

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 964 756**

51 Int. Cl.:

H02H 1/00 (2006.01)

H01H 71/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.11.2014** **E 20160292 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.09.2023** **EP 3691065**

54 Título: **Sistema de diagnóstico remoto y método para dispositivos de protección de circuito tales como disyuntores en miniatura**

30 Prioridad:

17.12.2013 US 201314109467

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
09.04.2024

73 Titular/es:

**EATON INTELLIGENT POWER LIMITED (100.0%)
30 Pembroke Road
Dublin 4, IE**

72 Inventor/es:

**PARKER, KEVIN LYNN;
ELDRIDGE, DAVID AUSTIN y
STUART, CHRISTOPHER**

74 Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 2 964 756 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

Sistema de diagnóstico remoto y método para dispositivos de protección de circuito tales como disyuntores en miniatura

5

Antecedentes

Campo

10 El concepto descrito pertenece, en general, a interruptores de circuito y, más particularmente, a un sistema de diagnóstico remoto y un método para dispositivos de protección de circuito tales como un arc fault circuit interrupter (interruptor de circuito de avería de arco - AFCI).

Información de antecedentes

15 Los interruptores de circuito, tales como los disyuntores, en general son antiguos y bien conocidos en la técnica. Los disyuntores se usan para proteger los circuitos eléctricos de sufrir daños debido a una condición de sobrecorriente, tal como una condición de sobrecarga o una condición de cortocircuito de nivel relativamente alto o de avería. En los disyuntores pequeños utilizados para aplicaciones comerciales residenciales y de iluminación, comúnmente denominados disyuntores en miniatura, esta protección típicamente está proporcionada mediante un dispositivo de disparo termomagnético. Este dispositivo de disparo incluye un bimetálico, que se calienta y se dobla en respuesta a una condición de sobrecorriente persistente. A su vez, el bimetálico, desengancha un mecanismo operativo accionado por resorte, que abre los contactos separables del disyuntor para interrumpir el flujo de corriente en el sistema de potencia protegido.

25 Los disyuntores industriales suelen usar una estructura de disyuntor, que aloja una unidad de disparo. Véanse, por ejemplo, las patentes estadounidenses US-5.910.760 y 6.144.271. La unidad de disparo puede ser modular y puede reemplazarse para alterar las propiedades eléctricas del disyuntor.

30 Es bien conocido el empleo de unidades de disparo que utilizan un microprocesador para detectar diversos tipos de condiciones de disparo de sobrecorriente y proporcionan diversas funciones de protección, tales como, por ejemplo, un disparo de retardo largo, un disparo de retardo corto, un disparo instantáneo y/o un disparo de avería a tierra. La función de disparo de retardo largo protege la carga servida por el sistema eléctrico protegido de sobrecargas y/o sobrecorrientes. La función de disparo de retardo corto puede utilizarse para coordinar el disparo de los disyuntores corriente abajo en una jerarquía de disyuntores. La función de disparo instantánea protege los conductores eléctricos a los que el disyuntor está conectado de condiciones de sobrecorriente dañinas, tales como cortocircuitos. Como se implica, la función de disparo de avería de tierra protege el sistema eléctrico de averías de conexión a tierra.

40 Los diseños de circuitos de unidad de disparo electrónicos más antiguos utilizan componentes discretos tales como transistores, resistencias y condensadores.

Más recientemente, hay diseños, tales como los descritos en las patentes estadounidenses n.ºs 4.428.022 y 5.525.985, que han incorporado microprocesadores, que proporcionan un rendimiento y una flexibilidad mejorados. Estos sistemas digitales muestrean las formas de onda de corriente periódicamente para generar una representación digital de la corriente. El microprocesador usa las muestras para ejecutar algoritmos, que implementan una o más curvas de protección de corriente.

50 Cuando se diagnostican problemas de campo con un disyuntor en miniatura, tal como un arc fault circuit interrupter (interruptor de circuito de avería de arco - AFCI), los ingenieros suelen basarse mucho en informes sobre testimonios acerca de las circunstancias que rodean cada problema. Estos informes pueden proceder de usuarios, electricistas y personal de ventas. Aunque las personas que proporcionan la información ciertamente tienen buena intención y sus esfuerzos son sumamente apreciados, la calidad de la información que se reporta desde el terreno a menudo es de mala calidad o de valor cuestionable. De hecho, la evaluación de la calidad de la información proporcionada por los informes de campo a menudo es un desafío tan grande como determinar cuál puede haber sido el problema original.

55 Cuando el patrón de información disponible es confuso o poco claro, los ingenieros se ven forzados a hacer conjeturas muy amplias con respecto a cuál pudo haber sido el problema de campo. Por consiguiente, el diagnóstico de un problema de campo es difícil con poca información sólida para ayudar a diagnosticar el problema. En estos casos, a menudo es necesario enviar un ingeniero de diseño/desarrollo de disyuntores a una ubicación de campo junto con osciloscopios y otro equipo de diagnóstico para recopilar información adicional de primera mano sobre el problema. Esto puede consumir mucho tiempo, ser costoso e incluso no productivo si el problema de campo no tiene visos de reproducirse.

60 En disyuntores en miniatura conocidos, la información que el disyuntor utiliza para hacer cada decisión de disparo se pierde porque no existe un mecanismo de almacenamiento comprensivo. Por ejemplo, un microprocesador de AFCI

65

conocido solo almacena un único byte de información (es decir, la “causa del disparo”) en su EEPROM de datos internos por evento de disparo. Esto se debe a diversas restricciones.

5 La prioridad más alta de un AFCI es interrumpir el circuito protegido cada vez que se sospecha que hay una condición excepcional. El procesador no puede retardar la interrupción del circuito para almacenar información. Por lo tanto, el microprocesador almacena una “causa del disparo” en la EEPROM únicamente después de que se haya identificado una avería y se haya enviado una señal para hacer que se abra el mecanismo de operación del disyuntor. También, existe un tiempo limitado después de que el AFCI interrumpa el circuito protegido para que el procesador almacene información. Esto se debe a que el AFCI utiliza potencia proporcionada por la fuente de red eléctrica, que se interrumpe cuando se abren los contactos separables del disyuntor. Por ejemplo, el tiempo requerido para almacenar información en la EEPROM es relativamente grande (p. ej., de aproximadamente 5 a 10 milisegundos (ms)) en comparación con el tiempo de retención de suministro de potencia, de manera que solo se puede guardar un único byte de información con fiabilidad para cada evento de disparo.

15 Otro problema asociado con la EEPROM es que el único microprocesador de AFCI puede detener la ejecución de código mientras se está escribiendo la información en su EEPROM. En consecuencia, el procesador no escribe en la EEPROM cuando está buscando averías. De lo contrario, si esto estuviera permitido, entonces el microprocesador estaría “ciego” a condiciones de avería de arco cada vez que almacenara datos. Además, las restricciones en el número de ciclos de escritura de la EEPROM (p. ej., 300.000 ciclos de escritura máxima) significa que puede almacenarse una cantidad limitada de información en la EEPROM.

25 Un primer disyuntor de combinación de primera generación conocido proporciona protección para arcos paralelos, arcos serie y averías de tierra de 30 mA. Este emplea un procesador, que proporciona un único registro de disparo que contiene un byte de información (es decir, la causa de disparo más reciente) en la EEPROM de datos para registrar los datos y proporciona la extracción de la causa del disparo mediante la conexión de una herramienta de desarrollo de EEPROM de terceros directamente a la placa de circuito impreso de disyuntor, pero no proporciona comunicaciones del usuario. La información de causa de disparo no está disponible para el usuario.

30 Un segundo disyuntor de circuito de combinación de generación conocido proporciona una mejor protección para arcos paralelos y arcos serie, y opcionalmente averías de tierra de 30 mA. Este emplea un procesador, que proporciona varios cientos de registros de disparo, conteniendo cada registro un byte de información que indica una causa de disparo para cada evento de disparo en la EEPROM de datos para registrar los datos, y proporciona la extracción de la causa del disparo mediante un LED intermitente opcional, pero únicamente para el evento de disparo más reciente. Un registro de estado del historial de disparo completo está disponible conectando una herramienta propietaria directamente a la placa de circuito impreso de disyuntor, pero no está disponible para el usuario.

35 El cesionario de la presente invención ha desarrollado un disyuntor de siguiente generación que emplea una “caja negra” en un disyuntor en miniatura para mejorar la cantidad y la calidad de la información disponible cuando se diagnostican, por ejemplo, problemas de AFCI sufridos en el campo. Este disyuntor de próxima generación se describe en la solicitud de patente estadounidense con n.º de serie 13/608.495, presentada el 10 de septiembre de 2012 y publicada como el documento US 2014 071 575 A1. Más específicamente, esa aplicación describe un disyuntor en miniatura que incluye contactos separables, un mecanismo operativo estructurado para abrir y cerrar los contactos separables, un mecanismo de disparo que coopera con el mecanismo de funcionamiento para abrir los contactos separables, un procesador que tiene firmware, una pluralidad de sensores que detectan información de circuito de potencia asociados operativamente con los contactos separables, y una memoria no volátil accesible por el procesador. El firmware del procesador está estructurado para introducir la información de circuito de potencia detectada, determinar y almacenar información de disparo para cada uno de una pluralidad de ciclos de disparo en la memoria no volátil, almacenar la información del circuito de potencia detectada en la memoria no volátil para cada uno de una pluralidad de semiciclos de línea, y determinar y almacenar información de disyuntor en la memoria no volátil durante la vida útil operativa del disyuntor en miniatura.

40 También cabe destacar el documento US 2010 187 081 A1, que se refiere a una configuración de disyuntores que contiene una serie de disyuntores a conectarse cada uno, a través de líneas, a un componente de sistema de un sistema de distribución de energía y una pluralidad de botones de control, estando uno respectivo de los botones de control conectado a uno respectivo de los disyuntores. El botón de control respectivo para el disyuntor respectivo pasa a través de un panel de control y se acciona desde un lado delantero del panel de control. Un elemento de acoplamiento asociado con los disyuntores es accesible desde el lado delantero del panel de control y se proporciona para realizar un intercambio de datos de diagnóstico y/o de datos de parametrización con un dispositivo de diagnóstico.

