

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 623 083**

51 Int. Cl.:

G01R 31/12 (2006.01)

G08C 17/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.10.2012 PCT/EP2012/069710**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.04.2014 WO2014053187**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.10.2012 E 12775204 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.01.2017 EP 2904413**

54 Título: **Sistema y procedimiento de detección de descargas parciales con sincronización**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
10.07.2017

73 Titular/es:
**PRYSMIAN S.P.A. (100.0%)
Viale Sarca 222
20126 Milano, IT**

72 Inventor/es:
**DI STEFANO, ANTONIO;
CANDELA, ROBERTO;
FISCELLI, GIUSEPPE y
GIACONIA, GIUSEPPE COSTANTINO**

74 Agente/Representante:
CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 623 083 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 y procedimiento de detección de descargas parciales con sincronización

Antecedentes

Campo técnico

- 5 La presente invención se refiere a dispositivos de detección configurados para detectar señales de sincronización a emplear en sistemas de detección de descargas parciales.

Descripción de la técnica relacionada

10 La detección de descargas parciales se usa, en concreto, para identificar y medir descargas parciales en componentes y aparatos eléctricos, tales como: cables de media, de alta o de ultra alta tensión, uniones de cables, aislantes de línea aérea, cajas de cuadro de conexión de media y alta tensión, cables de alta y de ultra alta tensión que usan GIS (*Gas Insulated Switchgear*, aparata de conexión con aislamiento de gas).

15 La expresión descargas parciales tiene por objeto indicar una recombinación no deseada de cargas eléctricas que se producen en el material dieléctrico (aislante) de los componentes eléctricos cuando estos últimos tienen defectos de varios tipos que conducen con el tiempo a la destrucción del dieléctrico. En el presente caso, se genera una corriente de pulso en porciones de material dieléctrico y hace que una onda electromagnética se propague a través de los cables de alimentación o de conexión a tierra del sistema eléctrico relevante, y que se irradie a través de los diversos medios circundantes (material dieléctrico, metales, aire, etc.).

20 Para realizar las mediciones de las descargas parciales en componentes eléctricos de CA (corriente alterna) es importante tener una señal de referencia de fase, es decir, una señal que esté sincronizada en fase y frecuencia con la tensión de CA que alimenta el componente eléctrico.

25 El documento WO-A-2009-150627 describe, entre otros, un dispositivo de detección de descargas parciales de pequeño tamaño, totalmente aislado y auto-alimentado, que permite que las mediciones se realicen con la mayor seguridad sin necesidad alguna de una conexión directa con el sistema que se está examinando. El dispositivo comprende una antena de banda ancha adaptada para actuar como un sensor de campo eléctrico y que incluye un primer conductor plano (es decir, un plano de tierra) que coopera con un segundo conductor cuyo perfil converge hacia el primer conductor plano en un punto o una línea. Este dispositivo de detección de descargas parciales también puede detectar una señal de sincronización, que se obtiene al tomar la tensión de suministro de los componentes que generan las descargas.

30 El documento WO-A-2000-77535 desvela un aparato para supervisar de forma remota la magnitud y la dirección de la energía eléctrica de la red y el flujo de corriente hacia o desde una instalación durante un periodo de tiempo prolongado. El aparato comprende un dispositivo para detectar y medir el campo magnético que emana de las líneas supervisadas y otro dispositivo para detectar una señal sincronizada a la frecuencia del sistema de alimentación, por lo general el campo eléctrico, que emana de las líneas de alimentación.

35 El documento JP-A-6-11534 desvela un sistema de medición de descargas parciales que comprende una parte de detección de bobina de solenoide que se proporciona en un cable de alimentación que se encuentra tendido en una canalización dentro de una alcantarilla subterránea, la señal de salida es detectada por una parte de detección de descargas parciales y, entonces, la señal de detección es transmitida a la antena de una tapa de la alcantarilla por una parte de transmisión de señales de detección. Un suministro de alimentación de regulación de CC recibe energía del cable mediante un transformador para recibir un suministro de alimentación. La información de fase de tensión aplicada del cable es transmitida en la onda eléctrica de un teléfono móvil de una subestación de lado de terminal de transmisión provista de un transformador de tensión. Un dispositivo de recepción de fase de tensión aplicada y de tensión parcial que está provisto cerca de la tapa de la alcantarilla está provisto de una parte de recepción de señales de radio y una antena de recepción de señales de teléfono, obtiene la señal de descarga parcial del cable de alimentación que se está sometiendo a prueba y la señal de información de fase de tensión aplicada y, entonces, analiza el pulso de descarga parcial con la fase de tensión aplicada como parámetros.

Breve resumen de la invención

50 El solicitante de la presente invención observó que es necesario un aparato de detección de señales de sincronización para correlacionar la detección de las descargas parciales con la fase de la tensión eléctrica que alimenta el objeto eléctrico sometido a prueba. En algunos casos, la detección de la sincronización por medio de un aparato directamente asociado con el aparato de descarga parcial es difícil o imposible debido a que, en la posición adecuada para la detección de la descarga parcial la señal, puede estar protegida, por ejemplo, por cubiertas de objetos eléctricos, o ser débil, o puede no ser detectada de forma eficaz debido a diversas razones.

El solicitante de la presente invención halló que era conveniente detectar la señal de sincronización en una posición diferente de la ubicación de la detección de la descarga parcial, siempre que el retardo de la transmisión entre el

dispositivo de recepción del aparato de detección de descargas parciales y el dispositivo de transmisión de la señal de sincronización se haya evaluado de forma positiva y se haya tenido en cuenta en la medición de descarga parcial.

5 El solicitante de la presente invención ha observado que el aparato que se describe en el documento JP-A-6-11534 no permite una detección exacta de la señal de sincronización, y que la señal de sincronización detectada y transmitida subsiguientemente por un teléfono móvil no representa una señal de referencia fiable.

10 El solicitante de la presente invención halló que un enlace de comunicación inalámbrico que define un retardo de transmisión determinista podría proporcionar una detección segura y fiable de una señal de sincronización a un sistema de adquisición de descargas parciales que comprende un aparato de detección de descargas parciales y un dispositivo de detección configurado para detectar de forma remota la señal de sincronización.

De acuerdo con un primer aspecto, la presente invención se refiere a un sistema de adquisición de descargas parciales para inspeccionar el funcionamiento de un objeto eléctrico, comprendiendo dicho sistema:

- un dispositivo de detección de señales de sincronización que comprende:

15 un módulo de detección estructurado para detectar de forma remota una primera señal electromagnética de sincronización generada por una tensión eléctrica de corriente alterna asociada con el funcionamiento del objeto eléctrico y proporcionar una primera señal eléctrica detectada correspondiente;
un dispositivo de transmisión estructurado para irradiar una segunda señal electromagnética de sincronización relacionada con dicha primera señal eléctrica detectada; y

- un aparato de detección de descargas parciales que comprende:

20 un dispositivo de recepción estructurado para recibir dicha segunda señal electromagnética de sincronización y generar una señal eléctrica recibida correspondiente que representa al menos un parámetro de temporización de dicha tensión eléctrica de corriente alterna;
estando configurados el dispositivo de recepción y el dispositivo de transmisión para establecer un enlace de comunicación inalámbrico que define un retardo de transmisión determinista.

25 Preferentemente, el dispositivo de recepción y el dispositivo de transmisión están estructurados de tal modo que dicho enlace de comunicación inalámbrico es uno de los siguientes enlaces: enlace de radio, enlace de infrarrojos.

Más preferentemente, dicho enlace de comunicación inalámbrico es un enlace de corto alcance.

30 En el caso de un enlace de corto alcance, el dispositivo de recepción y el dispositivo de transmisión están estructurados de tal modo que dicho enlace de corto alcance está basado en una de las siguientes tecnologías: tecnología WiFi, tecnología ZigBee, tecnología Bluetooth. De acuerdo con otra realización, dicho enlace de corto alcance está basado en IMS, Industrial Científica Médica. Como alternativa, el dispositivo de recepción y el dispositivo de transmisión están estructurados de tal modo que dicho enlace de comunicación inalámbrico está basado en uno de los siguientes enlaces de radio: enlace de radio de modulación de amplitud AM, enlace de radio de modulación de frecuencia FM, enlace de radio de onda corta SW.

35 Preferentemente, el dispositivo de recepción y el dispositivo de transmisión están estructurados de tal modo que el retardo de transmisión determinista incluye una latencia más baja que 100 μ s.

De forma ventajosa, el dispositivo de recepción y el dispositivo de transmisión están estructurados de tal modo que dicho enlace de comunicación inalámbrico está basado en transmisiones de flujo continuo que emplean corrientes de tiempo real y no almacenadas en memoria intermedia.

40 Preferentemente, cuando el dispositivo de recepción y el dispositivo de transmisión están configurados para operar de acuerdo con una técnica de código de ensanchamiento y de acuerdo con una modulación de tipo modulación de desplazamiento de frecuencia.

De acuerdo con una realización particular, el sistema de detección comprende además:

- un dispositivo de detección de señales de sincronización adicional que comprende:

45 un módulo de detección adicional estructurado para detectar de forma remota una primera señal electromagnética de sincronización adicional generada por una tensión eléctrica de corriente alterna adicional asociada con el funcionamiento de un objeto eléctrico adicional, y proporcionar una primera señal eléctrica detectada adicional correspondiente;
un primer dispositivo de transmisión-recepción estructurado para irradiar una segunda señal electromagnética adicional relacionada con dicha primera señal eléctrica detectada adicional;

50

- un aparato de detección de descargas parciales adicional que comprende:

un segundo dispositivo de transmisión-recepción estructurado para recibir dicha segunda señal

electromagnética de sincronización adicional y generar una señal eléctrica recibida adicional correspondiente que representa al menos un parámetro de temporización adicional de dicha tensión eléctrica de corriente alterna adicional;

5 en el que al menos uno de dicho primer dispositivo de transmisión - recepción y dicho segundo dispositivo de transmisión - recepción está configurado para operar como un nodo intermedio de una red de malla que incluye además el dispositivo de transmisión y el dispositivo de recepción para establecer dicho enlace de comunicación inalámbrico para transmitir y recibir dicha segunda señal electromagnética de sincronización.

Preferentemente, dicho aparato de detección de descargas parciales incluye además:

10 un módulo de control estructurado para evaluar dicho retardo de transmisión determinista en una etapa de configuración del sistema de detección;
una unidad de procesamiento estructurada para desplazar una fase de la señal eléctrica recibida de dicho retardo de transición determinista evaluado que produce una señal eléctrica recibida desplazada.

15 De forma ventajosa, el aparato de detección de descargas parciales incluye además: un módulo de detección configurado para recibir una señal electromagnética asociada con descargas parciales de un componente eléctrico y para generar una primera señal eléctrica de descarga;
un convertidor de digital a analógico estructurado para producir a partir de dicha primera señal eléctrica de descarga una pluralidad de muestras correspondientes que representan la señal electromagnética;
una memoria configurada para almacenar muestras seleccionadas de dicha pluralidad de muestras;
20 un dispositivo de visualización configurado para visualizar una tendencia de descarga que se corresponde con dichas muestras seleccionadas, y sincronizado con la señal eléctrica recibida desplazada.

Preferentemente, el dispositivo de transmisión está provisto de un módulo de extracción configurado para extraer los parámetros de temporización portados por la primera señal eléctrica detectada y generar una señal sintetizada basándose en dicha primera señal eléctrica detectada.

De forma ventajosa, el módulo de extracción comprende:

25 un módulo de medición para medir dichos parámetros de temporización;
un módulo de generación para sintetizar, a partir de dichos parámetros de temporización, la señal sintetizada que tiene forma de onda cuadrada.

En caso de que se genere la señal sintetizada, el dispositivo de transmisión preferentemente incluye además: un generador de mensaje configurado para generar un mensaje en cada flanco de subida de la señal sintetizada.

30 De acuerdo con una realización, dicho módulo de detección incluye además:

una salida de módulo de detección;
un primer dispositivo de detección estructurado para detectar de forma remota la primera señal electromagnética de sincronización y proporcionar una primera señal de tensión correspondiente en una primera salida;
35 al menos un segundo dispositivo de detección estructurado para detectar de forma remota la primera señal electromagnética de sincronización y proporcionar una segunda señal de tensión en una segunda salida;
un módulo de selección para seleccionar el primer dispositivo de detección o el al menos segundo dispositivo de detección al conectar, de forma selectiva, la primera salida y la segunda salida a dicha salida de módulo de detección.

40 Preferentemente, dicho primer dispositivo de detección incluye al menos uno de los siguientes sensores: un sensor capacitivo, un sensor magnético y un sensor óptico. De forma ventajosa, el sensor óptico está configurado para captar una señal luminosa generada por una fuente de luz alimentada por la tensión eléctrica de corriente alterna y para generar una tercera señal de tensión en una tercera salida.

De acuerdo con un segundo aspecto, la presente invención se refiere a un procedimiento de adquisición de descargas parciales para inspeccionar el funcionamiento de un objeto eléctrico, comprendiendo dicho procedimiento:

45 detectar de forma remota una primera señal electromagnética de sincronización generada por una tensión eléctrica de corriente alterna asociada con el funcionamiento del objeto eléctrico y proporcionar una primera señal eléctrica detectada correspondiente;
proporcionar un dispositivo de transmisión configurado para procesar dicha primera señal eléctrica detectada;
50 irradiar mediante el dispositivo de transmisión una segunda señal electromagnética de sincronización relacionada con dicha primera señal eléctrica detectada;
proporcionar un aparato de detección de descargas parciales que comprende un dispositivo de recepción;
establecer un enlace de comunicación inalámbrico entre el dispositivo de recepción y el dispositivo de transmisión asociado con un retardo de transmisión determinista;
65 recibir en dicho dispositivo de recepción la segunda señal electromagnética de sincronización y generar una señal eléctrica recibida correspondiente que representa al menos un parámetro de temporización de dicha tensión eléctrica de corriente alterna.

En la presente descripción y en las presentes reivindicaciones, como “un dispositivo de detección estructurado para detectar de forma remota una señal electromagnética producida por una fuente” se entiende que la detección se realiza de forma inalámbrica y sin contacto, es decir, sin hilos o cables que conecten la fuente y el dispositivo de detección y sin contactos físicos.

5 En la presente descripción y en las presentes reivindicaciones, como “retardo de transmisión de un enlace de comunicación” se entiende un tiempo que especifica cuánto tiempo requiere un bit de datos para desplazarse a través del enlace de comunicación de un punto de extremo a otro punto de extremo. El retardo de transmisión incluye varias contribuciones: un retardo de procesamiento, un retardo de propagación y una latencia. El retardo de procesamiento es el tiempo requerido para detectar (por medio de algoritmos de procesamiento digitales), codificar y modular la señal. El retardo de propagación es el tiempo para que una señal alcance su destino en el medio de propagación. La latencia es un desplazamiento de tiempo (fijo o variable) que experimenta la señal durante el trayecto que va del transmisor al receptor. Está asociado por lo general, pero no de forma exclusiva, con el almacenamiento en memoria intermedia y el encaminamiento.

15 En la presente descripción y en las presentes reivindicaciones, como “retardo de transmisión determinista de un enlace de comunicación” se entiende que el retardo de transmisión puede ser evaluado, como un ejemplo en una etapa de configuración, y este retardo de transmisión evaluado es substancialmente el mismo para cada sesión de comunicación realizada en dicho enlace de comunicación.

20 En la presente descripción y en las presentes reivindicaciones, como “antena direccional” se entiende una antena que irradia o recibe ondas electromagnéticas de forma más eficaz en algunas direcciones que en otras. En particular, como “antena direccional” se entiende una antena que tiene una relación frontal / posterior mayor que 0 dB, preferentemente mayor que 1 dB. El parámetro frontal / posterior, expresado en decibelios, es la relación entre el parámetro de ganancia asociado con el lóbulo principal del modelo de radiación y el parámetro de ganancia asociado con el lóbulo opuesto del modelo de radiación. El parámetro de ganancia de una antena es la relación entre la potencia producida por la antena a partir de una fuente de campo lejano en el eje de haz de la antena y la potencia producida por una antena isotrópica sin pérdidas hipotética que es igualmente sensible a las señales procedentes de todas las direcciones.

En la presente descripción y en las presentes reivindicaciones, con referencia a la antena, como “dirección de recepción de señales” o “dirección entrante de señales” se entiende la dirección de la que se supone que provienen las señales.

30 En la presente descripción y en las presentes reivindicaciones, como “área eficaz” de una antena se entiende una medida de cómo de eficaz es una antena para recibir la potencia de ondas electromagnéticas en cada dirección entrante. El área eficaz de una antena depende de otro parámetro que caracteriza el comportamiento de la antena que es la directividad de la antena. En la presente descripción, las expresiones “área eficaz” y “directividad” se usarán, ambas, como parámetros alternativos que caracterizan la capacidad de recibir potencia de una dirección entrante particular de una antena.

35 Para el propósito de la presente descripción y de las reivindicaciones adjuntas, excepto cuando se indique de otro modo, todos los números que expresan montos, cantidades, porcentajes, y así sucesivamente, se han de entender como si fueran modificados en todos los casos por la expresión “aproximadamente”. Además, todos los intervalos incluyen cualquier combinación de los puntos máximos y mínimos desvelados e incluyen cualesquiera intervalos intermedios entre estos, que pueden ser enumerados o no de forma específica en el presente documento.

