) tipo sub-armónico, si la ferresonancia se produce en un sub-armónico. Las señales son periódicas y con un periodo múltiplo a la frecuencia natural del sistema (f_0 / n), 3) tipo cuasi-periódico, si la ferresonancia se produce a una frecuencia no múltiplo de la frecuencia natural del sistema y 4) tipo caótico: donde el espectro es continuo.

La ferresonancia es un fenómeno que en menor o mayor medida se encuentra en todos los conjuntos línea eléctrica-transformador, y la consecuencia final de su aparición en un sistema eléctrico, es la destrucción parcial o total de los transformadores [2] y otros elementos de la línea debido a la sobre corriente en la misma. La detección de la ferresonancia se hace necesaria para el estudio del grado de perjuicio que puede acarrear a dicho conjunto.

La ferresonancia viene acompañada de diferentes fenómenos que producen dicha destrucción parcial o total del transformador y que además permiten detectar su aparición: saturación del núcleo de los transformadores, distorsión de las señales de tensión y corriente así como la aparición de sobretensiones y sobreintensidades, desplazamiento del neutro, aumento de la temperatura en los transformadores, ruido

elevado en los transformadores, destrucción del devanado primario permaneciendo el secundario sin daños, daño en el equipo eléctrico por calentamiento o por rotura de los aisladores y disparos inesperados en las protecciones de la línea.

5 El fenómeno de ferresonancia es tan extendido y tan dañino que existen diferentes métodos y sistemas que se centran en su mitigación, de manera que esta no llegue a causar daños potencialmente elevados en los sistemas eléctricos [3]. El sistema más utilizado para eliminar o mitigar la ferresonancia es la instalación de una resistencia de carga en el triángulo abierto del secundario de protección de los transformadores de tensión monofásicos. El valor de la resistencia debe ser reducido de manera que se minimicen las pérdidas en estado normal pero que a la vez sea lo suficiente para mitigar el fenómeno. Otro sistema, es la instalación de una resistencia en el neutro del transformador de tensión. Sin embargo, este sistema se limita a transformadores modernos en los que los núcleos estén contruidos en materiales magnéticos de bajas pérdidas. Otras propuestas se basan en la instalación de un inductor saturable en serie con la resistencia de amortiguamiento [4]. La utilización de este sistema puede empeorar el calentamiento en caso de falta a tierra y precisa de un diseño específico para cada transformador. Para evitar los problemas derivados de este sistema es necesario integrar un sistema de detección que diferencie entre la falta y la ferresonancia y actúe cuando es necesario. En la literatura técnica existen referencias en las que se utiliza un limitador de tiempo, el cual hace que la carga esté activa a través de un elemento de estado sólido [4]. Se utiliza un termistor de coeficiente de temperatura positivo en serie con la resistencia para realizar la desconexión. De esta manera, durante un evento de ferresonancia actúa una resistencia de valor pequeño, pero en el caso de falta a tierra el termistor aumenta de temperatura lo que se traduce en un aumento de la resistencia que permite limitar la corriente que pasa por el secundario. Además, existen numerosas variantes de sistemas de supresión o mitigación de la ferresonancia basados en los sistemas anteriores.

30 Del mismo modo, existen también métodos y sistemas para la detección de la ferresonancia, todos ellos basados en la observación de los fenómenos que la

ferroresonancia produce, y que han sido descritos anteriormente.

El primero de los métodos consiste en realizar un análisis de la saturación del núcleo del transformador de potencia. Para ello se coloca un núcleo adicional saturable cuyo punto de saturación tenga un valor ligeramente inferior al del transformador que produce la ferroresonancia. De este modo el núcleo adicional se satura antes que el transformador llevando a una temprana detección del fenómeno de ferroresonancia [5-9]. Su eficiencia depende del grado de precisión logrado en el diseño del núcleo saturable. La principal deficiencia de este sistema se basa en la necesidad de un núcleo saturable diferente para cada uno de los transformadores susceptible de sufrir la ferroresonancia, lo que es muy costoso tanto económica como técnicamente. Además, el diseño preciso del núcleo adicional es complicado debido a que los fabricantes no aportan la información necesaria sobre los núcleos de los transformadores de tensión, que permitiese realizar un núcleo suficientemente eficiente.

El segundo de los métodos de detección de ferroresonancia consiste en el control de la sobretensión que ésta produce por encima de un valor umbral [3,10]. De este modo, en el momento en que se detecte la sobretensión se introduce un circuito amortiguador que mitigue los efectos de la misma. La eficiencia de este método depende en gran medida de la precisión a la hora de seleccionar el valor umbral de tensión y no tiene en cuenta el motivo de la sobretensión. El principal inconveniente de este método radica en que el circuito de amortiguamiento se aplica en todos los eventos en los cuales se produce una sobretensión, sin tener en cuenta si es una ferroresonancia o una falta. Como se explicó anteriormente, el método más extendido para amortiguar una posible ferroresonancia es colocar una resistencia de valor relativamente bajo en el secundario del transformador de protección de tensión. Sin embargo, para proteger a los transformadores de las faltas, dichas resistencias deben tener un valor más elevado. Por lo tanto para evitar el daño en los transformadores, se debería diferenciar entre los tipos de eventos.

Existe también un método que analiza la forma característica de la onda que se produce

al aparecer la ferresonancia. Este método descompone las formas de onda de tensión y corriente para detectar la ferresonancia. Los métodos de análisis que se utilizan son la transformada wavelet y la teoría de redes neuronales artificiales (ANN) [11-15]. Sin embargo, la descomposición de la onda de tensión e intensidad requerida en este método, implica la necesidad de trabajar cerca de un punto de elevada tensión con los problemas de seguridad que ello conlleva. Además este método precisa de un analizador de red para conseguir datos de alta precisión, con el consecuente coste económico.

Otro novedoso método para la detección de la ferresonancia consiste en usar redes multicapa (Multi-Layer Perceptron, MLP). Este método se entrena para analizar las muestras de la onda en un ciclo completo de la señal de tensión a la frecuencia fundamental de 50 Hz [16]. El principal inconveniente en la utilización de la transformada de wavelet y la teoría de redes neuronales para la detección de la ferresonancia se basa en la dificultad de entrenar a las redes neuronales para la clasificación de las señales y el tiempo que conlleva la adquisición del histórico de datos.

Por otro lado, existen métodos que utilizan la monitorización de las vibraciones para detectar bien el envejecimiento de los aislantes y las chapas en los transformadores [17-19] o bien para detectar faltas en los intercambiadores de tomas [20]. Los primeros analizan el desgaste en los elementos que sustentan las bobinas dentro del transformador o de las chapas magnéticas y miden el incremento que se produce en la vibración a medida que los aislamientos van perdiendo sus propiedades mecánicas, mientras que los segundos miden las vibraciones en el transformador para detectar fallos en los intercambiadores de tomas a la hora de actuar sobre ellos y modificar los diferentes niveles de tensión del mismo.

Sin embargo, estos métodos únicamente detectan fallos, no siendo viables para detectar de forma óptima la ferresonancia puesto que ésta no es un fallo sino un comportamiento anómalo que a la larga puede derivar en un fallo. Estos métodos

colocan las sondas de vibración en lugares próximos al elemento del que quieren analizar su envejecimiento o su fallo (aislantes, intercambiador de tomas), sin embargo de esta forma no es posible detectar la ferresonancia. Finalmente, se entiende que si los aislantes, los intercambiadores de tomas, etc. no se encuentran dañados las vibraciones serán mínimas, mientras que el efecto de ferresonancia sí se puede producir puesto que depende de la saturación del núcleo y mediante esos métodos no se llegaría a detectar.

REFERENCIAS

- [1] P. Ferracci. Ferresonance. Groupe Schneider: Cahier technique n° 190, pp. 1-28, March 1998.
- [2] Transient and temporary overvoltages and currents—annex D: ferresonance effects. Leonardo Energy, May 2008.
- [3] W. Piasecki, M. Florkowski, M. Fulczyk, P. Mahonen and W. Nowak. Mitigating ferresonance in voltage transformers in ungrounded MV networks. Power Delivery, IEEE Transactions on, vol. 22, pp. 2362-2369, 2007.
- [4] J. Rajda, S. Dewan. Ferresonance-suppressing static transfer switch, US 6560128 B1. Feb, 1999.
- [5] Method and system for online ferresonance detection, US 9246326 B2.
- [6] Protection system for voltage transformers, US 20110062797.
- [7] T. Van Craenenbroeck, D. Van Dommelen, N. Janssens. Damping circuit design for ferresonance in floating power systems. European Transactions on Electrical Power, May 2007.
- [8] D. Shein S. Zissu. Domains of ferresonance occurrence in voltage transformers with or without damping reactors. Research & development division Israel electric corporation. Eighteenth convention of electrical and electronics engineers in Israel, 1995.
- [9] W. Piasecki, M. Stosur, M. Florkowski, M. Fulczyk, B. Lewandowski. Mitigating ferresonance in HV inductive transformers. International conference on power systems transients (IPST'09) in Kyoto, Japan on June 3-6, 2009.

