

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 921 877**

51 Int. Cl.:

G01R 31/08 (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.02.2016 PCT/EP2016/053841**

87 Fecha y número de publicación internacional: **31.08.2017 WO17144091**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.02.2016 E 16706348 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.04.2022 EP 3420371**

54 Título: **Aparato de procesamiento y procedimiento para detectar pulsos de descarga parcial en presencia de señales de ruido**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
01.09.2022

73 Titular/es:
**PRYSMIAN S.P.A. (100.0%)
Via Chiese, 6
20126 Milan, IT**

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

74 Agente/Representante:
PONTI & PARTNERS, S.L.P.

ES 2 921 877 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

Aparato de procesamiento y procedimiento para detectar pulsos de descarga parcial en presencia de señales de ruido

5 ANTECEDENTES

Campo técnico

[0001] La presente invención se refiere a un aparato de procesamiento y procedimiento para reconocer descargas parciales en componentes y sistemas eléctricos, tales como: cables de media o alta tensión, empalmes de cables, aisladores de líneas aéreas, cajas de cuadros de distribución de media y alta tensión, cables de alta y extra alta tensión que utilizan GIS (aparamenta con aislamiento gaseoso) y otros aparatos eléctricos donde se pueden observar descargas parciales.

15 Descripción de la técnica relacionada

[0002] El término "descargas parciales" (DP) pretende indicar una recombinación no deseada de cargas eléctricas que se producen en el material dieléctrico (aislante) de componentes eléctricos, en presencia de defectos de diversos tipos, que conducen finalmente a la destrucción del dieléctrico. Aquí, se genera una corriente de pulsos en porciones del material dieléctrico y hace que se propague una señal electromagnética a través de los cables de energía y de tierra del sistema eléctrico pertinente, y que se irradie a través de los diversos medios circundantes (material dieléctrico, metales, aire, etc.).

[0003] Según el estado de la técnica, la medición de DP se lleva a cabo mediante el empleo de un sensor conectado o colocado cerca del componente bajo prueba para detectar señales de pulsos. Las señales de pulsos captadas por el sensor son adquiridas por un dispositivo electrónico que generalmente comprende una etapa de adquisición de datos digitales de alta velocidad y un módulo de almacenamiento de datos, y dispositivos de comunicación y procesamiento (análisis).

[0004] Una dificultad a la hora de realizar mediciones de DP es discriminar de manera fiable entre los pulsos de DP reales y el ruido externo que a menudo está compuesto por pulsos muy similares a la DP. Según un procedimiento, en los sistemas de corriente alterna (CA), los pulsos detectados se correlacionan con la fase de alimentación de tensión del componente bajo prueba: dado que las DP reales se originan principalmente en intervalos de fase específicos, es posible resaltarlas (el ruido, en cambio, tiende a estar igualmente disperso en cada ángulo de fase). Esta técnica conocida, denominada "Patrón de DP de Fase Resuelta" implica medir y adquirir el ángulo de fase de tensión (mediante el uso de un sensor dedicado) junto con la señal de DP. El procedimiento de patrón de DP de fase resuelta no se puede utilizar en sistemas de corriente continua (CC) donde la tensión es constante y no sinusoidal, por lo que no hay una referencia de fase que detectar.

[0005] Otros procedimientos empleados para discriminar la DP del ruido se basan en el análisis de las formas de onda de los pulsos, por medio de algoritmos de extracción de características y agrupamiento. Estos procedimientos implican la adquisición de un gran número de pulsos (muchos de los cuales son de ruido) con una tasa de muestreo muy alta, por lo que requieren hardware complejo y costoso.

[0006] El documento WO2013/185820 describe un dispositivo de adquisición y análisis de descarga parcial estructurado para detectar una señal de sincronización que representa el ángulo de fase de tensión de suministro y realizar la extracción de características de los pulsos adquiridos por un sensor. Las características del pulso extraídas según este documento de la técnica anterior son: valor pico y polaridad, fase, energía, duración y estimación aproximada de los parámetros de Weibull.

[0007] El documento EP2411823 describe un procedimiento para ubicar descargas parciales que se producen en un sitio de descarga en un aparato eléctrico con geometría alargada. Las descargas parciales son pulsos eléctricos correspondientes que se propagan en direcciones opuestas a lo largo del aparato desde el sitio de descarga. Además, el procedimiento comprende: seleccionar, para el par de subconjuntos correlacionados, al menos un par de pulsos homólogos detectados en diferentes sensores en el mismo intervalo de tiempo; y calcular la distancia entre el sitio de descarga y los sensores.

[0008] El documento JPH01184474 se refiere a una técnica para ubicar la posición donde se produce la descarga parcial sin que se vea afectada por un ruido externo. El procedimiento se basa en la detección de un pulso de campo eléctrico generado por la descarga parcial del cable a medir por sensores ópticos de campo eléctrico que están dispuestos en posiciones específicas y la ubicación de la posición de la descarga parcial según el nivel y la diferencia de tiempo de llegada de la señal que se propaga a lo largo de una fibra óptica conectada con los sensores ópticos. Usando una pluralidad de sensores colocados a lo largo de un cable, la posición de aparición de descarga parcial se encuentra a partir de la diferencia de tiempo de llegada entre un sensor óptico de campo eléctrico y otro sensor óptico de campo eléctrico.

Breve resumen de la invención

5 **[0009]** El solicitante observa que los procedimientos de adquisición de descarga parcial conocidos implementan técnicas complejas para discriminar los pulsos de descarga parcial del ruido externo y, particularmente, algunos de los procedimientos de la técnica anterior que pueden ser empleados para discriminar el ruido en sistemas eléctricos de CA no se pueden usar en sistemas eléctricos de CC.

10 **[0010]** El solicitante encontró que la discriminación de los pulsos de descarga parcial generados dentro de un objeto eléctrico monitorizado del ruido generado fuera del objeto eléctrico monitorizado puede basarse en la medición de un intervalo de tiempo comprendido entre eventos de detección producidos en dos detectores colocados en diferentes áreas del objeto eléctrico.

15 **[0011]** Según un primer aspecto, la presente invención se refiere a un aparato de procesamiento para detectar pulso de descarga parcial en presencia de señal de ruido que comprende:

un primer detector configurado para detectar una señal impulsiva electromagnética procedente de una primera área de un objeto eléctrico y generar un primer pulso eléctrico asociado con un primer evento de detección de la señal impulsiva electromagnética;

20 un segundo detector configurado para detectar la señal impulsiva electromagnética de una segunda área del objeto eléctrico y generar un segundo pulso eléctrico asociado con un segundo evento de detección de la señal impulsiva electromagnética;

un módulo de cálculo de tiempo configurado para medir un intervalo de tiempo comprendido entre el primer evento de detección y el segundo evento de detección;

25 un módulo de procesamiento conectado al módulo de cálculo de tiempo configurado para:

comparar el intervalo de tiempo medido con un valor umbral de tiempo;
asociar la señal impulsiva electromagnética a pulsos de descarga parcial generados dentro del objeto eléctrico entre la primera y la segunda área, si el intervalo de tiempo medido es inferior al valor umbral de tiempo; y
30 asociar la señal impulsiva electromagnética a una señal de ruido generada fuera del objeto eléctrico, si el intervalo de tiempo medido es igual o superior a dicho valor umbral de tiempo.

35 **[0012]** Con el término "área" se entiende una zona o un punto en el objeto eléctrico o cerca del objeto eléctrico desde el cual se pueden detectar desde el exterior señales electromagnéticas que se propagan dentro del objeto eléctrico.

[0013] Según una realización, el aparato de procesamiento comprende además

40 un primer dispositivo de conversión configurado para recibir el primer pulso eléctrico y generar una primera señal de tiempo en un primer tiempo de detección;
un segundo dispositivo de conversión configurado para recibir el segundo pulso eléctrico y generar una segunda señal de tiempo en un segundo tiempo de detección;

45 y el módulo de cálculo de tiempo está configurado para medir el intervalo de tiempo comprendido entre el primer y el segundo tiempo de detección.

[0014] Preferentemente, dicho primer dispositivo de conversión incluye un primer comparador de tensión estructurado para comparar el primer pulso eléctrico con un umbral de tensión y generar la primera señal de tiempo suponiendo:

- 50
- un primer nivel lógico si la tensión del primer pulso eléctrico es superior al umbral de tensión, y
 - un segundo nivel lógico si la tensión del primer pulso eléctrico es igual o inferior al umbral de tensión.

55 **[0015]** Preferentemente, el segundo dispositivo de conversión incluye un segundo comparador de tensión estructurado para comparar el segundo pulso eléctrico con el umbral de tensión, y generar la segunda señal de tiempo suponiendo:

- 60
- el primer nivel lógico si la tensión del segundo pulso eléctrico es superior al umbral de tensión, y
 - el segundo nivel lógico si la tensión del segundo pulso eléctrico es igual o inferior al umbral de tensión.

[0016] Particularmente, dichos primer y segundo comparadores de tensión son comparadores rápidos.

65 **[0017]** Preferentemente, cada uno de dichos primer y segundo detector incluye uno de los siguientes dispositivos sensores: Transformador de corriente de alta frecuencia, acoplador capacitivo, sensor de antena, sensor electromagnético. Particularmente, cada uno de dichos primer y segundo detector es un sensor electromagnético

activo que tiene una respuesta de frecuencia de 5 MHz a 20 MHz.