Breve descripción de los dibujos

Características y ventajas adicionales resultarán más evidentes a partir de la siguiente descripción de una realización preferida y de sus alternativas, que se dan a modo de ejemplo con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

45 la figura 1 muestra un ejemplo de un aparato eléctrico y una realización de un sistema de adquisición de descargas parciales que comprende un dispositivo de detección de señales de sincronización y un aparato de detección de descargas parciales;
la figura 2 muestra una realización del dispositivo de detección de señales de sincronización provisto de un módulo de detección, un módulo de procesamiento de señales, un módulo de extracción de información de temporización, un módulo de transmisión y un primer dispositivo de antena;
50 la figura 3 muestra una primera realización del módulo de extracción que comprende un convertidor de analógico a digital, un módulo de medición de parámetros y un módulo de generación de señales opcional;
la figura 4 muestra una segunda realización del módulo de extracción que comprende un convertidor de analógico a digital, un detector de paso por cero, un filtro de paso de banda y un módulo de lazo enganchado en fase digital de señales;
55 la figura 5 muestra una realización particular del módulo de transmisión que se ilustra en la figura 2 y que está configurada para emplear una técnica de espectro ensanchado de secuencia directa;
la figura 6 muestra una primera realización del aparato de detección de descargas parciales que comprende una

primera antena, una segunda antena, un módulo de diferencia, una antena de recepción, un módulo de recepción y un dispositivo de adquisición y de análisis;

la figura 7 muestra un ejemplo del módulo de recepción del aparato de detección de descargas parciales de la figura 6;

5 la figura 8 muestra un primer diagrama de radiación de la primera antena y un segundo diagrama de radiación de la segunda antena;

la figura 9 muestra de forma esquemática un componente electrónico activo que puede ser empleado por dicho módulo de diferencia;

10 la figura 10 muestra de forma esquemática un transformador de tensión primario de toma central que puede ser empleado por dicho módulo de diferencia;

la figura 11 es una realización del módulo de diferencia que emplea un amplificador operacional;

la figura 12 muestra de forma esquemática una segunda realización del aparato de detección de descargas parciales, alternativo a la primera realización de la figura 6, y que comprende una rama de descarga parcial que incluye un filtro de paso de banda y un primer amplificador y una rama de sincronismo que comprende un filtro de

15 paso de bajos y un segundo amplificador;

la figura 13 ilustra una realización del dispositivo de adquisición y de análisis que se muestra en las figuras 6 y 12;

las figuras 14A y 14B muestran dos vistas diferentes de una realización particular del sistema de adquisición de descargas parciales de acuerdo con la figura 6;

20 la figura 15 muestra unos ejemplos de tendencias de las señales involucradas en el funcionamiento del sistema de adquisición de descargas parciales.

Descripción detallada

En la siguiente descripción se usan las mismas referencias alfanuméricas para elementos ilustrativos análogos cuando son ilustrados en diferentes dibujos. La figura 1 muestra un ejemplo de un aparato eléctrico 100 y una

25 realización particular de un sistema de adquisición de descargas parciales 500 que comprende un dispositivo de detección de señales de sincronización 200 y un aparato de detección de descargas parciales 400. El sistema de adquisición de descargas parciales 500 es un aparato electrónico que se puede emplear para detectar, medir y/o analizar descargas parciales generadas por fuentes eléctricas, como el propio aparato eléctrico 100.

El aparato eléctrico 100 puede incluir cualquier tipo de componentes, dispositivos, aparatos o sistemas eléctricos, tales como, por ejemplo: un cable de media o de alta tensión, una unión de cables, un aislante de línea aérea, una

30 caja de cuadro de conexión de alta o de media tensión, una terminación de alta o de media tensión, un cable de alta y de ultra alta tensión que usa GIS (*Gas Insulated Switchgear*, apartamento de conexión con aislamiento de gas), un motor o generador eléctrico o un transformador de media o de alta tensión.

En concreto, el aparato eléctrico 100 incluye un primer dispositivo eléctrico 101, tal como, por ejemplo, una terminación de media o de alta tensión (terminación de MT / AT) tal como se muestra en la figura 1, que se alimenta con una tensión eléctrica de CA (corriente alterna) por medio de un primer cable eléctrico 102. La terminación de

35 MT / AT 101 está adaptada para producir e irradiar una primera señal electromagnética S_{ES1} generada por, y sincronizada con, la tensión eléctrica de CA. Por lo general, la tensión eléctrica de CA tiene una frecuencia comprendida entre 1 Hz y aproximadamente 1000 Hz.

De acuerdo con la realización que se describe, el aparato eléctrico 100 incluye además un segundo dispositivo eléctrico 103, tal como, por ejemplo, una unión de cables o una unión de enlace cruzado que une el primer cable eléctrico 102 con un segundo cable eléctrico 104. La unión de cables 103 puede producir señales de impulsos electromagnéticos de descargas parciales S_d .

40

Haciendo referencia también a la figura 2, el dispositivo de detección de señales de sincronización 200 es portátil y comprende una caja 201 (la figura 1) provista de un módulo de detección 202, un módulo de transmisión 203 (TX) y un primer dispositivo de antena 204. El módulo de detección 202 está estructurado para detectar de forma remota la primera señal electromagnética S_{ES1} y proporcionar una primera señal eléctrica de sincronización S_{sin1} correspondiente en un terminal eléctrico 213.

45

En particular, con la expresión "detección remota de una señal electromagnética producida por una fuente" se entiende que la detección se realiza de forma inalámbrica y sin contacto, es decir, sin hilos o cables que conecten la fuente y el dispositivo de detección y sin contacto físico. Como un ejemplo, la detección remota puede ser realizada a una distancia de la fuente de señales de 1 cm a 10 m.

50

La figura 1 muestra además un ejemplo del aparato de detección de descargas parciales 400 que comprende un módulo de recepción 700, un segundo dispositivo de antena 702 y un módulo de detección 800.

55

Se observa que el módulo de transmisión 203 del dispositivo de detección de señales de sincronización 200 y el módulo de recepción 700 del aparato de detección de descargas parciales 400 están estructurados para establecer un enlace de comunicación inalámbrico de acuerdo con una tecnología de comunicación que define un retardo de transmisión determinista. Este enlace de comunicación inalámbrico se ha de emplear, en concreto, para transmitir

señales relacionadas con la primera señal eléctrica de sincronización $S_{\text{sin}1}$ y correspondiéndose de este modo con la primera señal electromagnética $S_{\text{ES}1}$. Más en concreto, el módulo de transmisión 203 y el módulo de recepción 700 están estructurados para establecer una conexión de punto a punto.

5 El retardo de transmisión de un enlace de comunicación es un tiempo que especifica cuánto tiempo requiere un bit de datos para desplazarse de un punto de extremo a otro punto de extremo. El retardo de transmisión incluye varias contribuciones: un retardo de procesamiento, un retardo de propagación y una latencia. El retardo de procesamiento es el tiempo que se necesita para detectar (por medio de algoritmos de procesamiento digitales), codificar y modular la señal. El retardo de propagación es el tiempo para que una señal alcance su destino en el medio de propagación. 10 La latencia es un desplazamiento de tiempo (fijo o variable) que experimenta la señal durante el trayecto que va del transmisor al receptor y está asociado por lo general, pero no de forma exclusiva, con unas etapas de almacenamiento en memoria intermedia y de encaminamiento. En concreto, el enlace de comunicación establecido entre el módulo de transmisión 203 y el módulo de recepción 700 muestra una latencia más baja que 100 μs .

Se observa que, preferentemente, el uso de técnicas de corrección de errores se puede evitar en el enlace de comunicación inalámbrico para señales que se corresponden con la primera señal eléctrica de sincronización $S_{\text{sin}1}$. 15 No obstante, se pueden emplear técnicas de corrección de errores que muestren unos retardos de transmisión substancialmente insignificantes, es decir, unos retardos menores que 100 μs . Se pueden emplear algoritmos que detecten errores en el enlace de comunicación inalámbrico para señales que se corresponden con la primera señal eléctrica de sincronización $S_{\text{sin}1}$ para eliminar datos / mensajes corrompidos. Los algoritmos de detección de errores dan lugar a retardos deterministas que pueden ser evaluados como una contribución al retardo de transmisión.

20 De acuerdo con una realización particular, el módulo de transmisión 203 está estructurado para generar una señal eléctrica de transmisión S_{te} en una tecnología de radio de corto alcance y dependiendo de dicha primera señal eléctrica de sincronización $S_{\text{sin}1}$. La "tecnología de radio de corto alcance" define un enlace de radio que tiene las siguientes características:

- el enlace de radio tiene un intervalo operativo máximo de aproximadamente 1 km;
- 25 - se emplea una potencia de transmisión P_t baja, es decir, $P_t < 1 \text{ W}$.

Preferentemente, el enlace de radio de corto alcance empleado opera a bandas de frecuencia asignadas para un propósito específico y por lo general es de uso libre (sin licencia), tal como, por ejemplo, las bandas ISM (*Industrial, Scientific and Medical*, industrial, científica y médica).

30 De acuerdo con otra realización, el enlace de comunicación inalámbrico puede estar basado en una tecnología de infrarrojos y puede ser una de las siguientes técnicas de corto alcance: técnica WiFi (norma IEEE 802.15.4), técnica ZigBee (IEEE 802.15.4) o técnica Bluetooth.

Son ejemplos de las tecnologías de enlace de radio que se pueden emplear, que pueden estar basadas en una tecnología que no es de corto alcance: tecnología de modulación de amplitud, tecnología de modulación de frecuencia y tecnología de onda corta.

35 Con referencia a otros aspectos del enlace de comunicación inalámbrico, el dispositivo de detección de señales de sincronización 200 y el módulo de recepción 700 están estructurados preferentemente de tal modo que dicho enlace de comunicación inalámbrico está basado en transmisiones de flujo continuo que emplean corrientes de tiempo real y no almacenadas en memoria intermedia. En las transmisiones de flujo continuo la información no está formateada en unidades de datos, es decir, paquetes, sino que se transmite de forma continua. Las técnicas de corriente de tiempo real y no almacenada en memoria intermedia introducen la contribución determinista al retardo de 40 transmisión debido a que no se realiza una memorización de datos o acumulación de datos impredecible.

Como un ejemplo, las transmisiones de flujo continuo que emplean una corriente de tiempo real y no almacenada en memoria intermedia son diferentes de los esquemas de multiplexión por división en el tiempo, las técnicas de conmutación de paquetes y de los esquemas de conmutación de paquetes / circuitos no deterministas.

45 La siguiente descripción se refiere al caso particular de la tecnología de radio de corto alcance. El primer dispositivo de antena 204 está configurado para recibir dicha señal eléctrica de transmisión S_{te} e irradiar una segunda señal electromagnética de sincronización $S_{\text{ES}2}$ correspondiente.

El dispositivo de detección de señales de sincronización 200 puede ser implementado en una placa de circuito impreso. Haciendo referencia de nuevo al módulo de detección 202, el mismo incluye un solo dispositivo de 50 detección o una pluralidad de dispositivos de detección seleccionables que permiten la detección remota de la primera señal electromagnética $S_{\text{ES}1}$, tales como sensores capacitivos (por ejemplo, placas o hilos) y sensores magnéticos (por ejemplo, bobinas). Además de, o como alternativa a, los dispositivos de detección que detectan la primera señal electromagnética $S_{\text{ES}1}$, se pueden usar dispositivos de detección indirectos adaptados para detectar de forma remota, y convertir en señales eléctricas, unos fenómenos luminosos o acústicos inducidos en el medio circundante por la tensión eléctrica de CA. Como un ejemplo, estos dispositivos de detección indirectos pueden ser 55 configurados para detectar: la luz o la vibración de uno o más de los objetos del aparato eléctrico 100, tal como, por ejemplo, la luz puede ser detectada a partir de lámparas de descarga de gas, o los zumbidos y las vibraciones pueden ser detectados a partir de materiales ferromagnéticos o piezoeléctricos.

Con referencia a la realización particular de la figura 2, el módulo de detección 202 está provisto de al menos uno de los siguientes sensores: un sensor capacitivo 205, un sensor magnético 206 y un sensor óptico 207.

El sensor capacitivo 205 puede ser implementado por un hilo 217 o, preferentemente, por una placa metálica 218, que se mantiene a alta impedancia. La placa metálica 218 está más expuesta, desde un punto de vista geométrico, al campo eléctrico que la referencia de tensión local (los terminales de conexión a tierra). El campo eléctrico asociado con la primera señal electromagnética S_{ES1} puede inducir, en la placa metálica 218, una primera señal de tensión S_{V1} , en un primer terminal 209, más pequeña que la tensión eléctrica de CA e instantáneamente proporcional a la misma. De acuerdo con una realización particular, la placa metálica 218 es implementada como una gran almohadilla de cobre en la capa inferior de la placa de circuito impreso o como una placa conductora separada independiente conectada al circuito, preferentemente con unas dimensiones iguales o mayores que 70 x 50 mm. Preferentemente, las áreas de pista de conexión a tierra en la placa de circuito se mantienen lo más pequeñas posible en comparación con la placa metálica 218, o menos expuestas al campo eléctrico (por medio de diseño geométrico o protección apropiado) de tal modo que la tensión inducida no sea igual para las dos y, de este modo, se puede medir una pequeña diferencia de tensión. Una capa de circuito de la placa de circuito impreso apoyada en un lado opuesto al lado en el cual está integrada la placa metálica 218, que está, por diseño, menos expuesta al campo eléctrico, puede alojar pistas de conexión a tierra y componentes electrónicos adicionales.

El sensor magnético 206 puede ser una bobina, diseñada para captar un flujo magnético asociado con la primera señal electromagnética S_{ES1} y generado por las corrientes de CA que fluyen en la terminación de AT / MT 101 o el segundo cable eléctrico 104 y proporcionar una segunda señal de tensión S_{V2} proporcional al mismo en un segundo terminal 210. La bobina del sensor magnético 206 puede ser enrollada como un solenoide a lo largo de un eje específico, proporcionando de este modo una buena directividad. Durante el funcionamiento, el sensor magnético 206 proporciona una diferencia de tensión, es decir, la segunda señal de tensión S_{V2} , que es proporcional a la derivada del flujo magnético que pasa a través del mismo, generado por la corriente que fluye a través del componente. De acuerdo con un ejemplo, la bobina del sensor magnético 206 comprende aproximadamente de 20 a 50 vueltas de hilos de cobre enrollados como un solenoide, preferentemente alrededor de un núcleo ferromagnético con forma de barra (preferentemente, aproximadamente de 4 a 10 cm de largo). Se pueden usar otros tipos de sensores magnéticos, tales como sensores de efecto Hall.

El sensor de luz 207 comprende un fotodetector 211 (provisto de un circuito de polarización adecuado esquematizado por una resistencia de polarización R_p) y está configurado para captar la señal luminosa generada por lámparas e indicadores (que no se muestran en las figuras) alimentados por la tensión eléctrica de CA y generar una tercera señal de tensión S_{V3} en un tercer terminal 212. El flujo luminoso generado por estas lámparas e indicadores y la tercera señal de tensión S_{V3} son sincrónicos y se encuentran en fase con la tensión de CA pero no son proporcionales a la tensión de CA y tienen una frecuencia doble con respecto a la misma. El flujo luminoso es proporcional al cuadrado del campo eléctrico asociado con la tensión de CA de tal modo que la luz es emitida dos veces en cada periodo, mostrando una frecuencia que es igual a dos veces la frecuencia de la tensión de CA. Se observa que el efecto de duplicar la frecuencia también tiene lugar si se detectan vibraciones.

De acuerdo con un ejemplo, el fotodetector 211 es un fotodiodo o un fototransistor que puede detectar la señal luminosa de lámparas indicadoras de neón, que se encuentran por lo general en los paneles de MT / AT. Se observa que el sensor capacitivo 205 puede proporcionar la primera señal de tensión S_{V1} que substancialmente no muestra errores de fase con respecto a la tensión eléctrica de CA. En concreto, el sensor magnético 206 y el sensor óptico 207 se podrían emplear si no se puede usar el sensor capacitivo 208 (esto puede suceder en pozos, o ubicaciones muy conectadas a tierra o protegidas). El sensor magnético 206 también puede ser usado de forma conveniente para comprobar si una línea, tal como el primer cable 102, está alimentada o no está alimentada (es decir, está fluyendo una corriente).

De acuerdo con la realización particular que se describe, el módulo de detección 202 comprende un módulo de conmutación 208 estructurado para conectar, de forma selectiva, el primer terminal 209, el segundo terminal 210 y el tercer terminal 212 al terminal eléctrico 213, seleccionando de este modo como primera señal eléctrica de sincronización S_{sin1} una señal de entre la primera señal de tensión S_{V1} , la segunda señal de tensión S_{V2} y la tercera señal de tensión S_{V3} . El módulo de conmutación 208 puede ser un multiplexor analógico o puede comprender una pluralidad de conmutadores analógicos 214 - 216. En concreto, el módulo de conmutación 208 comprende un primer conmutador 214 estructurado para conectar / desconectar el primer terminal 209 a / con respecto al terminal eléctrico 213, un segundo conmutador 215 estructurado para conectar / desconectar el segundo terminal 210 a / con respecto al terminal eléctrico 213, un tercer conmutador 216 estructurado para conectar / desconectar el tercer terminal 212 a / con respecto al terminal eléctrico 213. El primer conmutador 214, el segundo conmutador 215 y el tercer conmutador 216 pueden ser conmutados por medio de una primera señal de control S_{C1} , una segunda señal de control S_{C2} y una tercera señal de control S_{C3} , de forma respectiva. Cada uno del primer conmutador 214, el segundo conmutador 215 y el tercer conmutador 216 puede comprender uno o más transistores controlados por la primera señal de control S_{C1} , la segunda señal de control S_{C2} y la tercera señal de control S_{C3} , de forma respectiva.

En concreto, el dispositivo de detección de señales de sincronización 200 incluye además un módulo de procesamiento de señales 250 conectado entre el terminal eléctrico 213 y el módulo de transmisión 203 y que comprende un módulo de extracción 251 (EXT-MOD) y, como un ejemplo, un módulo de procesamiento electrónico

253. El módulo de extracción 251 (EXT-MOD) muestra una salida 252 conectada a una puerta de entrada del módulo de transmisión 203 y está configurado para extraer información de temporización portada por la primera señal eléctrica de sincronización S_{sin1} y que se va a proporcionar al módulo de transmisión 203. El módulo de procesamiento electrónico 253 está configurado para realizar el filtrado de ruidos y/o la amplificación de la primera señal eléctrica de sincronización S_{sin1} y proporcionar una señal eléctrica de sincronización procesada S_{sin1AF} en un primer terminal de entrada 17 del módulo de extracción 251.

En concreto, el módulo de procesamiento electrónico 253 comprende un módulo de filtrado de paso de bajos de entrada 50 opcional, un módulo de amplificación 27 y un filtro de paso de bajos de salida 29 opcional.