- [10] M. Sanaye-Pasand, R. Aghazadeh. Capacitive voltage substations ferroresonance prevention using power electronic devices. International conference on power systems transients – IPST 2003 in New Orleans, USA.
- [11] V. Valverde, J. Mazón, G. Buigues, I. Zamora. Ferroresonance suppression in voltage transformers. *Przegląd Electrotechniczny (Electrical review)*, ISSN 0033-2097, R. 88 NR 1a/2012.
- [12] G. Mokryani, M. R. Haghifam, and J. Esmailpoor. A novel technique for ferroresonance identification in distribution networks. *International journal of electrical, computer, and systems engineering* 1;2 (www.waset.org Spring 2007).
- [13] G. Mokryani, P. Siano, A. Piccolo. Identification of ferroresonance based on S-transform and support vector machine. *Simulation modelling practice and theory* 18 (2010) 1412–1424.
- [14] C. Huang, J. Gu, M. Yang. Applying wavelet transform to ferroresonance detection and protection. *International journal of electrical, computer, energetic, electronic and communication engineering* Vol.: 8, N.: 7, 2014.
- [15] P. Guo, C. Li, S. Yan, J. Zhang. Application of wavelet transform in ferroresonance detection. 978-1-4577-0536-6/11, 2011, IEEE.
- [16] V. Valverde, G. Buigues, A.J. Mazón, I. Zamora, A. Etxegarai. Verification tests of a novel ferroresonance detection technique. *International conference on renewable energies and power quality (ICREPQ'13)*, Bilbao (Spain), 20th to 22th March, 2013.
- [17] W. Naranpanawe and K. Bandara and T. Saha, and C. Ekanayake and P. Annamalai. Effect of pressboard ageing on power transformer mechanical vibration characteristics. *Power and Energy Engineering Conference (APPEEC)*, 2015, IEEE PES Asia-Pacific.
- [18] M. Aziz, V. Lanfranchi, N. Buiron. Study interpretation phenomenon magnetostriction and noise of lamination FeSi sheets for transformer. *The 1st International Seminar on Science and Technology H606-147 August 5th 2015*, Postgraduate Program Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya, Indonesia.
- [19] V. Blanco, M. Roca, F. Estévez, A. López, V. Salas, M. Vicedo, J.I. Frau. Herramienta para el diagnóstico del Estado de Transformadores de Potencia mediante la Monitorización y Análisis de Vibraciones. *Cátedra Endesa Red-UIB, Departamento*

de Física (Univ. Illes Balears).

[20] R. Duan, F. Wang. Fault diagnosis of on-load tap-changer in converter transformer based on time-frequency vibration analysis. IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 63, N°6, June 2016.

5

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

10

La presente invención trata de resolver los inconvenientes mencionados anteriormente mediante un método y sistema para la detección prematura de la ferresonancia en los transformadores de la red eléctrica mediante el análisis del ruido y/o las vibraciones existentes en cada transformador a analizar, lo que permite evitar daños futuros en los transformadores y en otros elementos de la línea consecuencia de la sobre corriente generada.

15

20

Concretamente, en un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un método de detección prematura de la ferresonancia en transformadores de la red eléctrica mediante el análisis de señales producidas por la magnetoestricción procedentes de dichos transformadores, tal que el método está configurado para evitar daños futuros en los transformadores y en otros elementos de la línea consecuencia de la sobrecorriente generada, y comprende las etapas de:

25

- en cada transformador a analizar, instalar una sensórica adecuada para la medición de las señales producidas por la magnetoestricción procedentes del transformador;

30

- realizar ensayos previos de calibración de los sensores, tal que dichos ensayos previos permitan ajustar la sensibilidad, la linealidad, el rango de medidas y la ganancia de los sensores, de manera que se asegure la correcta medición en el emplazamiento específico;
- obtener los valores patrón de las señales producidas por la magnetoestricción procedentes de cada transformador asociados a los diferentes eventos, tales como

ferroresonancia, falta o funcionamiento normal, de tal forma que se pueda realizar un análisis completo de las características de las señales producidas por la magnetoestricción dependiendo del tipo de transformador, ubicación y evento producido, tal que el método comprende las etapas de:

5

- realizar una campaña de medidas previas en diferentes eventos y posiciones de cada transformador a analizar;

10

- acondicionar las señales producidas por la magnetoestricción procedentes del transformador, tal que se realice un ajuste de rango y un amplificado de dichas señales;

15

- ecualizar las señales producidas por la magnetoestricción acondicionadas, de tal forma que se realicen etapas de filtrado que permitan el paso de las frecuencias a las que sí se produce el evento buscado, y bloqueen el paso de las frecuencias a las cuales no se produce este evento;

20

- obtener el valor eficaz (RMS) de las señales producidas por la magnetoestricción ecualizadas, el cual aglutina el efecto de todas las frecuencias que pueden originar el evento buscado, tal que se consiguen las frecuencias a las que se producen los diferentes eventos, particularmente del evento de ferroresonancia;

25

- relacionar los valores eficaces (RMS) de las señales producidas por la magnetoestricción ecualizadas con los diferentes eventos, tal que se obtienen los valores patrón de las señales producidas por la magnetoestricción para cada evento, donde: el evento de funcionamiento normal es aquel que se produce con mayor asiduidad y que se corresponde a los momentos en los que el transformador está operando en condiciones nominales; el evento de falta se identifica con aquellos períodos de tiempo en los que no existe corriente por una de las fases o cuando se produce un cortocircuito entre las mismas; y el

30

evento de ferromagnetización se produce cuando la saturación en el núcleo es elevada originando señales producidas por la magnetoestricción mayores que en el caso del evento de funcionamiento normal;

5 - una vez obtenidos los valores patrón, comenzar una campaña de medidas en tiempo real, tal que se analizan las señales producidas por la magnetoestricción procedentes del transformador en cada instante y tal que cada señal se procesa de forma continua siguiendo las mismas etapas descritas anteriormente hasta la obtención del valor eficaz (RMS) en tiempo real;

10 - comparar los valores eficaces (RMS) obtenidos en tiempo real con los valores patrón de los diferentes eventos, de tal forma que se caracteriza el tipo de evento existente en cada momento y se detecta la ferromagnetización.

15 En una posible realización, después de la etapa de acondicionamiento se realiza un filtrado de las señales producidas por la magnetoestricción acondicionadas.

En una posible realización, previa a la etapa de ecualización se realiza una discretización de las señales producidas por la magnetoestricción acondicionadas, lo que permite
20 transformar la señal analógica en una señal digital.

En una posible realización, las señales producidas por la magnetoestricción son señales de ruido, y la sensórica a instalar es al menos un micrófono direccional, tal que dicho al menos un micrófono direccional se instala a una distancia tal que la señal acústica se
25 encuentre dentro de los rangos de medida y sensibilidad de los micrófonos, y orientado hacia la parte más cercana al núcleo del transformador. Preferentemente, la distancia entre cada micrófono y el transformador es inferior a 10 centímetros. En una posible realización, se instala además un micrófono direccional, orientado en sentido contrario al transformador y apantallado acústicamente en esa orientación, permitiendo así
30 realizar una compensación activa del ruido ambiente.

Alternativamente, las señales producidas por la magnetoestricción son señales de vibración, y la sensórica a instalar es al menos un acelerómetro sustentado en la carcasa exterior del transformador.

5 Alternativamente, las señales producidas por la magnetoestricción son señales de ruido y señales de vibración, tal que la sensórica a instalar es: al menos un micrófono direccional, tal que dicho al menos un micrófono direccional se instala a una distancia tal que la señal acústica se encuentre dentro de los rangos de medida y sensibilidad de los micrófonos, y
10 acelerómetro sustentado en la carcasa exterior del transformador.

En una posible realización, los valores patrón son rangos de valores patrón.

15 Preferentemente, los transformadores a analizar son transformadores de medida de tensión y transformadores de potencia.

En otro aspecto de la invención, se proporciona un sistema para la detección prematura de la ferresonancia en un transformador de la red eléctrica utilizando el método definido anteriormente, mediante la medición de señales producidas por la magnetoestricción
20 procedentes de dicho transformador, que comprende: un transformador, sensórica para la medición de las señales producidas por la magnetoestricción procedentes del transformador y un sistema de adquisición de datos conectado a la sensórica. En una posible realización, el transformador es un transformador de tensión. Alternativamente, el transformador es un transformador de potencia.

25 En una posible realización, la sensórica es al menos un micrófono direccional situado a una distancia inferior a 10 centímetros con respecto al transformador, tal que permite medir señales de ruido. En esta posible realización, el sistema comprende además un micrófono direccional, orientado en sentido contrario al transformador y apantallado
30 acústicamente en esa orientación, permitiendo así realizar una compensación activa del ruido ambiente. En otra posible realización, la sensórica es al menos un

acelerómetro sustentado en la carcasa exterior del transformador, tal que permite medir señales de vibración.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

5

Con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica del mismo, y para complementar esta descripción, se acompaña como parte integrante de la misma, un juego de dibujos, cuyo carácter es ilustrativo y no limitativo. En estos dibujos:

10

La figura 1 muestra un diagrama de flujo de la metodología de la invención para la detección de la ferroresonancia.

15

La figura 2 muestra un diagrama de flujo detalle del diagrama de flujo de la figura 1.

La figura 3 muestra un posible esquema hardware que soporta las etapas de acondicionamiento y discretización de las señales de ruido y/o vibración

20

La figura 4 muestra un diagrama de flujo detalle del diagrama de flujo de la figura 1.

La figura 5 muestra un ejemplo de señal de ruido acondicionada, ante un evento de funcionamiento normal.

25

La figura 6 muestra un ejemplo de señal de ruido acondicionada, ante un evento de ferroresonancia.

La figura 7 muestra la señal de ruido de la figura 5, discretizada y ecualizada.

30

La figura 8 muestra la señal de ruido de la figura 6, discretizada y ecualizada.

La figura 9 muestra la señal de ruido eficaz (RMS) de la señal de ruido de la figura 7.

La figura 10 muestra la señal de ruido eficaz (RMS) de la señal de ruido de la figura 8.

5 La figura 11 muestra una señal de ruido eficaz (RMS) en tiempo real, correspondiente con un evento de funcionamiento normal.

La figura 12 muestra una señal de ruido eficaz (RMS) en tiempo real, correspondiente con un evento de ferresonancia.