45 Además, el documento US 7 436 641 B2 se refiere a un dispositivo y un sistema para una comunicación inalámbrica con un disyuntor, lo que permite obtener datos asociados con un disyuntor para acceder rápida y fácilmente a información asociada con el evento de disparo. El disyuntor contiene un módulo electrónico que está configurado para registrar y transmitir datos asociados con el circuito usando tecnología inalámbrica.

50 También cabe destacar el documento US 2010/157486 A1 relativo a un interruptor de circuito de avería de arco que incluye unos contactos separables, un mecanismo de funcionamiento y un detector de avería de arco estructurado

para detectar una condición de avería de arco asociada operativamente con los contactos. El detector de avería de arco incluye un sensor de corriente sintonizado estructurado para detectar el ruido de banda ancha de un sensor de corriente estructurado para detectar el ruido de banda ancha de una corriente que circula a través de los contactos, un circuito de compresión que incluye una entrada del ruido de banda ancha detectado y una salida. Un detector

5 mínimo incluye una entrada de la salida de circuito de compresión y una salida del valor mínimo de la entrada de detector mínimo. Un procesador incluye una serie de entradas y una salida. Una de las entradas es la salida del valor mínimo del detector mínimo, un mecanismo de disparo coopera con la salida del procesador y el mecanismo de funcionamiento para hacer que se abran los contactos en respuesta a la condición de avería de arco detectada.

10 A pesar de lo anterior, sigue habiendo margen de mejora para los interruptores de circuito, tales como disyuntores en miniatura. En particular, existe margen de mejora en el diagnóstico de problemas de campo, por ejemplo, tratar la necesidad frecuente de enviar un costoso ingeniero de diseño a una ubicación de campo para recopilar información de primera mano sobre el problema.

15 Según la presente invención, se proporcionan un método según la reivindicación 1 y un sistema según la reivindicación 3 para diagnosticar de forma remota un problema en una ubicación remota. La invención está definida por las reivindicaciones independientes adjuntas. Se describen otras realizaciones, entre otras cosas, en las reivindicaciones dependientes.

20 **Breve descripción de los dibujos**

Se puede conseguir entender completamente el concepto descrito gracias a la siguiente descripción de las realizaciones preferidas al leerse junto con los dibujos adjuntos en los que:

25 La Fig. 1 es un diagrama en bloque de un disyuntor en miniatura según una realización ilustrativa del concepto descrito; la Fig. 2 muestra unos datos similares a los de un “osciloscopio” ilustrativos que pueden ser capturados y almacenados por el disyuntor en miniatura de la Fig. 1;

30 la Fig. 3 es un diagrama en bloque de un sistema de diagnóstico remoto para diagnosticar problemas asociados con un disparo de un disyuntor que se produce sobre el terreno, en una ubicación remota según una realización ilustrativa del concepto descrito;

35 la Fig. 4 es un diagrama esquemático de un mensaje de texto generado por el sistema de diagnóstico remoto de la Fig. 3 según una realización ilustrativa particular;

la Fig. 5 es un diagrama esquemático de una página web generada por el sistema de diagnóstico remoto de la Fig. 3 según una realización ilustrativa particular;

40 la Fig. 6 es un diagrama de flujo que ilustra un método para diagnosticar remotamente un problema de campo asociado a un disparo de un disyuntor en miniatura según una realización ilustrativa del concepto descrito; y

45 la Fig. 7 es un diagrama en bloque de un sistema de diagnóstico remoto para diagnosticar problemas asociados con un disparo de disyuntor que se produce sobre el terreno de una ubicación remota según una realización ilustrativa alternativa del concepto descrito.

Descripción de las realizaciones preferidas

50 Frases sobre direcciones utilizadas en la presente memoria, tales como, por ejemplo, izquierda, derecha, frontal, posterior, superior, inferior y derivados de las mismas, se refieren a la orientación de los elementos mostrados en los dibujos y no son limitantes en las reivindicaciones, a menos que se especifique expresamente en las mismas.

55 Como se utiliza en la presente memoria, el término “número” significará uno o un número entero mayor que uno (es decir, una pluralidad).

60 Como se utiliza en la presente memoria, el término “procesador” se referirá a un dispositivo analógico y/o digital programable que puede almacenar, recuperar y procesar datos; un ordenador; una estación de trabajo; un ordenador personal; un microprocesador; un microcontrolador; un microordenador; una unidad de procesamiento central; un ordenador central; un miniordenador; un servidor; un procesador en red; o cualquier dispositivo o aparato de procesamiento adecuado.

65 Como se utiliza en la presente memoria, la afirmación de que dos o más piezas están “conectadas” o “acopladas” la una a la otra significa que las piezas están unidas entre sí o bien directamente o bien unidas a través de una o más piezas intermedias.

Como se utiliza en la presente memoria, la expresión “vida útil operativa” significará la duración de la existencia de funcionamiento de un interruptor de circuito con una potencia adecuada aplicada a su o sus terminales de línea.

5 El concepto descrito se describe en asociación con disyuntores en miniatura de polo único, aunque el concepto descrito es aplicable a una amplia gama de interruptores de circuito que tienen cualquier número de polos.

10 La Fig.1 es un diagrama en bloque de un disyuntor 2 en miniatura ilustrativo según una realización ilustrativa. El disyuntor 2 en miniatura es un AFCI y, como se describe con mayor detalle en otra parte de la presente memoria (Figs. 3 y 6), se utiliza para implementar un sistema de diagnóstico remoto según un aspecto de la presente invención. El disyuntor 2 en miniatura ilustrativo es similar al disyuntor en miniatura descrito en el documento US 2014 071 575 A1. Sin embargo, como se describe con mayor detalle en la presente memoria, el disyuntor 2 en miniatura de la presente realización además incluye una funcionalidad de comunicación inalámbrica para permitir que los datos obtenidos y almacenados por el disyuntor 2 en miniatura se transmitan a una ubicación remota como parte del sistema de diagnóstico remoto descrito.

15 Con referencia a la Fig. 1, el disyuntor 2 en miniatura tiene una vida útil operativa e incluye contactos separables 4, un mecanismo operativo 6 estructurado para abrir y cerrar los contactos separables 4, un mecanismo de disparo, tal como el circuito 8 de disparo ilustrativo, que coopera con el mecanismo operativo 6 para abrir los contactos separables 4, y un procesador, tal como el microcontrolador 10 ilustrativo, que tiene un número de rutinas 12. Aunque en la realización ilustrada se muestran contactos separables 4, se puede emplear cualquier contacto separable de estado sólido adecuado. Por ejemplo, si bien el disyuntor 2 en miniatura ilustrado incluye un mecanismo de interrupción de circuito adecuado en forma de contactos separables 4 que se abren y cierran mediante el mecanismo operativo 6, el concepto descrito es aplicable a una amplia gama de mecanismos de interrupción de circuitos (p. ej., sin limitarse a, interruptores de estado sólido, tales como dispositivos FET o IGBT; contactos de contactor) y/o dispositivos de control/protección de estado sólido (p. ej., sin limitarse a, accionadores; iniciadores flexibles; convertidores de CC/CC) y/o mecanismos operativos (p. ej., sin limitarse a, mecanismos eléctricos, electromecánicos o mecánicos).

20 El disyuntor 2 en miniatura también incluye una pluralidad de sensores 14, 16, 18, 20 para detectar la información del circuito de potencia asociada operativamente con los contactos separables 4. Por ejemplo, y sin limitarse a, los sensores ilustrativos incluyen un sensor 14 de avería a tierra, un sensor 16 de ruido de banda ancha, un sensor 18 de corriente y un circuito 20 detector de cruce por cero y detección de voltaje de línea a neutro. La salida 15 del sensor 14 de avería a tierra se introduce mediante un circuito 22 de avería a tierra que envía una señal 23 de avería a tierra al microcontrolador 10. La salida 17 del sensor 16 de ruido de banda ancha es introducida por un circuito 24 de detección de ruido de alta frecuencia que envía una señal 25 de detector de alta frecuencia al microcontrolador 10. La salida 19 del sensor 18 de corriente es introducida por un circuito 26 de detección de corriente de línea que envía una señal 27 de corriente de línea al microcontrolador 10. La entrada 21 del circuito 20 detector de cruce por cero y detección de voltaje es un voltaje de línea a neutro. A su vez, el circuito 20 envía una señal 28 de voltaje de línea y una señal 29 de cruce por cero de voltaje de línea al microcontrolador 10. El microcontrolador 10 incluye entradas analógicas 30, 32, 34, 36 para las respectivas señales analógicas 23, 25, 27, 28, y una entrada digital 38 para la señal 29 de cruce por cero de voltaje de línea digital. Las entradas analógicas 30, 32, 34, 36 están asociadas operativamente con un número de analog-to-digital converters (convertidores de analógico a digital - ADC) (no mostrados) dentro del microcontrolador 10. El microcontrolador 10 también incluye una salida digital 40 que proporciona una señal 41 de disparo al circuito 8 de disparo.

45 El disyuntor 2 en miniatura además incluye una memoria 42 no volátil accesible de este modo. La memoria 42 no volátil puede ser externa (no mostrada) o interna (como se muestra) al microcontrolador 10. Las rutinas 12 del microcontrolador 10, que pueden ser almacenadas por la memoria 42 no volátil (como se muestra) o por otra memoria adecuada (no mostrada), están, en la realización ilustrativa, estructuradas para introducir la información de circuito de potencia detectada desde los diversos sensores 14, 16, 18, 20, determinar y almacenar información de disparo para cada uno de una pluralidad de ciclos de disparo en la memoria 42 no volátil, almacenar la información de circuito de potencia detectada en la memoria 42 no volátil para cada uno de una pluralidad de semiciclos de línea, y determinar y almacenar información de disyuntor en la memoria 42 no volátil para la vida útil operativa del disyuntor 2 en miniatura. En el anteriormente mencionado documento US 2014 071 575 A1 (Figs. 2A-3D del mismo), el cual se incorpora a la presente memoria como referencia, se describe en detalle un número de implementaciones particulares de las rutinas 12 ejecutadas por el microcontrolador 10 para proporcionar la funcionalidad anteriormente descrita. Por lo tanto, estas implementaciones de rutina particulares no se describirán con detalle en la presente memoria, a pesar de que se debe apreciar que pueden emplearse en conexión con la presente invención. Tales rutinas pueden incluir una rutina de inicialización, una rutina de bucle principal, una rutina de interrupción, una rutina de disparo y una rutina de protección contra avería de arco/avería a tierra opcional.