De acuerdo con un ejemplo, el módulo de filtrado de paso de bajos de entrada 50 incluye una primera resistencia R1, conectada entre el terminal eléctrico 213 y un primer nodo 51, y un primer condensador C1 conectado entre el primer nodo 51 y un terminal de conexión a tierra GND. El módulo de amplificación 27, tal como un amplificador separador de alta ganancia, tiene una entrada conectada al primer nodo 51 y un primer terminal de salida 28 conectado al segundo módulo de filtro de paso de bajos 29.

El amplificador separador de alta ganancia 27 también está provisto de un primer terminal de suministro 30 para una tensión de suministro V1 y un segundo terminal de suministro 31 conectado al terminal de conexión a tierra GND. Como un ejemplo, el amplificador separador de alta ganancia 27 es un amplificador de tensión de instrumentación y tiene una ganancia mayor que 1000. Además, el amplificador separador de alta ganancia 27 muestra una impedancia entrada - salida ≥ 1 MOhm y puede tener un ancho de banda total menor que 1 kHz. El módulo de filtro de paso de bajos 29 incluye, como un ejemplo, una segunda resistencia R2, conectada entre el primer terminal de salida 28 y un segundo nodo 34, y un segundo condensador C2 conectado entre el segundo nodo 34 y el terminal de conexión a tierra GND. El segundo nodo 34 está conectado al primer terminal de entrada 17 del módulo de extracción 251. El primer filtro de paso de bajos 50 y el segundo filtro de paso de bajos 29 están configurados para cortar frecuencias por encima de aproximadamente 1 kHz con el fin de reducir el ruido.

El módulo de extracción 251 puede ser implementado como un circuito analógico o un circuito digital, en concreto, a través de un soporte lógico. De acuerdo con el comportamiento y los desempeños que se deseen, se pueden usar diferentes algoritmos de extracción de temporización. La figura 3 muestra por medio de módulos funcionales un ejemplo particular del módulo de extracción 251 que se puede implementar por medio de un soporte lógico ejecutado en un ordenador, tal como un microcontrolador, y que comprende un convertidor de analógico a digital 260 (A/D), un módulo de medición de parámetros 261 (P-M) y un módulo de generación de señales 263 (SIG-GEN) opcional.

El convertidor digital 260 (A/D) está configurado para recibir una señal analógica (es decir, la señal eléctrica de sincronización procesada S_{sin1AF}) y realizar operaciones de muestreo, de cuantificación y de codificación, proporcionando de este modo una señal digital S_{sin1D} a una primera salida del módulo de medición de parámetros 261 por medio de un primer bus 262. El módulo de medición de parámetros 261 está configurado para seguir los flancos de subida y/o de bajada de la señal digital y medir su periodo T tal como mediante un recuento de pulsos de reloj entre dos eventos, tal como para los flancos de subida o de bajada subsiguientes. El módulo de medición de parámetros 261 permite generar una segunda señal eléctrica de sincronización S_{sin2} que puede ser un mensaje que porta información de temporización medida, tal como un periodo T y una fase de la señal digital S_{sin1D} . La segunda señal eléctrica de sincronización S_{sin2} puede ser enviada a la salida 252.

El módulo de generación 263 (SIG-GEN) opcional está configurado para recibir en un segundo bus 264 el mensaje asociado con la segunda señal eléctrica de sincronización S_{sin2} , que representa la información de temporización, y generar una segunda señal eléctrica de sincronización S_{sinw2} sintetizada que tiene la forma de una onda cuadrada que muestra el periodo T y, como un ejemplo, un factor de trabajo igual a T/2.

Se observa que la generación de la segunda señal eléctrica de sincronización S_{sinw2} sintetizada permite obtener una señal estable y limpia, debido a que la primera señal eléctrica de sincronización detectada S_{sin1} puede estar afectada, por ejemplo, por ruido, transiciones al azar, un factor de trabajo inadecuado o intervalos de corte de energía. Este comportamiento no deseado de la primera señal eléctrica de sincronización S_{sin1} puede ser fácilmente eliminado en la segunda señal eléctrica de sincronización S_{sinw2} sintetizada por la configuración del módulo de generación 263 con el fin de actualizar el periodo y el factor de trabajo detectado por el módulo de medición 261 de la segunda señal eléctrica de sincronización S_{sin2} con un comportamiento de paso de bajos, que filtra de forma intrínseca las señales de entrada transitorias con ruido e inestables.

Se observa que, si se selecciona el sensor óptico 207, el periodo y el factor de trabajo portado por la segunda señal eléctrica de sincronización S_{sin2} o asociado con la segunda señal eléctrica de sincronización S_{sinw2} sintetizada se obtiene al multiplicar por dos el periodo medido por el módulo de medición de parámetros 261. Además, se ha observado que la implementación de la realización de la figura 3 no es compleja y que esta no requiere un ajuste preciso.

La figura 4 muestra por medio de módulos funcionales una realización alternativa del módulo de extracción 251 que se puede implementar, por ejemplo, por medio de un soporte lógico ejecutado en un microcontrolador y que

comprende el convertidor de analógico a digital 260 (A/D), un detector de paso por cero 270 (Z-C), un filtro de paso de banda 271 (B-P-F) y un módulo de lazo enganchado en fase digital 272 (DPLL, *Digital Phase Locked Loop*). El ejemplo de la figura 4 se refiere a un caso en el cual la segunda señal eléctrica de sincronización $S_{\text{sinw}2}$ sintetizada se proporciona en la salida 252. También se hace referencia a la figura 15, en la que se muestran ejemplos de algunas tendencias de las señales que se describen.

El convertidor digital 260 (A/D) está configurado para proporcionar una señal digital $S_{\text{sentrada1D}}$ que se corresponde con una entrada del detector de paso por cero 270 por un tercer bus 273. El detector de paso por cero 270 está estructurado para recibir la señal digital $S_{\text{sentrada1D}}$ y detectar los puntos instantáneos en los cuales la señal digital $S_{\text{sentrada1D}}$ cambia su signo de un valor negativo a un valor positivo y viceversa, determinando de este modo los flancos de subida y/o de bajada. En concreto, el detector de paso por cero 270 puede proporcionar, en un cuarto bus 274, unos datos digitales $S_{\text{sentrada2D}}$ que representan un tren de pulsos R_{s1} y R_{s2} en el que cada pulso está posicionado en los instantes de paso por cero, teniendo de este modo substancialmente el periodo T de la primera señal eléctrica de sincronización $S_{\text{sin}1}$. El filtro de paso de banda 271 está configurado para realizar un filtrado de paso de banda para eliminar el ruido u otras componentes no deseadas del tren de pulsos y enviar la señal digital filtrada $S_{\text{sentrada2DF}}$ al módulo de DPLL 272 por un quinto bus 275. El módulo de DPLL 272 está configurado para generar la segunda señal eléctrica de sincronización $S_{\text{sinw}2}$ sintetizada enganchada al tren de pulsos provisto por el filtro de paso de banda 271 y que tiene la forma de una onda cuadrada que muestra el periodo T y un factor de trabajo igual a T/2.

La generación de la segunda señal eléctrica de sincronización $S_{\text{sin}2}$ o de la segunda señal eléctrica de sincronización $S_{\text{sinw}2}$ sintetizada por el módulo de extracción 251 que se representa en la figura 3 o la figura 4 también se puede realizar por medio de circuitos de soporte físico digitales o por circuitos electrónicos analógicos, tal como, por ejemplo, implementando la totalidad o algunos de los módulos de la figura 4.

Con referencia de nuevo al módulo de transmisión 203 (la figura 2), el mismo está configurado para generar y transmitir la señal eléctrica de transmisión S_{te} (un ejemplo se muestra en la figura 15) partiendo, como un ejemplo, de la segunda señal eléctrica de sincronización $S_{\text{sinw}2}$ sintetizada. De acuerdo con un ejemplo, el módulo de transmisión 203 es un transmisor de radio programado para enviar, en cada flanco de subida de la segunda señal eléctrica de sincronización $S_{\text{sinw}2}$ sintetizada, un mensaje corto que contiene la información de temporización portada por la segunda señal eléctrica de sincronización $S_{\text{sinw}2}$ sintetizada. El mensaje corto puede ser un aviso de alarma simple o un mensaje real que contiene una información digital tal como una identificación del dispositivo de detección de señales de sincronización 200 y la frecuencia (es decir, la inversa del periodo T) de la primera señal eléctrica de sincronización $S_{\text{sinw}2}$ sintetizada tal como se mide por el módulo de medición de parámetros 261 (P-M) de la figura 3.

Un dato que representa la frecuencia de la primera señal eléctrica de sincronización $S_{\text{sinw}2}$ sintetizada se incluye por lo tanto en la carga útil del mensaje asociado con la señal eléctrica de transmisión S_{te} .

La figura 5 muestra de forma esquemática una realización particular del módulo de transmisión 203 configurado para emplear una técnica de espectro ensanchado de secuencia directa (DSSS, *Direct Sequence Spread Spectrum*). El módulo de transmisión 203 de la figura 5 comprende: un generador de mensajes 285 (MSG-GEN), un generador de código de ensanchamiento (DSSS-G) 280, un multiplicador 281, un modulador (MOD) 282, un generador de portadora (CARR-G) 283 y un convertidor de frecuencia 284.

El generador de mensajes 285 está configurado para recibir la primera señal eléctrica de sincronización $S_{\text{sinw}2}$ sintetizada y producir una transmisión de mensajes $\text{Msg}1$ correspondiente. En concreto, el generador de mensajes de codificación 285 está estructurado para producir un mensaje en cada flanco de subida de la segunda señal eléctrica de sincronización $S_{\text{sinw}2}$ sintetizada que contiene la información de temporización llevada a cabo por la segunda señal eléctrica de sincronización $S_{\text{sinw}2}$ sintetizada. Las transmisiones de espectro ensanchado de secuencia directa multiplican los datos que son transmitidos por una secuencia pseudoaleatoria de valores 1 y -1, a una frecuencia mucho mayor que la de la señal original. En concreto, el generador de código de ensanchamiento (DSSS-G) 280 está configurado para generar la secuencia pseudoaleatoria. El multiplicador 281 permite multiplicar el primer mensaje $\text{Msg}1$ con la secuencia pseudoaleatoria para generar una primera señal modulada S_{DSSS} . Como un ejemplo, la secuencia pseudoaleatoria puede ser generada de acuerdo con uno de los presentes códigos: código de Barker, código de Gold, código de Manchester o los códigos de la norma IEEE 802.15.4.

El modulador 282 está configurado para impartir una modulación a la primera señal modulada S_{DSSS} que produce una segunda señal modulada S_{FSK} . En concreto, el modulador 282 está configurado para realizar una modulación de frecuencia, tal como, por ejemplo, las modulaciones de tipo modulación de desplazamiento de frecuencia (FSK, *Frequency Shift Keying*) o de tipo modulación de desplazamiento de frecuencia gaussiano (GFSK, *Gaussian Frequency Shift Keying*). Se observa que la técnica de DSSS y las modulaciones FSK o GFSK permiten alcanzar una buena inmunidad al ruido y unas temporizaciones predecibles. Como un ejemplo, se puede emplear una modulación GFSK usando una portadora a 868 MHz, un desplazamiento de frecuencia de 50 kHz y un ancho de banda de 200 kHz.

El generador de portadora 283 está estructurado para generar una señal portadora S_{CR} y el convertidor de

frecuencia 284 está configurado para multiplicar la segunda señal modulada S_{FSK} por la señal portadora S_{CR} produciendo de este modo la señal de transmisión S_{te} que se va a suministrar al primer dispositivo de antena 204. En concreto, la frecuencia de la portadora de la señal de la portadora S_{CR} es una radio frecuencia y puede ser elegida como una de las bandas ISM (433, 868, 2400 MHz), preferentemente la banda de 868 MHz, debido a su menor ruido y buenos desempeños de alcance. Las bandas de radio industrial, científica y médica (ISM, *industrial, scientific and medical*) son unas bandas de radio (porciones del espectro de radio) reservadas internacionalmente para el uso de la potencia de la radio frecuencia (RF) para propósitos industriales, científicos y médicos que no sean comunicaciones.

De acuerdo con una realización particular, el dispositivo de detección de señales de sincronización 200 también está provisto de un dispositivo emisor de luz u otros dispositivos de visualización (que no se muestran) adecuados para indicar a un usuario el estado eficaz del dispositivo de detección de señales de sincronización 200 y cuyo sensor ha sido seleccionado de entre el sensor magnético 206, el sensor óptico 207 y el sensor capacitivo 208. Como un ejemplo, se puede usar un LED (*Light Emitting Diode*, diodo emisor de luz) como dispositivo emisor de luz. El dispositivo de detección de señales de sincronización 200 comprende preferentemente una o más baterías para suministrar energía eléctrica a los dispositivos incluidos en el dispositivo de detección de señales de sincronización 200. Como alternativa, el dispositivo de detección de señales de sincronización 200 puede ser alimentado por un cable eléctrico, como un ejemplo, conectado al aparato de detección de descargas parciales 400.

Se observa que, tal como ya se ha descrito en lo que antecede, de acuerdo con otra realización, el módulo de transmisión 203 se puede estructurar para operar las frecuencias de infrarrojos (405 THz - 300 GHz) para establecer un enlace de corto alcance de infrarrojos con el aparato de detección de descargas parciales 400. La definición que se ha mencionado en lo que antecede de radio enlace de corto alcance se aplica al enlace de corto alcance de infrarrojos.

Tal como se ha indicado en lo que antecede, se puede emplear la tecnología de corto alcance de infrarrojos, en este caso la primera antena 204 y la segunda antena 702 son reemplazadas por transceptores ópticos correspondientes adecuados, estructurados para convertir una señal eléctrica en una señal óptica y viceversa.

La figura 6 muestra un primer ejemplo del aparato de detección de descargas parciales 400 que comprende un ejemplo del módulo de detección 800, un dispositivo de análisis 300 y el módulo de recepción 700 (que está provisto de otra caja 701) conectado al segundo dispositivo de antena 702.

El primer dispositivo de antena 204 y el segundo dispositivo de antena 702 pueden ser, por ejemplo, una de las siguientes antenas: una antena de dipolo, en concreto compuesta por un segmento de hilo conductor o una antena de fusta, una antena integrada en una placa de circuito impreso.

El segundo dispositivo de antena 702 está estructurado para captar la segunda señal electromagnética de sincronización S_{ES2} y proporcionar una señal eléctrica recibida S_{re} al módulo de recepción 700.

La figura 7 muestra un ejemplo del módulo de recepción 700 que se puede usar para recibir señales del módulo de transmisión 203 de la figura 5. Este módulo de recepción 700 comprende: un generador de portadora de receptor 703 (RX-CARR-G), un convertidor de frecuencia de recepción 704, un desmodulador 705 (DEM), un módulo de sincronización de recepción 706 (RX-SINC), un generador de código de ensanchamiento de recepción 707 (RX-DSSS-G), un multiplicador de recepción 708 y un generador de descodificación 710 (Dec-Gen).

El generador de portadora de receptor 703 está configurado para generar una señal portadora correspondiente S_{CR} . Además, el generador de portadora de receptor 703 y el convertidor de frecuencia de recepción 704 están estructurados para convertir la señal eléctrica recibida S_{re} en una señal banda base S_{BB} . El desmodulador 705 (DEM) es, como un ejemplo, estructurado para operar como un desmodulador FSK o un desmodulador GFSK que proporciona una señal desmodulada S_{DEM} . El módulo de sincronización de recepción 706 está configurado para proporcionar las señales de sincronización S_{TT} al generador de código de ensanchamiento de recepción 707 (RX-DSSS-G) el que, junto con el multiplicador de recepción 708, permite desensanchar la señal recibida obteniendo segundos mensajes $Msg2$ que son la versión recibida de los primeros mensajes $Msg1$. El generador de descodificación 710, partiendo de los segundos mensajes $Msg2$, produce una tercera señal eléctrica de sincronización S_{sinw3} sintetizada que representa la información de temporización, tal como el periodo y la fase, de la tensión eléctrica de CA y es, preferentemente, una onda cuadrada que se corresponde con la segunda señal eléctrica de sincronización S_{sinw2} sintetizada. El generador de descodificación 710 se puede estructurar para realizar una síntesis de onda cuadrada que emplea un DPPL, tal como se describe con referencia a la figura 4.

El módulo de recepción 700 está conectado al módulo de detección 800 o, tal como se muestra en la figura 6, al dispositivo de adquisición y de análisis 300 por medio de una estructura de cable 709 que incluye una línea de transmisión que porta la tercera señal eléctrica de sincronización S_{sinw3} sintetizada y, como un ejemplo, un cable eléctrico empleado para suministrar energía eléctrica al módulo de recepción 700.

También se observa que el módulo de transmisión 203 puede estar provisto de un módulo de recepción adicional análogo al módulo de recepción 700 para recibir señales de configuración o de control, como un ejemplo, a partir del aparato de detección de descargas parciales 400. Además, el módulo de recepción 700 puede estar provisto

además de un módulo de transmisión adicional análogo al módulo de transmisión 203 para enviar señales de configuración o de control al dispositivo de detección de señales de sincronización 200.

5 Haciendo referencia de nuevo a la figura 6, se describirá una realización particular del aparato de adquisición de descargas parciales 400. El aparato de adquisición de descargas parciales 400 está configurado para ser colocado en las proximidades del segundo dispositivo eléctrico 103 para recibir, de acuerdo con un modo inalámbrico y sin contacto, señales electromagnéticas de descarga S_d que se corresponden con los pulsos de descargas parciales emitidos por el segundo dispositivo eléctrico 103. También se observa que pueden estar presentes en el área en la cual se emplea el aparato de adquisición de descargas parciales 400 unas señales de ruido electromagnético S_n que podrían perturbar la detección de las señales electromagnéticas que se corresponden con los pulsos de descargas parciales.

10 Las señales de descarga S_d a detectar pueden ser pulsos de ondas electromagnéticas que tienen unas frecuencias incluidas en el intervalo de 0,1 MHz a 100 MHz. Las señales de ruido S_n tienen, por lo general, frecuencias incluidas en el mismo intervalo de 0,1 MHz a 100 MHz.