10

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

15 En este texto, el término “comprende” y sus variantes no deben entenderse en un sentido excluyente, es decir, estos términos no pretenden excluir otras características técnicas, aditivos, componentes o pasos.

Además, los términos “aproximadamente”, “sustancialmente”, “alrededor de”, “unos”, etc. deben entenderse como indicando valores próximos a los que dichos términos
20 acompañen, ya que por errores de cálculo o de medida, resulte imposible conseguir esos valores con total exactitud.

Además, se entiende por magnetoestricción la propiedad de los materiales magnéticos a cambiar de forma en presencia de un campo magnético. Un experto en la materia
25 entenderá que las señales de ruido y/o vibración mencionadas en la presente invención son señales producidas por la magnetoestricción.

Las características del método y el sistema de la invención, así como las ventajas derivadas de las mismas, podrán comprenderse mejor con la siguiente descripción, hecha
30 con referencia a los dibujos antes enumerados.

Las siguientes realizaciones preferidas se proporcionan a modo de ilustración, y no se pretende que sean limitativas de la presente invención. Además, la presente invención cubre todas las posibles combinaciones de realizaciones particulares y preferidas aquí indicadas. Para los expertos en la materia, otros objetos, ventajas y características de la invención se desprenderán en parte de la descripción y en parte de la práctica de la invención.

Además, se entiende como evento todo aquel régimen de funcionamiento del transformador que pudiera llevar a un comportamiento correcto o anómalo del mismo. En el contexto de la presente invención, preferentemente se estudian los eventos de falta y ferresonancia así como el funcionamiento normal, aunque no se excluyen otros posibles comportamientos del transformador.

A continuación se describe el método y el sistema para la detección prematura de la ferresonancia en los transformadores de la red eléctrica mediante el análisis del ruido y/o las vibraciones existentes en cada transformador a analizar, lo que permite evitar daños futuros en los transformadores y en otros elementos de la línea, consecuencia de la sobrecorriente generada. Preferentemente, los transformadores a analizar son transformadores de medida de tensión y transformadores de potencia.

La figura 1 muestra un diagrama de flujo de la metodología de la invención para la detección de la ferresonancia, en donde pueden distinguirse las siguientes etapas del método: 1) instalación de los sensores de ruido (micrófono) y/o vibración (acelerómetro); 2) ensayos previos de calibración de los sensores de ruido y/o vibración; 3) campaña de medidas previas para la obtención de los valores (y/o rangos) patrón de ruido y/o vibración, asociados a los diferentes eventos (ferresonancia, falta, funcionamiento normal, etc.); 4) campaña de medidas en tiempo real para la obtención de los valores (y/o rangos) eficaces (RMS) de las señales de ruido y/o vibración a analizar; y 5) comparación de los valores (y/o rangos) patrón de la etapa 3 con los valores (y/o rangos) eficaces de ruido y/o vibración de la etapa 4, para la

caracterización del tipo de evento. Las figuras 2 y 4 muestran los diagramas de flujo en detalle de los pasos 3 y 4 respectivamente.

5 1) En primer lugar, el método de la invención procede a la instalación adecuada de la sensórica de análisis del ruido (señales de ruido) y/o las vibraciones (señales de vibración).

10 Preferentemente, el método de la invención detecta la ferresonancia en los transformadores mediante el análisis del ruido existente en dichos transformadores. En este caso, se procede a la instalación de uno o varios micrófonos direccionales situados lo más cerca posible de cada transformador de la línea a analizar, o a una distancia mínima que garantice que la señal acústica se encuentra dentro de los rangos de medida y sensibilidad de los micrófonos, y orientado hacia la parte más cercana al núcleo del transformador. Preferentemente, la distancia entre cada micrófono y el transformador
15 no debe superar los 10 cm. No obstante, un experto en la materia entenderá que dependiendo del tipo de transformador y de dónde se encuentre ubicado, la instalación del micrófono puede variar.

20 Además, en una posible realización el método propone instalar un micrófono direccional, orientado en sentido contrario al transformador y apantallado acústicamente en esa orientación, permitiendo así realizar una compensación activa del ruido ambiente.

25 En otra posible realización, el método de la invención detecta la ferresonancia en los transformadores mediante el análisis de las vibraciones existentes en dichos transformadores. En este caso, se procede a la instalación de uno o varios acelerómetros sustentados en la carcasa exterior del transformador.

30 Existen diferentes métodos efectivos para la unión de cada acelerómetro a la carcasa del transformador: a) la unión roscada la cual apenas modifica la frecuencia de resonancia del acelerómetro pero en ocasiones no es posible mecanizar la superficie

de los transformadores por lo que su instalación no es viable, b) la unión mediante cera de abeja, que aunque modifica ligeramente la frecuencia de resonancia para vibraciones de pequeña amplitud obtiene resultados adecuados. Sin embargo, este método no es adecuado en lugares que se alcancen altas temperaturas debido a que la cera puede fundirse, c) la unión magnética es rápida pero necesita que la superficie sea ferromagnética por lo que no se puede aplicar a todos los transformadores. Sin embargo, este método es el más adecuado para vibraciones de alta amplitud y d) la unión con resina epoxi. El inconveniente de esta unión es la dificultad que tiene su retirada. Preferentemente, en la presente invención la unión acelerómetro-transformador se realiza mediante resina epoxi.

En otra posible realización, el método de la invención detecta la ferresonancia en los transformadores mediante el análisis simultáneo del ruido y de las vibraciones existentes en dichos transformadores.

Un experto en la materia entenderá que toda la información de las señales de ruido y/o vibración medidas por la sensórica es enviada a un sistema de adquisición de datos, para su posterior análisis.

2) Una vez instalada la sensórica se deben realizar ensayos previos de calibración de los sensores puesto que los resultados del análisis del ruido y/o las vibraciones son muy sensibles al tipo de instalación y a las características constructivas y mecánicas de cada transformador. Estos ensayos previos permiten ajustar la sensibilidad, la linealidad, el rango de medidas y la ganancia de los sensores, de manera que se asegure la correcta medición en el emplazamiento específico.

3) A continuación, se procede a la obtención de los valores (y/o rangos) patrón de ruido y/o vibración, asociados a los diferentes eventos: ferresonancia, falta, funcionamiento normal, etc. De esta manera se puede realizar un análisis completo de las características de ruido y/o vibración dependiendo del tipo de transformador, ubicación y evento producido. En esta etapa, y como se muestra en la figura 2, el

método de la invención propone los siguientes pasos: 3.1) realización de una campaña de medidas previas en diferentes eventos y posiciones de cada transformador a analizar; 3.2) acondicionamiento de las señales de ruido y/o vibración; 3.3) discretización de las señales de ruido y/o vibración acondicionadas 3.4) ecualización de las señales de ruido y/o vibración acondicionadas y preferentemente discretizadas; 3.5) obtención de los valores (y/o rangos) eficaces (RMS) de las señales de ruido y/o vibración ecualizadas; y 3.6) obtención de los valores (y/o rangos) patrón asociados a los diferentes eventos.

3.1) En primer lugar, se realiza la campaña de medidas previa que analiza el ruido y/o las vibraciones producidas en los transformadores ante diferentes eventos (funcionamiento normal, falta, ferroresonancia, etc.), a partir de los micrófonos y/o acelerómetros instalados.

3.2) A continuación, el método de la invención procede al acondicionamiento de las señales de ruido y/o vibración. Esta etapa incluye el ajuste de rango y el amplificado de las señales de ruido y/o vibración. Preferentemente, este acondicionamiento finaliza con un filtrado de dichas señales. De este modo, se obtienen las señales de ruido y/o vibración acondicionadas.

Un experto en la materia entenderá que las características de los diferentes pasos de la etapa de acondicionamiento se ajustan en función de las características de los sensores seleccionados y teniendo en cuenta los resultados de la campaña de medidas.

3.3) Preferentemente, tras esta etapa de acondicionamiento, se procede a la discretización de las señales de ruido y/o vibración acondicionadas, lo que permite transformar la señal analógica en una señal digital. La discretización puede realizarse bien mediante varios convertidores analógicos-digitales (por sus siglas en inglés ADCs) dedicados y sincronizados o bien mediante un único ADC aplicado a un multiplexor, encargado de seleccionar la señal a discretizar. En este último caso también es necesaria la aplicación de circuitos de muestreo y sostenimiento, que

garanticen la sincronización en la adquisición y proporcionen una señal estable para su posterior discretización.

Gracias al acondicionamiento previo de las señales, el método garantiza su compatibilidad con el rango de entrada y características de los ADCs empleados en la discretización de la señal. Además, el filtrado de la etapa de acondicionamiento bloquea los niveles de ruido y/o vibraciones que pueden generar *aliasing* en esta etapa de discretización (entiéndase evitar el *aliasing*, como evitar la aparición de señales no presentes en los sensores debido a la discretización de la señal).

La figura 3 muestra un posible esquema hardware que soporta las etapas de acondicionamiento y discretización de las señales de ruido y/o vibración. En lo que a los subsistemas de acondicionamiento se refiere, consisten en circuitos para la corrección del nivel de continua de la señal de salida del sensor, etapas amplificadoras y un filtro paso bajo de tipo Butterworth. El orden de este filtro debe ser suficientemente elevado como para filtrar adecuadamente las señales entorno a la mitad de la frecuencia de muestreo. El subsistema planteado para la discretización consiste en único ADC y los circuitos necesarios para su interacción con el PC donde se ejecuta el algoritmo de detección y los subsistemas de acondicionamiento. De forma alternativa a la mostrada en la figura 3, se puede emplear un microcontrolador o un circuito digital programable (por sus siglas en inglés FPGA) para la implementación de la estrategia de detección. En ambos casos, es posible simplificar el diseño del subsistema de discretización, evitando la necesidad de bloques como la interfaz de comunicaciones, la cola FIFO e incluso el ADC.

