

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 524 518**

21 Número de solicitud: 201490041

51 Int. Cl.:

G01R 31/08

(2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A2

22 Fecha de presentación:

12.10.2012

30 Prioridad:

12.10.2011 US 61/546,480

43 Fecha de publicación de la solicitud:

09.12.2014

71 Solicitantes:

**SCHWEITZER ENGINEERING LABORATORIES,
INC. (100.0%)**

**2350 NE Hopkins Court
99163 Pullmann Washington WA US**

72 Inventor/es:

**SCHWEITZER, Edmund, O., III;
GUZMÁN-CASILLAS, Armando;
SKENDZIC, Veselin y
MYNAM, Mangapathirao, Venkata**

74 Agente/Representante:

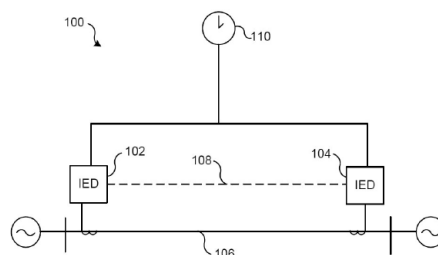
CARPINTERO LÓPEZ, Mario

54 Título: **Localización de fallos usando ondas progresivas**

57 Resumen:

Se divulga en el presente documento varias realizaciones de sistemas y procedimientos para calcular una localización de fallos en un sistema de suministro de energía eléctrica en base a una onda progresiva creada por un fallo eléctrico en el sistema de suministro de energía eléctrica. De acuerdo con una realización, un dispositivo electrónico inteligente puede configurarse para detectar una onda progresiva transitoria causada por un fallo eléctrico. Se puede determinar un primer valor de la onda progresiva de la onda progresiva transitoria y se puede determinar un primer tiempo correspondiente asociado con la primera onda progresiva. El IED puede recibir un segundo tiempo asociado con un segundo valor de la onda progresiva de la onda progresiva transitoria detectada por un IED remoto. La distancia al IED remoto puede ser conocida. Una localización del fallo estimada se puede generar en base a la diferencia de tiempo entre el primer tiempo y el segundo tiempo. También se pueden utilizar procedimientos adicionales de cálculo de la localización de fallos.

Figura 1



DESCRIPCIÓN

Localización de fallos usando ondas progresivas.

5 Campo técnico

La presente divulgación se refiere a la detección de una onda transitoria y al cálculo de la localización de fallos. Más particularmente, la presente divulgación se refiere al cálculo de la localización de fallos en tiempo real en base a una onda transitoria detectada.

10

Breve descripción de los dibujos

Se describen realizaciones no limitativas y no exhaustivas de la divulgación, incluyendo diversas realizaciones de la divulgación con referencia a las figuras, en las que:

15

La **figura 1** ilustra un diagrama de bloques de un sistema para la detección de una onda progresiva y para calcular una localización de un fallo usando la onda progresiva detectada de acuerdo con ciertas realizaciones.

20

La **figura 2** ilustra un diagrama de bloques funcional de un dispositivo electrónico inteligente para el cálculo de una localización de fallos de acuerdo con ciertas realizaciones.

La **figura 3** ilustra un diagrama de bloques funcional de un sistema de adquisición de datos de corriente de fase de acuerdo con ciertas realizaciones.

25

La **figura 4** ilustra un diagrama de bloques de un sistema de selección de fuente de corriente que puede utilizarse en conexión con diversos sistemas y procedimientos descritos en este documento para determinar la localización de fallos en un sistema de suministro de energía eléctrica utilizando ondas progresivas.

30

La **figura 5** ilustra un diagrama de bloques funcional que ilustra una interacción entre un detector de transitorios y un registrador de eventos y un módulo gestor de adquisición de datos de acuerdo con ciertas realizaciones.

35

La **figura 6** ilustra un diagrama de bloques de un detector de transitorios adaptativo que puede utilizarse en conexión con diversos sistemas y procedimientos descritos en este

documento para determinar la localización de fallos en un sistema de suministro de energía eléctrica utilizando ondas progresivas.