15 De acuerdo con un ejemplo, el aparato de detección de descargas parciales 400 (que también se denomina en lo sucesivo en el presente documento "aparato de detección", por razones de brevedad) comprende una primera antena 1 y una segunda antena 2, que pueden ser montadas, ambas, como un ejemplo, en una estructura de soporte compartida 3. La primera antena 1 está configurada para recibir las señales de descarga S_d , pero también puede recibir señales de ruido electromagnético no deseado S_n .

20 Con mayor detalle, con referencia a un primer conjunto de direcciones entrantes de la radiación, la primera antena 1 está estructurada para mostrar una primera área eficaz A_{ef1} que tiene un primer valor o valores $A_{ef1-dr1}$. En concreto, el primer conjunto de direcciones entrantes se corresponde con las direcciones entrantes de las señales de descarga S_d .

25 La segunda antena 2 está configurada para recibir las señales de ruido electromagnético S_n presentes en el área en la cual se emplea el aparato de adquisición de descargas parciales 400. En algunos casos, la segunda antena 2 puede recibir también señales de descarga S_d . No obstante, la segunda antena 2 está estructurada para mostrar una segunda área eficaz A_{ef2} que, para dicho primer conjunto de direcciones de radiación entrantes, tiene un segundo valor, o valores, $A_{ef2-dr1}$ que es menor que dicho primer valor $A_{ef1-dr1}$ de la primera antena 1:

$$A_{ef1-dr1} > A_{ef2-dr1} \quad (1)$$

En concreto, el primer valor $A_{ef2-dr1}$ es al menos diez veces el segundo valor $A_{ef2-dr1}$.

30 La relación (1) para el primer conjunto de direcciones de radiación entrantes significa que la primera antena 1 es más sensible a las señales de descarga S_d que la segunda antena 2.

35 Con referencia a un segundo conjunto de direcciones de radiación entrantes, la primera antena 1 muestra una primera área eficaz A_{ef1} que tiene un tercer valor o valores $A_{ef1-dr2}$ y la segunda antena 2 muestra una segunda área eficaz A_{ef2} que tiene un cuarto valor o valores $A_{ef2-dr2}$. En concreto, el segundo conjunto de direcciones entrantes se corresponde con las direcciones entrantes de las señales de ruido electromagnético S_n .

De acuerdo con una realización particular, el aparato de detección de descargas parciales 400 está configurado de tal modo que la siguiente relación es válida para la primera y la segunda antenas 1 y 2, con referencia al segundo conjunto de direcciones entrantes:

$$A_{ef2-dr2} \geq A_{ef1-dr2} \quad (2)$$

40 De acuerdo con la relación (2), el cuarto valor o valores $A_{ef2-dr2}$ son iguales o mayores que el tercer valor o valores $A_{ef1-dr2}$. En concreto, el cuarto valor $A_{ef2-dr2}$ es al menos diez veces el tercer valor o valores $A_{ef1-dr2}$. La relación (2) para el segundo conjunto de direcciones de radiación entrantes significa que la segunda antena 2 es igualmente sensible o más sensible a las señales de ruido electromagnético S_n que la primera antena 1.

45 De acuerdo con un primer ejemplo, la primera antena 1 y/o la segunda antena 2 son antenas direccionales. En concreto, la primera antena 1 y la segunda antena 2 muestran tres modelos de radiaciones dimensionales diferentes. En concreto, el aparato de detección de descargas parciales 400 está diseñado de tal modo que la primera antena 1 puede proporcionar una detección sensible y exacta de la señal de descarga S_d , de tal modo que la primera antena 1 está diseñada para obtener que la primera área eficaz A_{ef1} muestre un valor más grande para el primer conjunto de direcciones entrantes.

50 Además, el aparato de detección de descargas parciales 400 está diseñado de tal modo que la segunda antena 2 puede proporcionar la detección de las señales de ruido S_n , de tal modo que la segunda antena 2 está diseñada para obtener que la segunda área eficaz A_{ef2} muestre un valor más grande para el segundo conjunto de direcciones entrantes.

Preferentemente, la primera antena 1 tiene una directividad que tiene un parámetro frontal / posterior comprendido

entre 3 y 30 dB; más preferentemente el parámetro frontal / posterior está comprendido entre 6 dB y 10 dB. La segunda antena 2 tiene una directividad que tiene un parámetro frontal / posterior mayor que el parámetro frontal / posterior de la primera antena 1 y, preferentemente, comprendido entre 10 y 30 dB; más preferentemente el parámetro frontal / posterior de la segunda antena 2 está comprendido entre 11 y 20 dB.

- 5 Como un ejemplo, la primera antena 1 puede ser una de las siguientes antenas: una antena de parche pequeña, una antena de lazo, una antena de dipolo y una antena de banda ultra ancha. Una antena esférica particular que se puede usar como la primera antena 1 se describirá en lo sucesivo en el presente documento.

La segunda antena 2 puede ser, como un ejemplo, una antena de parche, una antena de lazo, una antena de dipolo, una antena de banda ultra ancha o una antena esférica de forma análoga a la primera antena 1. De acuerdo con la primera realización que se representa en la figura 6, el aparato de detección de descargas parciales 400 comprende además un módulo de diferencia 600 que tiene un segundo terminal de entrada 4 conectado, por medio de una primera línea conductora 5, a un segundo terminal de salida 6 de la primera antena 1 y un tercer terminal de entrada 7 conectado, por medio de una segunda línea conductora 8, a un tercer terminal de salida 9 de la segunda antena 2.

Además, la primera antena 1 está configurada para recibir las señales de descarga S_d y la señal de ruido no deseado S_n y convertir las mismas en una primera señal eléctrica recibida $S_{entrada1}$ (por ejemplo, una corriente eléctrica) disponible en la primera línea conductora 5. La segunda antena 2 está configurada para recibir la señal de ruido S_n y también una parte de las señales de descarga S_d y convertir las mismas en una segunda señal eléctrica recibida $S_{entrada2}$ (por ejemplo, una corriente eléctrica adicional) disponible en la segunda línea conductora 8.

La figura 8 muestra, como un ejemplo, un primer diagrama de radiación RD1 de la primera antena 1 y un segundo diagrama de radiación RD2 de la segunda antena 2, tal como podrían ser cuando la primera antena 1 y la segunda antena 2 están posicionadas para operar para la detección. En concreto, la figura 8 muestra una sección vertical de un primer modelo de radiación de la primera antena 1 y otra sección vertical de un segundo modelo de radiación de la segunda antena 2. Una sección vertical es una sección entre un plano vertical, tal como, por ejemplo, un plano perpendicular con respecto a la superficie del suelo, y el modelo respectivo. Como resultará evidente para el experto en la materia, el diagrama de radiación de una antena es substancialmente idéntico al diagrama de recepción de la misma antena. De acuerdo con el ejemplo que se muestra en la figura 8, el primer diagrama RD1 se encuentra substancialmente en un primer semiespacio, mientras que el segundo diagrama RD2 se encuentra substancialmente en el semiespacio opuesto, con respecto a un plano de referencia, por ejemplo, paralelo con respecto a una superficie de tierra.

En concreto, el primer modelo de radiación de la primera antena 1 y el segundo modelo de radiación de la segunda antena 2 substancialmente no se superponen uno al otro y, en concreto, la primera antena 1 muestra unos valores máximos de la ganancia de recepción para las direcciones entrantes que se encuentran en el primer semiespacio (a ser orientado hacia la fuente de descarga parcial esperada). La segunda antena 1 muestra unos valores máximos de la ganancia de recepción para direcciones entrantes que se encuentran en el segundo semiespacio que es opuesto al primer semiespacio.

Preferentemente, la primera antena 1 está configurada como un ejemplo, en la estructura de soporte 3 con el fin de tener al menos un 90 % de la potencia recibida del primer modelo de radiación incluido en el primer semiespacio, y la segunda antena 2 está configurada, como un ejemplo, en la estructura de soporte 3 con el fin de tener al menos un 90 % de la potencia recibida del segundo modelo de radiación incluido en un segundo semiespacio opuesto al primer semiespacio. Como un ejemplo, la primera antena 1 y la segunda antena 2 muestran ambas un parámetro frontal / posterior de 20 dB y, en concreto, están orientadas en direcciones diferentes y, preferentemente, opuestas.

El módulo de diferencia 600 de la figura 1 está configurado para generar una señal de salida de diferencia S_{salida} que representa una diferencia entre la primera señal eléctrica recibida $S_{entrada1}$ y la segunda señal eléctrica recibida $S_{entrada2}$. El módulo de diferencia 600 está provisto de un cuarto terminal de salida 10 para la señal de salida de diferencia S_{salida} .

De acuerdo con un ejemplo que se muestra en la figura 9, el módulo de diferencia 600 puede comprender un dispositivo electrónico activo, tal como un amplificador operacional 11 u otro tipo de componente activo electrónico discreto, adaptado para generar la señal de salida de diferencia S_{salida} . Una realización particular del módulo de diferencia 600 que emplea el amplificador operacional 11 se describirá en lo sucesivo en el presente documento.

De acuerdo con otro ejemplo que se muestra en la figura 10, el módulo de diferencia 600 puede comprender un dispositivo electrónico pasivo, tal como un transformador eléctrico 11, adaptado para generar la señal de salida de diferencia S_{salida} . El transformador eléctrico 12 es un transformador de alta frecuencia. De acuerdo con el ejemplo que se muestra en la figura 10, el transformador de alta frecuencia 12, que se encuentra en una configuración de toma central, incluye un primer devanado 13 que tiene dos terminales de extremo adaptados para recibir, de forma respectiva, la primera señal eléctrica recibida $S_{entrada1}$ y la segunda señal eléctrica recibida $S_{entrada2}$ y un terminal central 15 conectado a un terminal de conexión a tierra eléctrica GND. Un segundo devanado 14 del transformador de alta frecuencia 12 está acoplado mutuamente con el primer devanado 13 y está provisto de un terminal de señal de diferencia 40 para la señal de salida de diferencia S_{salida} y un terminal de conexión a tierra GND conectado a la

tierra eléctrica.

Con referencia al módulo de diferencia 600, de acuerdo con otra realización, también se puede estructurar para tratar de forma adecuada la primera señal eléctrica recibida S_{entrada1} y la segunda señal eléctrica recibida S_{entrada2} y, de este modo, puede comprender también un módulo de filtrado de paso de altos y un módulo de ecualización opcional colocado antes del amplificador operacional 11 o el transformador eléctrico 12.

La figura 11 se refiere a un ejemplo del módulo de diferencia 600 en el caso en el cual se emplea el amplificador operacional 11. El módulo de diferencia 600 comprende un primer módulo de filtrado de paso de altos 19 que tiene una entrada respectiva conectada al segundo terminal de entrada 4. Como un ejemplo, el primer módulo de filtro de paso de altos 19 puede incluir un tercer condensador C3 conectado en serie con una tercera resistencia R3. Una salida del módulo de filtro de paso de altos 19 está conectada a un primer módulo de ecualización 20 opcional que también está conectado a un terminal no inversor "+" del amplificador operacional 11 a través de un tercer nodo 25. El tercer nodo 25 está conectado a otra resistencia R que también está conectada al terminal de conexión a tierra GND.

El módulo de diferencia 600 de la figura 11 también comprende un segundo módulo de filtro de paso de altos 21 que tiene una entrada respectiva conectada al tercer terminal de salida 7. Como un ejemplo, el segundo módulo de filtro de paso de altos 21 puede incluir un cuarto condensador C4 conectado en serie con una cuarta resistencia R4. El primer y el segundo módulos de filtro de paso de altos 19 y 21 están estructurados para filtrar una señal recibida por la primera antena 1 y la segunda antena 2 y que se corresponde con la segunda señal electromagnética de sincronización S_{ES2} , a una frecuencia más baja, de la primera y la segunda señales eléctricas recibidas S_{entrada1} y S_{entrada2} , de forma respectiva.

Una salida del segundo módulo de filtro de paso de altos 21 está conectada a un segundo módulo de ecualización 22 opcional que también está conectado a un terminal inversor del amplificador operacional 11 a través de un cuarto nodo 26. El amplificador operacional 11 está provisto de: un segundo terminal de suministro 32 para una tensión de suministro V1, un tercer terminal de suministro 33 conectado a un terminal de conexión a tierra GND y el quinto terminal de salida 24 para la señal de salida de diferencia S_{salida} , que puede ser una tensión de salida V_{salida} . El quinto terminal de salida 24 está conectado a un cuarto terminal de salida 10 por una resistencia de salida R_{salida} .

La tensión de salida V_{salida} está dada por la diferencia de tensiones aplicadas al terminal no inversor "+" y el terminal inversor multiplicado por un factor de ganancia A_{op} del amplificador operacional 11. En concreto, el amplificador operacional 11 está configurado para mostrar un ancho de banda que al menos incluye el ancho de banda de la primera antena 1 tal como, por ejemplo, un ancho de banda que oscila entre 0,1 MHz y 100 MHz. El amplificador operacional 11 puede incluir uno o más amplificadores diferenciales, cada uno realizado por medio de un par de transistores en una configuración diferencial. Una pluralidad de etapas de amplificación se pueden incluir en el amplificador operacional 11 para alcanzar una ganancia de amplificador deseada. La tercera resistencia R3, la cuarta resistencia R4 y la resistencia de realimentación R_f muestran valores de las resistencias respectivas que pueden ser elegidos para diseñar el factor de ganancia A_{op} del amplificador operacional 11 y para adaptar las impedancias de la primera antena 1 y la segunda antena 2, de forma respectiva.

De acuerdo con una realización particular, el amplificador operacional 11 se encuentra en la configuración de realimentación negativa no inversora y una resistencia de realimentación R_f está conectada entre el quinto terminal de salida 24 y el cuarto nodo 26 conectado a su vez al terminal inversor. La configuración de realimentación negativa permite obtener un comportamiento predecible del módulo de diferencia 600. El primer ecualizador 20 y el segundo ecualizador 21 pueden ser empleados para compensar una posible diferencia de las respuestas de frecuencia de la primera antena 1 y la segunda antena 2.

Durante el funcionamiento, la primera antena 1 se emplea de forma simultánea con la segunda antena 2. La primera antena 1 capta, de acuerdo con su diagrama de área eficaz, la señal de descarga S_d , la contribución de la señal de ruido S_n y la señal electromagnética de suministro S_{sum} y genera la primera señal eléctrica recibida S_{entrada1} . La segunda antena 2 capta, de acuerdo con el diagrama de área eficaz respectivo, la señal de ruido S_n y parte de la señal de descarga S_d y genera la segunda señal eléctrica recibida S_{entrada2} . La segunda antena 2 también puede captar la señal electromagnética de suministro S_{sum} .

La primera señal eléctrica recibida S_{entrada1} y la segunda señal eléctrica recibida S_{entrada2} se alimentan al módulo de diferencia 600. Con referencia, por ejemplo, a la realización de la figura 11, la primera señal eléctrica recibida S_{entrada1} y la segunda señal eléctrica recibida S_{entrada2} son filtradas, de forma respectiva, por el primer módulo de filtrado de paso de altos 19 y el segundo módulo de filtrado de paso de altos 21. El primer y el segundo módulos de ecualización 20 y 22 opcionales actúan en la primera señal eléctrica recibida S_{entrada1} y la segunda señal eléctrica recibida S_{entrada2} para ecualizar la diferencia de respuesta de frecuencia de la primera y la segunda antenas 1 y 2 y obtener una primera señal de entrada S_1 y una segunda señal de entrada S_2 .

Se observa que, gracias a las condiciones que se han descrito en lo que antecede con respecto a las áreas eficaces de la primera antena 1 y la segunda antena 2, la primera señal de entrada S_1 porta una contribución de señal de descarga S_d mayor que la contribución de señal de descarga S_d portada por la segunda señal de entrada S_2 que

representa substancialmente la contribución de ruido S_n .

5 La primera señal de entrada S_1 se alimenta al terminal no inversor "+" y la segunda señal de entrada S_2 se alimenta al terminal inversor del amplificador operacional 11. El amplificador operacional 11 realiza una diferencia entre la primera señal de entrada S_1 y la segunda señal de entrada S_2 que genera la señal diferente de salida S_{salida} en la que la contribución de ruido se reduce o se elimina substancialmente. El amplificador operacional 11 permite
 5 substraer la contribución de ruido presente en la segunda señal de entrada S_2 de la primera señal de entrada S_1 .

Se observa que, de acuerdo con otra realización, el aparato de detección de descargas parciales 400 no comprende la segunda antena 2 y el módulo de diferencia 600 debido a que no se realiza una detección de la señal de ruido S_n .

10 En concreto, la figura 12 muestra de forma esquemática un ejemplo de módulo de detección 800, alternativo al de la figura 11, y que comprende una rama de descarga parcial que incluye un filtro de paso de banda 801 (B-P) que tiene una entrada conectada al segundo terminal de salida 6 y una salida conectada a un primer amplificador 802 que tiene un terminal de salida respectivo conectado al tercer terminal de salida 10.

15 El filtro de paso de banda 801 está diseñado para desacoplar una señal de sincronización detectada S_{sin} adicional recibida en la antena 1 de la primera señal eléctrica recibida $S_{entrada1}$. El primer amplificador 802 puede ser un amplificador de alta ganancia y de alta impedancia. En este caso, con el símbolo S_{salida} en la figura 12 se indica una versión amplificada y filtrada de la primera señal eléctrica recibida $S_{entrada1}$.

20 El módulo de detección 800 de la figura 12 incluye además una rama de sincronismo que comprende un filtro de paso de bajos 803 (como un ejemplo, a una frecuencia de 1 kHz) conectado entre la primera antena 1 y un segundo amplificador 804. El filtro de paso de bajos 803 permite el filtrado de la primera señal eléctrica recibida $S_{entrada1}$ y transmitir la señal de sincronización S_{sin} detectada adicional al segundo amplificador 804. El segundo amplificador 804 puede ser un amplificador de alta ganancia y de alta impedancia. Un filtro de paso de bajos adicional 805 opcional, configurado para realizar el filtrado de ruidos, se puede proporcionar para producir una señal de sincronización procesada S_{ond1} para el dispositivo de adquisición y de análisis 300. La señal de sincronización S_{sin} detectada adicional y la señal de sincronización detectada procesada S_{ond} tienen substancialmente una tendencia
 25 sinusoidal.