[0018] Ventajosamente, el módulo de procesamiento está configurado para contar un número de una pluralidad de señales impulsivas electromagnéticas que tienen un intervalo de tiempo medido correspondiente inferior al valor umbral de tiempo y comparar dicho número con un valor de referencia.

[0019] Preferentemente, el módulo de cálculo de tiempo comprende un circuito convertidor de tiempo a digital y está configurado para generar dicho intervalo de tiempo bajo la forma de un valor digital. Particularmente, el circuito convertidor de tiempo a digital está configurado para:

- 10 iniciar el cálculo del intervalo de tiempo cuando la primera señal de tiempo es recibida por el circuito convertidor de tiempo a digital;
- detener el cálculo del intervalo de tiempo cuando la segunda señal de tiempo es recibida por el circuito convertidor de tiempo a digital.

[0020] Según una realización, el circuito convertidor de tiempo a digital comprende un primer puerto de entrada para recibir dicha primera señal de tiempo y un segundo puerto de entrada para recibir dicha segunda señal de tiempo. Ventajosamente, el circuito convertidor de tiempo a digital muestra una resolución de tiempo comprendida entre 0,01 ns y 10 ns.

[0021] El aparato de procesamiento comprende además un módulo de almacenamiento conectado al módulo de procesamiento y configurado para almacenar un valor digital de detección que representa que se han detectado pulsos de descarga parcial cuando el intervalo de tiempo medido es inferior al valor umbral.

[0022] Según un segundo aspecto, la presente invención se refiere a un procedimiento de procesamiento para detectar un pulso de descarga parcial en presencia de una señal de ruido, comprendiendo el procedimiento las etapas de:

- proporcionar un objeto eléctrico que va ser monitorizado,
- 30 - detectar una señal impulsiva electromagnética procedente de una primera área del objeto eléctrico y generar un primer pulso eléctrico correspondiente que representa un primer evento de detección de la señal impulsiva electromagnética;
- detectar la señal impulsiva electromagnética procedente de una segunda área del objeto eléctrico y generar un segundo pulso eléctrico que representa un segundo evento de detección de la señal impulsiva electromagnética;
- 35 - medir un intervalo de tiempo comprendido entre el primer evento de detección y el segundo evento de detección;
- comparar el intervalo de tiempo medido con un valor umbral;
- asociar la señal impulsiva electromagnética a pulsos de descarga parcial generados en el objeto eléctrico entre la primera y la segunda área si el intervalo de tiempo medido es inferior al valor umbral; y
- 40 - asociar la señal impulsiva electromagnética a una señal de ruido si el intervalo de tiempo medido es igual o superior al valor umbral.

[0023] Ventajosamente, el procedimiento de procesamiento de descarga parcial comprende además:

- convertir el primer pulso eléctrico en una primera señal de tiempo que representa un primer tiempo de detección;
- 45 - convertir el segundo pulso eléctrico en una segunda señal de tiempo que representa un segundo tiempo de detección; y donde la etapa de medición del intervalo de tiempo comprende: evaluar un intervalo comprendido entre el primer y el segundo tiempo de detección.

[0024] Preferentemente, el objeto eléctrico que ha de ser monitorizado comprende un objeto eléctrico que funciona con corriente continua.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0025] Características y ventajas adicionales resultarán más evidentes a partir de la siguiente descripción de realizaciones preferidas ofrecida a título de ejemplo con referencia a los dibujos adjuntos en los que:

- la FIG. 1 muestra una realización de un aparato de detección de descarga parcial que puede ser empleado para monitorizar un objeto eléctrico;
- la FIG. 2 muestra un ejemplo de módulo de procesamiento de señal que puede ser empleado por dicho sistema de adquisición de descarga parcial;
- 60 la FIG. 3 y la FIG. 4 se refieren a ejemplos de un procedimiento para discriminar el ruido externo de descargas parciales que puede ser implementado con dicho aparato de detección de descarga parcial;
- la FIG. 5 muestra esquemáticamente un diagrama de flujo de un procedimiento particular de detección de descarga parcial y de generación de alarma;
- 65 la FIG. 6 muestra varios niveles posibles entre los cuales se puede seleccionar un umbral de tensión;

la FIG. 7 muestra como un ejemplo la distribución de los pulsos detectados entre diferentes tipologías de pulsos.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

5 **[0026]** La Figura 1 muestra un objeto eléctrico 1 y un aparato de detección de descarga parcial 2 que comprende un primer detector 3, un segundo detector 4 y un módulo de procesamiento de señal 5. El objeto eléctrico 1 puede ser un componente, dispositivo, aparato o sistema que pueda producir pulsos electromagnéticos de descarga parcial y es, como ejemplo: un cable de media o alta tensión, un empalme de cables, un aislador de línea aérea, una
10 caja de cuadro de distribución de media o alta tensión, un cable de alta y extraalta tensión que usa GIS (aparamenta con aislamiento gaseoso), un motor eléctrico, un generador eléctrico o un transformador de media o alta tensión o similares. El objeto eléctrico 1 puede ser un objeto eléctrico de CA o CC. De acuerdo con el ejemplo particular mostrado en la FIG. 1, el objeto eléctrico 1 es un empalme de cables 6 que une un primer cable 7 con un segundo cable 8. El primer y el segundo cable 7, 8 pueden ser, como ejemplo, cables HVAC (corriente alterna de alta tensión).

15 **[0027]** El aparato de detección de descarga parcial 2 está estructurado para monitorizar el estado del empalme de cables 6 detectando pulsos de descarga parcial y discriminándolos de los pulsos eléctricos debidos al ruido externo. El ruido externo puede ser cualquier señal, ya sea debida o no a fenómenos de descarga parcial, generada en el entorno externo al objeto eléctrico 1 o generada dentro del objeto eléctrico 1 pero fuera de una sección de medición que incluye el empalme de cables monitorizado 6.

20 **[0028]** El primer detector 3 y el segundo detector 4 están configurados para detectar pulsos electromagnéticos y generar señales eléctricas correspondientes que se proporcionarán al módulo de procesamiento de señal 5. Cada uno del primer detector 3 y el segundo detector 4 puede ser o puede incluir un sensor correspondiente configurado para convertir pulsos electromagnéticos en pulsos eléctricos. El primer y el segundo detector 3 y 4 pueden ser sensores
25 pasivos o, preferentemente, sensores activos, por ejemplo, sensores provistos de un amplificador electrónico local activo.

[0029] En particular, el primer detector 3 y/o el segundo detector 4 pueden ser uno de los siguientes dispositivos sensores: Transformador de corriente de alta frecuencia, acoplador capacitivo, sensor de antena, sensor
30 electromagnético. El primer detector 3 y el segundo detector 4 mostrados en la FIG. 1 son, como ejemplo, sensores electromagnéticos activos.

[0030] Como ejemplo, el primer detector 3 y el segundo detector 4 muestran un ancho de banda B respectivo comprendido entre 1 MHz y 100 MHz. Preferentemente, el ancho de banda B está comprendido entre 5 MHz y 25
35 MHz. De acuerdo con una realización particular, el primer detector 3 y el segundo detector 4 se pueden implementar mediante un sensor de campo eléctrico como se describe en la solicitud de patente PCT/EP2014/060141. Este sensor de campo eléctrico comprende un primer electrodo conductor y un segundo electrodo conductor (no mostrados). Los electrodos están formados, a modo de ejemplo, por láminas conductoras respectivas, tales como láminas metálicas que tienen, como ejemplo, un grosor inferior a 0,05 mm, preferentemente comprendido entre 0,01 mm y 0,05 mm.
40 Según un ejemplo, tanto el primer como el segundo electrodo del sensor de campo eléctrico tienen formas rectangulares o cuadrangulares planas.

[0031] Como se muestra en la FIG. 1, el primer detector 3 y el segundo detector 4 están colocados de tal manera que detectan señales impulsivas electromagnéticas procedentes de áreas distintas del objeto eléctrico 1.
45 Particularmente, el primer detector 3 está colocado en contacto o cerca de una primera área 9 de una sección del primer cable 7 que entra en el empalme de cables 6 y el segundo detector 4 está colocado en contacto o cerca de una segunda área 10 de una sección del segundo cable 8 que sale del empalme de cables 6: con esta disposición el empalme de cables 6 está comprendido entre la primera área 9 y la segunda área 10 y el primer detector 3 y el segundo detector 4 están cerca del empalme de cables 6. En este ejemplo, la primera área 9 y la segunda área 10 corresponden
50 a puertos del componente eléctrico que ha de ser monitorizado, es decir, un puerto de entrada y un puerto de salida del empalme de cables 6.

[0032] Como ejemplo, si el objeto eléctrico 1 es una terminación de cable, la primera área 9 puede ser un puerto de entrada donde el cable entra en la terminación y la segunda área 10 puede ser una conexión a tierra o una barra
55 colectora. De acuerdo con otra realización, si el objeto eléctrico 1 es una máquina trifásica (un transformador, un motor o generador), una de las entradas (o salidas) trifásicas y la conexión a tierra se puede usar como primera área 9 y segunda área 10. También las aparamentas con aislamiento gaseoso muestran varios puertos que se usarán como primera y segunda áreas 9 y 10 para disponer el primer detector 3 y el segundo detector 4. Se observa que en algunos casos se pueden usar más de dos detectores. Como ejemplo, para monitorizar máquinas trifásicas, se puede emplear
60 un detector por fase para monitorizar cada fase por separado.