La **figura 7** ilustra un diagrama de bloques de un filtro de respuesta de impulso infinito que puede utilizarse en conexión con diversos sistemas y procedimientos descritos en el presente documento para determinar la localización de fallos en un sistema de suministro de energía eléctrica utilizando ondas progresivas.

La **figura 8** ilustra un diagrama lógico que puede ser utilizado para determinar si se produce un fallo en el sistema de suministro de energía eléctrica en una línea de transmisión protegida por diversos sistemas y procedimientos descritos en este documento.

La **figura 9** ilustra un diagrama de flujo de un procedimiento para grabar y recuperar datos de onda progresiva que puede utilizarse en conexión con diversos sistemas y procedimientos descritos en este documento para determinar la localización de fallos en un sistema de suministro de energía eléctrica utilizando ondas progresivas.

La **figura 10** ilustra un diagrama de tiempos que ilustra una ventana de observación de acuerdo con ciertas realizaciones.

La **figura 11** ilustra un diagrama de flujo de un procedimiento para el intercambio de datos entre un relé local y un relé remoto que puede ser utilizado por diversos sistemas descritos en este documento para determinar la localización de fallos en un sistema de suministro de energía eléctrica utilizando ondas progresivas.

La **figura 12** ilustra un diagrama de flujo de un procedimiento para seleccionar un procedimiento para estimar la localización de un fallo entre una pluralidad de procedimientos disponibles de acuerdo con ciertas realizaciones.

Descripción detallada

Los sistemas de localización de fallos de ondas progresivas (TWFL) están disponibles comercialmente en los equipos de localización de fallos dedicados o como una función adicional incluida en ciertos registradores de fallos digitales. Algunas de las instalaciones eléctricas en Canadá y los EE.UU. utilizan sistemas TWFL desarrollados dentro de la instalación para su uso interno y no están disponibles comercialmente. Hoy en día, los

sistemas TWFL normalmente proporcionan información de localización de fallos a posteriori mediante el análisis de oscilogramas de corriente o tensión - también conocidos como informes de eventos - el fallo a partir del fallo. La localización del fallo se puede estimar usando oscilogramas desde un terminal o todos los terminales de la línea de transmisión.

- 5 Los sistemas TWFL de múltiples terminales utilizan muestras de tensión y corriente con sus correspondientes sellos temporales según la hora del Tiempo Universal Coordinado (UTC) para simplificar los cálculos. Estos sistemas obtienen los eventos de terminales de línea de transmisión y usando un ordenador de propósito general que ejecuta el software para determinar una localización del fallo.

10

- En la actualidad, la mayoría de los relés de protección de línea proporcionan la estimación de localización de fallos en tiempo real mediante algoritmos basados en la impedancia. Estos algoritmos utilizan la información de la tensión y la corriente local y/o información de la corriente y la tensión de los terminales remotos. Cuando se utiliza información de ambos
- 15 terminales, la exactitud de la estimación de localización de fallos en base a la impedancia puede estar dentro del 1,5% de la longitud de la línea. En la mayoría de las aplicaciones, esta precisión es suficiente para localizar rápidamente los fallos en las líneas con una longitud de 32 km (20 millas) o menos. Esta precisión puede no ser suficiente, sin embargo, para líneas largas (por ejemplo, de 240 km (150 millas) de longitud o más largas). Por lo
- 20 tanto, una utilidad puede optar por utilizar un sistema dedicado TWFL. La precisión de un sistema TWFL no es necesariamente una función de la longitud de la línea y, típicamente está dentro de ± 320 m (0,2 mi). Los sistemas TWFL también son adecuados para líneas compensadas en serie, mientras que los algoritmos de búsqueda de fallos basados en impedancia no lo son, además, los procedimientos de localización de fallos basados en la
- 25 impedancia son desafiados durante los fallos de rápida desaparición. Por las razones anteriores, existe una necesidad en la industria de relés de protección con capacidad TWFL incorporada.