3.4) A continuación, se realiza una ecualización de las señales de ruido y/o vibración acondicionadas y preferentemente discretizadas. Se entiende como ecualización la aplicación de las etapas de filtrado que permitan el paso de las frecuencias a las que sí se produce el fenómeno buscado, y bloqueen el paso de las frecuencias a las cuales no se produce este fenómeno. La información para la creación de un filtro con estas características se obtiene del histórico de datos obtenido en la campaña de medidas

previas.

3.5) Posteriormente, se obtiene el valor eficaz (RMS) de las señales de ruido y/o vibración ecualizadas, el cual aglutina el efecto de todas las frecuencias que pueden
 5 originar dicho evento. Además, con esta ecualización también se consiguen las frecuencias a las que se producen los diferentes eventos, particularmente del evento de ferresonancia.

3.6) El método de la invención relaciona los valores eficaces (RMS) de ruido y/o
 10 vibración con los diferentes eventos. De este modo, se obtienen los valores (y/o rangos) patrón de las señales de ruido y/o vibración para cada evento, los cuales permitirán identificar señales de ruido y/o vibración con eventos.

Preferentemente, el método de la invención relaciona el valor (RMS) de ruido y/o
 15 vibración con cada uno de los eventos en base a: a) el evento de funcionamiento normal es aquel que se produce con mayor asiduidad y que se corresponde a los momentos en los que el transformador está operando en condiciones nominales, b) el evento de falta se identifica con aquellos períodos de tiempo en los que no existe corriente por una de las fases o cuando se produce un cortocircuito entre las mismas y c) el evento de
 20 ferresonancia se produce cuando la saturación en el núcleo es elevada originando ruido y/o vibraciones mayores que en el caso del evento de funcionamiento normal.

4) Una vez obtenidos los valores (y/o rangos) patrón de las señales de ruido y/o vibración asociados a cada evento, es posible comenzar con la campaña de medidas en
 25 tiempo real. Como se observa en la figura 4, cada señal de ruido y/o vibración se procesa de forma continua, siguiendo los mismos pasos descritos anteriormente: acondicionamiento, preferentemente discretización, ecualización y obtención del valor eficaz (RMS) en tiempo real.

5) Finalmente, el método de la invención compara los valores eficaces (RMS) en
 30 tiempo real obtenidos en la etapa 4, con los valores (y/o rangos) patrón de los diferentes

eventos obtenidos en la etapa 3. De este modo, se caracteriza el tipo de evento que hay en cada momento y se detecta la ferresonancia.

Ejemplo

5

A continuación se muestra un ejemplo concreto de realización de la invención y los resultados obtenidos. La detección de la ferresonancia se realiza sobre un transformador de medida de tensión de 25 VA cuya tensión nominal en el primario es de $12100/\sqrt{3}$ V y en el secundario de $110/\sqrt{3}$ V.

10

En primer lugar, el método de la invención procede a la instalación de un único micrófono direccional para el análisis del ruido existente en el transformador de medida de tensión. Este micrófono direccional, se instala a 10 cm del transformador de medida. A continuación se cablea el micrófono hasta el sistema de adquisición de datos. Posteriormente, se comprueba que el micrófono direccional situado a la distancia de 10 cm, detecta el ruido del transformador identificando lo que es ruido ambiente de lo que es ruido del propio transformador. Se decide no colocar un micrófono direccional apantallado acústicamente orientado en sentido contrario puesto que en este caso en concreto el ruido ambiental es despreciable.

15

20

En este ejemplo no se ha procedido al análisis de las vibraciones existentes en el transformador, para lo cual sería preciso la instalación de al menos un acelerómetro. No obstante, el procedimiento a seguir sería análogo al descrito para la detección de la ferresonancia mediante el ruido.

25

En segundo lugar, se realizan ensayos previos de calibración que permiten ajustar y calibrar el micrófono direccional. Para calibrar la sensibilidad del micrófono se debe ajustar su ganancia, de manera que el micrófono se encuentre operando en la zona lineal para no distorsionar la medida.

30

En tercer lugar, para la obtención de los valores (y/o rangos) patrón de la señal de ruido

se procede a la realización de una campaña de medidas previas a partir del micrófono instalado. En este paso, se cuantifica el ruido del transformador en diferentes posiciones y en los eventos de: funcionamiento normal y ferresonancia.

5 A continuación, se acondicionan las señales de ruido obtenidas en el micrófono instalado. Esta etapa de acondicionamiento incluye el ajuste de rango y el amplificado de las señales de ruido. De este modo, se obtienen las señales de ruido acondicionadas ante los diferentes eventos: en funcionamiento normal y en ferresonancia.

10 La figura 5 muestra una señal de ruido acondicionada, obtenida en el micrófono instalado, ante un evento de funcionamiento normal. La figura 6 muestra una señal de ruido acondicionada, obtenida en el micrófono instalado, ante un evento de ferresonancia. Nótese que en este ejemplo concreto, el ruido se expresa en voltios de salida del sensor y no en decibelios.

15 Tras esta etapa de acondicionamiento, se procede a la discretización de las señales de ruido que llegan al micrófono, lo que permite transformar la señal analógica en una señal digital.

20 Una vez discretizadas las señales de ruido se realiza la ecualización de las mismas. Esto se hace para conseguir señales filtradas en las que se ha permitido el paso de las frecuencias a las que sí se produce el fenómeno buscado (ferresonancia en nuestro caso) y en las que se ha bloqueado las frecuencias a las cuales no se produce este fenómeno. La información para la creación de un filtro con estas características se
25 obtiene del histórico de datos obtenido en la campaña de medidas previas. Las señales de ruido ecualizadas ante un evento de funcionamiento normal y de ferresonancia se muestran en las figuras 7 y 8 respectivamente.

Posteriormente, partiendo de las señales de ruido ecualizadas, se obtiene el valor eficaz
30 (RMS) de dichas señales para cada uno de los eventos que aglutina el efecto de todas las componentes frecuenciales de interés. Una vez obtenidos estos valores eficaces

(RMS) de ruido se relacionan con los diferentes eventos, obteniendo así los valores (y/o rangos) patrón de las señales de ruido.

Las figuras 9 y 10 muestran el valor eficaz (RMS) de las señales de ruido de las figuras 7 y 8 respectivamente. En este caso concreto, atendiendo a las figuras 9 y 10 se concluye que los valores patrón para funcionamiento normal y ferresonancia son 0.04 Vrms y 0.09 Vrms respectivamente.

En otra posible realización, los valores patrón que identifican cada uno de los eventos podrían ser reemplazados por rangos patrón de los diferentes eventos. Es decir, un rango patrón de entre 0.02 y 0.06 Vrms para funcionamiento normal y de entre 0.07 a 0.11 Vrms para ferresonancia.

Una vez obtenidos los valores o rangos patrón, es posible comenzar con la campaña de medidas en tiempo real. De este modo, el método de la invención procesa las señales de ruido de manera continua con el objetivo último de detectar el fenómeno de ferresonancia e identificar las frecuencias a las que ésta se produce. Para ello se realiza de forma continua y de la manera descrita anteriormente (figura 4): la adquisición de datos del micrófono, el acondicionamiento, la discretización, la ecualización y la obtención de un valor eficaz (RMS) de ruido.

Finalmente, se compara el valor eficaz (RMS) obtenido en cada periodo de tiempo con los valores o rangos patrón obtenidos en la campaña de medidas previas. De este modo, se caracteriza el tipo de evento (funcionamiento normal o ferresonancia) que hay en cada periodo de tiempo.

La figura 11 muestra una señal de ruido eficaz (RMS) procedente del transformador, que ha sido medida con el micrófono. Si se compara la señal de la figura 11 con el valor de ruido patrón de la figura. 9, se puede observar que estamos ante un evento de funcionamiento normal, puesto que el valor eficaz en dicha figura 11 es similar al valor

patrón (0.04 Vrms). Por otro lado, si se compara con el rango patrón obtenido en la figura 9 (0.02-0.06 Vrms) se llega a la misma conclusión.

5

La figura 12 muestra otra señal de ruido eficaz (RMS) procedente del transformador, que ha sido medida con el micrófono. Si se compara la señal de la figura 12 con el valor patrón de la figura 10, se puede observar que estamos ante un evento de ferresonancia puesto que el valor eficaz en dicha figura 12 es similar al valor patrón (0.09 Vrms). Por otro lado, si se compara con el rango patrón obtenido en la figura 10 (0.07-0.11 Vrms) se llega a la misma conclusión.