[0033] El primer detector 3 está conectado a una primera entrada 11 del módulo de procesamiento de señal 5 mediante un primer cable de señal 12 y el segundo detector 4 está conectado a una segunda entrada 13 del módulo de procesamiento de señal 5 mediante un segundo cable de señal 14. Preferentemente, el primer cable de señal 12 y
65 el segundo cable de señal 14 son de la misma longitud que está comprendida en el intervalo de 1 m a 50 m,

particularmente 1 m a 10 m, pero en casos especiales los cables de señal pueden tener una longitud de hasta 1 km (por ejemplo, para monitorizar segmentos y empalmes de cables submarinos).

[0034] El módulo de procesamiento de señal 5 está estructurado para recibir señales eléctricas del primer detector 3 y el segundo detector 4 y procesarlas para asociar las señales detectadas a pulsos de descarga parcial generados dentro del empalme de cables 6 entre la primera y la segunda área 9 y 10 o a una señal de ruido generada fuera de la primera y la segunda área 9 y 10.

[0035] El aparato de detección de descarga parcial 2 puede incluir un módulo de suministro de energía configurado para proporcionar energía eléctrica al módulo de procesamiento de señal 5. El módulo de suministro de energía puede incluir una batería, un adaptador de energía conectado a una red de baja tensión o preferentemente un recolector de energía magnética 15, como se muestra en la FIG. 1. El recolector de energía magnética 15 es una bobina magnética (que funciona como un transformador de corriente) que extrae energía eléctrica del primer cable 7 y la transmite al módulo de procesamiento de señal 5 a través de un cable de suministro 16. De acuerdo con una realización, el recolector de energía magnética 15 y el módulo de procesamiento de señal 5 pueden integrarse juntos para formar un único dispositivo para ser instalado permanentemente o incluso integrado en el objeto eléctrico 1: como ejemplo, esta solución es preferible para la monitorización de empalmes de cables de AT y MT.

[0036] De acuerdo con una realización preferida, el recolector de energía magnética 15 es un transformador de corriente y comprende un toroide de material ferromagnético sujeto en el primer cable 7 o en el segundo cable 8. El toroide tiene aproximadamente 100 bobinas y es capaz de generar una tensión de 3 V a 20 V cuando en el objeto eléctrico 1 circula una corriente de aproximadamente 50 A a 1000 A. La tensión generada es rectificadora y regulada por un circuito de suministro de energía específico (no mostrado). Como ejemplo, el consumo de energía del módulo de procesamiento de señal 5 es inferior a 100 mW de promedio, siendo la mayor parte para la interfaz de comunicación (que tiene picos de 2 W cuando está activa).

[0037] La FIG. 2 muestra una realización particular del módulo de procesamiento de señal 5 que comprende un módulo de cálculo de tiempo 17 y un módulo de control y procesamiento 18. El módulo de cálculo de tiempo 17 está configurado para medir, a partir de pulsos eléctricos detectados por el primer y el segundo detector 3 y 4, en el primer y el segundo evento de detección respectivos, un intervalo de tiempo T_D comprendido entre el primer y el segundo evento de detección. El módulo de control y procesamiento 18 está configurado para comparar el intervalo de tiempo medido T_D con al menos un valor umbral de tiempo TH_t para asociar los pulsos eléctricos detectados a pulsos de descarga parcial o a ruido. Los niveles posibles entre los cuales se establece el valor umbral de tiempo TH_t se describen en detalle en la siguiente descripción con referencia al ejemplo que se muestra en la figura 6.

[0038] En particular, el módulo de cálculo de tiempo 17 está provisto de una tercera entrada 19 conectada al primer cable de señal 12 y una cuarta entrada 20 conectada al segundo cable de señal 14. El módulo de cálculo de tiempo 17 incluye un circuito convertidor de tiempo a digital (TDC), que está estructurado para medir el intervalo de tiempo comprendido entre un tiempo de llegada de una señal eléctrica recibida en la tercera entrada 19 (o la cuarta entrada 20) y otro tiempo de llegada de otra señal eléctrica recibida en la cuarta entrada 20 (o tercera entrada 19). Como ejemplo, el circuito TDC 17 está configurado para medir el intervalo de tiempo realizando un conteo de tiempo activado por una señal inicial recibida en una de sus entradas y detenido por la señal recibida posterior. El módulo de cálculo de tiempo 17 se puede implementar mediante un circuito integrado TDC disponible comercialmente o en una FPGA (matriz de puertas programable *in situ*). El circuito TDC 17 está configurado para proporcionar en una primera salida 21 una señal de salida que representa el intervalo de tiempo medido T_D bajo la forma de un valor digital.

[0039] Preferentemente, el circuito TDC empleado 17 muestra una resolución comprendida entre 0,01 ns y 10 ns, más preferentemente la resolución está comprendida entre 0,01 ns y 1 ns; aún más preferentemente, la resolución se encuentra en el intervalo de 0,01 ns - 0,5 ns. De acuerdo con un ejemplo, el circuito TDC 17 muestra un intervalo de conteo máximo de 5 μ s sin tiempo muerto y una resolución de conteo de aproximadamente 16 bits. Para aplicaciones específicas, donde se espera un intervalo máximo inferior a 100 ns (por ejemplo, para componentes eléctricos muy cortos que han de ser monitorizados), se puede emplear una resolución de conteo también inferior a 8 bits.

[0040] El módulo de control y procesamiento 18 está configurado para recibir la señal que representa el intervalo de tiempo medido T_D y compararlo con el umbral de tiempo TH_t para determinar si se han detectado descargas parciales o ruido. El umbral de tiempo TH_t corresponde a un tiempo de propagación empleado por un pulso eléctrico generado en la primera área 9 y que se propaga a lo largo del empalme de cables 6 para alcanzar la segunda área 10 (o viceversa). El valor del umbral de tiempo TH_t se puede evaluar teóricamente o se puede medir experimentalmente empleando el primer y el segundo detector 3 y 4.

[0041] Según los resultados de la etapa de comparación, el módulo de control y procesamiento 18 está configurado para asociar una señal impulsiva electromagnética detectada a pulsos de descarga parcial generados dentro del empalme de cables 6, entre la primera y la segunda área 9 y 10, si el intervalo de tiempo medido T_D es inferior al umbral de tiempo TH_t . Por el contrario, si el intervalo de tiempo medido T_D es igual/superior a dicho umbral

de tiempo TH_t , el módulo de control y procesamiento 18 asocia la señal impulsiva electromagnética detectada a una señal de ruido generada fuera del empalme de cables 6.

[0042] Además, el módulo de control y procesamiento 18 está configurado para generar señales de control S_{CNT} que se transmitirán al módulo de cálculo de tiempo 17. Como ejemplo, las señales de control S_{CNT} pueden incluir señales de interrogación con las que el módulo de control y procesamiento 18 activa una medición de tiempo que se realizará mediante el módulo de cálculo de tiempo 17. Como ejemplo, el módulo de control y procesamiento 18 está configurado para requerir datos medidos del módulo de cálculo de tiempo 17 al final de las ventanas de medición de 10 μs . El módulo de control y procesamiento 18 puede incluir una unidad de control y procesamiento (CPU) y está provisto de un módulo de memoria (no mostrado) para almacenar valores digitales que representan los resultados de la etapa de comparación con el umbral de tiempo TH_t . Como ejemplo, el módulo de control y procesamiento 18 se implementa por medio de un microcontrolador.

[0043] De acuerdo con el ejemplo mostrado en la FIG. 2, el módulo de procesamiento de señal 5 comprende además un primer módulo de conversión 22 y un segundo módulo de conversión 23. El primer módulo de conversión 22 está estructurado para generar a partir de un primer pulso eléctrico P_1 proporcionado por el primer detector 3 una primera señal de tiempo S_{1t} que se enviará al módulo de cálculo de tiempo 17 para indicar que se produce un primer evento de detección en el primer detector 3. El segundo módulo de conversión 23 está estructurado para generar a partir de un segundo pulso eléctrico P_2 proporcionado por el segundo detector 4 una segunda señal de tiempo S_{2t} que se enviará al módulo de cálculo de tiempo 17 para indicar que se produce un segundo evento de detección en el segundo detector 4.

[0044] Particularmente, el primer módulo de conversión 22 incluye un primer comparador de tensión C_{V1} y el segundo módulo de conversión 23 incluye un segundo comparador de tensión C_{V2} para realizar la comparación con un umbral de tensión TH_v . De acuerdo con una realización particular, el primer módulo de conversión 22 comprende además un primer amplificador de tensión $A1$ estructurado para amplificar el primer pulso eléctrico P_1 y proporcionar un primer pulso eléctrico amplificado P_{A1} al primer comparador de tensión C_{V1} . El primer comparador de tensión C_{V1} está configurado para comparar el primer pulso eléctrico amplificado P_{A1} con el umbral de tensión TH_v y proporcionar la primera señal de tiempo S_{1t} que representa un primer nivel lógico (por ejemplo, el bit 1) si la tensión del primer pulso eléctrico amplificado P_{A1} es superior al umbral de tensión TH_v , o un segundo nivel lógico (es decir, el bit 0) si la tensión del primer pulso eléctrico amplificado P_{A1} es igual/inferior al umbral de tensión TH_v . El primer comparador de tensión C_{V1} y el segundo comparador de tensión C_{V2} se pueden realizar, preferentemente, mediante comparadores rápidos correspondientes. Normalmente, un comparador rápido es un comparador de tensión que tiene tiempos de propagación inferiores a, preferentemente, 5 ns e tiempos de salida inferiores a, preferentemente, 1 ns.