30 El dispositivo de adquisición y de análisis 300 se puede incluir en una carcasa que también contiene el aparato de detección de descargas parciales 400 o se puede incluir en una carcasa separada. La figura 13 muestra de forma esquemática una realización del dispositivo de adquisición y de análisis 300 que comprende un amplificador programable de banda ancha 71 opcional que tiene una entrada conectada al tercer terminal de salida 10 del módulo de detección 800 y una salida respectiva conectada a un convertidor de analógico a digital 72 (ADC, *analog to digital converter*) adicional. El dispositivo de adquisición y de análisis 300 también incluye un módulo de control 73 tal como una disposición de puertas programable de campo (FPGA, *Field Programmable Gate Array*) que está estructurado para controlar el amplificador programable de banda ancha 71 y recibir datos del convertidor de analógico a digital 72 adicional. El amplificador programable de banda ancha 71 se puede programar para impartir a la señal de salida de diferencia S_{salida} (o la señal de salida S_{salida} de la figura 12) un valor de desplazamiento y un valor de ganancia de
 35 amplificación por medio de la señal de desplazamiento S_{desp} y una señal de ganancia S_{ga} provista por el módulo de control 73, produciendo de este modo una señal de salida amplificada $S_{salidaa}$.

40 El amplificador programable de banda ancha 71 permite, como un ejemplo, una variación de ganancia continua que oscila entre aproximadamente - 5 dB y + 40 dB. El convertidor de analógico a digital 72 adicional está estructurado para ser sincronizado por una señal de reloj CK generada por el módulo de control 73 y generar datos convertidos DTA para ser enviados al módulo de control 73. El convertidor de analógico a digital 72 adicional, es como un ejemplo, capaz de convertir 250 mega-muestreadores por segundo con una resolución de 8 bits. Esta frecuencia de muestreo permite adquirir la señal eléctrica de diferencia S_{salida} con una resolución de tiempo de 4 ns. Se observa que la mayor parte de los pulsos de descarga parciales son, por lo general, más largos que 0,5 μ s, el dispositivo de
 45 adquisición y de análisis 300 permite adquirir la forma de onda del pulso y representar la misma con una cantidad de muestras comprendidas entre 100 y 200.

50 El dispositivo de adquisición y de análisis 300 también está provisto de una primera puerta de entrada 301 para la tercera señal eléctrica de sincronización S_{sinw3} sintetizada que sale del módulo de recepción 700 y una segunda puerta de entrada 302 para la señal de sincronización procesada S_{ond1} que sale del filtro de paso de bajos 805 adicional, si se proporciona. Un conmutador 303 está estructurado para conectar, de forma selectiva, la primera puerta de entrada 301 o la segunda puerta de entrada 302 a una entrada de un dispositivo de disparo 304, tal como un disparador de Schmitt. El disparador de Schmitt 304 está estructurado para proporcionar una señal de onda cuadrada S_{sinw} y, de este modo, permite modificar la señal de sincronización procesada S_{ond1} que tiene por lo general forma de onda sinusoidal. No obstante, el disparador de Schmitt 304 no altera substancialmente la tercera señal eléctrica de sincronización S_{sinw3} sintetizada que muestra una forma de onda cuadrada.
 55

En concreto, el módulo de control 73 incluye una unidad de procesamiento 74 (PU, *Processing Unit*), tal como un microprocesador, una memoria 75 (M), tal como una RAM (*Random Access Memory*, memoria de acceso aleatorio), y un módulo lógico de sincronización 76 (SINL). Más en concreto, la memoria 75 puede ser una memoria intermedia

circular. La unidad de procesamiento 74 está conectada a un módulo de temporización 87 (TM, *Timing Module*) que proporciona una señal de reloj.

El módulo lógico de sincronización 76 está configurado para recibir la señal de onda cuadrada S_{sinw} y extraer de la misma la información de temporización portada, tal como el periodo y la fase de la tensión eléctrica de CA, y transferir esta información a la unidad de procesamiento 74.

Con el fin de tener en cuenta y compensar el retardo de transmisión determinista asociado con el enlace de comunicación inalámbrico establecido entre el dispositivo de detección de señales de sincronización 200 y el aparato de detección de descargas parciales 400, la señal de onda cuadrada S_{sinw} se puede desplazar un ángulo de fase especificado; este desplazamiento de fase de la señal de forma de onda cuadrada S_{sinw} puede ser realizado por el módulo lógico de sincronización 76 o por la unidad de procesamiento 74 en el parámetro de fase tal como se extrajo de la señal de onda cuadrada S_{sinw} .

Además, una puerta de entrada / salida 77 permite transferir instrucciones de salida Comm generadas por la unidad de procesamiento 74 al amplificador programable de banda ancha 71 bajo la forma de la señal de desplazamiento S_{desp} y la señal de ganancia S_{ga} . El módulo de control 73 también está provisto de un módulo de disparo 78 (TRLM) y por un módulo de generación de dirección 79 (ADD-GEN) configurado para generar las direcciones necesarias para escribir nuevos datos en la memoria 75 y leer los datos almacenados en la memoria 75, bajo el control de la unidad de procesamiento 74.

El módulo de disparo 78 está configurado para disparar la memorización de muestras de la señal de salida amplificada S_{salidaa} que sale del amplificador programable de banda ancha 71 solo para valores seleccionados de la señal de salida amplificada S_{salidaa} tal como, por ejemplo, solo para pulsos positivos o negativos que tienen amplitud (es decir, un valor absoluto) mayor que un nivel umbral. El módulo lógico de disparo 78 puede ser un módulo lógico que comprende uno o más comparadores para comparar los valores de las muestras proporcionadas por el convertidor de analógico a digital con uno o más umbrales.

Además, el módulo de control 73 comprende un módulo de interfaz de anfitrión 80 (INTF) que permite la transferencia de datos a un transceptor 81 (TR), tal como, por ejemplo, un transceptor de USB / Ethernet, que está configurado para intercambiar datos / instrucciones con un procesador 82 adicional (tal como, por ejemplo, externo al sistema de adquisición 500) por una línea de conexión cableada o inalámbrica BD. El procesador externo está configurado para realizar el procesamiento de un análisis de los datos recibidos permitiendo, por ejemplo, la representación del comportamiento de pulsos de descarga en un visualizador o la memorización para el procesamiento y la consulta subsiguientes. En concreto, el procesador 82 adicional permite visualizar y analizar los parámetros y las formas de onda de pulsos de descargas parciales, a las que se puede dar una referencia de fase mediante el uso de la tercera señal eléctrica de sincronización S_{sinw3} sintetizada y compensada de forma adecuada de acuerdo con el retardo de transmisión determinista.

El módulo de control 73 también puede estar provisto de un módulo de extracción 83 (por ejemplo, un coprocesador CO-P) conectado a la unidad de procesamiento 74 que está configurado para realizar la extracción, en concreto, la extracción en tiempo real de características de pulsos de los datos almacenados en la memoria 79. Ejemplos de posibles características de pulsos extraídos por el coprocesador son: la polaridad y el valor máximo, la fase, la energía, la duración y la estimación aproximada de los parámetros de Weibull.

Haciendo referencia también a la figura 15, durante el funcionamiento, el dispositivo de detección de señales de sincronización 200 puede ser colocado en las proximidades del primer dispositivo eléctrico 101 para detectar de forma remota la primera señal electromagnética S_{ES1} usando un sensor entre el sensor capacitivo 205, el sensor magnético 206 y el sensor óptico 207 generando de este modo la primera señal eléctrica de sincronización S_{sin1} . El módulo de procesamiento 250 filtra y amplifica la primera señal eléctrica de sincronización S_{sin1} que genera la señal eléctrica de sincronización procesada S_{sin1AF} . El módulo de extracción 251 extrae la información de temporización portada por la primera señal eléctrica de sincronización S_{sin1} y envía la segunda señal eléctrica de sincronización S_{sin2} o la segunda señal eléctrica de sincronización S_{sinw2} sintetizada al módulo de transmisión 203.

El módulo de transmisión 203 procesa, como un ejemplo, la segunda señal eléctrica de sincronización S_{sinw2} sintetizada irradiando la señal eléctrica de transmisión S_{te} .

El módulo de recepción 700 del aparato de adquisición de descargas parciales 400 recibe la señal eléctrica S_{te} y realiza el procesamiento de recepción proporcionando de este modo la tercera señal eléctrica de sincronización S_{sinw3} sintetizada a alimentar al dispositivo de adquisición y de análisis 300.

Además, el aparato de adquisición de descargas parciales 400 detecta la señal de descarga parcial S_{d} y proporciona la señal de salida de diferencia S_{salida} , si se emplea la realización de la figura 6, o la señal de salida S_{salida} , si se emplea la realización de la figura 12. La señal de salida (de diferencia) S_{salida} que representa la señal de descarga parcial detectada S_{d} se suministra entonces al dispositivo de adquisición y de análisis 300. Con referencia al funcionamiento del dispositivo de adquisición y de análisis 300, el módulo de control 73 realiza una etapa de configuración y una etapa de adquisición. En la etapa de configuración se establecen los parámetros de adquisición, tales como la ganancia del amplificador programable de banda ancha 71, los umbrales del módulo lógico de disparo

78, y la posición de selección del conmutador 303. También el retardo de transmisión, que es un desplazamiento de tiempo positivo, generado por el enlace de comunicación inalámbrico, se mide y se almacena en la etapa de configuración.

5 En la etapa de adquisición, la unidad de procesamiento 74, el módulo lógico de disparo 78 y el módulo de generación de dirección 79 manejan el almacenamiento en la memoria 75 de los datos que se corresponden con la señal de salida de diferencia S_{salida} . Cuando el módulo lógico de disparo 78 detecta un evento de disparo (como un ejemplo, los valores de las muestras proporcionadas por el convertidor de analógico a digital 72 son mayores que el umbral), la adquisición de datos adicionales se detiene. La unidad de procesamiento 74 recoge la información de temporización del módulo lógico de sincronización 76 y el módulo de temporización 87 y envía la información de temporización correspondiente junto con los datos almacenados en la memoria 75 que se corresponden con la señal de salida adquirida S_{salida} al procesador externo 82.

El aparato de adquisición de descargas parciales 400 también puede incluir una o más baterías para suministrar tensión eléctrica a los módulos que se han descrito en lo que antecede.

15 Las figuras 14A y 14B muestran dos vistas diferentes de una realización preferida del sistema de adquisición de descargas parciales 400 de la figura 6, no mostrando el módulo de recepción 700, según fue realizado por el solicitante de la presente invención y que comprende realizaciones particulares de la primera antena 1, la segunda antena 2 y la estructura de soporte 3. Con mayor detalle, la primera antena 1 es una antena direccional y, en concreto, es una antena no resonante, de banda ancha, que comprende un primer conductor de antena 90 y un conductor plano 91 que actúa como un plano de tierra. El primer conductor de antena 90 está aislado eléctricamente con respecto al conductor plano 91 y operan polos de la primera antena 1. En concreto, el primer conductor de antena 90 tiene forma esférica e incluye una esfera hueca en material eléctricamente conductor, tal como, por ejemplo, metal o material polimérico. El primer conductor de antena de forma esférica 90 muestra, como un ejemplo, un diámetro que comprende entre 3 y 30 cm, preferentemente que comprende entre 5 y 20 cm.

25 El primer conductor de antena 90 es soportado por un soporte aislado 93 que está fijado en la estructura de soporte 3 que es, de acuerdo con el ejemplo realizado, una placa de circuito impreso (PCB, *Printed Circuit Board*) que incluye circuitos electrónicos que se corresponden con el módulo de diferencia 600 y al dispositivo de adquisición y de análisis 300. El plano de tierra 91 está colocado en un primer lado de la estructura de soporte 3 que está orientado al conductor de antena 90 y está implementado como un material laminado metálico.

30 De acuerdo con el ejemplo realizado, la segunda antena 2 comprende un plano de tierra respectivo, que puede ser el mismo plano de tierra 91 de la primera antena 1, y un segundo conductor de antena 94. El segundo conductor de antena 94 es una antena eléctricamente pequeña, diseñada para obtener características eléctricas similares al primer conductor de antena 90 y para ser no resonante en la banda de interés. En particular, el segundo conductor de antena 94 puede ser una antena de dipolo pequeña, una antena de lazo o una antena de espiral. En la realización que se representa en las figuras 9A y 9B, el segundo conductor de antena 94 es una antena de parche realizada en un segundo lado de la estructura de soporte 3 opuesta al primer lado. De acuerdo con un ejemplo, la antena de parche 94 se realiza como un área de cobre que cubre entre $\frac{1}{4}$ y $\frac{1}{2}$ de la estructura de soporte 3 actuando también como placa de circuito impreso, cuando se usa un material laminado FR4 de 1,6 mm de espesor para realizar la placa de circuito impreso 3. Esto proporciona características eléctricas similares como el primer conductor de antena 90. La placa de circuito impreso 3 está provista de terminales eléctricos a ambos lados para poner en contacto el primer conductor de antena 90 y el segundo conductor de antena 94.

35 La realización que se muestra en las figuras 14A y 14B permite una implementación muy compacta y robusta, asegura un modelo de radiación complementario apropiado y no afecta a la respuesta de frecuencia del primer conductor de antena 90, no perturbando de este modo los pulsos de descarga parciales recibidos S_d . Debido a la presencia del plano de tierra 91, el modelo de radiación de la primera y la segunda antena 1 y 2 es direccional tal como se ilustra en la figura 4, extendiéndose de este modo hacia los semiespacios opuestos. Esto proporciona una exposición y sensibilidad para la señal de descarga parcial S_d y para el ruido ambiente S_n de la primera antena 1 y la segunda antena 2, de forma respectiva, que muestra buenos desempeños.

45 De acuerdo con otras realizaciones, el primer conductor de antena 90 también puede tener otra forma bidimensional o tridimensional, tal como una forma plana, por ejemplo: forma de triángulo, forma de cúspide o forma de disco. El primer conductor de antena 90 puede ser análogo a la antena que se describe en la solicitud de patente WO-A-2009-150627.

55 Con referencia a otra realización del aparato de detección de descargas parciales 400, la primera antena 1 y/o la segunda antena 2 pueden ser externas a una caja portátil 701 que incluye el aparato de detección de descargas parciales 400 y pueden estar conectadas, de forma respectiva, al módulo de diferencia 600 por la primera línea de conexión 5 y la segunda línea de conexión 9 que son unos cables eléctricos correspondientes. De acuerdo con esta realización, al menos una de la primera antena 1 y la segunda antena 2 son preferentemente antenas direccionales.

Preferentemente, la primera antena 1 está alojada en la caja que comprende el aparato de detección de descargas parciales 400 tal como se ilustra en la figura 1 mientras que la segunda antena 2 es externa al aparato de detección

de descargas parciales 400 y puede ser movida para ser orientada de forma adecuada. De acuerdo con esta realización preferida, la segunda antena 2 es una antena direccional que tiene, como un ejemplo, el segundo diagrama de radiación RD2 que se muestra en la figura 8.

5 De acuerdo con esta realización preferida, el aparato de detección de descargas parciales 400 está posicionado para orientar la primera antena 1 hacia el objeto eléctrico 100 para recibir la señal de descarga parcial S_d mostrando así una primera área eficaz de recepción para las direcciones entrantes de la señal de descarga parcial S_d .

10 La segunda antena móvil 1 está orientada con el fin de recibir la señal de ruido electromagnético S_n y con el de mostrar una segunda área eficaz de recepción para las direcciones entrantes de la señal de descarga parcial S_d que es más pequeña que dicha primera área eficaz de recepción. La primera antena 1 está orientada para ser más sensible a la señal de descarga parcial S_d que la segunda antena 2. La segunda antena 2 está orientada para ser más sensible a la señal de ruido electromagnético S_n que la primera antena 1. La posibilidad de mover la segunda antena 2 permite reducir la cantidad de energía de la señal de descarga parcial S_d recibida por la segunda antena 2 en comparación con la cantidad de energía de la señal de descarga parcial S_d recibida por la primera antena 1. El procesamiento de las señales eléctricas generadas por la primera antena 1 y la segunda antena 2 es análogo al que se ha descrito en lo que antecede con referencia al aparato de detección de descargas parciales 400 de la figura 6.

15 De acuerdo con otra realización del sistema de adquisición de descargas parciales 500, una pluralidad de señales de sincronización del dispositivo de detección análogas a las señales de sincronización del dispositivo de detección 200 y una pluralidad de descargas parciales del aparato de detección análogas a las descargas parciales del aparato de detección 400 pueden ser configuradas para operar como una red de malla. En concreto, cada una de las señales de sincronización del dispositivo de detección 200 y cada una de las descargas parciales del aparato de detección 400 es estructurada para ser un nodo de red adaptado no solo para capturar y diseminar sus propios datos detectados, sino también para servir como un relé para otros nodos, colaborando de este modo para propagar los datos relacionados con la señal de sincronización en la red.

20 Los valores de los retardos de transmisión asociados con pares de nodos de la red de malla, que también comprende el retardo de transmisión de una pluralidad, pueden ser evaluados en una etapa de configuración de red y estos valores evaluados pueden ser usados de forma adecuada para desplazar temporalmente la señal de sincronización tal como se recibió en un nodo de punto de extremo.

25 Se observa que el retardo de transmisión determinista asociado con el enlace de comunicación establecido entre el dispositivo de detección de señales de sincronización 200 y el aparato de detección de descargas parciales 400 muestra la ventaja de permitir la obtención de una información de sincronización fiable a usar para analizar y visualizar la señal de descarga parcial.

30 También se observa que no es necesario conectar el dispositivo de detección de señales de sincronización 200 al objeto eléctrico 101 y que este es completamente autónomo con respecto al dispositivo de detección de descargas parciales 400: esto muestra la ventaja de que no es necesario desconectar la primera alimentación de suministro del cable eléctrico al objeto eléctrico 101.

35 Además, se obtiene un grado muy alto de seguridad para el operador, debido a que no hay una conexión galvánica del operador ni con el segundo dispositivo eléctrico 103 sometido a prueba ni con el dispositivo de detección de señales de sincronización 200.