60 Como se observa en la Fig. 1, el disyuntor 2 en miniatura también incluye un módulo 44 de comunicaciones inalámbricas de corto alcance. El módulo 44 de comunicaciones inalámbricas de corto alcance es un módulo que está estructurado y configurado para permitir que el disyuntor 2 en miniatura se comunique con otros dispositivos electrónicos equipados de forma similar a través de una red inalámbrica de corto alcance. Por ejemplo, y como se describe en otro lugar de la presente memoria, el módulo 44 de comunicaciones inalámbricas de corto alcance está estructurado y configurado para permitir que el disyuntor 2 en miniatura se comunique con un punto de acceso

inalámbrico para acceder a una red, tal como Internet, para enlazarse y comunicarse con un sistema informático remoto. En la realización ilustrativa, el módulo 44 de comunicaciones inalámbricas de corto alcance es un módulo habilitado para WiFi que permite la comunicación de datos a través de una red WiFi a, por ejemplo, un router inalámbrico WiFi según los estándares 802.11 del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE). En una implementación particular, el módulo 44 de comunicaciones inalámbricas es el módulo de hardware comercialmente disponible en Electric Imp (www.electricimp.com) que incluye un procesador que ejecuta un SO patentado y una radio WiFi según el protocolo de transmisión 802.11b/g/n. Como alternativa, el módulo 44 de comunicaciones inalámbricas de corto alcance puede ser un módulo Bluetooth® que esté estructurado y configurado para permitir que el disyuntor 2 en miniatura se comunique con otros dispositivos, tales como un punto de acceso inalámbrico, a través de una red Bluetooth® ad hoc. Otras alternativas adecuadas incluyen 802.11ac, 802.15.4, ZigBee/Zwave, y transmiten datos por Internet/hasta la nube usando HTTP, TCP/IP. En otra alternativa más, el módulo 44 de comunicaciones inalámbricas puede reemplazarse por un módulo de comunicaciones inalámbricas de largo alcance (tal como un módem) que esté estructurado y configurado para permitir que un disyuntor 2 en miniatura se comunique con un sistema informático remoto a través de una red adecuada, tal como Internet. En otra alternativa más, el módulo de comunicaciones inalámbricas 44 puede reemplazarse por una conexión por cable que esté estructurada y configurada para permitir que el disyuntor 2 en miniatura se comunique con un sistema informático remoto a través de una red adecuada, tal como Internet. Por lo tanto, como se utiliza en la presente memoria, módulo de comunicaciones inalámbricas se referirá a cualquier mecanismo, dispositivo o componente (o una parte del mismo) adecuado que esté estructurado y configurado para permitir que el disyuntor 2 en miniatura se comunique con un sistema informático remoto a través de una red adecuada.

A continuación, se describe en detalle la operación de almacenamiento de datos no limitante ilustrativa del disyuntor 2 en miniatura según un número de realizaciones. El microcontrolador 10 ilustrativo, que puede realizar funciones de AFCI, almacena información continuamente, sin obstaculizar la protección del circuito y también almacena una cantidad relativamente grande de información sobre cada decisión de disparo. Esta información, según es almacenada por el microcontrolador 10, constituye información de una fuente conocida y de una calidad conocida, que es útil para diagnosticar los problemas de campo. Por lo tanto, como se describe en otra parte de la presente memoria (Figs. 3 y 6), esta información puede utilizarse en un sistema de diagnóstico remoto para servir mejor a los clientes para diagnosticar problemas de campo.

El microcontrolador 10 ilustrativo incluye la memoria 42 no volátil interna ilustrativa proporcionada por, por ejemplo, y sin limitarse a, una memoria de acceso aleatorio ferroeléctrica (FRAM). En comparación con una memoria no volátil de EEPROM de datos convencional, una FRAM tiene un rendimiento de escritura más rápido (p. ej., $125 \cdot 10^{-9}$ segundos por escritura frente a $5 \cdot 10^{-3}$ segundos por escritura) y un número máximo mucho mayor de ciclos de escritura-borrado (10^{15} frente a 10^6). Usar la capacidad de FRAM no mejorará necesariamente las funciones de protección del microcontrolador 10; sin embargo, permite el almacenamiento continuo de datos, lo que podría conducir a un diagnóstico mucho más extenso, como se describe en los ejemplos a continuación.

Ejemplo 1

Mantener un recuento de semiciclos de líneas en la memoria no volátil 42 permite medir la duración entre eventos. Por ejemplo, contar los semiciclos permite capturar lo siguiente: (1) el número total de semiciclos de línea durante los cuales el disyuntor 2 en miniatura fue energizado durante su vida útil y (2) los semiciclos de línea a partir de los cuales el disyuntor 2 en miniatura se encendió cuando se disparó, para cada evento de disparo.

Ejemplo 2

Para una aplicación de captura de datos, un procesador con una memoria no volátil FRAM como se acaba de describir, tal como el microcontrolador 10 y la memoria 42 no volátil del disyuntor 2 en miniatura, puede almacenar datos continuamente sin tener en consideración un límite de ciclos de escritura-borrado. Esto puede capturar datos históricos tales como, por ejemplo, y sin limitarse a: (1) Una función interna similar a la de un “osciloscopio”, que captura varios semiciclos de línea de datos analógicos y/o digitales muestreados (p. ej., sin limitarse a, corriente de línea; salida del detector de alta frecuencia; voltaje de línea; cruce por cero de voltaje de línea; señal de avería a tierra; recuentos de semiciclos de línea e interrupciones, que ayudan a capturar el orden en el que se produjeron los datos y también la información de fase de los datos con relación al voltaje de red eléctrica) antes de un disparo; si hay una memoria adecuada disponible, el procesador puede almacenar una “captura de osciloscopio” de datos analógicos muestreados observados antes de los últimos varios eventos de disparo; y (2) una captura o un historial de registros clave de procesador y/o variables de algoritmo clave que preceden a cada disparo.

Por ejemplo, como se muestra en la Fig. 2, los siguientes datos similares a los de un “osciloscopio” pueden ser capturados y almacenados por el disyuntor 2 en miniatura para que puedan representarse posteriormente en forma gráfica a, por ejemplo, un diseñador/desarrollador con fines de diagnóstico: (i) Datos de “Sincronización”; (ii) datos “i(t)”; (iii) datos de “HF”; y (iv) datos de “Cubo de disparo”. Con respecto a los datos de “Sincronización”, en la realización ilustrativa, el microcontrolador 10 interrumpe 16 veces por cada semiciclo del voltaje sinusoidal de red eléctrica. La onda en dientes de sierra de “Sincronización” representa los números de interrupción de 0 a 15. La observación directa de la onda de dientes de sierra permite que un diseñador/desarrollador verifique que (1) se produce

el número apropiado de interrupciones por cada semiciclo, (2) las duraciones de interrupción son consistentes, y (3) las interrupciones están de hecho sincronizadas con el voltaje de línea. Con respecto a (2), cabe señalar que, en la realización ilustrativa, “observación directa” significa medir una versión analógica de la forma de onda en dientes de sierra que representa la operación de interrupción en tiempo real usando un osciloscopio. Este tipo de análisis permite que un desarrollador identifique problemas de temporización buscando irregularidades en la forma de onda mostrada por el osciloscopio. Cabe señalar que la visualización de página web de los datos de tipo osciloscopio no revelaría anomalías de temporización a menos que se capturara, almacenara y transmitiera también la duración del tiempo entre interrupciones a la página web y se usara para representar gráficamente las formas de onda, lo que podría ser el caso en una realización ilustrativa alternativa. Con respecto a los datos “ $i(t)$ ”, son, en la realización ilustrativa, la corriente en el circuito de ramificación protegido por el disyuntor 2 en miniatura tal y como es leída por el microcontrolador 10. Con respecto a los datos de “HF”, son, en la realización ilustrativa, la salida del circuito 24 de detección de ruido de alta frecuencia, que es sensible al ruido de alta frecuencia en el circuito de ramificación protegido por el disyuntor 2 en miniatura. Los arcos producen ruido de alta frecuencia y todos los fabricantes de AFCI utilizan varias técnicas de detección y procesamiento de ruido para establecer cuándo existe una alta probabilidad de formación de arcos en un circuito. Con respecto a los datos de “Cubo de disparo”, son, en la realización ilustrativa, una variable que el microcontrolador 10 incrementa siempre que se cumplen los criterios de detección de arco; cuando no se cumplen los criterios de detección de arco, la variable se reduce gradualmente a cero. Las líneas verticales mostradas en la Fig. 2 representan un nivel en el que se disparará el disyuntor 2 en miniatura. El microcontrolador 10 se programó para intercalar el “nivel de disparo” con el valor de “cubo de disparo” para darle al observador algo de sentido de escala. La expresión “cubo de disparo” viene de una analogía con un cubo con fugas. Si el agua fluye de entrada más rápidamente de lo que fluye de salida, eventualmente el cubo se desbordará. En este ejemplo, el punto en el que el agua se sale del cubo es análogo al punto en el que el disyuntor 2 en miniatura se disparará en respuesta a una condición de formación de arcos inferida. El “cubo con fugas” principal se usa para garantizar que la condición de formación de arcos inferida persiste durante algún período de tiempo, lo que da una mayor confianza de que realmente existe una condición de formación de arcos y también ayuda a garantizar que el disyuntor 2 en miniatura no se disparará durante un transitorio de ruido de corta duración. En la realización ilustrativa ilustrada, el “cubo de disparo” se incrementa cada vez que hay suficiente corriente de línea (“ $i(t)$ ”) y suficiente ruido de alta frecuencia (AF) y se disminuye a cero en caso contrario. Cuando el nivel del “cubo de disparo” alcanza el “nivel de disparo”, el disyuntor 2 en miniatura se dispara.