REIVINDICACIONES

1. Método de detección prematura de la ferresonancia en transformadores de la red eléctrica mediante el análisis de señales producidas por la magnetoestricción procedentes de dichos transformadores, tal que el método está configurado para evitar daños futuros en los transformadores y en otros elementos de la línea consecuencia de la sobrecorriente generada, y está caracterizado por que comprende las etapas de:

- en cada transformador a analizar, instalar una sensórica adecuada para la medición de las señales producidas por la magnetoestricción procedentes del transformador;

- realizar ensayos previos de calibración de los sensores, tal que dichos ensayos previos permitan ajustar la sensibilidad, la linealidad, el rango de medidas y la ganancia de los sensores, de manera que se asegure la correcta medición en el emplazamiento específico;

- obtener los valores patrón de las señales producidas por la magnetoestricción procedentes de cada transformador asociados a los diferentes eventos, tales como ferresonancia, falta o funcionamiento normal, de tal forma que se pueda realizar un análisis completo de las características de las señales producidas por la magnetoestricción dependiendo del tipo de transformador, ubicación y evento producido, tal que el método comprende las etapas de:

- realizar una campaña de medidas previas en diferentes eventos y posiciones de cada transformador a analizar;

- acondicionar las señales producidas por la magnetoestricción procedentes del transformador, tal que se realice un ajuste de rango y un amplificado de dichas señales;

- ecualizar las señales producidas por la magnetoestricción acondicionadas, de

tal forma que se realicen etapas de filtrado que permitan el paso de las frecuencias a las que sí se produce el evento buscado, y bloqueen el paso de las frecuencias a las cuales no se produce este evento;

5 - obtener el valor eficaz (RMS) de las señales producidas por la magnetoestricción ecualizadas, el cual aglutina el efecto de todas las frecuencias que pueden originar el evento buscado, tal que se consiguen las frecuencias a las que se producen los diferentes eventos, particularmente del evento de ferresonancia;

10 - relacionar los valores eficaces (RMS) de las señales producidas por la magnetoestricción ecualizadas con los diferentes eventos, tal que se obtienen los valores patrón de las señales producidas por la magnetoestricción para cada evento, donde: el evento de funcionamiento normal es aquel que se produce con mayor asiduidad y que se corresponde a los momentos en los que el transformador está operando en condiciones nominales; el evento de falta se
15 identifica con aquellos períodos de tiempo en los que no existe corriente por una de las fases o cuando se produce un cortocircuito entre las mismas; y el evento de ferresonancia se produce cuando la saturación en el núcleo es elevada originando señales producidas por la magnetoestricción mayores que
20 en el caso del evento de funcionamiento normal;

- una vez obtenidos los valores patrón, comenzar una campaña de medidas en tiempo real, tal que se analizan las señales producidas por la magnetoestricción procedentes del transformador en cada instante y tal que cada señal se procesa de forma continua
25 siguiendo las mismas etapas descritas anteriormente hasta la obtención del valor eficaz (RMS) en tiempo real;

- comparar los valores eficaces (RMS) obtenidos en tiempo real con los valores patrón de los diferentes eventos, de tal forma que se caracteriza el tipo de evento existente en
30 cada momento y se detecta la ferresonancia.

2. El método de la reivindicación anterior, tal que después de la etapa de acondicionamiento se realiza un filtrado de las señales producidas por la magnetoestricción acondicionadas.

5

3. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, tal que previa a la etapa de ecualización se realiza una discretización de las señales producidas por la magnetoestricción acondicionadas, lo que permite transformar la señal analógica en una señal digital.

10

4- El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde las señales producidas por la magnetoestricción son señales de ruido, y donde la sensórica a instalar es al menos un micrófono direccional, tal que dicho al menos un micrófono direccional se instala a una distancia tal que la señal acústica se encuentre dentro de los rangos de medida y sensibilidad de los micrófonos, y orientado hacia la parte más cercana al núcleo del transformador.

15

5. El método de la reivindicación 4, donde la distancia entre cada micrófono y el transformador es inferior a 10 centímetros.

20

6. El método de cualquiera de las reivindicaciones 4 a 5, donde se instala además un micrófono direccional, orientado en sentido contrario al transformador y apantallado acústicamente en esa orientación, permitiendo así realizar una compensación activa del ruido ambiente.

25

7- El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, donde las señales producidas por la magnetoestricción son señales de vibración, y donde la sensórica a instalar es al menos un acelerómetro sustentado en la carcasa exterior del transformador.

30

8. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, donde las señales producidas por la magnetoestricción son señales de ruido y señales de vibración, tal que la

5 sensórica a instalar es: al menos un micrófono direccional, tal que dicho al menos un micrófono direccional se instala a una distancia tal que la señal acústica se encuentre dentro de los rangos de medida y sensibilidad de los micrófonos, y orientado hacia la parte más cercana al núcleo del transformador; y al menos un acelerómetro sustentado en la carcasa exterior del transformador.

9. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde los valores patrón son rangos de valores patrón.

10 10. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde los transformadores a analizar son transformadores de medida de tensión y transformadores de potencia.

15 11. Sistema para la detección prematura de la ferresonancia en un transformador de la red eléctrica mediante la medición de señales producidas por la magnetoestricción procedentes de dicho transformador, caracterizado por que comprende: un transformador, sensórica para la medición de las señales producidas por la magnetoestricción procedentes del transformador y un sistema de adquisición de datos conectado a la sensórica.

20 12. El sistema de la reivindicación anterior, donde el transformador es un transformador de tensión.

25 13. El sistema de la reivindicación 11, donde el transformador es un transformador de potencia.

30 14. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 11 a 13, donde la sensórica es al menos un micrófono direccional situado a una distancia inferior a 10 centímetros con respecto al transformador, tal que permite medir señales de ruido.

15. El sistema de la reivindicación anterior, que comprende además un micrófono

direccional, orientado en sentido contrario al transformador y apantallado acústicamente en esa orientación, permitiendo así realizar una compensación activa del ruido ambiente.

- 5 16- El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 11 a 15, donde la sensórica es al menos un acelerómetro sustentado en la carcasa exterior del transformador, tal que permite medir señales de vibración.