40 El sistema de adquisición de descargas parciales 500 permite que el operador realice mediciones en lugares (componentes, parte de una planta o uniones de cables de gran longitud) en los que sería difícil o sería imposible obtener una señal de sincronización apropiada con las técnicas convencionales. Además, el dispositivo de detección de señales de sincronización 200 es capaz de detectar la tensión eléctrica de CA, aún cuando no esté presente un acoplador capacitivo en el área de prueba, permitiendo de este modo obtener una señal con error reducido o sin error de fase comparado con el que se obtiene por medio de sensores conocidos (que se usan tradicionalmente cuando no está presente acoplador capacitivo alguno), que muestran una fase que depende de la carga de línea.

45

REIVINDICACIONES

1. Un sistema (500) de adquisición de descargas parciales, que comprende:
 - un dispositivo (200) de detección de señales de sincronización que incluye:
 - un módulo (202) de detección estructurado para detectar de forma remota una primera señal (S_{ES1}) electromagnética de sincronización generada por una tensión eléctrica de corriente alterna asociada con el funcionamiento de un objeto (101) eléctrico y proporcionar una primera señal (S_{sin1}) eléctrica detectada correspondiente;
 - un dispositivo (203, 204) de transmisión estructurado para irradiar una segunda señal (S_{ES2}) electromagnética de sincronización relacionada con dicha primera señal (S_{sin1}) eléctrica detectada;
 - un aparato (400) de detección de descargas parciales que comprende:
 - un dispositivo (700) de recepción estructurado para recibir dicha segunda señal (S_{ES2}) electromagnética de sincronización y generar una señal (S_{sinw3}) eléctrica recibida correspondiente que representa al menos un parámetro de temporización de dicha tensión eléctrica de corriente alterna; estando configurados el dispositivo (700) de recepción y el dispositivo (203, 204) de transmisión para establecer un enlace de comunicación inalámbrico que define un retardo de transmisión determinista.
2. El sistema de detección de la reivindicación 1, en el que el dispositivo (700) de recepción y el dispositivo (203, 204) de transmisión están estructurados de tal modo que dicho enlace de comunicación inalámbrico es uno de los siguientes enlaces: enlace de radio, enlace de infrarrojos.
3. El sistema de detección de la reivindicación 2, en el que el dispositivo (700) de recepción y el dispositivo (203, 204) de transmisión están estructurados de tal modo que dicho enlace de comunicación inalámbrico es un enlace de corto alcance.
4. El sistema de detección de la reivindicación 3, en el que el dispositivo (700) de recepción y el dispositivo (203, 204) de transmisión están estructurados de tal modo que dicho enlace de corto alcance está basado en una de las siguientes tecnologías: tecnología WiFi, tecnología ZigBee, tecnología Bluetooth.
5. El sistema de detección de la reivindicación 1, en el que el dispositivo (700) de recepción y el dispositivo (203, 204) de transmisión están estructurados de tal modo que dicho enlace de comunicación inalámbrico está basado en uno de los siguientes enlaces de radio: enlace de radio de modulación de amplitud AM, enlace de radio de modulación de frecuencia FM, enlace de radio de onda corta SW.
6. El sistema de detección de la reivindicación 1, en el que el dispositivo (700) de recepción y el dispositivo (203, 204) de transmisión están estructurados de tal modo que el retardo de transmisión determinista incluye una latencia más baja que 100 μ s.
7. El sistema de detección de la reivindicación 1, en el que el dispositivo (700) de recepción y el dispositivo (203, 204) de transmisión están estructurados de tal modo que dicho enlace de comunicación inalámbrico está basado en transmisiones de flujo continuo que emplean corrientes de tiempo real y no almacenadas en memoria intermedia.
8. El sistema de detección de la reivindicación 1, en el que el dispositivo (700) de recepción y el dispositivo (203, 204) de transmisión están configurados para operar de acuerdo con una técnica de código de ensanchamiento y de acuerdo con una modulación de tipo modulación de desplazamiento de frecuencia.
9. El sistema de detección de la reivindicación 1, que comprende además:
 - un dispositivo (200) de detección de señales de sincronización adicional que comprende:
 - un módulo (202) de detección adicional estructurado para detectar de forma remota una primera señal (S_{ES1}) electromagnética de sincronización adicional generada por una tensión eléctrica de corriente alterna adicional asociada con el funcionamiento de un objeto (101) eléctrico adicional, y proporcionar una primera señal (S_{sin1}) eléctrica detectada adicional correspondiente;
 - un primer dispositivo (203, 204) de transmisión - recepción estructurado para irradiar una segunda señal (S_{ES2}) electromagnética de sincronización adicional relacionada con dicha primera señal (S_{sin1}) eléctrica detectada adicional;
 - un aparato (400) de detección de descargas parciales adicional que comprende:
 - un segundo dispositivo (700) de transmisión – recepción estructurado para recibir dicha segunda señal (S_{ES2}) electromagnética de sincronización adicional y generar una señal (S_{re}) eléctrica recibida adicional correspondiente que representa al menos un parámetro de temporización adicional de dicha tensión eléctrica de corriente alterna adicional;
 - en el que al menos uno de dicho primer dispositivo de transmisión - recepción y dicho segundo dispositivo de

transmisión - recepción está configurado para operar como nodo intermedio de una red de malla que incluye además el dispositivo de transmisión y el dispositivo de recepción para establecer dicho enlace de comunicación inalámbrico para transmitir y recibir dicha segunda señal (S_{ES2}) electromagnética de sincronización.

5 10. El sistema de detección de la reivindicación 1, en el que dicho aparato (400) de detección de descargas parciales incluye además:

un módulo (73) de control estructurado para evaluar dicho retardo de transmisión determinista en una etapa de configuración del sistema de detección;

10 una unidad (74) de procesamiento estructurada para desplazar una fase de la señal (S_{sinw3}) eléctrica recibida de dicho retardo de transición determinista evaluado que produce una señal eléctrica recibida desplazada.

11. El sistema de detección de la reivindicación 10, en el que dicho aparato de detección de descargas parciales incluye:

un módulo (800) de detección configurado para recibir una señal (S_d) electromagnética asociada con descargas parciales de un componente eléctrico y para generar una primera señal (S_{salida}) eléctrica de descarga;

15 un convertidor (72) de digital a analógico estructurado para producir a partir de dicha primera señal (S_{salida}) eléctrica de descarga una pluralidad de muestras correspondientes que representan la señal (S_d) electromagnética;

una memoria (75) configurada para almacenar muestras seleccionadas de dicha pluralidad de muestras;

20 un dispositivo (82) de visualización configurado para visualizar una tendencia de descarga que se corresponde con dichas muestras seleccionadas, y sincronizado con la señal eléctrica recibida desplazada.

12. El sistema de detección de la reivindicación 1, en el que dicho dispositivo (203, 204) de transmisión está provisto de:

25 un módulo (251) de extracción configurado para extraer parámetros de temporización portados por la primera señal (S_{sin1}) eléctrica detectada y generar una señal (S_{sin2} , S_{sinw2}) sintetizada basándose en dicha primera señal (S_{sin1}) eléctrica detectada.

13. El sistema de detección de la reivindicación 12, en el que dicho módulo (251) de extracción comprende:

un módulo (261) de medición para medir dichos parámetros de temporización;

un módulo (263) de generación para sintetizar, a partir de dichos parámetros de temporización, la señal (S_{sinw2}) sintetizada que tiene forma de onda cuadrada.

30 14. El sistema de detección de la reivindicación 1, en el que dicho un módulo (202) de detección incluye además:

una salida (213) de módulo de detección;

un primer dispositivo (205) de detección estructurado para detectar de forma remota la primera señal (S_{ES1}) electromagnética de sincronización y proporcionar una primera señal (S_{V1}) de tensión correspondiente en una primera salida (209);

35 al menos un segundo dispositivo (206) de detección estructurado para detectar de forma remota la primera señal (S_{ES1}) electromagnética de sincronización y proporcionar una segunda señal (S_{V2}) de tensión en una segunda salida (210);

40 un módulo (208) de selección para seleccionar el primer dispositivo de detección o el al menos segundo dispositivo de detección al conectar, de forma selectiva, la primera salida (209) y la segunda salida (210) a dicha salida (213) de módulo de detección.

15. Un procedimiento de adquisición de descargas parciales, que comprende:

detectar de forma remota una primera señal (S_{ES1}) electromagnética de sincronización generada por una tensión eléctrica de corriente alterna asociada con la operación de un objeto (101) eléctrico y proporcionar una primera señal (S_{sin1}) eléctrica detectada correspondiente;

45 proporcionar un dispositivo (203, 204) de transmisión configurado para procesar dicha primera señal (S_{sin1}) eléctrica detectada;

irradiar mediante el dispositivo de transmisión una segunda señal (S_{ES2}) electromagnética de sincronización relacionada con dicha primera señal (S_{sin1}) eléctrica detectada;

50 proporcionar un aparato (400) de detección de descargas parciales que comprende un dispositivo (700) de recepción;

establecer un enlace de comunicación inalámbrico entre el dispositivo (700) de recepción y el dispositivo (203, 204) de transmisión asociado con un retardo de transmisión determinista;

55 recibir en dicho dispositivo (700) de recepción la segunda señal (S_{ES2}) electromagnética de sincronización y generar una señal (S_{sinw3}) eléctrica recibida correspondiente que representa al menos un parámetro de temporización de dicha tensión eléctrica de corriente alterna.