Ejemplo 3

El disyuntor 2 en miniatura ilustrativo también puede proporcionar un diagnóstico mejorado y el archivado de disparos mecánicos. Por ejemplo, algunas funciones de disparo (p. ej., disparos termomagnéticos instantáneos) son proporcionadas por unos mecanismos mecánicos, que funcionan independientemente de, por ejemplo, la electrónica del AFCI y no proporcionan retroalimentación a la misma. Por lo tanto, el diseño de la electrónica del AFCI no tiene forma de distinguir directamente entre los siguientes eventos: (1) se produce un disparo mecánico instantáneo magnético; (2) se produce un disparo térmico-mecánico; (3) el usuario apaga el disyuntor 2; y (4) se desconecta la energía de la red eléctrica. Si el disyuntor 2 en miniatura almacena un registro de varios semiciclos de magnitudes de corriente de línea, entonces puede inferir un disparo térmico (p. ej., relativamente muchos semiciclos de corriente moderadamente alta) o un disparo mecánico instantáneo (p. ej., aproximadamente uno o dos semiciclos de corriente relativamente alta) y distinguir estos eventos de un apagado mecánico iniciado por el usuario. La información de disparo inferida podría almacenarse en un registro de disparo. Si se desea, podría indicarse al usuario (p. ej., mediante un patrón de parpadeo de LED u otro mecanismo de comunicaciones adecuado). Como ejemplo adicional, si el disyuntor 2 en miniatura infiere los disparos térmicos y magnéticos con bastante exactitud, entonces tal vez podrían inferirse otros eventos benignos (p. ej., sin limitarse a, un apagado por parte del usuario; una pérdida de voltaje de línea de red eléctrica) mediante un proceso de eliminación. Sin embargo, puesto que el apagado por parte del usuario y el corte de voltaje de salida son condiciones benignas, se identifican como menos críticas.

Ejemplo 4

La monitorización de la carga también puede proporcionarse si el disyuntor 2 en miniatura tiene una detección de tiempo y captura información de voltaje y corriente de línea para su función o funciones protectoras. Esta información también podría utilizarse para monitorizar y archivar las tendencias en la utilización y el rendimiento del circuito. Algunos ejemplos incluyen: (1) los kilovatios-hora totales que se suministraron a través del disyuntor 2 durante su vida útil operacional (si se conocen los kilovatios-hora totales y el tiempo de funcionamiento total, entonces esto puede proporcionar una carga promedio estimada del disyuntor); (2) un registro más detallado de la carga del circuito de potencia (p. ej., sin limitarse a, sobre la vida útil operativa del disyuntor 2, el número de semiciclos de línea desde que se cargó el disyuntor, p. ej., 0-25 %, 25-50 %, 50-75 %, 75-100 % y más de 100 % de corriente nominal); (3) una tendencia de kilovatios-hora durante cada hora en un intervalo de tiempo (p. ej., sin limitarse a, kilovatios-hora consumidos por hora durante las últimas veinticuatro horas); (4) información del factor de potencia (puesto que el microcontrolador 10 conoce la magnitud aproximada de voltaje de la línea y la magnitud y fase de la corriente); (5) los valores máximos del voltaje de línea de red eléctrica y de la corriente de línea durante la vida útil del disyuntor 2; y (6) este tipo de monitorización de carga podría dar lugar a algunas funciones “protectoras” no habituales, tales como, por ejemplo, disyuntores en miniatura que se disparan después de un número fijo de kilovatios-hora o si el factor de potencia promedio cae por debajo de un valor predeterminado durante un período de tiempo predeterminado.

Por tanto, como se ha demostrado anteriormente, el disyuntor 2 en miniatura descrito puede recopilar una gran variedad de información sobre el circuito de potencia protegido para tomar decisiones de disparo. Por ejemplo y sin limitarse a, esta información puede incluir corriente de línea, actividad de alta frecuencia, magnitud de voltaje de línea y ángulo de fase. La memoria 42 no volátil descrita (p. ej., sin limitarse a, FRAM; magnetoresistive random-access memory (memoria de acceso aleatorio magnetoresistiva - MRAM); SRAM no volátil (nvSRAM); phase-change random-access memory (memoria de acceso aleatorio de cambio de fase - PRAM); una RAM de puente conductor (CBRAM), una memoria SONOS (silicio-óxido-nitruro-óxido-silicio); una memoria de acceso aleatorio resistiva (RRAM)) puede utilizarse, por tanto, para implementar una “caja negra”. Los datos almacenados en la “caja negra” pueden mejorar en gran medida los diagnósticos de problemas en el campo.

La Fig. 3 es un diagrama en bloque de un sistema 50 de diagnóstico remoto para diagnosticar problemas asociados con un disparo de disyuntor que se producen en el campo de una ubicación remota. Como se observa en la Fig. 3, el sistema 50 de diagnóstico remoto incluye el disyuntor 2 en miniatura como se ha descrito en detalle anteriormente, que en la realización ilustrativa tiene la forma de un AFCI. El disyuntor 2 en miniatura está instalado y operando en una ubicación 52 del cliente, tal como una residencia, en donde está acoplado a un sistema eléctrico 51 (p. ej., un sistema de potencia de CA de red eléctrica) en la ubicación 52 del cliente y proporciona protección para una carga 53 (que puede incluir uno o más circuitos eléctricos de ramificación) en la ubicación 52 del cliente. Además, en la ubicación 52 del cliente hay un punto 54 de acceso inalámbrico, que en la realización ilustrativa es un router WiFi configurado para operar según los estándares del Institute of Electrical and Electronics Engineers (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos - IEEE) 802.11. El punto 54 de acceso inalámbrico está acoplado operativamente a una red 56 para proporcionar una funcionalidad de comunicación de datos entre la red 56 y el disyuntor 2 en miniatura (mediante un módulo 44 de comunicaciones inalámbricas de corto alcance, como se describe en la presente memoria). La red 56 puede ser una o más redes de comunicaciones por cable y/o inalámbricas, solas o en diversas combinaciones, y puede incluir, sin limitarse a, Internet. Finalmente, el sistema 50 de diagnóstico remoto también incluye un sistema 58 informático remoto situado en una ubicación remota 60 (remota de la ubicación 52 del cliente). En la realización ilustrativa, el sistema 58 informático remoto incluye un número de ordenadores de servidor configurados para operar como un servidor web y un número de componentes de base de datos asociados para almacenar datos. Además, en la realización ilustrativa, el sistema 58 informático remoto y la ubicación remota 60 están asociados con el fabricante del disyuntor 2 en miniatura para que los diseñadores desarrolladores u otro personal del fabricante que participan en actividades de diagnóstico de disyuntor puedan acceder a la información almacenada en el mismo.

En operación, como se describe en detalle en la presente memoria, el disyuntor 2 en miniatura almacenará en la memoria 42 no volátil ciertos datos relacionados con cualquiera de un número de eventos de disparo. Estos datos pueden incluir, sin limitarse a, datos de corriente de línea, de actividad de alta frecuencia, de magnitud de voltaje de línea y de ángulo de fase antes de un evento de disparo, los datos similares a los de un “osciloscopio” anteriores a un evento de disparo tal como se describen en la presente memoria o cualquier otra información de circuito de potencia detectada y/o relacionada con un evento de disparo descrita en la presente memoria. Cuando se resetea el disyuntor 2 en miniatura después de un evento de disparo, una cantidad predeterminada (p. ej., 250 milisegundos) de los datos almacenados en la memoria 42 no volátil antes del evento de disparo en cuestión es transmitida automáticamente por el disyuntor 2 en miniatura al sistema 58 informático remoto a través de la red 56 para proceder de este modo a su almacenamiento.

Una vez que los datos del evento de disparo han sido almacenados por el sistema 58 informático remoto, entonces los desarrolladores u otro personal del fabricante puede acceder selectivamente a ellos para diagnosticar problemas que se produzcan en la ubicación 52 del cliente. Por ejemplo, y sin limitarse a, se puede acceder a los datos de eventos de disparo almacenados usando un dispositivo informático, tal como un PC, un ordenador portátil, un ordenador de tableta o un teléfono inteligente, y una interfaz web. En una implementación particular, los datos de evento de disparo almacenados, tales como los datos similares a los de un “osciloscopio” descritos en la presente memoria, pueden presentarse en forma gráfica.

En una realización ilustrativa particular, el disyuntor 2 en miniatura está configurado de tal manera que cuando transmite los datos almacenados en la memoria no volátil 4, tal como se acaba de describir, también enviará un mensaje electrónico, tal como un mensaje de texto (SMS o MMS) o un correo electrónico, a uno o más individuos designados asociados con el fabricante (un desarrollador u otro personal de diagnóstico del fabricante) que informará a ese individuo que se ha producido el evento de disparo y se puede acceder a esos datos relacionados con el mismo a través de un sistema 58 informático remoto. En la Fig. 4 se muestra esquemáticamente un ejemplo de un mensaje 62 de texto de este tipo visualizado en una pantalla 64 de un teléfono inteligente o de dispositivo informático similar (p. ej., un ordenador de tableta). Como se observa en la Fig. 4, un mensaje 62 de texto de este tipo incluirá cierta información acerca del evento (p. ej., el número de identificación del disyuntor, así como datos y tiempo del evento) y un hipervínculo 66 a una página web 68 (Fig. 5) generado por el sistema 58 informático remoto, que está configurado para visualizar los datos, por ejemplo, en forma gráfica. Como alternativa, un mensaje electrónico de este tipo puede ser generado y transmitido por el sistema 58 informático remoto en respuesta a la recepción de los datos.