[0045] El segundo módulo de conversión 23 comprende además un segundo amplificador de tensión $A2$ estructurado para amplificar el segundo pulso eléctrico P_2 y proporcionar un segundo pulso eléctrico amplificado P_{A2} al segundo comparador de tensión C_{V2} . El segundo comparador de tensión C_{V2} está configurado para comparar el segundo pulso eléctrico amplificado P_{A2} con el umbral de tensión TH_v y proporcionar la segunda señal de tiempo S_{2t} que representa el segundo nivel lógico (por ejemplo, el bit 1) si la tensión del segundo pulso eléctrico amplificado P_{A2} es superior al umbral de tensión TH_v , o el segundo nivel lógico (es decir, el bit 0) si la tensión del segundo pulso eléctrico amplificado P_{A2} es igual/inferior al umbral de tensión TH_v .

[0046] Según ejemplos adicionales, el primer y el segundo módulo de conversión 22 y 23 pueden estar incluidos respectivamente en el primer detector 3 y el segundo detector 4 o pueden estar incluidos ambos en el módulo de procesamiento de señal 5. Según el ejemplo descrito, el primer y el segundo módulo de conversión 22 y 23 tienen la función de convertir los pulsos eléctricos que provienen del primer y el segundo detector 3 y 4 en señales binarias adecuadas para activar y detener el cálculo de tiempo realizado por el módulo de cálculo de tiempo 17. Además, el primer y el segundo comparador de tensión C_{V1} y C_{V2} permiten rechazar pulsos eléctricos que tienen baja amplitud y, por lo tanto, más probablemente debido al ruido externo, mostrando así también una función de filtrado.

[0047] El módulo de control y procesamiento 18 está configurado para generar una primera señal de regulación S_{R1} y una segunda señal de regulación S_{R2} que se proporcionarán al primer comparador de tensión C_{V1} y al segundo comparador C_{V2} para establecer el umbral de tensión TH_v . Particularmente, la primera y la segunda señal de regulación S_{R1} y S_{R2} se pueden alimentar a terminales negativos respectivos del primer comparador de tensión C_{V1} y el segundo comparador C_{V2} mientras que el primer y el segundo pulso eléctrico amplificado P_{A1} y P_{A2} se pueden suministrar a terminales positivos del primer comparador C_{V1} y el segundo comparador C_{V2} de tensión correspondientes.

[0048] Según un ejemplo particular, el módulo de procesamiento de señal 5 está provisto además de un dispositivo de visualización 24 y/o un dispositivo de comunicación 25. El dispositivo de visualización 24 está configurado para proporcionar una retroalimentación visual al usuario sobre el estado del empalme de cables monitorizado 6. El dispositivo de visualización 24 puede ser una matriz LED (diodo emisor de luz) que indica la situación detectada (por ejemplo, normal, advertencia o alarma), o en una pantalla LCD (pantalla de cristal líquido) que muestra los datos recopilados. El dispositivo de comunicación 25 está configurado para transmitir los datos recopilados a una estación de monitorización remota (no mostrada). El dispositivo de comunicación 25 es preferentemente un dispositivo

inalámbrico (provisto de una antena 26), tal como una interfaz de radiofrecuencia local (como ejemplo, las tecnologías posibles son: Bluetooth, WiFi, LoRa) o un módem de servicio móvil, como un módem GSM, 3G o LTE. Según otra realización, el dispositivo de comunicación 25 emplea una interfaz cableada, tal como una línea cableada, por ejemplo, que funciona según el estándar RS-485, que incluye cables de cobre o fibras ópticas. Se observa que, en algunas realizaciones, el recolector de energía magnética 15 y el dispositivo de comunicación 25 pueden integrarse juntos para formar un único dispositivo que puede estar instalado permanentemente o incluso integrado en el objeto de componente eléctrico 1: como ejemplo, esta solución es muy adecuada para monitorizar empalmes de cables de AT y MT.

10 **[0049]** Un ejemplo de un procedimiento para procesar la señal de descarga parcial, que puede emplear el aparato de detección de descarga parcial 2 ilustrado anteriormente, se describe a continuación en esta solicitud. Los valores numéricos se proporcionan en aras de la claridad y de manera no limitativa.

15 **[0050]** La FIG. 3 muestra solo algunos de los módulos/dispositivos incluidos en el aparato de detección de descarga parcial 2 y se refiere al caso en el que un pulso eléctrico externo P_{EX2} llega desde fuera de la sección de medición incluida entre la primera y la segunda área 9 y 10. El umbral de tiempo TH_t se fija en un valor T_{max} (por ejemplo, $T_{max} = 10$ ns) que corresponde al tiempo máximo que un pulso eléctrico necesita para propagarse desde la primera área 9 hasta la segunda área 10.

20 **[0051]** El pulso eléctrico externo P_{EX2} llega al segundo detector 4 en el tiempo T_0 y avanza a lo largo del segundo cable 8, el empalme de cables 6 y el primer cable 7 con la misma velocidad de propagación. Como ejemplo, si la velocidad de propagación es 189 m/ μ s (valor típico para un cable de AT), y la sección de medición es de 2 m de largo, el pulso eléctrico externo P_{EX2} tarda aproximadamente 10 ns (es decir, $1000 \text{ m} / 189$) en alcanzar el primer sensor 3: el tiempo T_1 en el que se alcanza el primer detector 3 es, según el ejemplo, $T_1 = T_0 + 10$ ns.

25 **[0052]** Cuando el segundo detector 4 recibe el pulso eléctrico externo P_{EX2} , genera el segundo pulso eléctrico P2 (FIG. 2) que se propaga a lo largo del segundo cable de señal 14 y es amplificado por el segundo amplificador de tensión A2 para producir el segundo pulso eléctrico amplificado P_{A2} . El segundo comparador de tensión C_{V2} compara el segundo pulso eléctrico amplificado P_{A2} con el umbral de tensión TH_v . Según el ejemplo descrito, la amplitud del segundo pulso eléctrico amplificado P_{A2} asume un valor superior al umbral de tensión TH_v y el segundo comparador de tensión C_{V2} genera una segunda señal de tiempo S_{2t} asumiendo un nivel lógico (por ejemplo, 1) adecuado para activar en un tiempo T_0' el cálculo de tiempo realizado por el TDC 17. El tiempo T_0' se puede expresar sumando el tiempo T_0 y un retardo Δ (por ejemplo, 8 ns): $T_0' = T_0 + \Delta$. El retardo Δ viene dado por el tiempo de propagación a lo largo del segundo cable de señal 14 y otros términos tales como ejemplo: retardo de respuesta intrínseca del segundo detector 4 y tolerancia sobre la longitud real del segundo cable de señal 14.

30 **[0053]** El primer detector 3 recibe el pulso eléctrico externo P_{EX2} en un tiempo T_1 y genera el primer pulso eléctrico P1 (FIG. 2) que se propaga a lo largo del primer cable de señal 12 y es amplificado por el primer amplificador de tensión A1 para producir el primer pulso eléctrico amplificado P_{A1} . El primer comparador de tensión C_{V1} compara el primer pulso eléctrico amplificado P_{A1} con el umbral de tensión TH_v . Según el ejemplo descrito, la amplitud del primer pulso eléctrico amplificado P_{A1} asume un valor superior al umbral de tensión TH_v y el primer comparador de tensión C_{V1} genera una primera señal de tiempo S_{1t} asumiendo un nivel lógico (por ejemplo, 1) adecuado para detener el cálculo de tiempo realizado por el TDC 17 en un tiempo T_1' .

45 **[0054]** El tiempo T_1' se puede expresar sumando el tiempo T_1 y el retardo Δ mencionado anteriormente (por ejemplo, 8 ns): $T_1' = T_1 + \Delta$. Se asume que el retardo Δ es el mismo para la propagación a lo largo del primer cable de señal 12 y el segundo cable de señal 14. Esta primera señal de tiempo S_{1t} detiene en el tiempo T_1' el conteo de tiempo iniciado en el tiempo T_0' . La primera señal de tiempo S_{1t} y la segunda señal de tiempo S_{2t} representan eventos de detección correspondientes producidos en el primer y el segundo detector 3 y 4 para un retardo inferior a Δ .

50 **[0055]** El TDC 17 cuenta el intervalo T_{d1} comprendido entre los tiempos de generación de la primera señal de tiempo S_{1t} y la segunda señal de tiempo S_{2t} :

$$T_{d1} = T_1' - T_0' = (T_1 + \Delta) - (T_0 + 8 \text{ ns}) = (T_0 + 10 \text{ ns} + \Delta) - (T_0 + 8 \text{ ns}) = 10 \text{ ns} \quad (1)$$

55 y proporciona el valor digital correspondiente T_{d1} al módulo de control y procesamiento 18. El módulo de control y procesamiento 18 compara el intervalo de tiempo medido T_{d1} con el umbral de tiempo $T_{max} = 10$ ns y determina que el intervalo de tiempo medido T_{d1} es igual al umbral de tiempo T_{max} y, en consecuencia, asocia el pulso eléctrico externo P_{EX2} a una señal de ruido ya que resulta que se genera fuera de la sección de medición comprendida entre la primera área 9 y la segunda área 10. Se observa nuevamente que el término ruido también puede referirse a señales debidas a fenómenos de descarga parcial producidos dentro del objeto eléctrico 1 pero fuera de la sección de medición comprendida entre la primera área 9 y la segunda área 10.