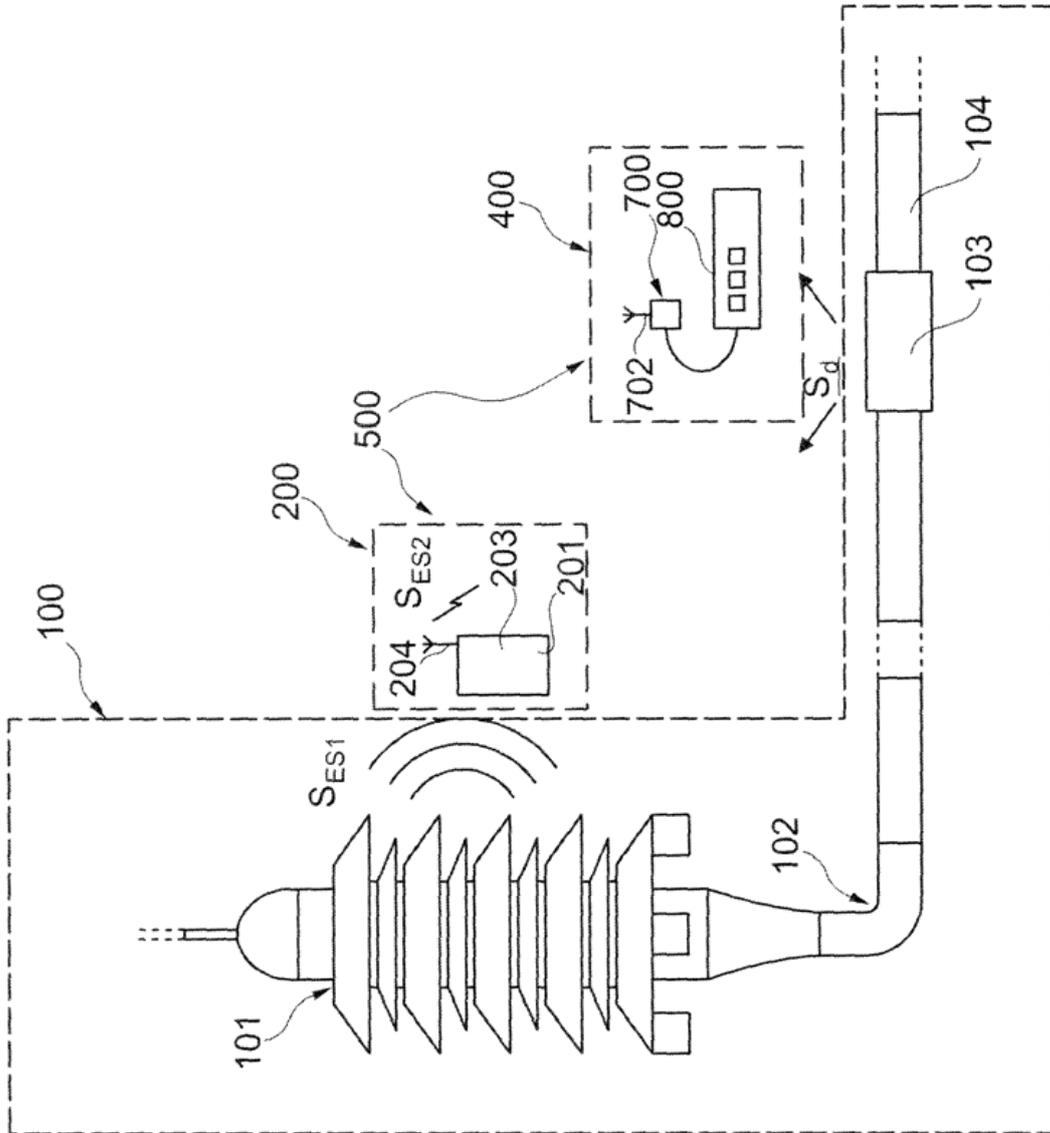


Fig. 1

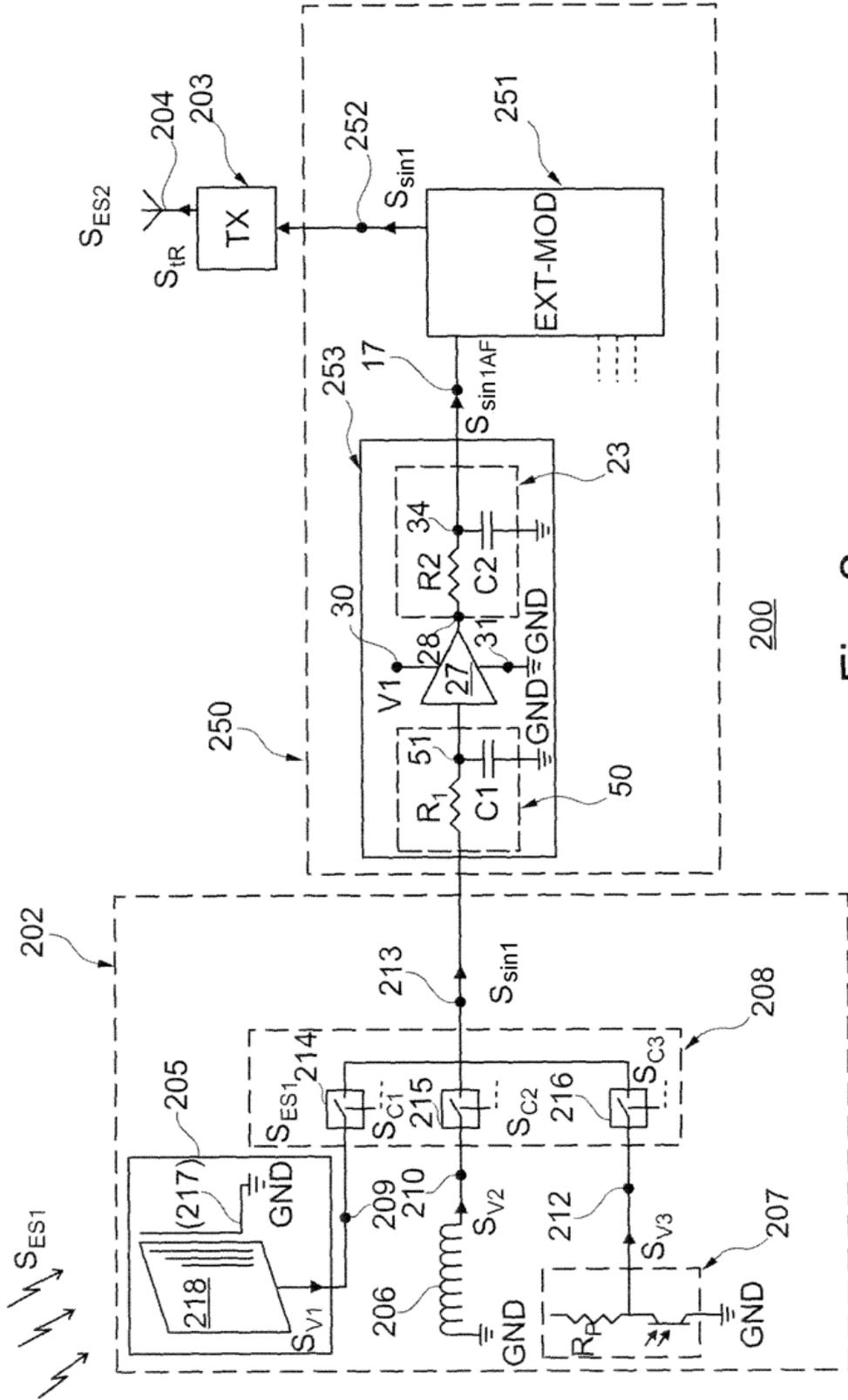


Fig. 2

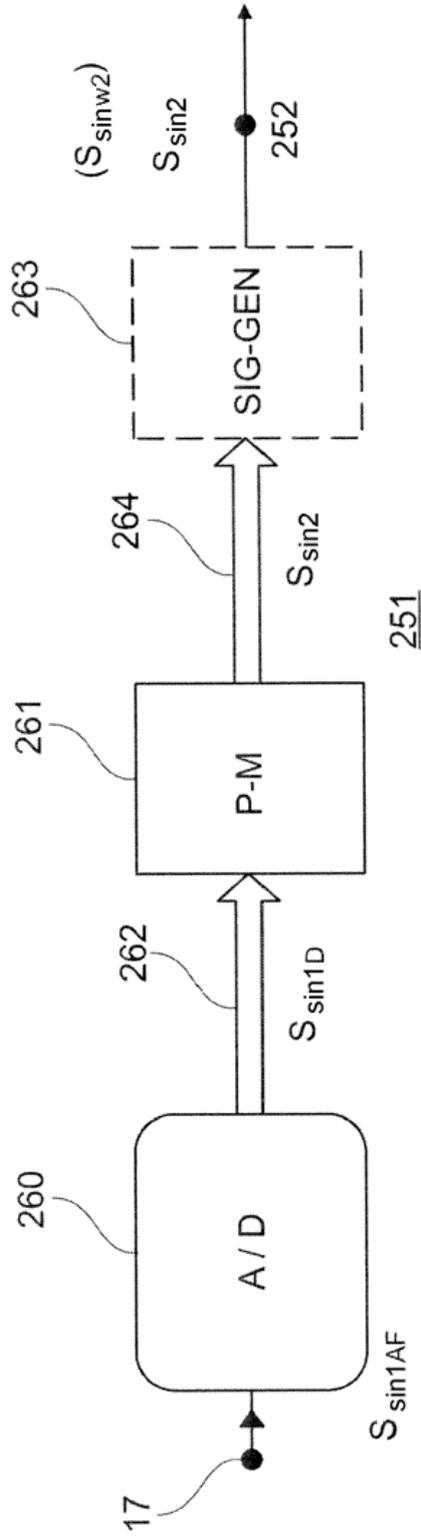


Fig. 3

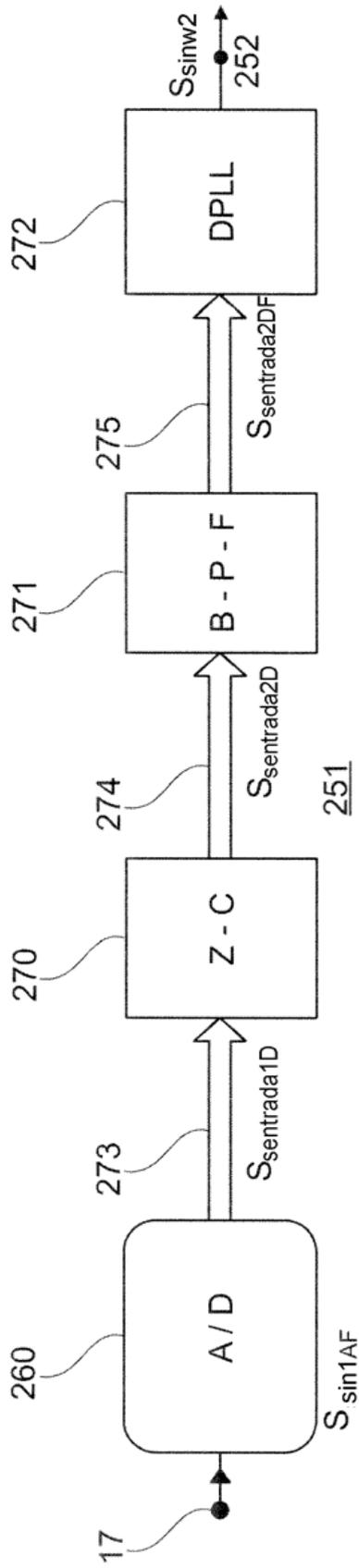


Fig. 4

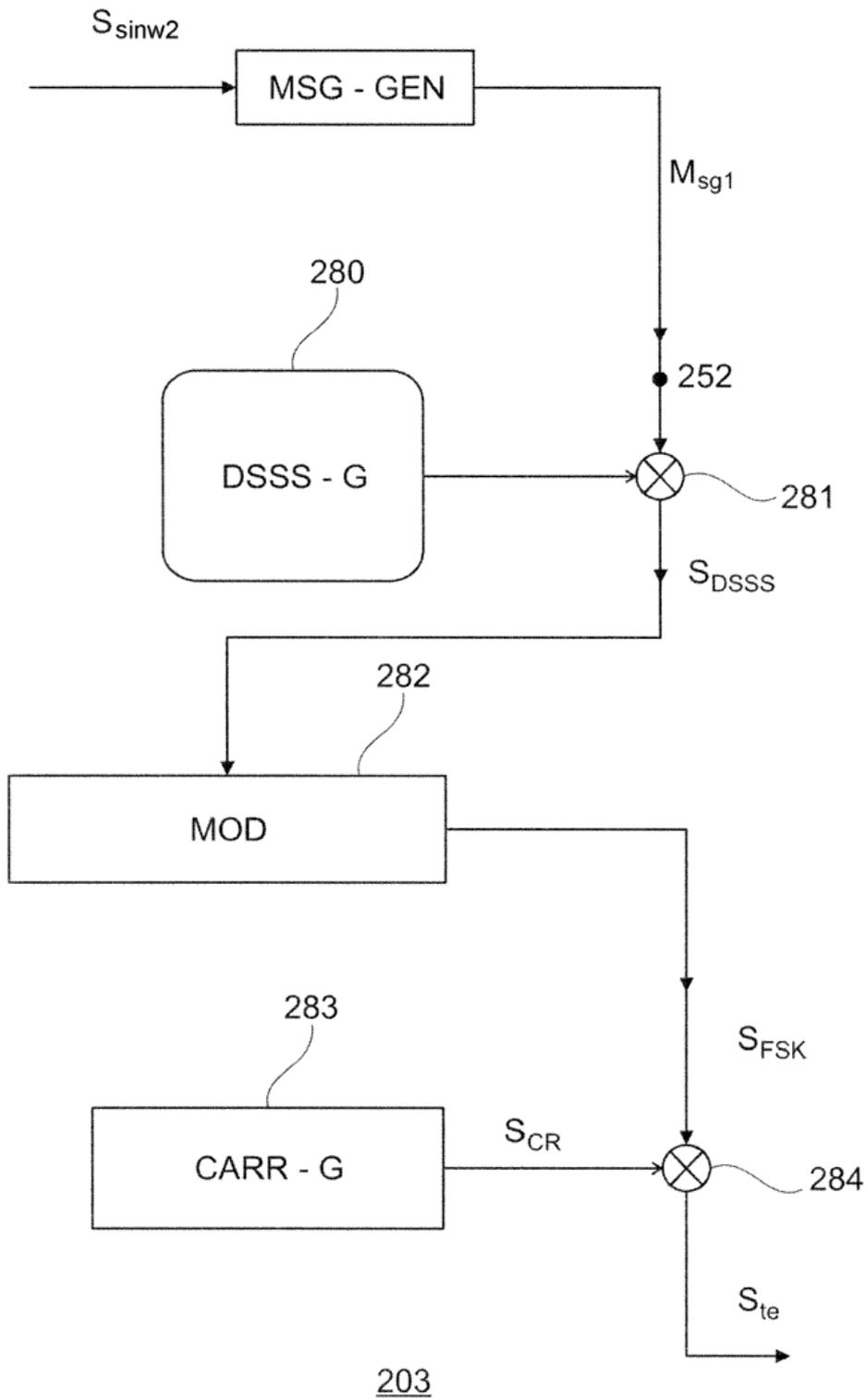


Fig. 5

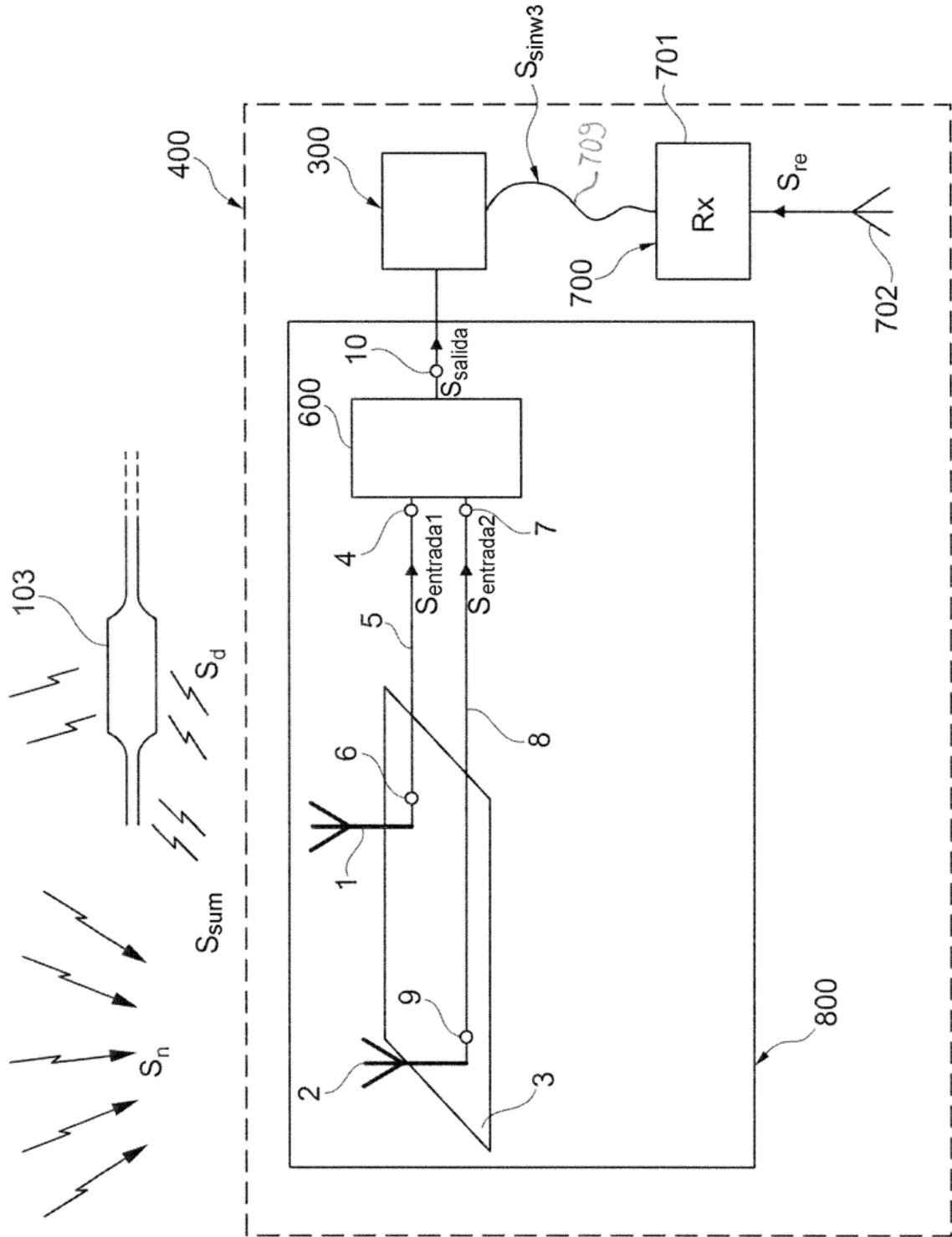
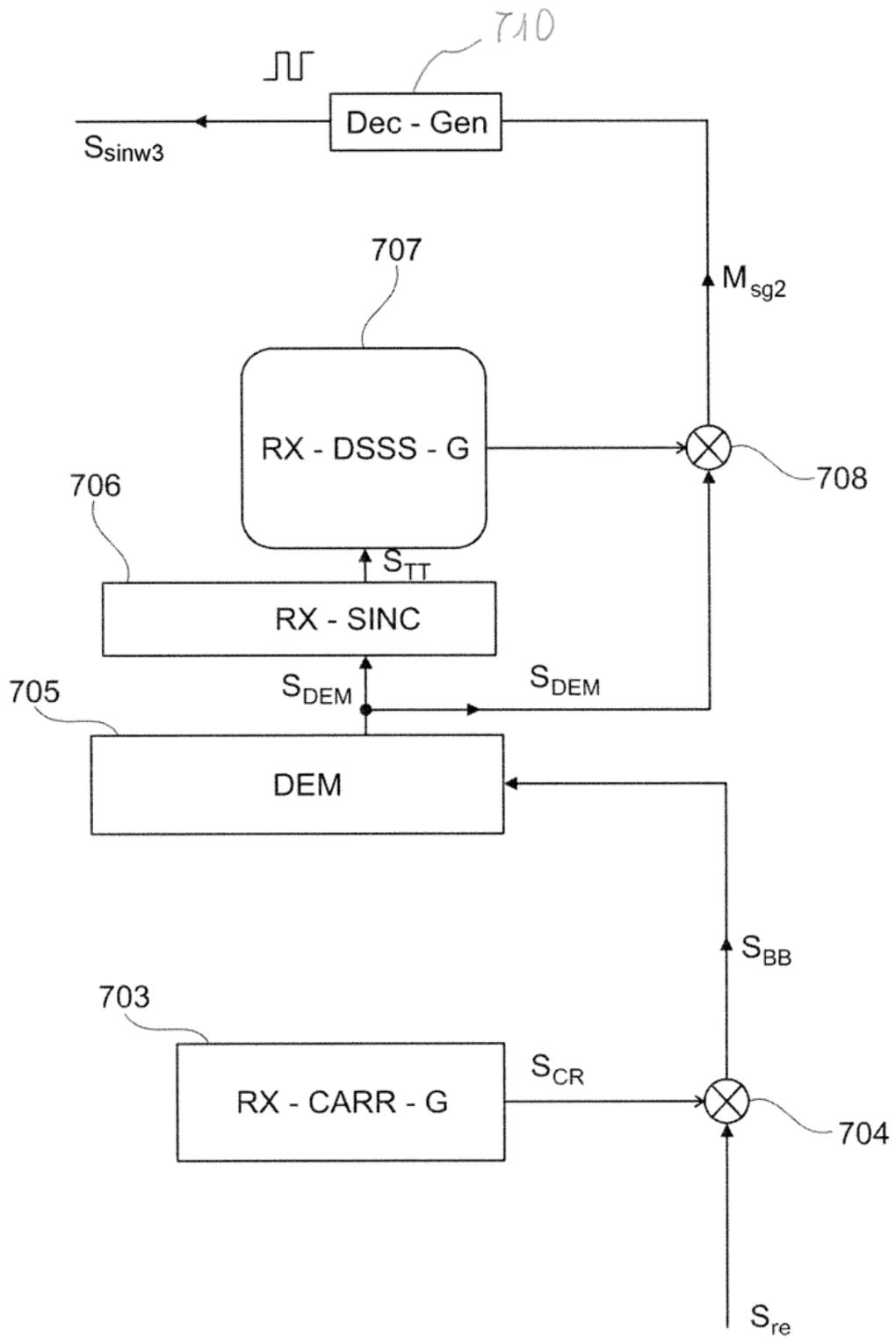