La Fig. 6 es un diagrama de flujo que ilustra un método de diagnóstico remoto de problemas de campo asociados con el disparo de un disyuntor en miniatura según una realización particular. El método se describirá en relación con ciertos

componentes del sistema 50 de diagnóstico remoto mostrado en la Fig. 3 y descrito en detalle en otra parte de la presente memoria. El método comienza en la etapa 70, en donde el disyuntor en miniatura existente de un cliente en la ubicación 52 del cliente que está conectado al sistema eléctrico 51 y la carga 53 del mismo experimenta un evento de disparo que preocupa al cliente. Por ejemplo, al cliente le puede preocupar que el disparo se produjera como resultado de una condición eléctrica peligrosa en la ubicación 52 del cliente (es decir, una condición eléctrica peligrosa dentro del sistema eléctrico 51 y/o la carga 53 que pueda poner en peligro la carga 53). Una condición peligrosa también podría poner en peligro la estructura física de la ubicación 52 del cliente, por ejemplo, iniciando un incendio. A continuación, en la etapa 72, el cliente se pone en contacto con un electricista con respecto a lo que le preocupa. A continuación, en la presente realización, en lugar de pagar una visita inmediata a la ubicación 52 del cliente, el electricista en su lugar, en la etapa 74, entra en contacto con el fabricante del disyuntor 2 en miniatura para solicitar un disyuntor de diagnóstico en forma de disyuntor 2 en miniatura para su uso en la ubicación 52 del cliente. En la etapa 76, el fabricante envía un disyuntor 2 en miniatura al cliente y, en la etapa 78, el electricista instala el disyuntor 2 en miniatura en la ubicación 52 del cliente con el fin de establecer un diagnóstico. A continuación, en la etapa 80, el disyuntor 2 en miniatura se dispara (probablemente debido a la misma condición que produjo el disparo anterior que causó la preocupación del cliente). Como se describe en otra parte de la presente memoria, en la etapa 82 (después de la etapa 80), se recogen ciertos datos previos al disparo mediante el disyuntor 2 en miniatura y se almacenan en la memoria 42 no volátil del mismo. Como se describe en otra parte de la presente memoria, y como parte de la etapa 82, cuando se resetea el disyuntor 2 en miniatura, se transmiten los datos previos al disparo almacenados durante una cantidad determinada de tiempo antes del evento de disparo al sistema 58 informático remoto a través de la red 56. En la realización ilustrativa no limitativa, esos datos incluyen los datos similares a los de un "osciloscopio" mostrados en la Fig. 2 durante una cantidad predeterminada de tiempo antes del disparo (aunque se entenderá que esto es solamente ilustrativo y que, dentro del alcance de la presente invención, puede almacenarse cualquier combinación de otros tipos de datos descritos en la presente memoria). Además, en la realización ilustrativa no limitativa, esos datos se transmiten al sistema 58 informático remoto a través de la red 56 utilizando el módulo 44 de comunicaciones inalámbricas de corto alcance y el punto 54 de acceso inalámbrico que se han descrito en la presente memoria. Se apreciará, sin embargo, que también pueden emplearse otros métodos de comunicación de los datos al sistema 58 informático remoto a través de la red 56. Por ejemplo, el disyuntor 2 en miniatura puede estar provisto de un módulo de comunicaciones inalámbricas de largo alcance (como un módem) para permitir que el disyuntor 2 en miniatura se comuniquen con el sistema 58 informático remoto a través de la red 56.

A continuación, en la etapa 84, el personal del fabricante de disyuntor 2 en miniatura, tal como un diseñador/desarrollador o técnico de diagnóstico, accede a los datos transmitidos al sistema 58 informático remoto, como se acaba de describir, y esa persona los usa para intentar diagnosticar el problema de campo, si lo hubiera, que se produce en una ubicación 52 del cliente. Tal como se describe en otra parte de la presente memoria, esta etapa puede implicar la generación y transmisión de un mensaje electrónico (mediante un disyuntor 2 en miniatura y/o un sistema 58 informático remoto), tal como el mensaje 62 de texto (Fig. 4), al personal del fabricante para facilitar el acceso a los datos tal como a través de la página web 68 utilizando, por ejemplo, un teléfono inteligente, un ordenador de tableta, un PC o un ordenador portátil.

Por lo tanto, el método de la Fig. 6 como se acaba de describir proporciona un método mejorado de diagnóstico de problemas de campo asociados con disyuntores en miniatura que elimina la necesidad de enviar un ingeniero de diseño caro a una ubicación de campo para recopilar información de primera mano sobre el problema. Más bien, los datos para diagnosticar el problema de campo se transmiten automáticamente a una ubicación remota para un acceso fácil del personal apropiado.

En la realización que se acaba de describir, la información almacenada en la memoria 42 no volátil del disyuntor 2 en miniatura es en respuesta a un evento de disparo/reseteo. En una realización alternativa, la información almacenada en la memoria 42 no volátil del disyuntor 2 en miniatura se transmite en cambio en respuesta a una solicitud de usuario en vez de en respuesta a un evento de disparo/restablecimiento. En particular, en un ejemplo de esta realización, un sistema 58 informático remoto genera y facilita una página web que permite que un usuario emita una solicitud de información (tal como los datos similares a los de un "osciloscopio" mostrados en la Fig. 2 durante una cantidad de tiempo predeterminada) al disyuntor 2 en miniatura, por ejemplo, utilizando un ratón para presionar un botón virtual en la página web. La solicitud se transmite a través de la red 56 al módulo 44 de comunicaciones inalámbricas, que, como se describe en otra parte de la presente memoria, puede ser el módulo de hardware comercialmente disponible de Electric Imp, que cambia momentáneamente el estado de una salida digital del módulo 44 de comunicaciones inalámbricas. El microcontrolador 10, que en esta realización interroga continuamente esta salida digital del módulo 44 de comunicaciones inalámbricas, nota que ha cambiado de estado y entonces salta a las etapas/rutina que hace que se transmita la información almacenada en la memoria 42 no volátil a un módulo de comunicaciones inalámbricas, que a su vez transmite la información al sistema 58 informático remoto como se describe para la salida posterior como también se describe en la presente memoria. Por lo tanto, las acciones del microcontrolador 10, el módulo 44 de comunicaciones inalámbricas y la posterior página web de visualización gráfica (p. ej., la página web 68) son las mismas que en las realizaciones descritas anteriormente (las Figs. 1-6), salvo que el evento que inicia la transmisión de información es un comando transmitido por la web en lugar de un reseteo manual de un disyuntor.

Por tanto, esta realización alternativa contempla una forma muy sencilla de comunicación bidireccional, donde el disyuntor 2 en miniatura es capaz tanto de recibir como de transmitir datos. Además, en una expansión adicional de

esta realización alternativa, también son posibles formas más elaboradas de comunicación bidireccional. Por ejemplo, un disyuntor 2 en miniatura podría recibir comandos y datos de la red 56 para su disparo bajo demanda, cambiar puntos de ajuste, habilitar e inhabilitar ciertas funciones de protección, reprogramarse a sí mismo, etc.

5 En otra realización alternativa, la información almacenada en la memoria 42 no volátil del disyuntor 2 en miniatura se transmite periódicamente en respuesta al cumplimiento del tiempo de espera de un temporizador. Así, se establecería un temporizador en el disyuntor 2 en miniatura que se agotaría periódicamente y haría que el disyuntor 2 en miniatura transmitiera sus datos al sistema 58 informático remoto como se describe en la presente memoria.

10 En otra realización alternativa, mostrada esquemáticamente en la Fig. 7, en la ubicación del cliente se proporciona una versión modificada de un disyuntor 2 en miniatura, indicada como 2'. En vez de tener un módulo 44 de comunicaciones inalámbricas de corto alcance integrado en el mismo, el disyuntor 2' en miniatura está provisto de un puerto 70 de depuración. El puerto 70 de depuración está estructurado para permitir que se le enchufe un dispositivo electrónico separado que incluya la funcionalidad del módulo 44 de comunicaciones inalámbricas de corto alcance
15 que se ha descrito en la presente memoria para que los datos descritos en la presente memoria puedan proporcionarse a ese dispositivo electrónico separado y luego transmitirse a la red 56 y más allá, como se ha descrito en la presente memoria. Ese dispositivo electrónico separado se muestra en la Fig. 7 como un osciloscopio remoto 72. Por lo tanto, en esta realización, en la etapa 76 de la Fig. 6, en lugar de que el fabricante envíe un disyuntor 2 en miniatura al cliente, el fabricante enviará en su lugar este dispositivo electrónico separado (osciloscopio remoto 72) al cliente. El cliente enchufará entonces ese dispositivo en el puerto 70 de depuración del disyuntor 2' en miniatura y los datos se recogerán y se transmitirán con fines de diagnóstico como se ha descrito en otra parte de la presente memoria (p. ej., con respecto a las etapas 82 y 84).

25 En una realización ilustrativa no limitativa, el dispositivo electrónico separado que acaba de describirse (el osciloscopio remoto 72) es un dispositivo electrónico portátil de pequeño tamaño que incluye el módulo de hardware comercialmente disponible en Electric Imp y que utiliza como base la plataforma de Electric Imp que se ha descrito en la presente memoria. El Electric Imp es un módulo que contiene un procesador de 32 bits Cortex M3 (μ p 74) con comunicación WiFi o celular integrada (módulo 76 de comunicaciones) para conectarse a los servicios en la nube de Electric Imp. En la nube (red 56), un Imp virtual o agente maneja el tráfico de internet HTTP(S) y puede realizar tareas de web tales como el alojamiento de una página web y la comunicación de manera segura de datos a otros servicios
30 en la nube, tales como una base de datos proporcionada en la ubicación remota 60. El hardware puede tomar muestras de 8 señales de 0-3,3 V diferentes. Debido a las limitaciones de memoria/procesamiento y a los problemas de latencia de red, la tasa máxima de muestreo sostenible en esta realización ilustrativa es una única señal de 8 kHz enviada a la nube o un valor de RMS de funcionamiento continuo a 48 kHz. El hardware está limitado a un muestreo no simultáneo y la frecuencia de muestreo máxima es de 2 MHz, por lo que las muestras a través de múltiples canales están separadas 0,5 microsegundos. A pesar de estas limitaciones, el dispositivo electrónico separado (osciloscopio remoto 72) que se acaba de describir sigue siendo un osciloscopio muy apto. Las propias señales o patillas de entrada digitales adicionales en el Electric Imp pueden usarse como disparadores y los datos se pueden enviar a la nube cada vez que se produzca un evento. En una implementación, se muestrean cuatro canales a 500 Hz. El Electric Imp es capaz de enviar en continuo estos datos a la nube y a un navegador a través de una página web alojada en un agente en tiempo real. Para conservar el uso de datos celulares y minimizar el almacenamiento en base de datos, también hay una entrada digital conectada a una señal de disparo de disyuntor procedente del disyuntor 2' en miniatura. Incluso cuando no hay datos de envío a la nube, el hardware Electric Imp está muestreado constantemente y almacena una memoria intermedia de 4 segundos de datos en la memoria. Cuando se produce un disparo, estos datos (hasta un segundo después del disparo) se envían a la nube y se envía un correo electrónico de notificación (o de otra forma como se describe en la presente memoria) al personal de ingeniería para que analice la causa del disparo. Este método garantiza que siempre se capturen eventos de disparo en una base de datos en la nube (p. ej., en el sistema 58 informático remoto).