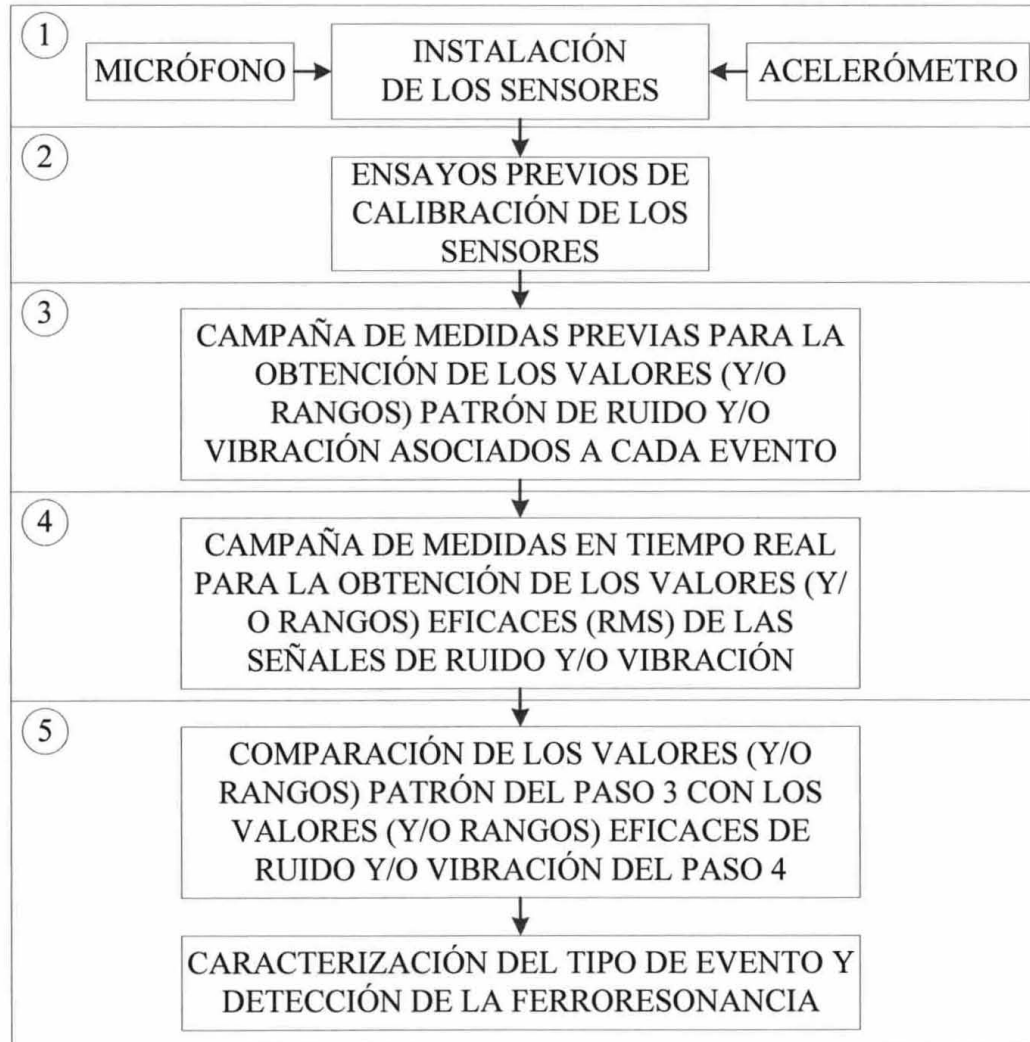


FIGURA 1

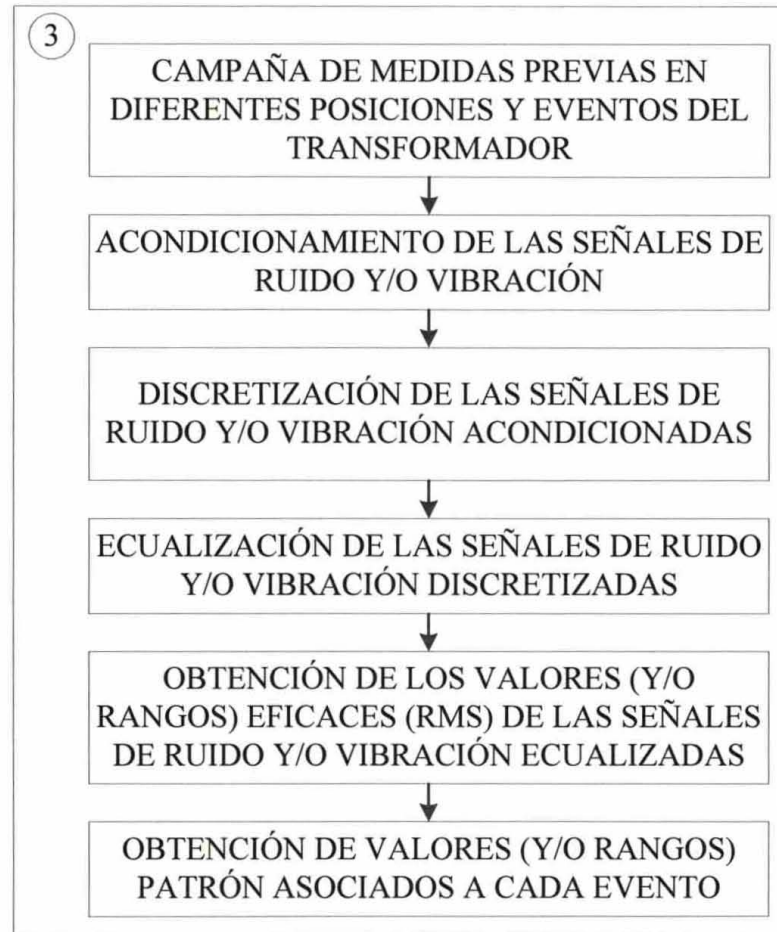


FIGURA 2

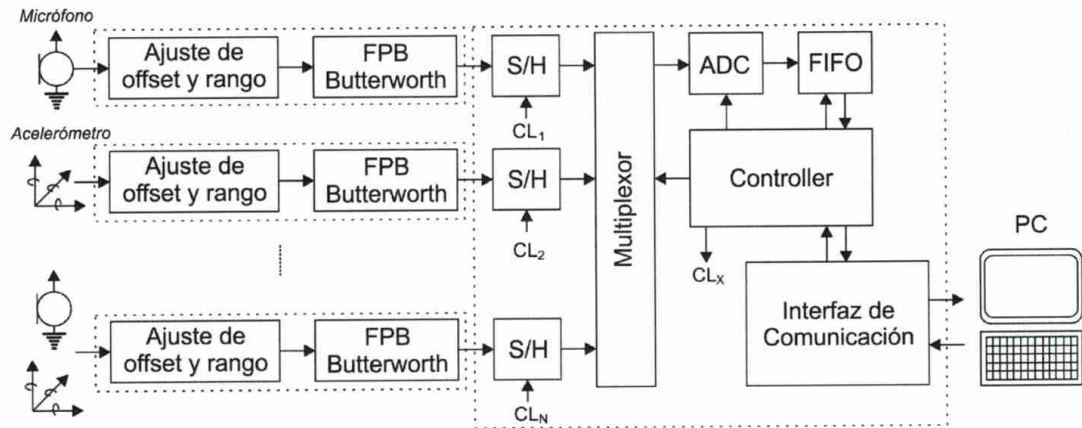


FIGURA 3

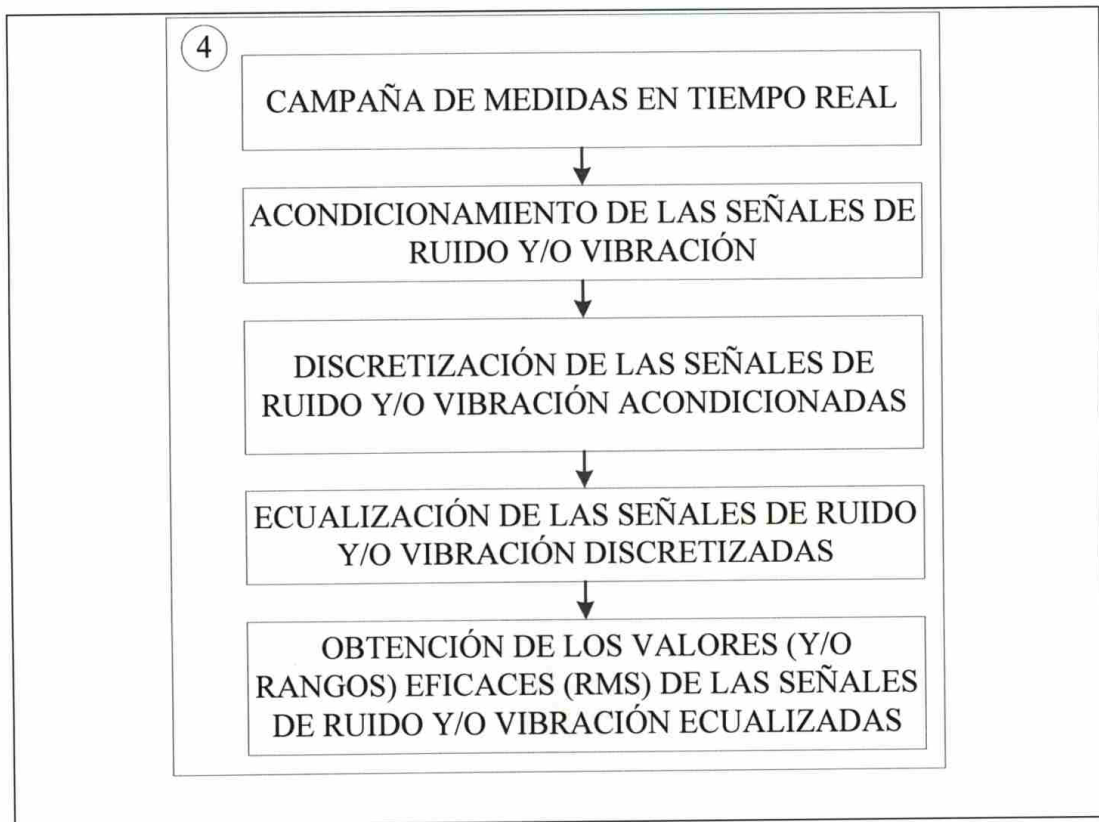


FIGURA 4

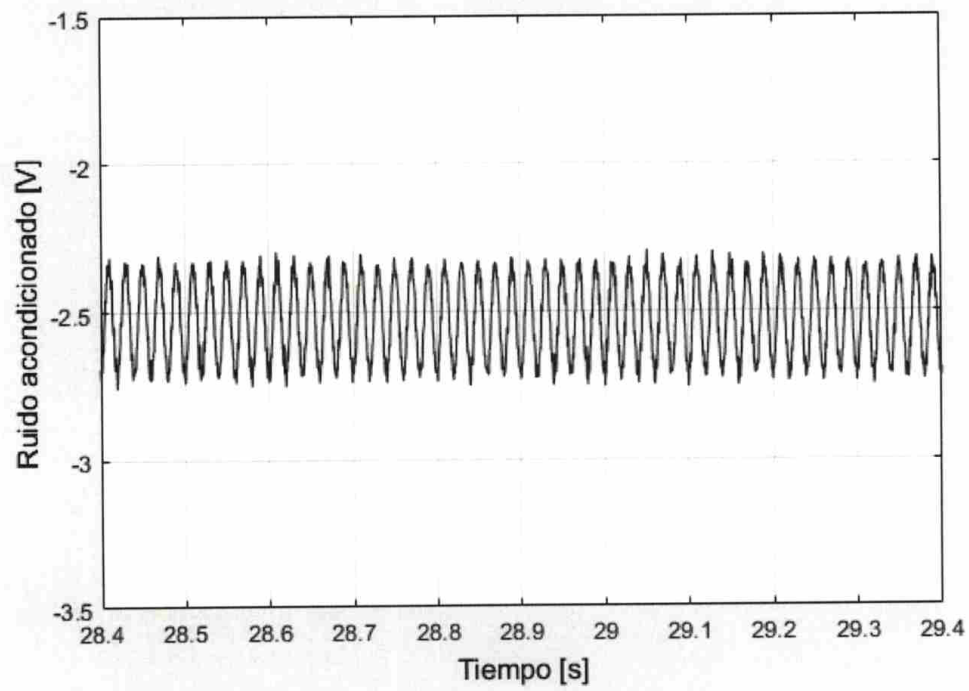


FIGURA 5

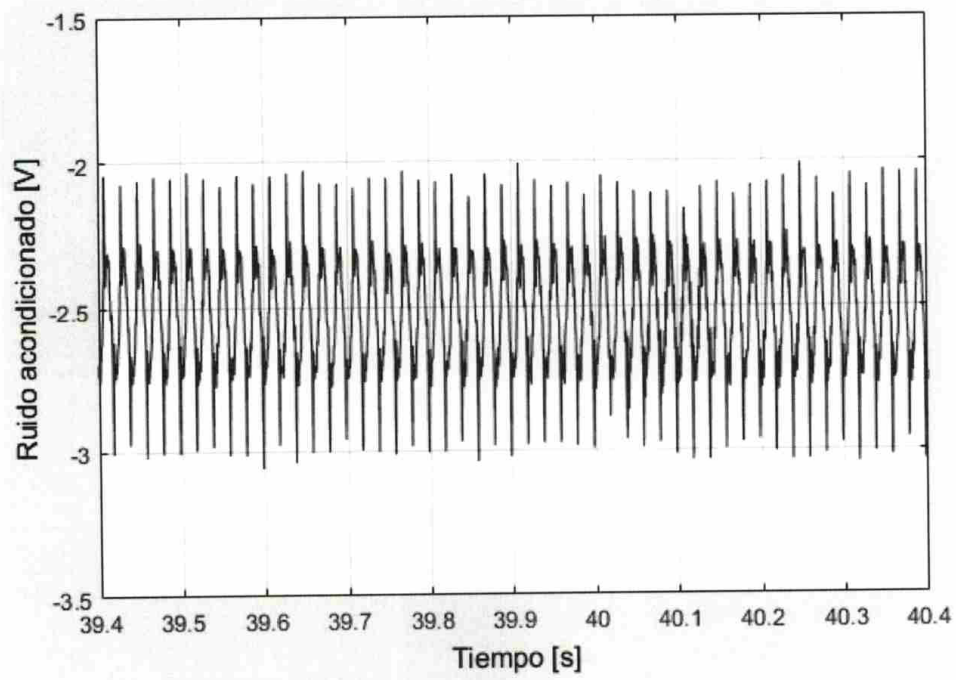


FIGURA 6

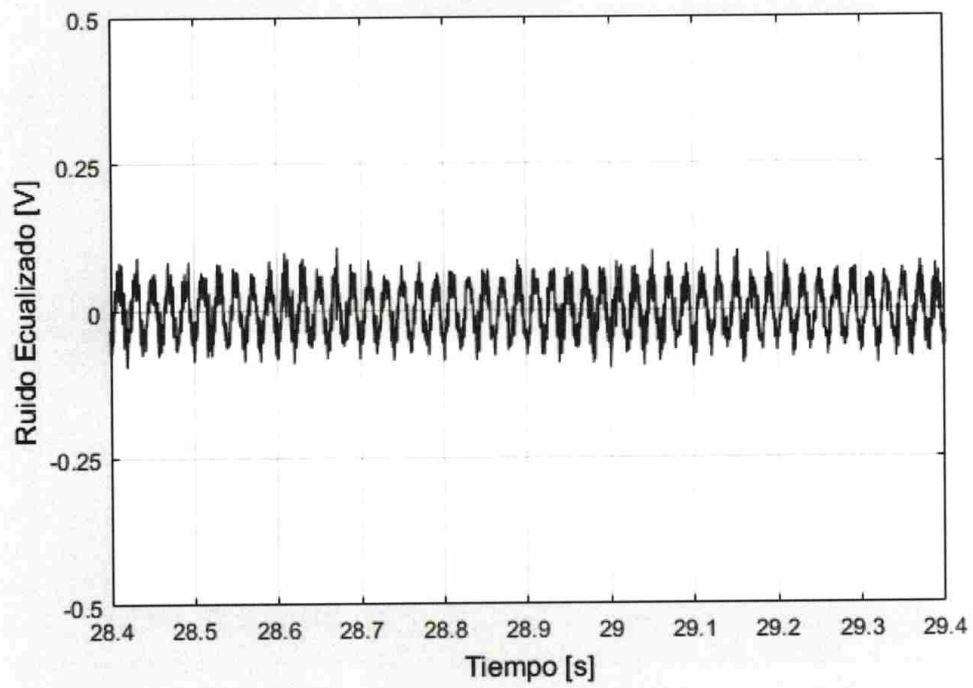


FIGURA 7

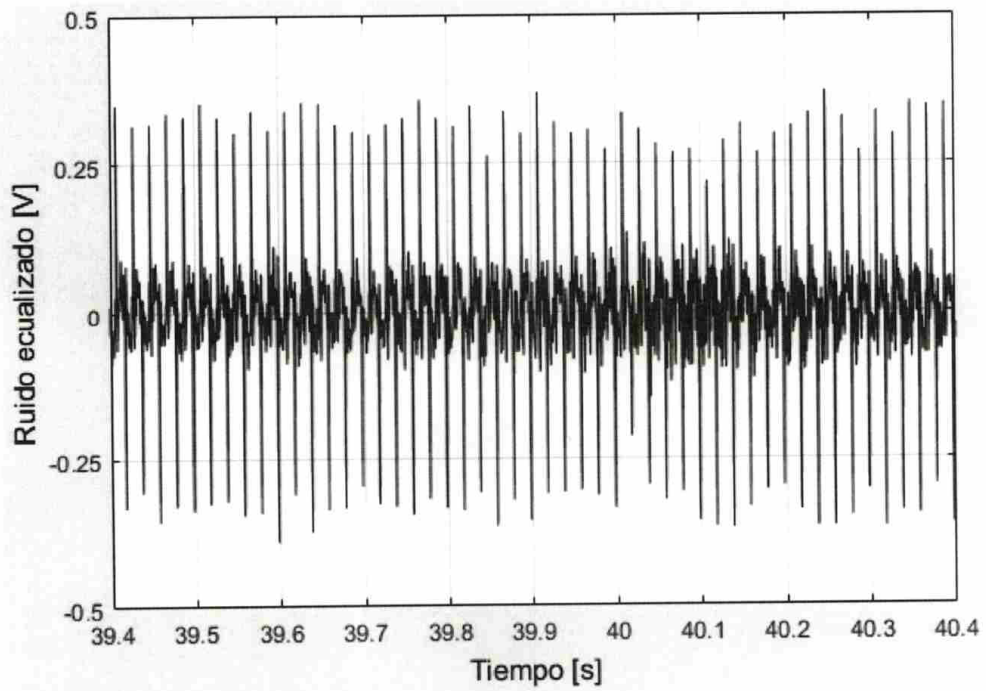


FIGURA 8

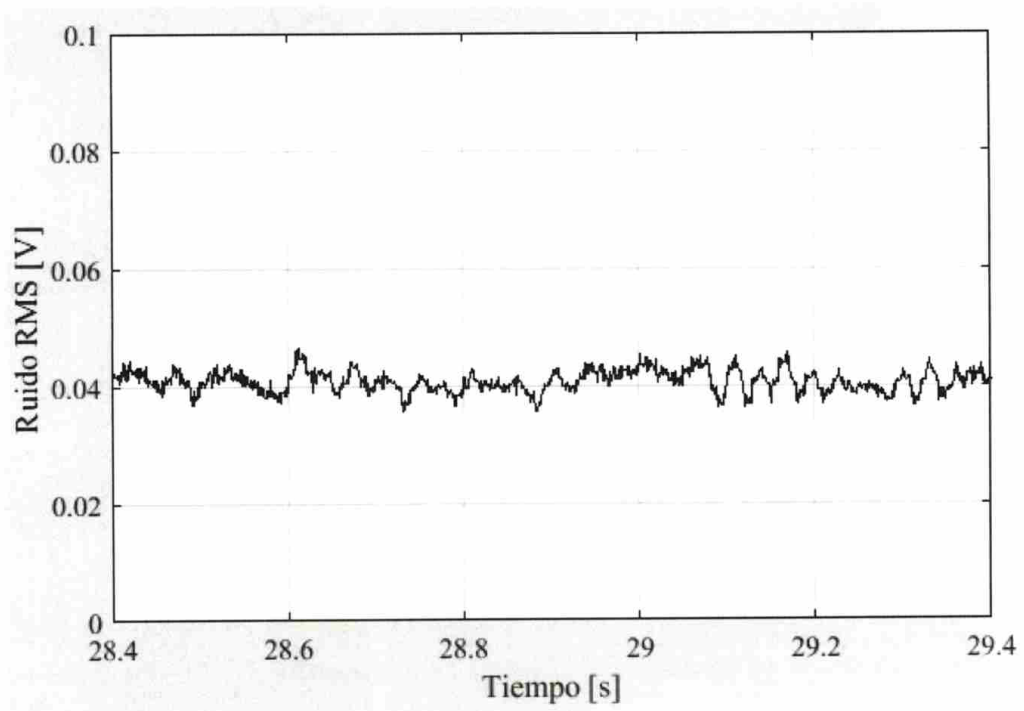


FIGURA 9

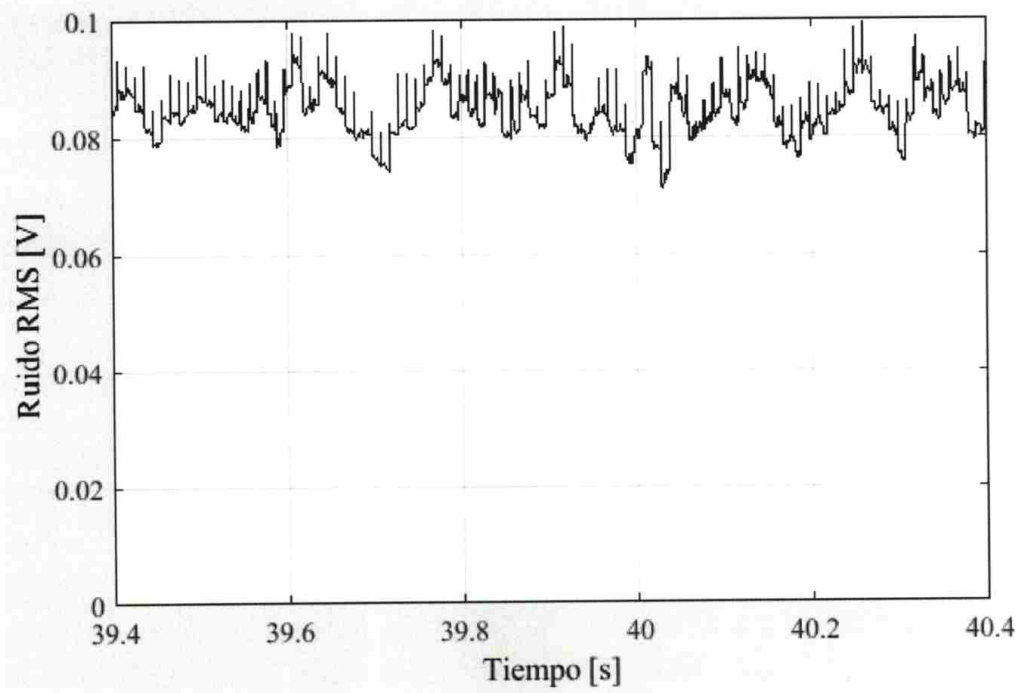


FIGURA 10

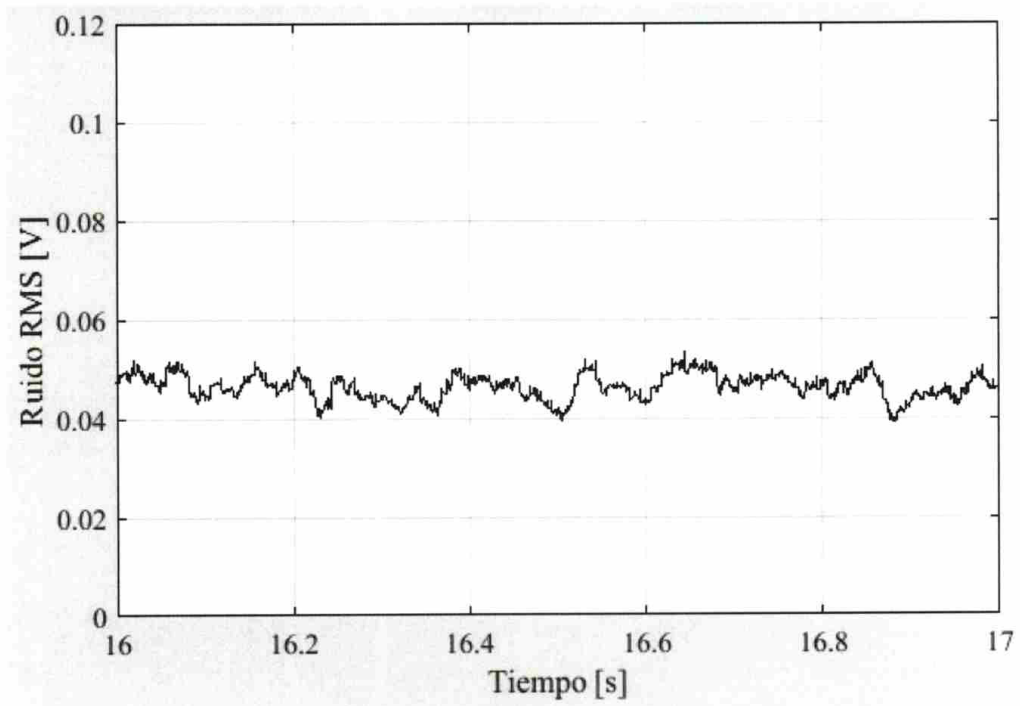


FIGURA 11

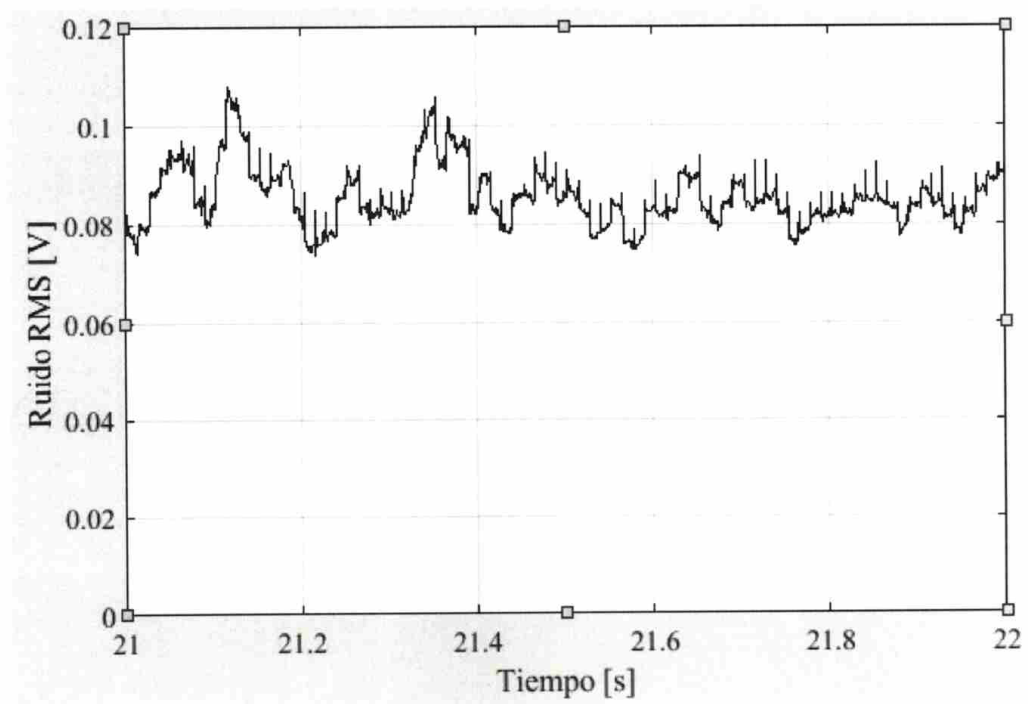


FIGURA 12



- ②① N.º solicitud: 201600864
②② Fecha de presentación de la solicitud: 10.10.2016
③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤① Int. Cl.: **G01R31/02** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X A	(BARTOLETTI et al.) "Vibro-acoustic techniques to diagnose power transformers". IEEE transactions on power delivery, Vol. 19, N° 1, Páginas 221 - 229, 01/012004 ISSN 0885-8977 DOI:10.1109/TPWRD.2003.820177	11-14,16 1-10,15
X A	(SHUTAO et al.) "Intelligence expert system of transformer running state diagnosis based on acoustic signal analyzing". Second International Symposium on Knowledge Acquisition and Modeling, 2009. 30/11/2009 ISBN 0-7695-3888-6 DOI:10.1109/KAM.2009.153	11-14,16 1-10,15
X A	(AZIZ et al.) "Study Interpretation Phenomenon Magnetostriction and Noise of Lamination FeSi Sheets for Transformer". The 1st International Seminar on Science and Technology. Postgraduate Program Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia. 05/08/2015	11-14, 16 1-10,15
X A	(ESTÉVEZ et al.) "Herramienta para el diagnóstico del Estado de Transformadores de Potencia mediante la Monitorización y Análisis de Vibraciones". Seminario Anual de Automática, Electrónica Industrial e Instrumentación 2016, Elche 07/2016.	11-14, 16 1-10,15

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones

☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
06.06.2017

Examinador
F. J. Olalde Sánchez

Página
1/4