Fig. 6



700
Fig. 7

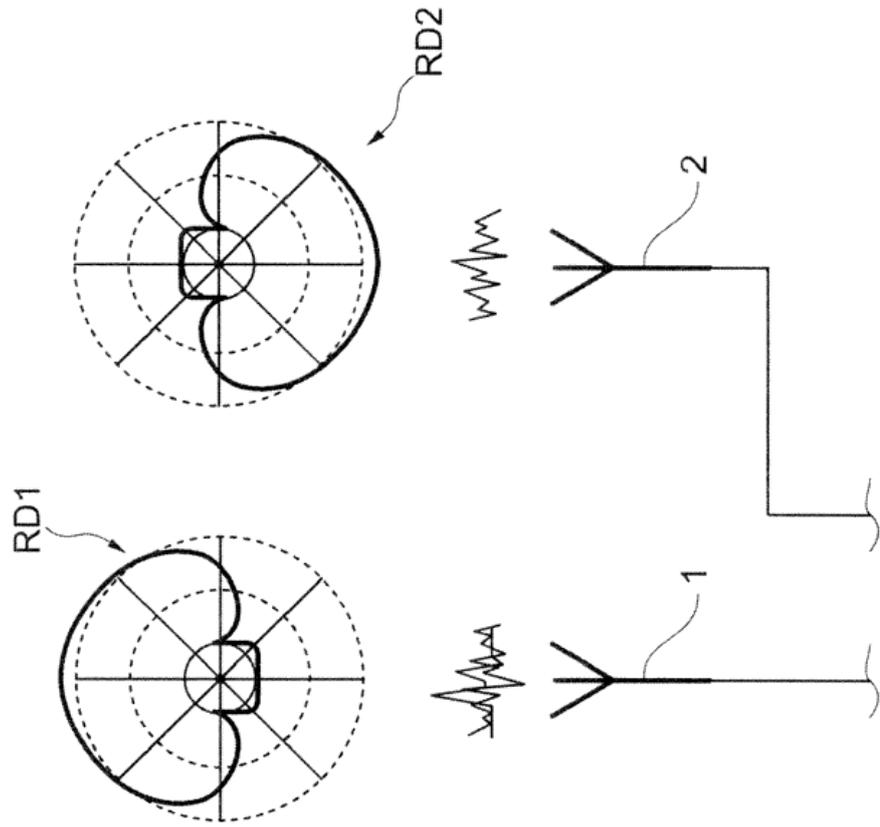


Fig. 8

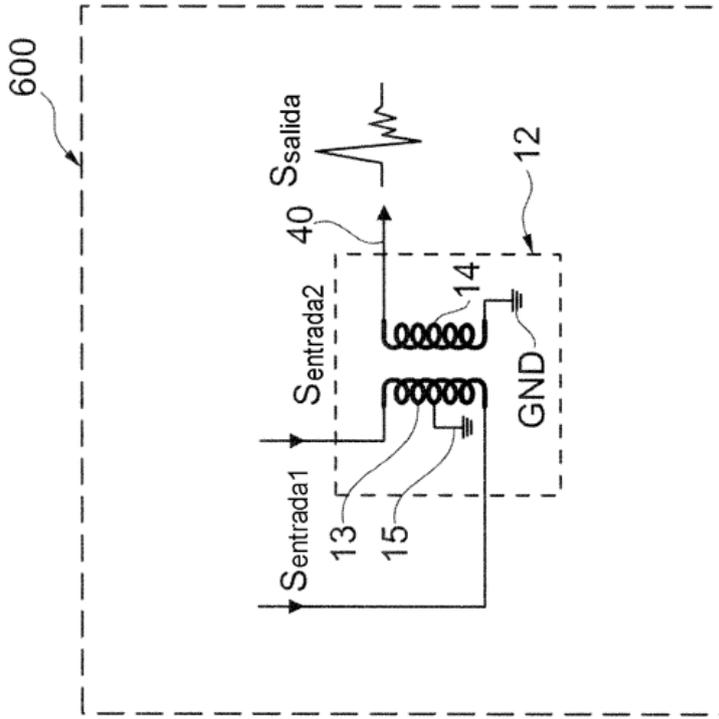


Fig. 10

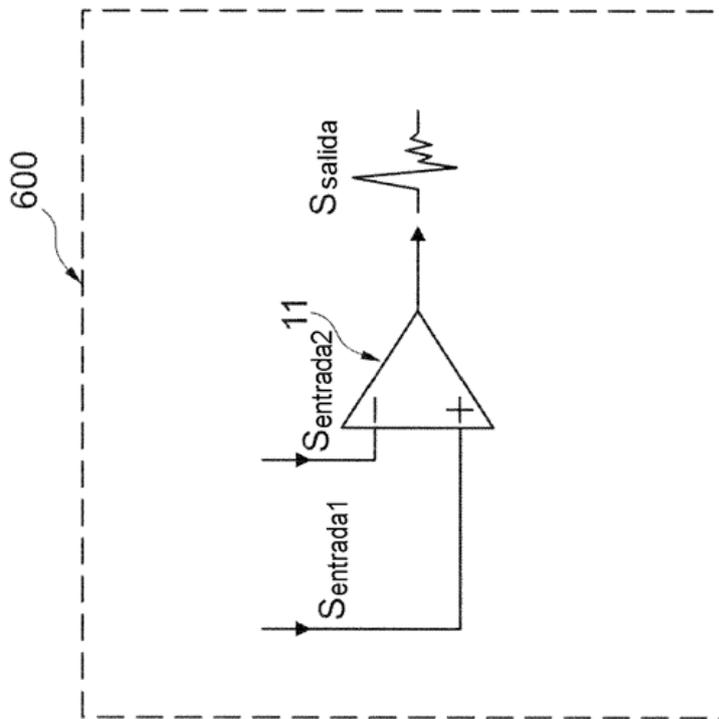


Fig. 9

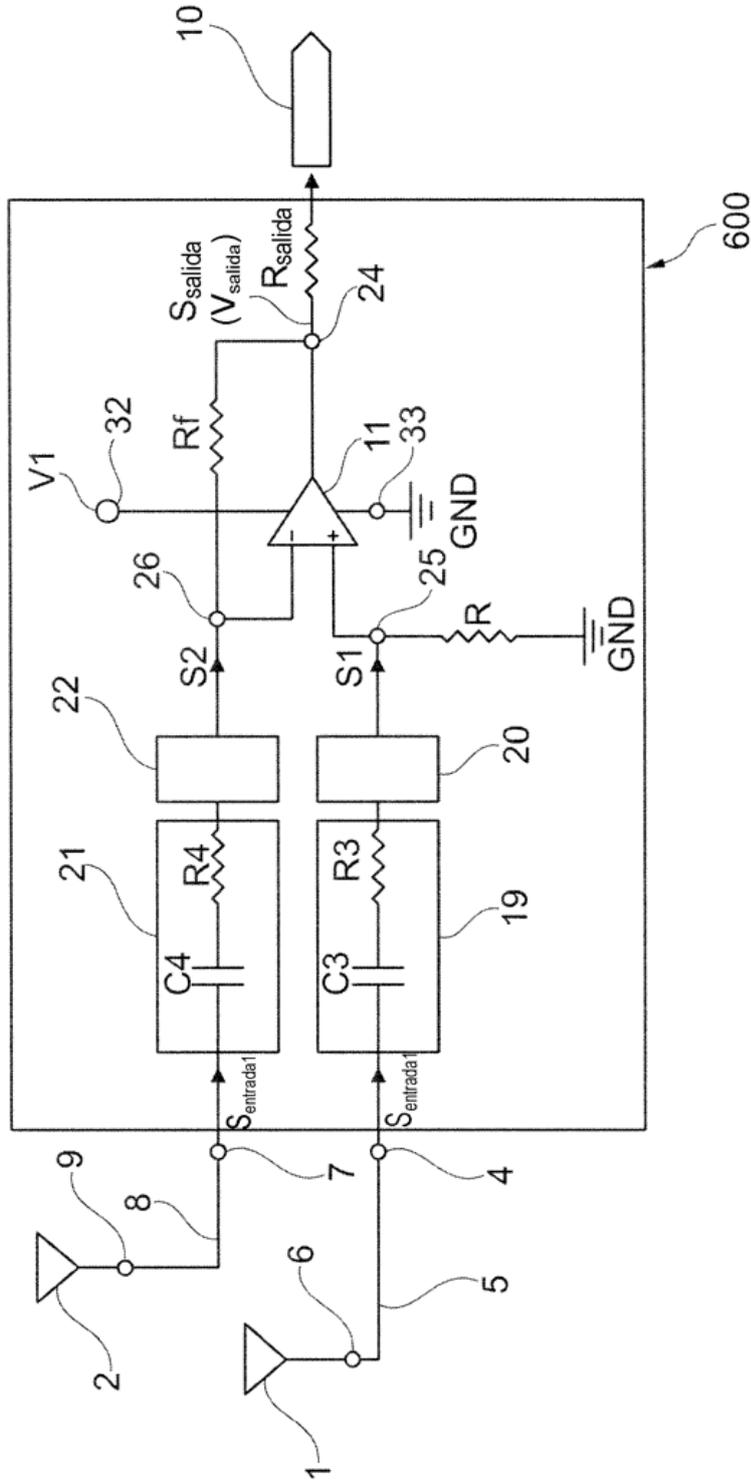


Fig. 11

800

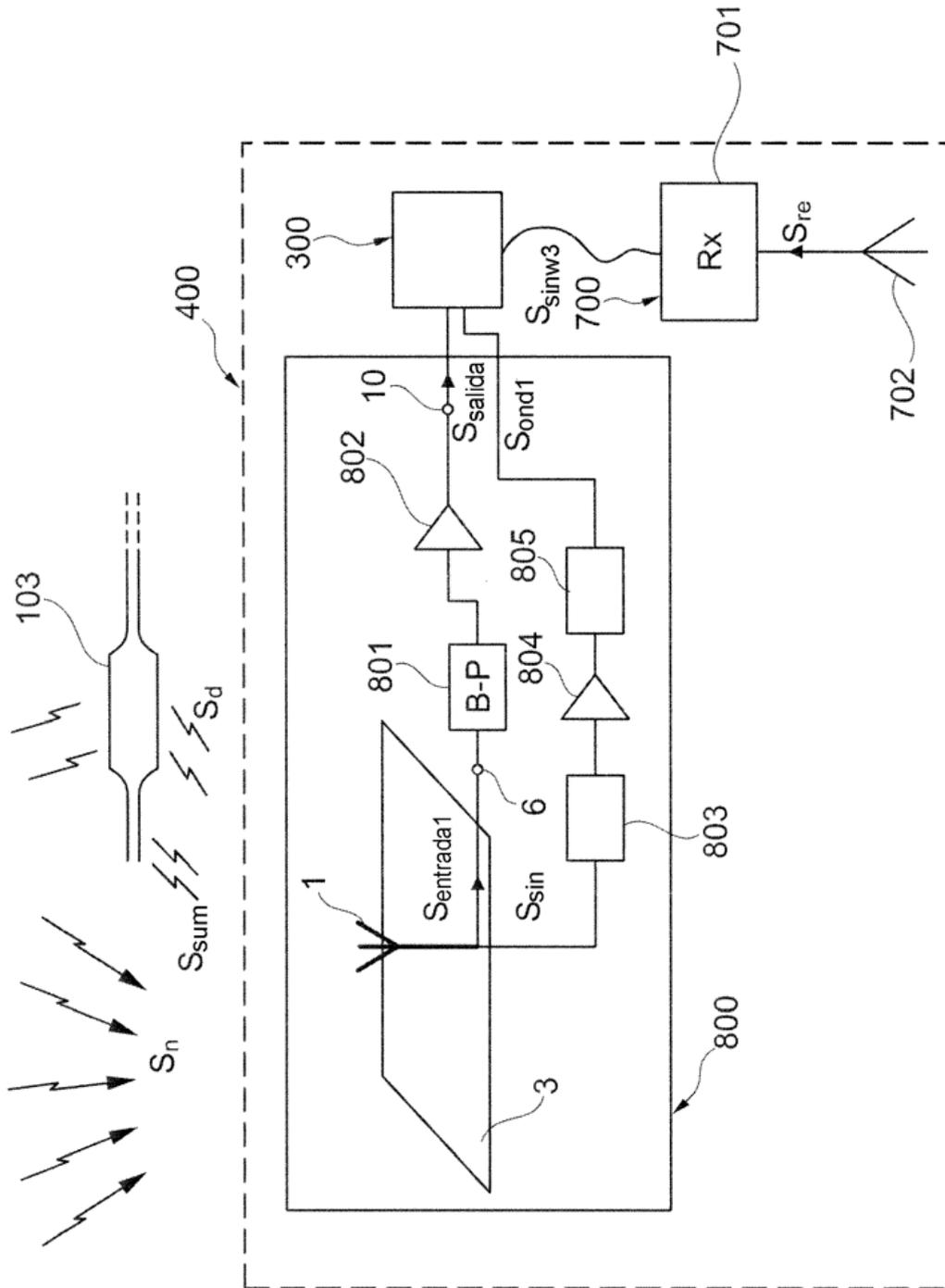


Fig. 12

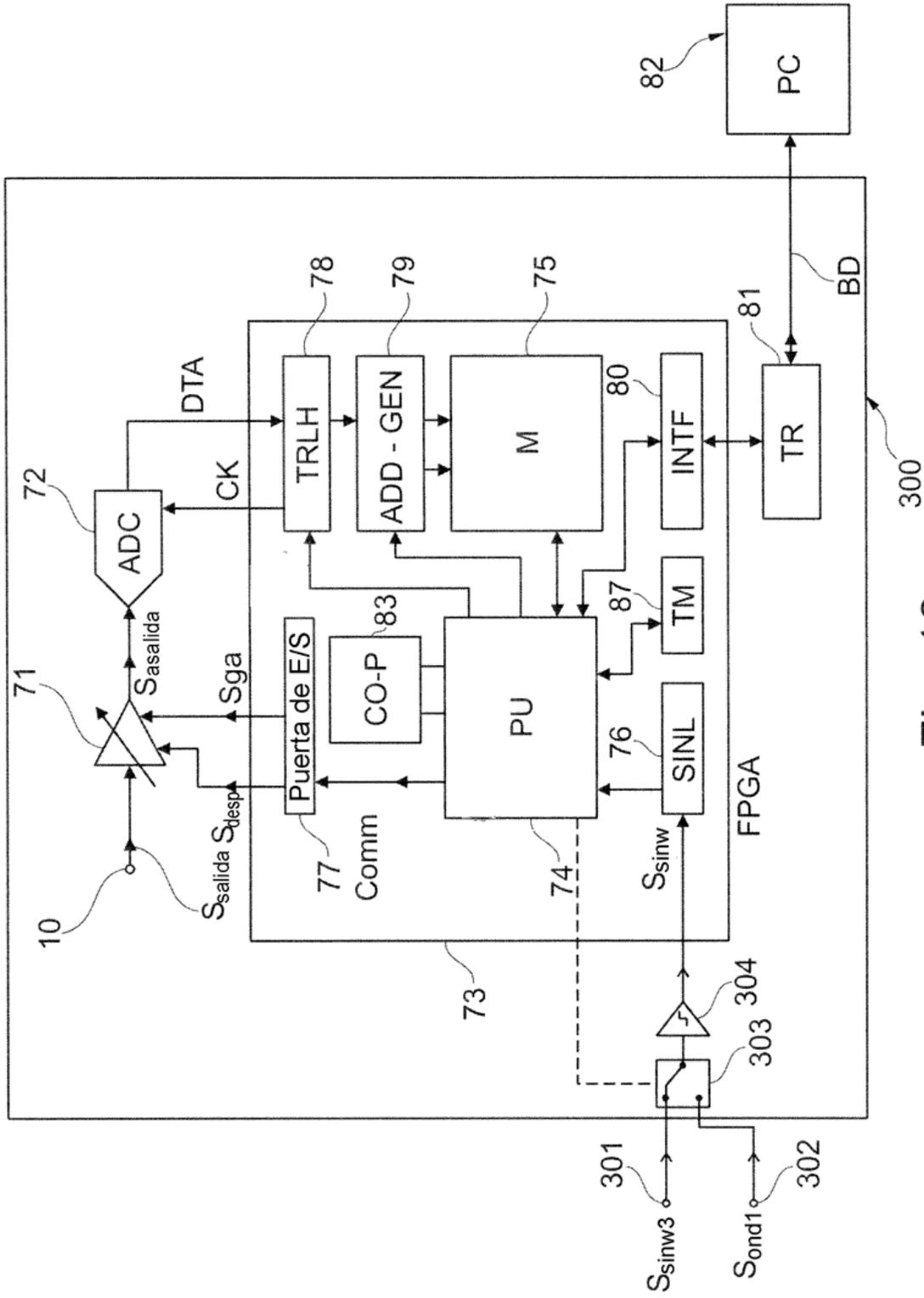


Fig. 13

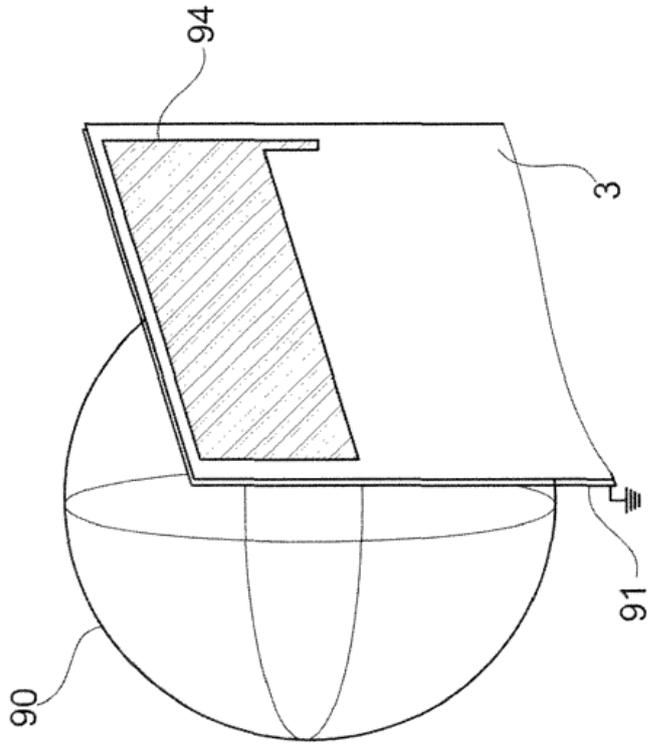


Fig. 14B

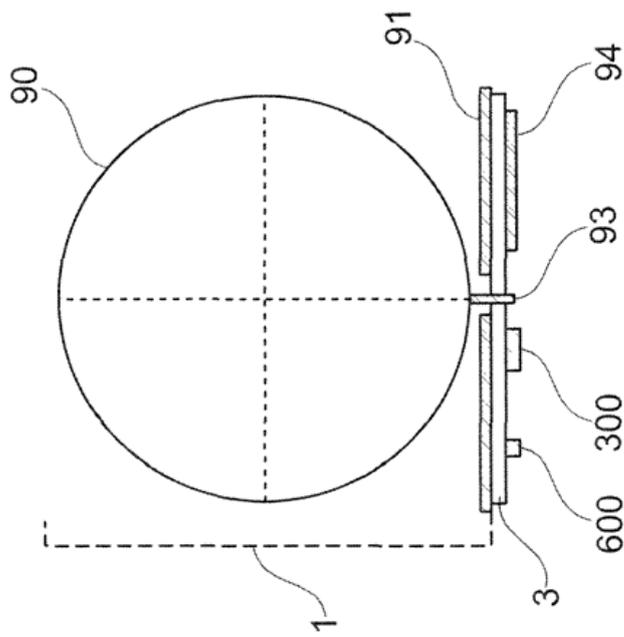


Fig. 14A

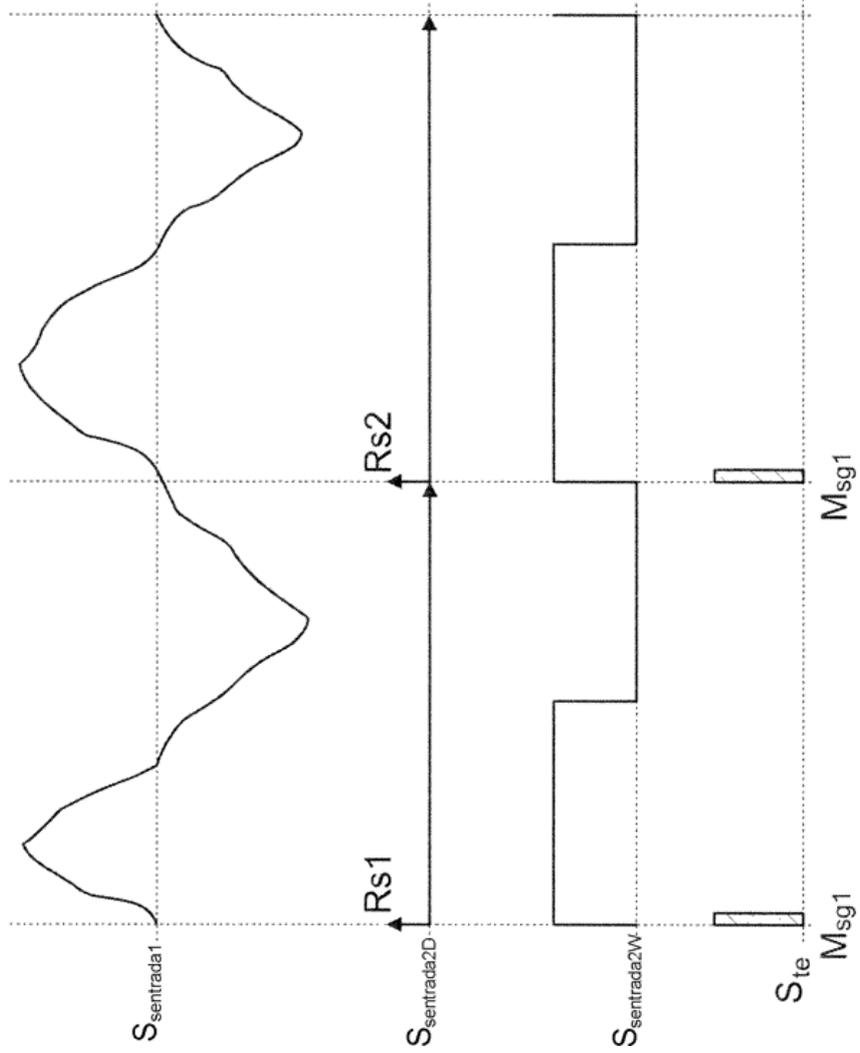


Fig. 15