50 Por último, la funcionalidad descrita en la presente memoria puede ser una herramienta inestimable durante el desarrollo del producto. Al incorporar la funcionalidad en unidades beta (p. ej., crear unidades beta y disyuntores 2 en miniatura) se puede expedir un producto y probarlo en las instalaciones y hogares de todo el mundo. Los datos pueden ser recopilados y evaluados por un ingeniero de producto sin tener que viajar ni perder el tiempo. Los algoritmos en la nube pueden ayudar a agregar y evaluar los datos, señalando los problemas más comunes y ayudan a enfocar los recursos en los problemas más importantes. Si se han descubierto problemas de firmware, el firmware del dispositivo puede actualizarse por medio de la nube y a continuación volverse a evaluar. Este nivel de capacidad extiende el desarrollo y la prueba del producto del interior del laboratorio al campo y permite a los ingenieros descubrir los problemas antes de que se haya realizado una producción a gran escala o una venta en el mercado, lo que puede evitar retiradas costosas.

60 Si bien las realizaciones proporcionadas anteriormente se han descrito en relación con un disyuntor en miniatura, se entenderá que los conceptos descritos también pueden implementarse en relación con otros tipos de dispositivos de protección de circuito (i.e., interruptores de circuito), tales como, sin limitarse a, receptáculos de AFCI, dispositivos de protección de circuito comerciales más grandes o cualquier otro dispositivo de protección de circuito que funcione usando electrónica, microprocesadores y firmware.
65

Aunque se han descrito en detalle realizaciones específicas del concepto descrito, los expertos en la técnica apreciarán que se podrían desarrollar diversas modificaciones y alternativas a las detalladas en vista de las reivindicaciones adjuntas. En consecuencia, las disposiciones particulares descritas pretenden ser únicamente ilustrativas y no limitativas en cuanto al alcance del concepto descrito, al que se le debe dar toda la amplitud de las reivindicaciones adjuntas.

5

REIVINDICACIONES

1. Un método para diagnosticar de forma remota un problema asociado con un disparo de un dispositivo (2') de protección de circuito ubicado en una ubicación (52) de usuario de un usuario del dispositivo de protección de circuito, en donde el dispositivo de protección de circuito tiene un puerto de depuración, comprendiendo el método:

proporcionar un dispositivo (72) de diagnóstico para el usuario, en donde el dispositivo de diagnóstico incluye un número de pines de entrada digital, en donde el dispositivo de diagnóstico se instala en la ubicación de usuario entre un sistema eléctrico (51) y una carga (53) que tiene uno o más circuitos eléctricos de ramificación al acoplar el dispositivo de diagnóstico al dispositivo de protección de circuito enchufando el número de pines de entrada digital en el puerto de depuración, en donde el dispositivo de protección de circuito incluye un procesador acoplado a una pluralidad de sensores y una memoria no volátil, en donde el procesador y la pluralidad de sensores están estructurados juntos para detectar y determinar una información de circuito de potencia asociada con uno o ambos del sistema eléctrico y los uno o más circuitos eléctricos de ramificación; introducir y almacenar la información de circuito de potencia y determinar y almacenar una información de disparo durante uno o más ciclos de disparo del dispositivo de protección de circuito en la memoria no volátil;

proporcionar la información de circuito de potencia y la información de disparo almacenadas del dispositivo de protección de circuito al dispositivo de diagnóstico a través del puerto de depuración y del número de pines de entrada digital; y

transmitir la información de circuito de potencia y la información de disparo almacenadas a un sistema (58) informático remoto utilizando el dispositivo de diagnóstico, siendo almacenadas la información de circuito de potencia y la información de disparo almacenadas por el sistema informático remoto para un acceso posterior a las mismas para diagnosticar el problema;

caracterizado por que la pluralidad de sensores incluye: (a) un sensor de ruido acoplado a un circuito de detección de ruido de alta frecuencia, (b) un sensor de corriente acoplado a un circuito de detección de corriente de línea y (c) un circuito detector de cruce por cero y de detección de voltaje de línea a neutro, y

en donde la información de circuito de potencia incluye: (i) unos datos de sincronización que representan unas interrupciones del microcontrolador por cada semiciclo de un voltaje sinusoidal de red eléctrica, (ii) unos datos $i(t)$ que representan una corriente en uno o más circuitos eléctricos de ramificación, registrándose una magnitud de la corriente durante uno o más semiciclos para llegar a una determinación de si se ha producido un disparo térmico, un disparo instantáneo de mecanismo o un apagado mecánico iniciado por usuario, (iii) unos datos de HF que representan el ruido de alta frecuencia en uno o más circuitos eléctricos de ramificación y (iv) unos datos de cubo de disparo que representan una variable que se incrementa siempre que se cumplen ciertos criterios de arco predeterminados, que se basan al menos en parte en los datos $i(t)$ y los datos de HF, para uno o ambos del sistema eléctrico y el uno o más circuitos eléctricos de ramificación y que se disminuye siempre que no se cumplen los ciertos criterios de arco predeterminados.

2. El método según la reivindicación 1, en donde la provisión de un dispositivo de diagnóstico para el cliente se realiza en respuesta a la recepción de un aviso del problema en la ubicación de usuario.

3. Un sistema para diagnosticar de forma remota un problema en una ubicación de usuario que cuenta con un sistema eléctrico y uno o más circuitos eléctricos de ramificación, que comprende:

un dispositivo (2') de protección de circuito que incluye:

un procesador;
una pluralidad de sensores, en donde el procesador y la pluralidad de sensores están estructurados juntos para detectar y determinar una información de circuito de potencia asociada con uno o ambos del sistema eléctrico y el uno o más circuitos eléctricos de ramificación, en donde el dispositivo de protección de circuito está estructurado y configurado para almacenar la información de circuito de potencia detectada y determinar y almacenar una información de disparo durante uno o más ciclos de disparo del dispositivo de protección de circuito; y
un puerto (70) de depuración; y

un dispositivo (72) de diagnóstico que incluye:

un dispositivo (74) de procesamiento;
una memoria;
un número de pines de entrada digital; y
un módulo (76) de comunicaciones;

5

en donde el dispositivo de diagnóstico se acopla al dispositivo de protección de circuito a través del puerto de depuración enchufando el número de pines de entrada digital en el puerto de depuración, en donde la información de circuito de potencia y la información de disparo almacenadas se proporcionan del dispositivo de protección de circuito al dispositivo de diagnóstico a través del puerto de depuración y el número de pines de entrada digital, en donde el dispositivo de procesamiento y la memoria están estructurados y configurados para hacer que el módulo de comunicaciones transmita la información de circuito de potencia y la información de disparo almacenadas a un sistema (58) informático remoto, siendo almacenadas la información de circuito de potencia y la información de disparo almacenadas por el sistema informático remoto para un acceso posterior a las mismas para diagnosticar el problema;

10

15

caracterizado por que la pluralidad de sensores incluye: (a) un sensor de ruido acoplado a un circuito de detección de ruido de alta frecuencia, (b) un sensor de corriente acoplado a un circuito de detección de corriente de línea y (c) un circuito detector de cruce por cero y de detección de voltaje de línea a neutro, y

20

en donde la información de circuito de potencia incluye: (i) unos datos de sincronización que representan unas interrupciones del microcontrolador por cada semiciclo de un voltaje sinusoidal de red eléctrica, (ii) unos datos $i(t)$ que representan una corriente en uno o más circuitos eléctricos de ramificación, registrándose una magnitud de la corriente durante uno o más semiciclos para llegar a una determinación de si se ha producido un disparo térmico, un disparo instantáneo de mecanismo o un apagado mecánico iniciado por usuario, (iii) unos datos de HF que representan el ruido de alta frecuencia en uno o más circuitos eléctricos de ramificación y (iv) unos datos de cubo de disparo que representan una variable que se incrementa siempre que se cumplen ciertos criterios de arco predeterminados, que se basan al menos en parte en los datos $i(t)$ y los datos de HF, para uno o ambos del sistema eléctrico y el uno o más circuitos eléctricos de ramificación y que se disminuye siempre que no se cumplen los ciertos criterios de arco predeterminados.