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

G01R

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI, XPESP

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 06.06.2017

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1-10, 15	SI
	Reivindicaciones 11-14,16	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones 1-10, 15	SI
	Reivindicaciones	NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	Vibro-acoustic techniques to diagnose power transformers	01.01.2004
D02	Intelligence expert system of transformer running state diagnosis based on acoustic signal analyzing	30.11.2009
D03	Study Interpretation Phenomenon Magnetostriction and Noise of Lamination FeSi Sheets for Transformer	05.08.2015
D04	Herramienta para el diagnóstico del Estado de transformadores de Potencia mediante la Monitorización y Análisis de Vibraciones	07/2016

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

De acuerdo con el artículo 29.6 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/86 de Patentes se considera, preliminarmente y sin compromiso, que los objetos definidos por las reivindicaciones 11-14, 16 no cumplen aparentemente los requisitos de novedad en el sentido del artículo 6.1 de la Ley 11/86 de Patentes (LP), y/o de actividad inventiva en el sentido del artículo 8.1 LP, en relación con el estado de la técnica establecido por el artículo 6.2 de dicha Ley. En concreto,

La solicitud incluye dos reivindicaciones independientes que definen un procedimiento (reivindicación 1) y un sistema (reivindicación 11) para la detección de ferroresonancia en transformadores. La solicitud incluye reivindicaciones dependientes que definen adicionales procedimientos (reivindicaciones 2-10) y sistemas (reivindicaciones 12-16).

REIVINDICACIONES DE PROCEDIMIENTO (reivindicaciones 1-10)

Los documentos citados reflejan el estado de la técnica. Se considera D01 como el más cercano al procedimiento definido en la reivindicación 1.