- Una de las limitaciones de los sistemas TWFL es que cuando el ángulo de aparición de
- 30 fallos en la localización de los fallos es cero, no se registra ninguna actividad detectable de la onda progresiva en los terminales de la línea de transmisión. En estas circunstancias, los procedimientos de localización de fallos basados en la impedancia que existen en los relés de protección modernos basados en microprocesador aún pueden localizar el fallo. En consecuencia, para recopilar los datos relativos a una onda progresiva, se puede emplear
- 35 una grabación continua. De acuerdo con algunas realizaciones, incluyendo un sistema TWFL, pueden incorporarse en un relé de protección que registra continuamente los datos

de las ondas progresivas en una línea de transmisión. Otro beneficio que puede comprobarse, de acuerdo con algunas realizaciones descritas en este documento, es que la localización del fallo se calcula sólo cuando hay un fallo de la línea interna, evitando así molestos resultados de localización de fallos cuando las ondas progresivas se detectan debido a los transitorios de conmutación y a fallos externos. Un beneficio adicional que puede apreciarse es que el relé de protección se puede aplicar a terminales con dobles interruptores y proporcionar información de localización de fallos cuando uno de los interruptores está fuera de servicio.

Las realizaciones de la divulgación se entenderán mejor con referencia a los dibujos, en los que las partes similares se designan mediante los mismos números a lo largo de la misma. Se entenderá fácilmente que los componentes de las realizaciones descritas, como generalmente se describen e ilustran en las figuras de este documento, podrían estar dispuestos y diseñados en una amplia variedad de diferentes configuraciones. Por lo tanto, la siguiente descripción detallada de las realizaciones de los sistemas y procedimientos de la divulgación no pretende limitar el alcance de la divulgación, como se reivindica, sino que es meramente representativa de las posibles realizaciones de la divulgación. Además, las etapas de un procedimiento no necesariamente tienen que ejecutarse en un orden específico, o incluso de forma secuencial, ni necesitan ejecutar las etapas sólo una vez, a menos que se especifique lo contrario.

En algunos casos, características, estructuras u operaciones conocidas no se muestran o describen con detalle. Además, las características, estructuras, u operaciones descritas se pueden combinar de cualquier manera adecuada en una o más realizaciones. También se entenderá fácilmente que los componentes de las realizaciones como se describen en general y se ilustran en las figuras en el presente documento podrían estar dispuestos y diseñados en una amplia variedad de diferentes configuraciones.

Varios aspectos de las realizaciones descritas se ilustran como módulos o componentes de software. Como se usa en el presente documento, un módulo o componente de software puede incluir cualquier tipo de instrucción de ordenador o de código ejecutable de ordenador situado dentro de un dispositivo de memoria y/o transmitido como señales electrónicas a través de un bus de datos o un sistema de cable o una red inalámbrica. Un módulo o componente de software puede, por ejemplo, comprender uno o más bloques físicos o lógicos de instrucciones de ordenador, que pueden organizarse como una rutina, programa, objeto, elemento, estructura de datos, etc., que realiza una o más tareas o implementos

particulares de tipos de datos abstractos.

En ciertas realizaciones, un módulo de software o componente particular puede comprender instrucciones dispares almacenadas en diferentes ubicaciones de un dispositivo de memoria, que en conjunto implementan la funcionalidad descrita del módulo. De hecho, un módulo o componente pueden comprender una sola instrucción o muchas instrucciones, y pueden distribuirse en varios segmentos de código diferentes, entre diferentes programas, y en varios dispositivos de memoria. Algunas realizaciones pueden ponerse en práctica en un entorno informático distribuido, donde las tareas son realizadas por un dispositivo de procesamiento remoto conectado a través de una red de comunicaciones. En un entorno informático distribuido, los módulos o componentes de software pueden estar situados en dispositivos locales y/o remotos de almacenamiento de memoria. Además, los datos ligados o considerados unidos en un registro de base de datos puede residir en el mismo dispositivo de memoria, o en varios dispositivos de memoria, y pueden unirse entre sí en los campos de un registro en una base de datos en una red.