60 **[0056]** Se observa que el retardo Δ introducido por los cables de señal 12 y 14 se cancela si los cables de señal 65 tienen la misma longitud, como se desprende de la expresión (1). Incluso si los cables de señal 12 y 14 mostraran

diferentes longitudes, el resultado habría sido un desfase de tiempo fijo que no modifica el algoritmo de detección posterior.

[0057] La FIG. 4 se refiere al caso en el que se genera un pulso eléctrico interno P_{INT} en el tiempo T_0 dentro del empalme de cables 6 (por ejemplo, ligeramente a la izquierda). El pulso P_{INT} se propaga en ambas direcciones y es recibido por el segundo detector 4 después de un período de tiempo ΔT_1 (por ejemplo, 3 ns) y por el primer detector 3 después de un período de tiempo ΔT_2 (por ejemplo, 7 ns), suponiendo la misma distancia y velocidad de propagación. El primer módulo de conversión 22 y el segundo módulo de conversión 23 funcionan de una manera análoga a la ilustrada anteriormente con referencia a la FIG. 3. También en este caso hay un retardo de Δ (por ejemplo, 8 ns) en el primer y el segundo cable de señal 12 y 14 y la segunda señal de tiempo S_{12} alcanza el TDC 17 en el tiempo T_1' , activando así el conteo de tiempo. La primera señal de tiempo S_{11} alcanza el TDC 17 en el tiempo T_2' , deteniendo así el conteo de tiempo.

[0058] El conteo de tiempo comienza en el T_1' :

$$T_1' = T_0 + \Delta T_1 + \Delta \quad (2)$$

y se detiene en el T_2' :

$$T_2' = T_0 + \Delta T_2 + \Delta \quad (3)$$

[0059] El TDC 17 cuenta el intervalo T_{d2} comprendido entre los tiempos de generación de la primera señal temporal S_{11} y la segunda señal temporal S_{21} .

$$T_{d2} = T_2' - T_1' = (T_0 + \Delta T_1 + \Delta) - (T_0 + \Delta T_2 + \Delta) = (T_0 + 7ns + \Delta) - (T_0 + 3ns) = 7ns - 3ns = 4ns \quad (4)$$

[0060] El TDC 17 proporciona el valor digital correspondiente T_{d2} al módulo de control y procesamiento 18. El módulo de control y procesamiento 18 compara el intervalo de tiempo medido T_{d2} con el umbral de tiempo $T_{max} = 10$ ns y determina que el intervalo de tiempo medido T_{d2} es inferior al umbral de tiempo T_{max} y, en consecuencia, asocia el pulso eléctrico interno P_{INT} a señales de descarga parcial generadas dentro de la sección de medición comprendida entre la primera área 9 y la segunda área 10, y particularmente dentro del empalme de cables 6.

[0061] Se observa que, según la descripción anterior, la discriminación entre pulsos eléctricos asociados con señales de descarga parcial generadas dentro de la sección de medición y pulsos eléctricos asociados con ruido se realiza sobre la base de los tiempos de llegada del pulso y se puede omitir el análisis o la detección de la forma del pulso (es decir, la forma de onda).

[0062] La FIG. 5 muestra un diagrama de flujo que representa una realización particular de un procedimiento de detección de descarga parcial y generación de alarma 50 que puede ser implementado por el aparato de detección de descarga parcial 2 y que comprende, después de una etapa inicial simbólica 51, una etapa de configuración de umbral de pulso 52 y una etapa de medición y análisis 53.

[0063] En la etapa de configuración de umbral de pulso 52 se determina el umbral de tensión TH_v del primer y el segundo comparador de tensión C_{V1} y C_{V2} . Se observa que una determinación adecuada del umbral de tensión TH_v permite optimizar la sensibilidad y el rendimiento. Dado que las condiciones de aplicación pueden variar en gran medida de una instalación a otra, la etapa de configuración de umbral de pulso 52 se puede implementar mediante un algoritmo automático que se ejecuta en el módulo de control y procesamiento 18.

[0064] La FIG. 6 muestra una situación que permite describir un ejemplo de la estrategia que se puede utilizar para determinar el umbral de tensión TH_v . En la FIG. 6 se ha mostrado una tendencia ejemplar de señales impulsivas DP y NS junto con varios niveles umbral: L_{NO} , L_{INT} , L_{OPT} , L_{LW} . Como se desprende de la FIG. 6, si el umbral se establece en un nivel L_{NO} muy alto, ninguna señal lo superará, por lo que no se pueden detectar pulsos. Disminuyendo la tensión umbral a un nivel intermedio L_{INT} algunos pulsos pueden cruzarse, ya sea de fuentes externas (ruido) ya sea de DP (en algunos casos el nivel de DP es más alto que los pulsos externos, en otros casos lo contrario). Si el umbral se establece en un nivel bajo L_{LW} , el ruido causa golpes muy frecuentes y aleatorios, por lo que ya no es posible detectar pulsos. Hay que tener en cuenta que, por lo general, las señales externas son interferencias en forma de pulsos que tienen una cierta frecuencia de repetición. El ruido NS es en cambio una señal aleatoria continua debida a interferencias, ruido electrónico u otros fenómenos físicos. El umbral óptimo se puede establecer en un nivel L_{OPT} que es preferentemente más alto que el nivel de ruido L_{LW} . Como ejemplo, el nivel de pulso varía de 5 mV a 0,5 V, el nivel de ruido es inferior a 5 mV, mientras que el nivel sin señal es superior a 0,5 V/1 V (esto, sin embargo, depende en gran medida del tipo de sensores empleados).

- [0065]** Se observa que para establecer el umbral de tensión óptimo se puede emplear la medición de la tasa de repetición de pulsos. En particular, el solicitante observó experimentalmente que los pulsos de DP reales tienen una tasa de repetición conocida que varía de aproximadamente 10 a 1.000 por segundo, los pulsos externos generalmente tienen una tasa de repetición más alta, del orden de 100 a 10.000 pulsos por segundo y el ruido, en cambio, puede activar continuamente el aparato de detección de descarga parcial 2 saturando su capacidad de detección (más de 100.000 pulsos por segundo). Estos datos experimentales permiten localizar el nivel umbral de tensión óptimo.
- 10 **[0066]** La etapa de configuración de umbral de pulso 52 incluye una primera etapa de configuración 54 en la que el valor umbral de tensión se establece en el valor máximo TH_{max} como una condición inicial, este valor puede estar entre 1 V y 5 V como ejemplo. A continuación, la etapa de configuración de umbral de pulso 52 comprende además las siguientes etapas: una etapa de disminución 55 (es decir, reducción del umbral de tensión), una primera etapa de captación de pulsos 56 y una etapa de medición de repetición 57 donde se calcula una tasa de repetición de pulsos RR.
- 15 **[0067]** En la etapa de disminución, el valor umbral de tensión 55 disminuye progresivamente, definiendo así un umbral de tensión actual TH_i . La primera etapa de captación de pulsos 56 se realiza contando el número N de pulsos detectados tanto por el primer detector 3 como por el segundo detector 4 para los cuales se ha proporcionado un intervalo de tiempo T_D independientemente del valor de dicho intervalo de tiempo T_D . Además, a partir del número contado de pulsos N se obtiene una tasa de repetición RR, como relación entre el número N de pulsos y el período de tiempo de captación.
- 20 **[0068]** La etapa de configuración de umbral de pulso 52 comprende además una etapa de comparación de número de pulsos 57 en la que la tasa de repetición RR se compara con un valor máximo NP_{max} y el valor umbral de tensión actual TH_i se compara con un valor de tensión mínima TH_{min} . Si la tasa de repetición RR no alcanza el valor máximo NP_{max} y el valor umbral de tensión variable no alcanza el valor umbral de tensión mínima TH_{min} , la etapa de disminución 55 y la primera etapa de captación de pulsos 56 se llevan a cabo de forma iterativa. Si la tasa de repetición RR alcanza el valor máximo NP_{max} o el valor umbral de tensión variable TH_i alcanza el valor umbral de tensión mínima TH_{min} , el valor actual del umbral de tensión TH_i se selecciona como umbral de tensión final TH_v que se utilizará en la siguiente etapa de medición y análisis 53.
- 30 **[0069]** El valor máximo NP_{max} de la tasa de repetición se puede elegir, como ejemplo, en el intervalo de 5.000 a 10.000 pulsos por segundo. El valor umbral de tensión mínima TH_{min} puede elegirse como el valor mínimo que impide la entrada en la región de ruido: puede variar entre 3 y 5 mV, como ejemplo.
- 35 **[0070]** La etapa de medición y análisis 53 comprende una segunda etapa de captación de pulsos 58 en la que el aparato de detección de descarga parcial 2 realiza varias detecciones de pulsos eléctricos calculando los intervalos de tiempo T_D como se describió anteriormente con referencia a las expresiones (1) - (4) y la FIG. 3 y la FIG. 4. En la segunda etapa de captación de pulsos 58, el módulo de control y procesamiento 18 almacena los datos resultantes de las detecciones de los pulsos para emplear estos datos para un análisis estadístico en el que se puede basar la generación de alarma.
- 40 **[0071]** Particularmente, en una etapa de realización de estadística 59, los datos de los pulsos detectados se agrupan según el número de pulsos de distribución en el intervalo de tiempo T_D . La FIG. 7 muestra, como ejemplo, una posible distribución estadística en el intervalo de tiempo T_D del número de pulsos N_p entre cuatro tipologías de pulsos: pulsos externos P_{EX} (que tienen un número de pulsos externos: N_{EX}), ruido radiado o intrínseco P_N (número de pulsos de ruido: N_N), pulsos internos P_{INT} (número de pulsos internos: N_{INT}).
- 45 **[0072]** De acuerdo con el ejemplo de la FIG. 7, los pulsos externos P_{EX} , que provienen del exterior de la sección de medición y de ambas direcciones, muestran el mayor número de detecciones N_{EX} . Así que los intervalos de tiempo registrados serán en la mayoría de los casos el valor máximo (T_{max} o $-T_{max}$, dependiendo de la dirección de llegada) que corresponde sustancialmente al umbral de tiempo TH_i . El pequeño número N_N de intervalos de tiempo registrados, cercano a cero, se refiere a pulsos de ruido P_N irradiados por fuentes cercanas que llegan tanto al primer como al segundo detector 3 y 4. En caso de pulsos de DP reales P_{INT} , el aparato de detección de descarga parcial 2 detecta un intervalo de tiempo constante comprendido entre el umbral de tiempo T_{max} y cero.
- 50 **[0073]** La distribución de tiempo de pulso mostrada en la FIG. 7 permite localizar los puntos de interés. Se observa que, dado que la ubicación temporal de los números de pulso N_{EX} , N_N internos N_{INT} se puede determinar de forma fácil y única, el módulo de control y procesamiento 18 puede aprender automáticamente el umbral de tiempo T_{max} , sin necesidad de proporcionar un valor preestablecido o realizar un procedimiento de calibración.
- 60 **[0074]** El módulo de control y procesamiento 18 realiza una etapa de búsqueda de picos 60 en la que busca picos internos N_{INT} ubicados entre los picos externos N_{EX} . La etapa de detección de picos 60 corresponde a comparar el valor de intervalo de tiempo calculado T_D con el umbral de tiempo T_{max} . Si se encuentra un pico interno (es decir,
- 65