D01 divulgó un método para la detección de la ferroresonancia en transformadores mediante el análisis de las señales (ruido y/o vibraciones) producidas por la magnetoestricción procedentes de dichos transformadores en el que se instala una sensórica adecuada para la medición de dichas señales (micrófonos y acelerómetros), se obtienen unas señales patrón acondicionadas asociadas a diferentes eventos mediante medidas previas y se comparan medidas realizadas en tiempo real con los valores patrón de los diferentes eventos.

D01 no divulgó ni de él ni de su combinación con los documentos citados deriva de un modo evidente ecualizar las señales producidas por la magnetoestricción filtrando las frecuencias asociada a cada evento, obtener el valor eficaz RMS patrón de cada evento, repetir las medidas en tiempo real ecualizando y obteniendo el valor eficaz RMS de cada evento para compararlo con los valores RMS patrón de los diferentes eventos, por lo que el objeto definido por la reivindicación 1 cumple aparentemente los requisitos de novedad y actividad inventiva. Consecuentemente, por propia definición, también los objetos definidos por las reivindicaciones dependientes 2-10 parecen cumplir dichos requisitos.

REIVINDICACIONES DE SISTEMA (reivindicaciones 11-16):

Todos los documentos D01-D04 divulgaron sistemas adecuados para la detección de la ferroresonancia en un transformador que comprenden sensórica para la medición de señales producidas por la magnetoestricción procedentes de dicho transformador y un sistema de adquisición de datos. Dichos sistemas resultan adecuados para la detección de ferroresonancia transformadores de tensión y/o potencia. El sistema divulgado en D01 comprende micrófonos y acelerómetros, los sistemas divulgados en D02 y D03 comprenden micrófonos y el sistema divulgado en D04 comprende acelerómetros, por lo que aparentemente las reivindicaciones 11-14, 16 carecen de novedad.

Ninguno de ellos divulgó ni de su combinación deriva de un modo evidente la disposición adicional en el sistema de un micrófono direccional apantallado y orientado en sentido contrario al transformador, por lo que el sistema definido por la reivindicación 15 cumple aparentemente los requisitos de novedad y actividad inventiva.