Las realizaciones se pueden proporcionar como un producto de programa de ordenador que incluye un ordenador no transitoria y/o medio legible por máquina que tiene almacenado en el mismo instrucciones que pueden utilizarse para programar un ordenador (u otro dispositivo electrónico) para realizar los procesos descritos en este documento. Por ejemplo, un medio legible por ordenador no transitorio puede almacenar instrucciones que, cuando son ejecutadas por un procesador de un sistema informático, hacen que el procesador realice determinados procedimientos divulgados en el presente documento. El medio legible por ordenador no transitorio puede incluir, pero no está limitado a, discos duros, disquetes, discos ópticos, CD-ROM, DVD-ROM, ROM, RAM, EPROM, EEPROM, tarjetas magnéticas u ópticas, dispositivos de memoria de estado sólido, u otros tipos de medios/medio legible por máquina adecuado para almacenar instrucciones ejecutables electrónicas y/o de procesador.

La **figura 1** ilustra un diagrama de bloques de un sistema para detectar una onda progresiva y calcular una localización de un fallo usando la onda progresiva detectada de acuerdo con ciertas realizaciones. La **figura 1** ilustra un sistema de suministro de energía eléctrica 100 que puede incluir la generación, transmisión, distribución o sistemas similares. El sistema 100 incluye un conductor 106, tal como una línea de transmisión que conecta dos nodos. Aunque se ha ilustrado en forma de una sola línea por motivos de simplicidad, el sistema 100 puede ser un sistema de múltiples fases, tal como un sistema de suministro de energía

eléctrica trifásica. El sistema 100 se monitoriza mediante los IED 102 y 104 en dos posiciones del sistema, aunque también se pueden utilizar IED adicionales para controlar otras ubicaciones del sistema.

5 Los IED 102 y 104 pueden obtener información del sistema de energía eléctrica utilizando transformadores de corriente (TC), transformadores de tensión (TT), bobinas de Rogowski, y/o similares. Los IEDs 102 y 104 pueden recibir información del tiempo común a partir de una fuente de tiempo común 110. De acuerdo con una realización, los IED 102 y 104 se pueden realizar como relés diferenciales de corriente de línea (por ejemplo, Modelo N° SEL-
10 411L disponible por parte de Schweitzer Engineering Laboratories (SEL) de Pullman, Washington).

La fuente de tiempo común 110 puede ser cualquier fuente de tiempo capaz de ofrecer un tiempo común a cada uno de los IED 102 y 104. Algunos ejemplos de una fuente de tiempo
15 común incluyen un Sistema Global de Navegación por Satélite ("GNSS"), tales como el Sistema de Posicionamiento Global ("GPS") que suministra una señal de tiempo que corresponde con un sistema IRIG, WWVB o WWV, un sistema basado en la red tal como correspondiente con el protocolo de precisión de tiempo IEEE 588, y/o similares. De acuerdo con una realización, la fuente de tiempo común 110 puede comprender un reloj satélite
20 sincronizado (por ejemplo, Modelo N° SEL-2407, disponible por parte de SEL). Además, cabe señalar que cada IED puede estar en comunicación con un reloj independiente, tal como un reloj satélite sincronizado, con cada reloj proporcionando a cada IED con una señal de tiempo común. La señal de tiempo común puede derivarse de un sistema GNSS u otra señal de tiempo.

25

Un canal de comunicación de datos 108 puede permitir que los IED 102 y 104 intercambien información relativa a, entre otras cosas, ondas progresivas. Según algunas realizaciones, una señal de tiempo en base a la fuente de tiempo común 110 puede distribuirse a los IED 102 y 104 utilizando el canal de comunicación de datos 108. El canal de comunicación de
30 datos 108 puede realizarse en una variedad de medios y puede utilizar una variedad de protocolos de comunicación. Por ejemplo, el canal de comunicación de datos 108 puede realizarse utilizando medios físicos, como cable coaxial, par trenzado, fibra óptica, etc. Además, el canal de comunicación de datos 108 puede utilizar protocolos de comunicación tales como Ethernet, SONET, SDH, o similares, para comunicar los datos. De acuerdo con
35 una realización específica, el canal de comunicación 108 se puede realizar como un canal de comunicación bidireccional de 64 kbps. En otras realizaciones, el canal de comunicación

de datos 108 puede ser un canal de comunicación inalámbrica (por ejemplo, un canal de comunicación de radio) utilizando cualquier protocolo de comunicación inalámbrico adecuado.