se reconocen señales de descarga parcial), su amplitud N_{INT} es evaluada por el módulo de control y procesamiento 18 en una etapa de comparación de picos 61. En la etapa de comparación de picos 61, el módulo de control y procesamiento 18 compara el número de pulsos detectados que resultan de la comparación con el umbral de tiempo T_{max} con un límite fijo N_{pdth} con los ensayos si tales pulsos detectados pueden asociarse a señales de descarga parcial generadas en la sección de medición o al ruido.

5
10
15
20
25
30

[0075] En particular, en la etapa de comparación de picos 61, el módulo de control y procesamiento 18 compara la altura del pico encontrado N_{INT} con el límite fijo N_{pdth} (como ejemplo, $N_{pdth} = 100-200$ por cada segundo de medición). Si el pico N_{INT} es superior al límite fijo N_{pdth} , se activa una alarma en una etapa de generación de alarma 62. La etapa de medición y análisis 53 se repite continuamente, para confirmar o actualizar el estado de alarma. Se observa que para el pico N_N , que está ubicado entre los picos externos N_{EX} , la etapa de comparación de picos 61 permite evitar la generación de alarma ya que N_N es inferior al límite fijo N_{pdth} .

15
20
25
30

[0076] Mediante la correlación del umbral de tensión final TH_v con la tasa de repetición RR y la presencia de un pico en la distribución estadística, es posible estimar la amplitud del pulso sin medirla realmente. De hecho, si un pequeño cambio en el umbral de tensión genera una variación en la tasa de repetición RR , significa que hay pulsos de aproximadamente esa altura. La naturaleza de estos pulsos (externos, DP o radiados) se puede reconocer a partir de la posición del pico en el gráfico estadístico como se representa en la FIG. 7. Además, se observó que toda esta información se obtiene solo de los tiempos de los pulsos y no de las formas de los pulsos.

20
25
30

[0077] El procedimiento para discriminar las descargas parciales del ruido también se podría utilizar como una técnica de filtrado de ruido, seguida de una adquisición de los pulsos filtrados de descarga parcial sobre los que se puede llevar a cabo un análisis completo de las características eléctricas.

25
30

[0078] El aparato de detección de descarga parcial 2 permite la discriminación de las descargas parciales del ruido de una manera no compleja. Además, dado que el procedimiento de discriminación de la invención no emplea la señal de fase asociada con el suministro de tensión, se puede utilizar eficazmente para monitorizar descargas parciales en componentes de CC.

30

REIVINDICACIONES

1. Un aparato de procesamiento (2) para detectar pulsos de descarga parcial en presencia de señal de ruido, que comprende:
 - 5 - un primer detector (3) configurado para detectar una señal impulsiva electromagnética (P_{INT} ; P_{EX2}) procedente de una primera área (9) de un objeto eléctrico (1, 6) y generar un primer pulso eléctrico (P_1) que representa un primer evento de detección de la señal impulsiva electromagnética;
 - 10 - un segundo detector (4) configurado para detectar la señal impulsiva electromagnética procedente de una segunda área (10) del objeto eléctrico (1, 6) y generar un segundo pulso eléctrico (P_2) asociado con un segundo evento de detección de la señal impulsiva electromagnética;
 - un módulo de cálculo de tiempo (17) configurado para medir un intervalo de tiempo (T_{d1} ; T_{d2}) entre el primer evento de detección y el segundo evento de detección;
 - 15 - un módulo de procesamiento (18) conectado al módulo de cálculo de tiempo (17) configurado para:
 - comparar el intervalo de tiempo medido (T_{d1} ; T_{d2}) con un valor umbral de tiempo (TH_i);
 - asociar la señal impulsiva electromagnética (P_{INT}) a pulsos de descarga parcial generados dentro del objeto eléctrico (1, 6) entre la primera y la segunda área (9, 10) si el intervalo de tiempo medido (T_{d1}) es inferior al valor umbral de tiempo (TH_i); y
 - 20 asociar la señal impulsiva electromagnética (P_{EX2}) a una señal de ruido generada fuera del objeto eléctrico (1, 6) si el intervalo de tiempo medido (T_{d2}) es igual o superior a dicho valor umbral de tiempo (TH_i).
2. El aparato de procesamiento (2) la reivindicación 1, que comprende además:
 - 25 un primer dispositivo de conversión (22) configurado para recibir el primer pulso eléctrico (P_1) y generar una primera señal de tiempo (S_{1t}) en un primer tiempo de detección;
 - un segundo dispositivo de conversión (23) configurado para recibir el segundo pulso eléctrico (P_2) y generar una segunda señal de tiempo (S_{2t}) en un segundo tiempo de detección;
 - 30 y donde el módulo de cálculo de tiempo (17) está configurado para medir el intervalo de tiempo (T_{d1} ; T_{d2}) comprendido entre el primer y el segundo tiempo de detección.
3. El aparato de procesamiento (2) de la reivindicación 2, donde:
 - 35 dicho primer dispositivo de conversión (22) incluye un primer comparador de tensión (C_{V1}) estructurado para:
 - comparar el primer pulso eléctrico (P_1) con un umbral de tensión, y
 - generar la primera señal de tiempo (S_{1t}) asumiendo
 - 40 - un primer nivel lógico si la tensión del primer pulso eléctrico es superior al umbral de tensión, y
 - un segundo nivel lógico si la tensión del primer pulso eléctrico es igual/inferior al umbral de tensión;
 - y donde dicho segundo dispositivo de conversión (23) incluye un segundo comparador de tensión estructurado para:
 - 45 comparar el segundo pulso eléctrico (P_2) con el umbral de tensión, y
 - generar la segunda señal de tiempo (S_{2t}) asumiendo
 - 50 - el primer nivel lógico si la tensión del segundo pulso eléctrico es superior al umbral de tensión, y
 - el segundo nivel lógico si la tensión del segundo pulso eléctrico es igual/inferior al umbral de tensión.
4. El aparato de procesamiento (2) de la reivindicación 3, donde dichos primer y segundo comparadores de tensión son comparadores rápidos.
5. El aparato de procesamiento (2) según la reivindicación 3, donde cada uno de dichos primer (3) y segundo (4) detectores incluye uno de los siguientes dispositivos sensores: Transformador de corriente de alta frecuencia, acoplador capacitivo, sensor de antena, sensor electromagnético.
6. El aparato de procesamiento (2) de la reivindicación 3, donde cada uno de dichos primer (3) y segundo (4) detectores es un sensor electromagnético activo que tiene una respuesta de frecuencia de 5 MHz a 20 MHz.
7. El aparato de procesamiento (2) de la reivindicación 1, donde el módulo de procesamiento (18) está configurado para:
 - 65 contar un número (N_{INT}) de una pluralidad de señales impulsivas electromagnéticas que tienen un intervalo de tiempo medido correspondiente (T_{d1}) inferior al valor umbral de tiempo (TH_i);

comparar dicho número (N_{INT}) con un valor de referencia (N_{pdth}).