25

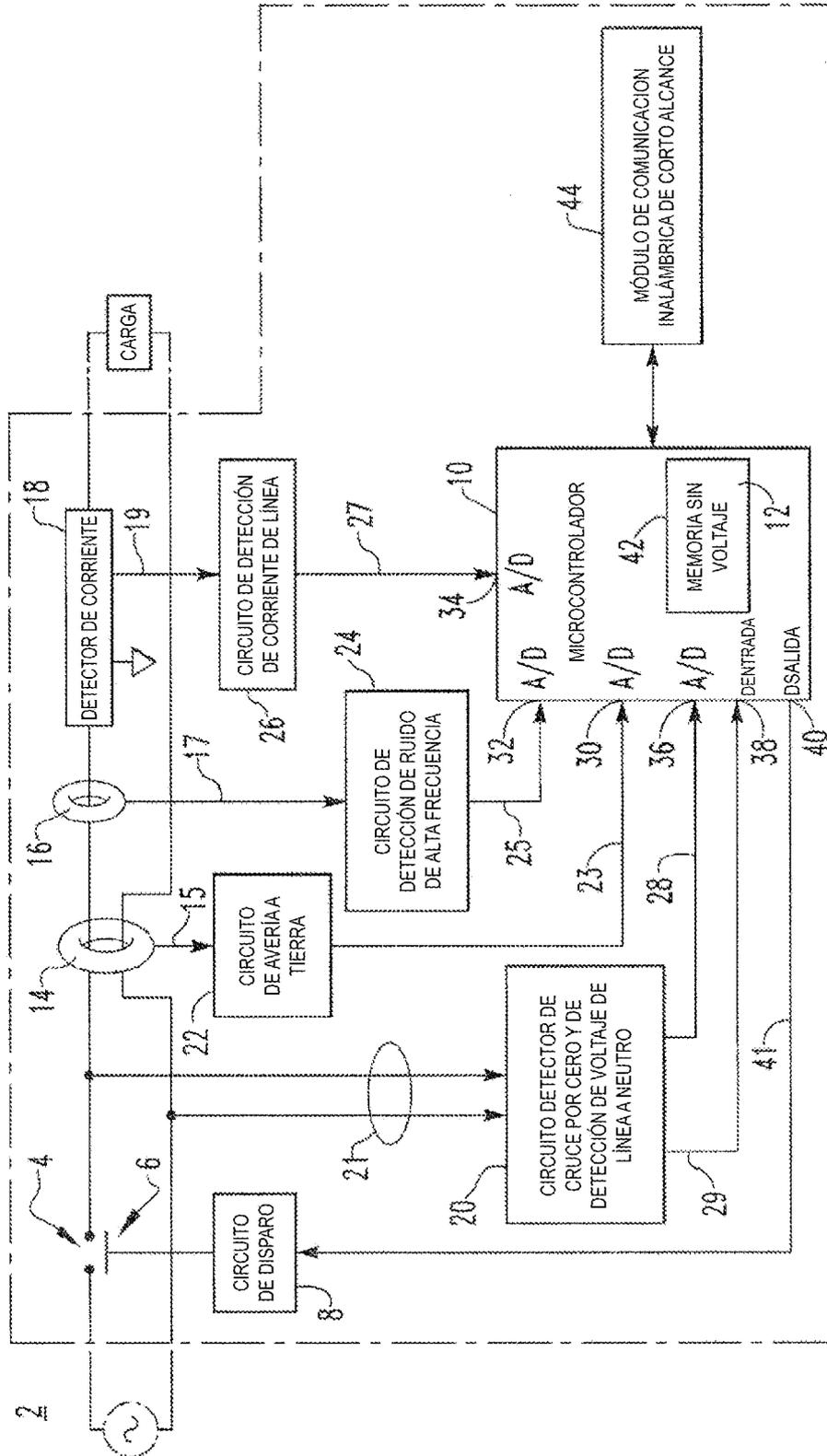


Figura 1

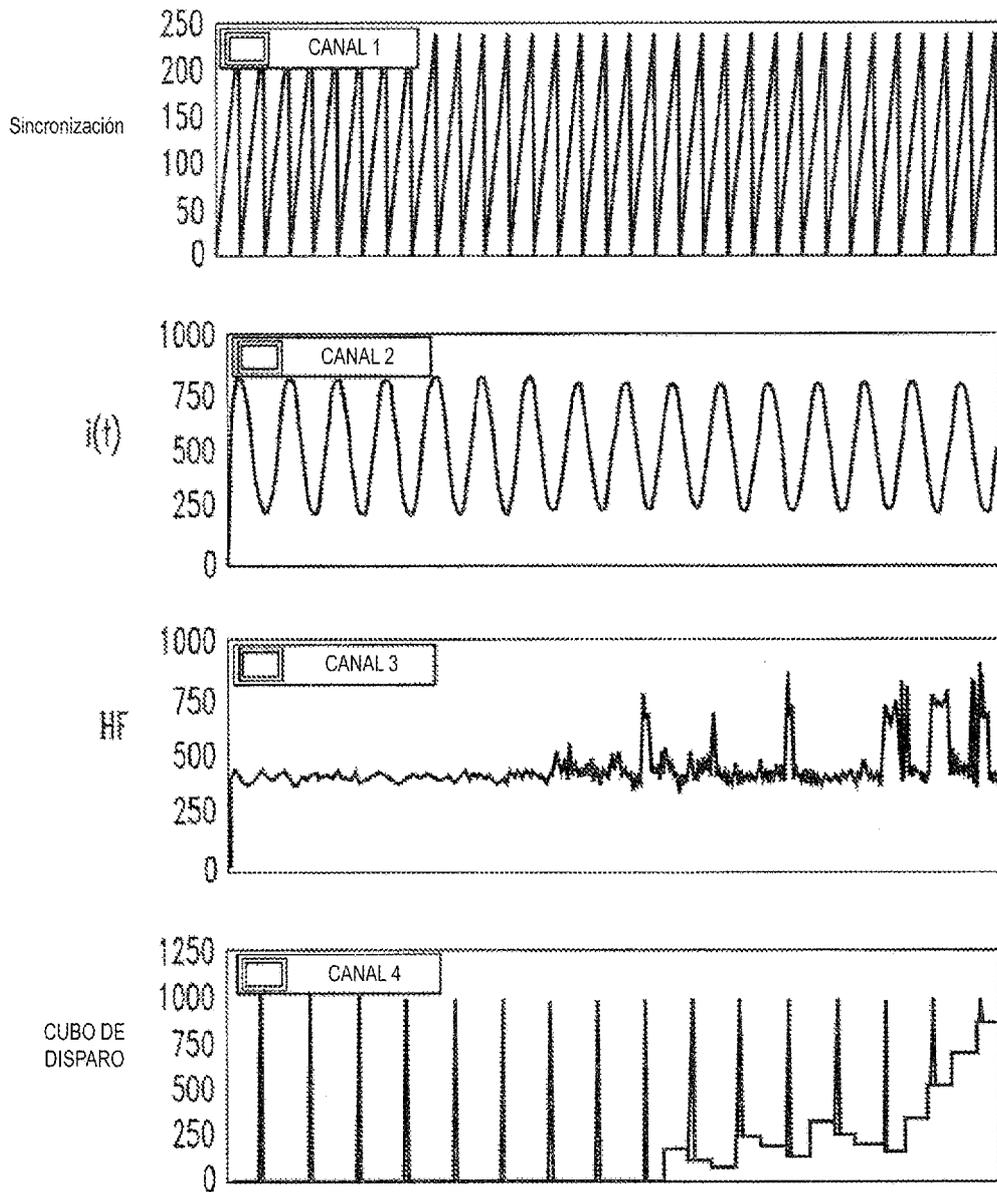


Figura 2

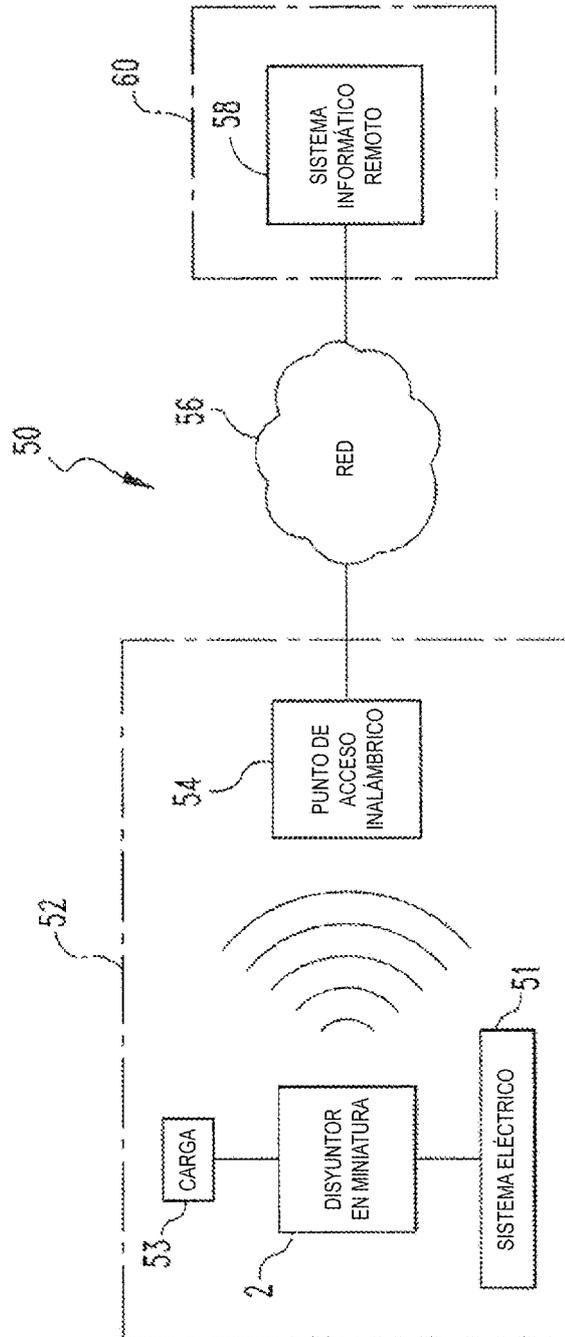


Figura 3

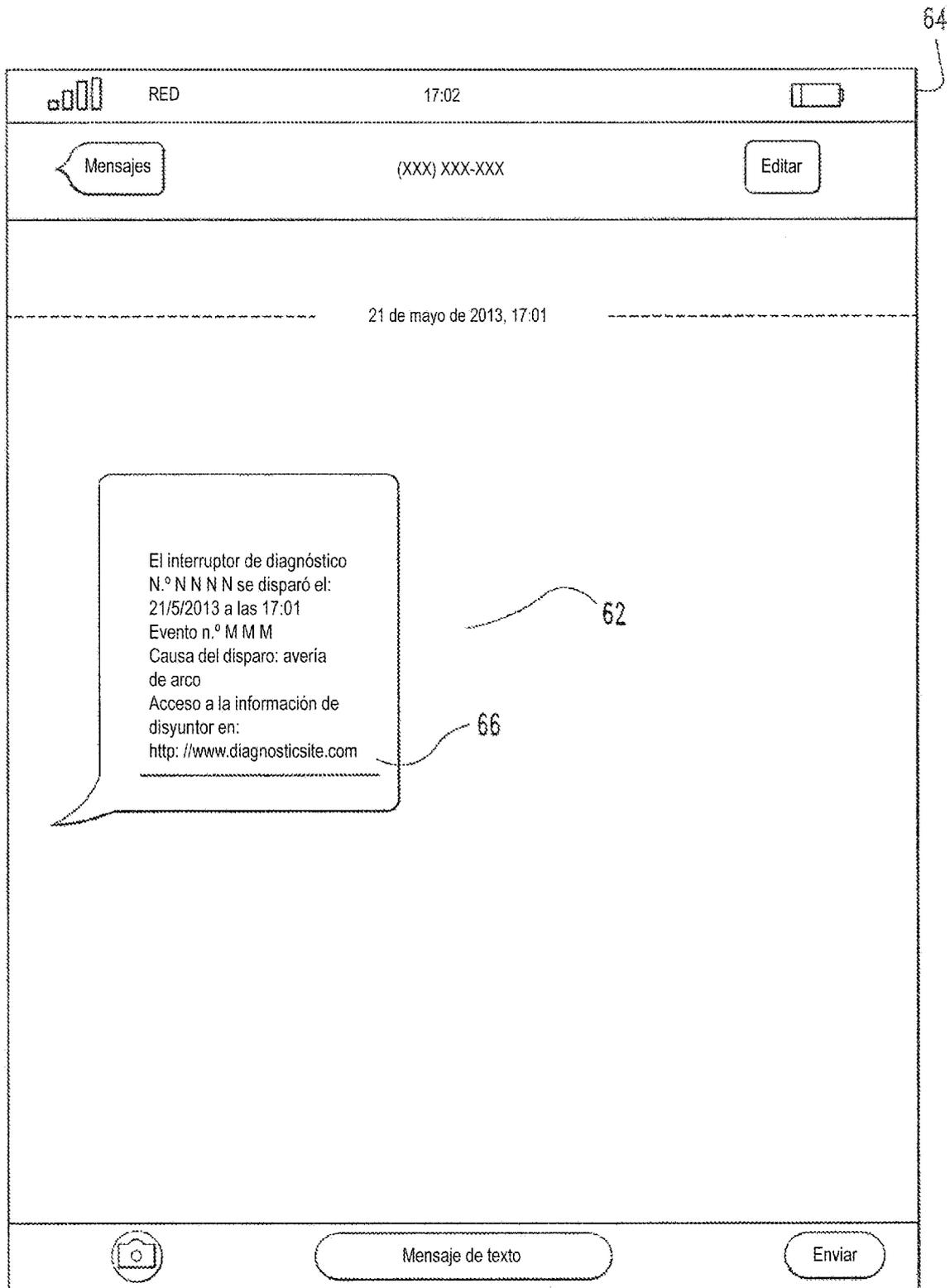