8. El aparato de procesamiento (2) de la reivindicación 1, donde el módulo de cálculo de tiempo (17) comprende un circuito convertidor de tiempo a digital y está configurado para generar dicho intervalo de tiempo (T_{d1}, T_{d2}) bajo la forma de un valor digital.
9. El aparato de procesamiento (2) de las reivindicaciones 2 y 8, donde el circuito convertidor de tiempo a digital (17) está configurado para:
- 10 activar el cálculo del intervalo de tiempo cuando la primera señal de tiempo (S_{1t}) es recibida por el circuito convertidor de tiempo a digital (17);
detener el cálculo del intervalo de tiempo cuando la segunda señal de tiempo (S_{2t}) es recibida por el circuito convertidor de tiempo a digital (17).
- 15 10. El aparato de procesamiento (2) de la reivindicación 9, donde el circuito convertidor de tiempo a digital (17) comprende un primer puerto de entrada para recibir dicha primera señal de tiempo (S_{1t}) y un segundo puerto de entrada para recibir dicha segunda señal de tiempo (S_{2t}).
11. El aparato de procesamiento (2) de la reivindicación 10, donde el circuito convertidor de tiempo a digital (17) muestra una resolución de tiempo comprendida entre 0,01 ns y 10 ns.
12. El aparato de procesamiento (2) de la reivindicación 1, que comprende además:
un módulo de almacenamiento conectado al módulo de procesamiento (18) y configurado para almacenar, si el intervalo de tiempo medido es inferior al valor umbral, un valor digital de detección que representa que se han detectado pulsos de descarga parcial.
- 25 13. Un procedimiento de procesamiento para detectar pulsos de descarga parcial en presencia de señal de ruido, comprendiendo el procedimiento las etapas de:
- 30 - proporcionar un objeto eléctrico (1, 6) que ha de ser monitorizado,
- detectar una señal impulsiva electromagnética (P_{INT}, P_{EX2}) procedente de una primera área (9) del objeto eléctrico (1, 6) y generar un primer pulso eléctrico correspondiente (P_1) asociado con un primer evento de detección de la señal impulsiva electromagnética;
- 35 - detectar la señal impulsiva electromagnética (P_{INT}, P_{EX2}) procedente de una segunda área (10) del objeto eléctrico (1, 6) y generar un segundo pulso eléctrico (P_2) que representa un segundo evento de detección de la señal impulsiva electromagnética;
- medir un intervalo de tiempo (T_{d1}, T_{d2}) entre el primer evento de detección y el segundo evento de detección;
- comparar el intervalo de tiempo medido (S_{2t}) con un valor umbral (TH_i);
- 40 - asociar la señal impulsiva electromagnética (P_{INT}) a pulsos de descarga parcial generados dentro del objeto eléctrico (1, 6) entre la primera y la segunda área (9, 10) si el intervalo de tiempo medido (T_{d1}) es inferior al valor umbral (TH_i); y
- asociar la señal impulsiva electromagnética (P_{EX2}) a una señal de ruido si el intervalo de tiempo medido (T_{d2}) es igual o superior al valor umbral (TH_i).
- 45 14. El procedimiento de procesamiento de descarga parcial de la reivindicación 13, que comprende además:
- convertir el primer pulso eléctrico (P_1) en una primera señal de tiempo (S_{1t}) que representa un primer tiempo de detección;
- convertir el segundo pulso eléctrico (P_2) en una segunda señal de tiempo (S_{2t}) que representa un segundo tiempo de detección; y donde la etapa de medición del intervalo de tiempo (T_{d1}, T_{d2}) comprende:
- 50 - evaluar un intervalo comprendido entre el primer y el segundo tiempo de detección.
15. El procedimiento de procesamiento de descarga parcial de la reivindicación 13, donde el objeto eléctrico que ha de ser monitorizado es un objeto eléctrico que funciona con corriente continua.
- 55