Figura 4

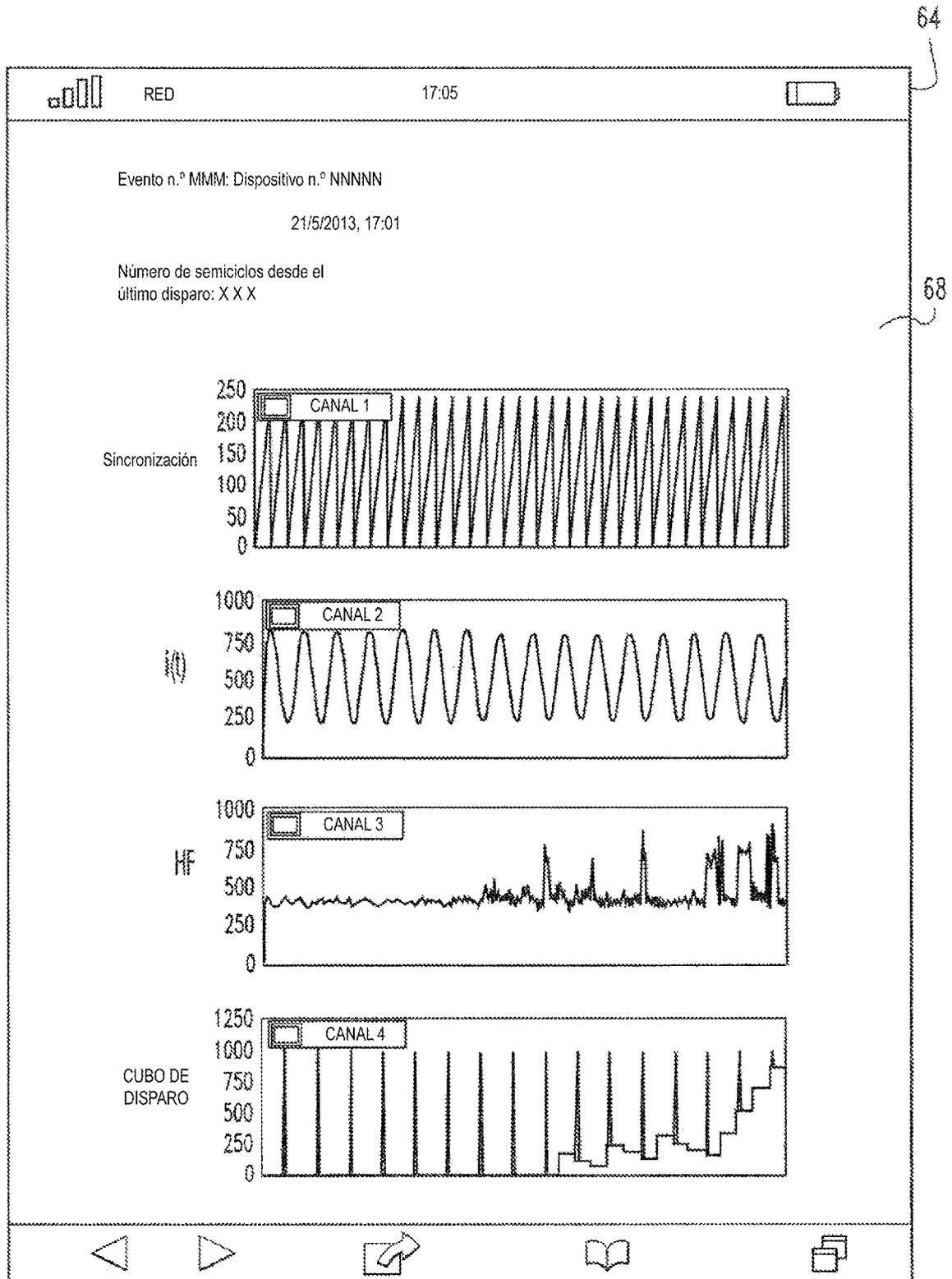


Figura 5

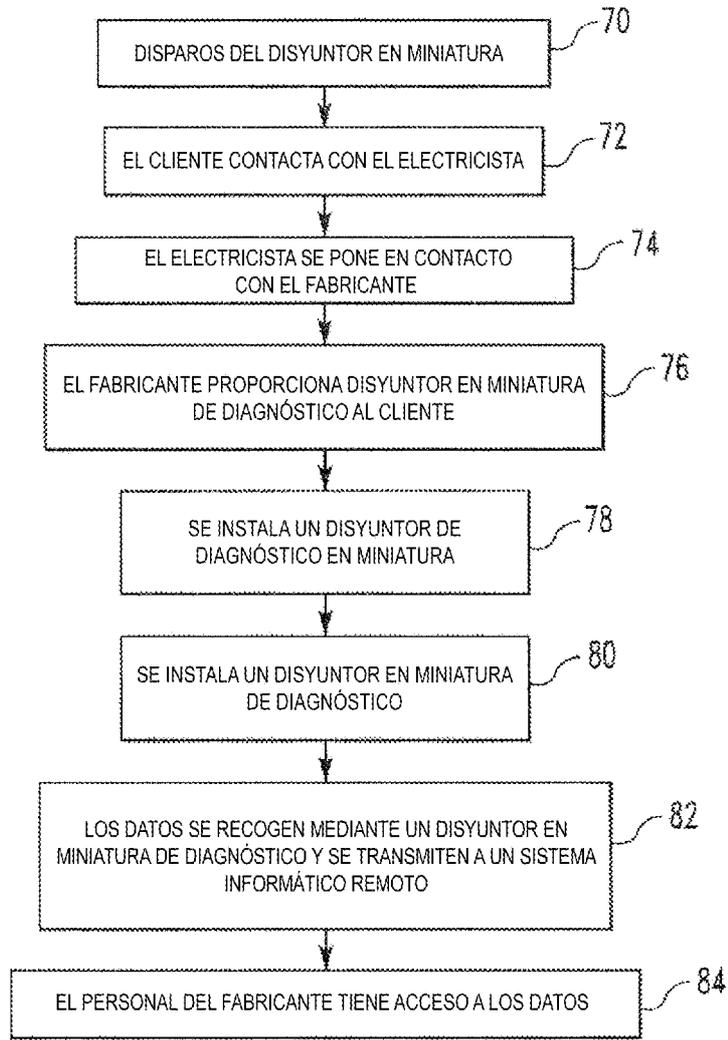


Figura. 6

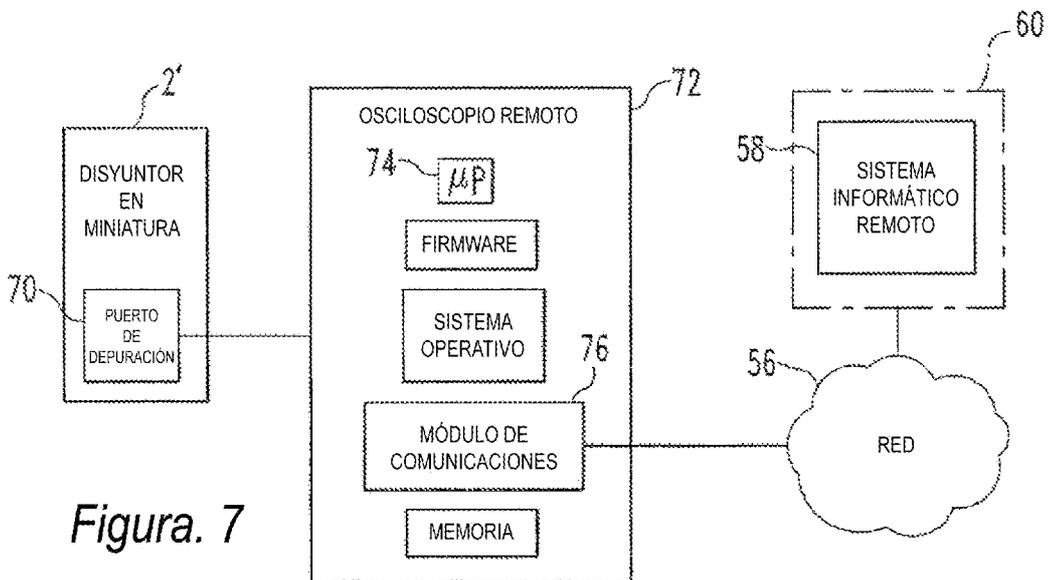


Figura. 7