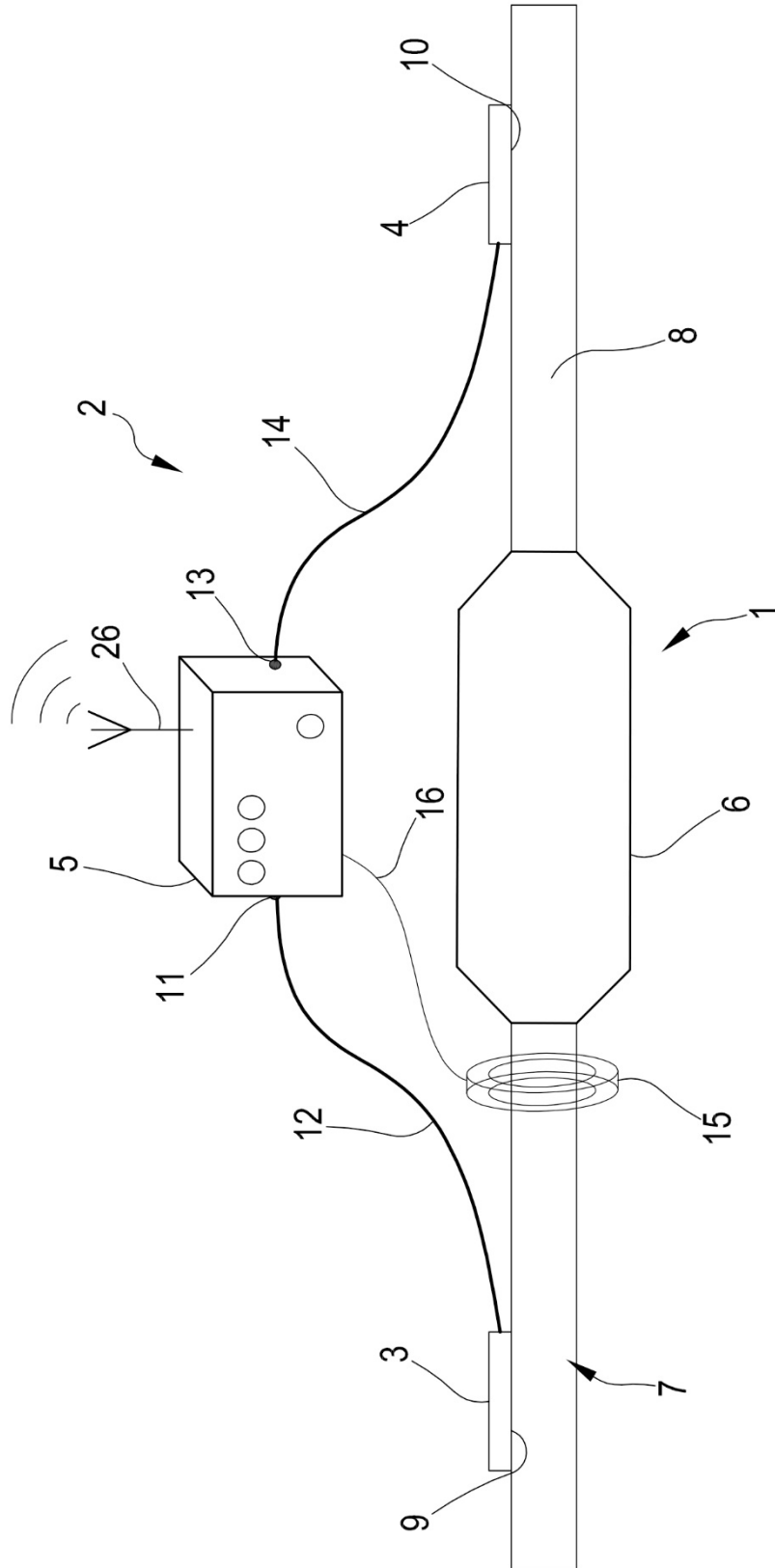


FIG.1

5

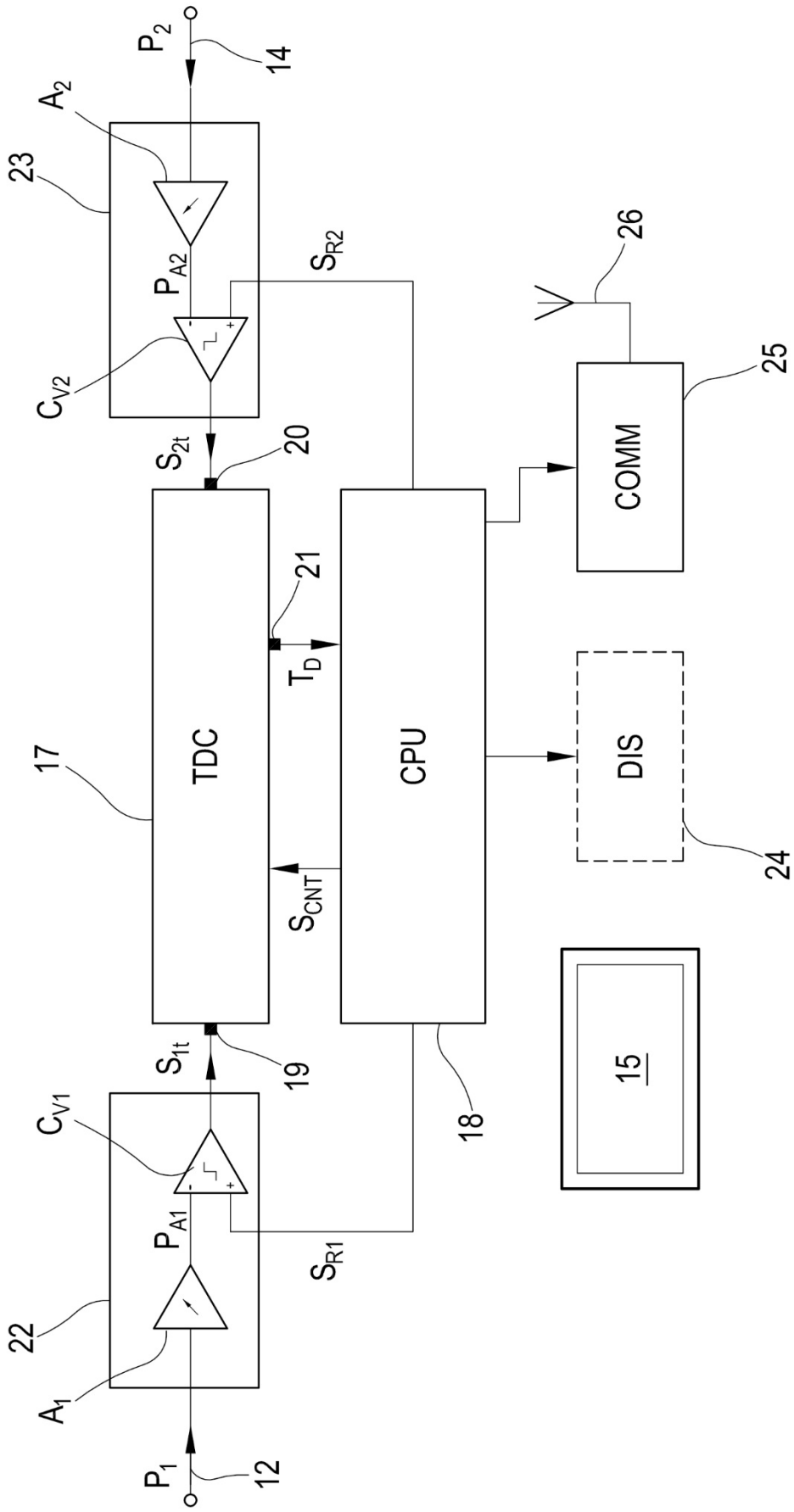


FIG.2

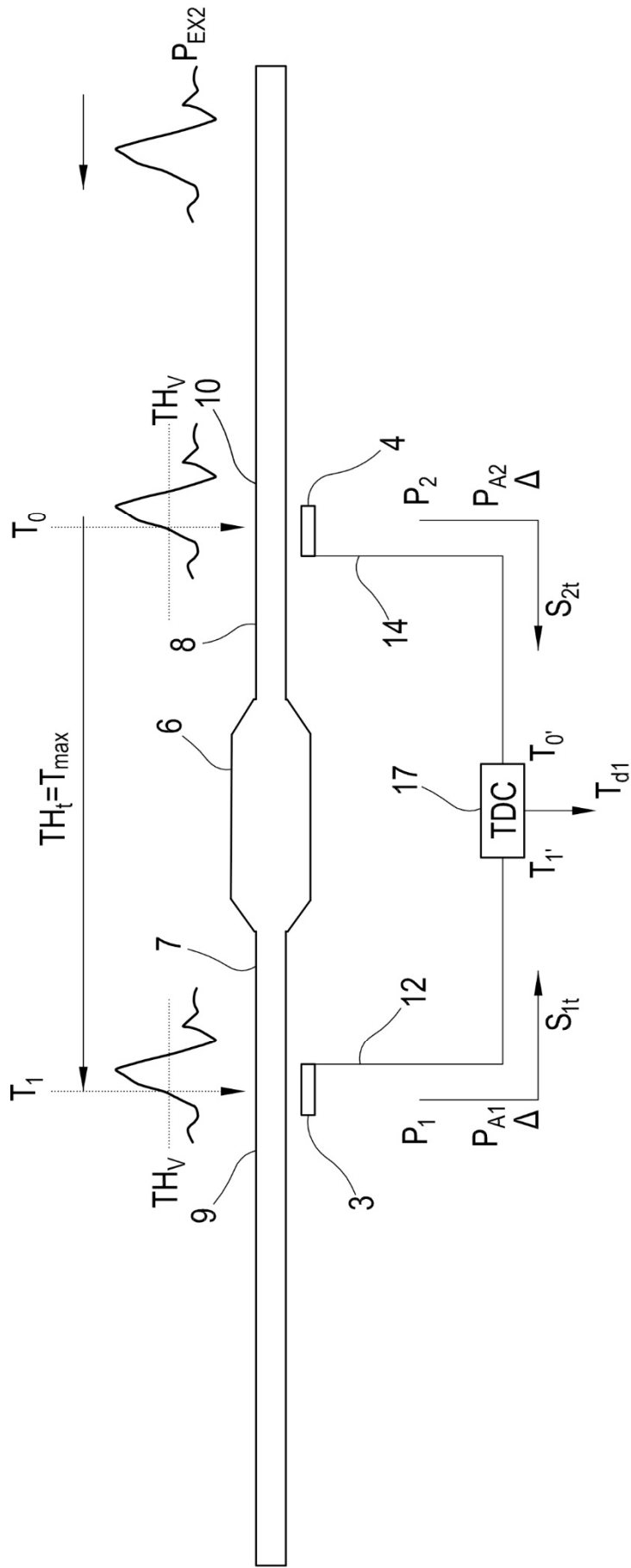


FIG.3

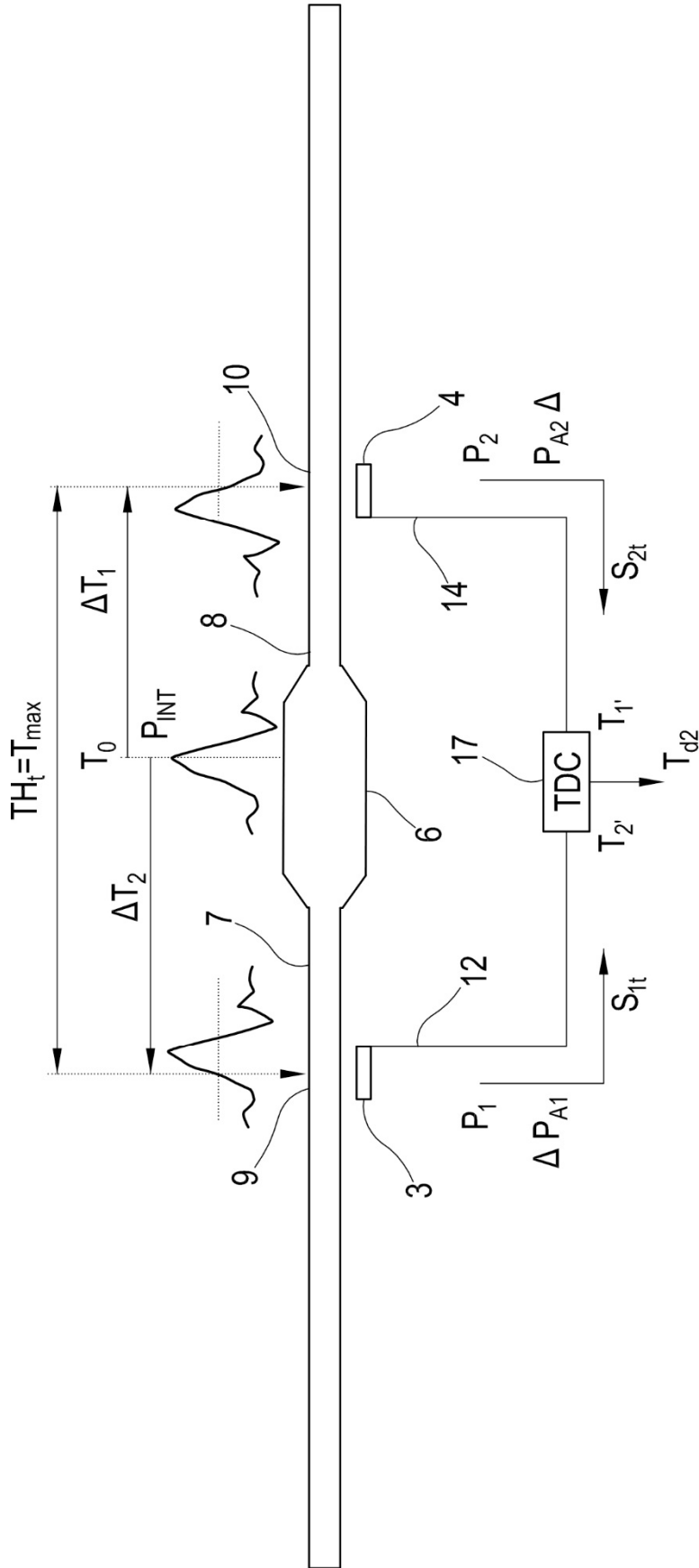


FIG.4

FIG.5