5 La **figura 2** ilustra un diagrama de bloques funcional de un IED 200 para el cálculo de una localización de fallos de acuerdo con ciertas realizaciones. El IED 200 incluye una interfaz de comunicaciones 216 configurada para comunicarse con otros IED y/o dispositivos del sistema. En ciertas realizaciones, la interfaz de comunicaciones 216 puede facilitar una comunicación directa con otro IED o comunicarse con otro IED en una red de
10 comunicaciones. La interfaz de comunicaciones 216 puede facilitar las comunicaciones con múltiples IED. El IED 200 puede incluir además una entrada de tiempo 212, que se puede utilizar para recibir una señal de tiempo (por ejemplo, una referencia de tiempo común) que permite al IED 200 aplicar un sello de tiempo para las muestras adquiridas. En ciertas realizaciones, una referencia de tiempo común puede recibirse a través de la interfaz de
15 comunicaciones 216, y, en consecuencia, una entrada de tiempo separada puede no ser necesaria para el sellado de tiempo y/o las operaciones de sincronización. Una de tales realizaciones puede emplear el protocolo IEEE 1588. Una interfaz de equipo monitorizado 208 puede estar configurada para recibir información de estado de, y enviar instrucciones de control a, una pieza de equipo monitorizado (tal como un interruptor de circuito, conductor,
20 transformador, o similares).

El procesador 224 puede estar configurado para procesar las comunicaciones recibidas a través de la interfaz de comunicaciones 216, el tiempo de entrada 212, y/o la interfaz de equipo monitorizado 208. El procesador 224 puede funcionar con cualquier número de
25 velocidades y arquitecturas de procesamiento. El procesador 224 puede estar configurado para realizar varios algoritmos y cálculos descritos en el presente documento. El procesador 224 se puede realizar como un circuito integrado de propósito general, un circuito integrado de aplicación específica, una matriz de puertas programables de campo, y/o cualquier otro dispositivo lógico programable adecuado.

30 En ciertas realizaciones, el IED 200 puede incluir un componente de sensor 210. En la realización ilustrada, el componente de sensor 210 está configurado para recoger los datos directamente de un conductor (no mostrado) y puede utilizar, por ejemplo, transformadores 202 y 214 y convertidores A/D 218 que pueden muestrear y/o digitalizar formas de onda
35 filtradas para formar correspondientes señales de corriente y de tensión digitalizadas proporcionadas al bus de datos 222. Los convertidores A/D 218 pueden incluir un único

convertidor A/D o convertidores A/D independientes para cada señal de entrada. Una señal de corriente puede incluir señales de corriente distintas de cada fase de un sistema de energía eléctrica trifásica. Además, si el IED 200 está configurado para monitorizar dos interruptores, la señal de corriente puede incluir seis señales de corriente, es decir, una de cada fase de cada interruptor.

Los convertidores A/D 218 pueden estar conectados al procesador 224 por medio del bus de datos 222, a través del cual representaciones digitalizadas de las señales de corriente y de tensión pueden ser transmitidas al procesador 224. En diversas realizaciones, las señales de corriente y de tensión digitalizadas pueden ser utilizadas para calcular la localización de un fallo en una línea de energía eléctrica, tal como se describe en el presente documento.

Un medio de almacenamiento legible por ordenador 226 puede ser el repositorio de una base de datos 228 que contiene las propiedades eléctricas de la línea de potencia para cada sección, tales como impedancias, resistencias, tiempos de propagación, reactancias, longitudes, y/o similares. Otro medio de almacenamiento legible por ordenador 230 puede ser el repositorio de diversos módulos de software configurados para realizar cualquiera de los procedimientos descritos en el presente documento. Un bus de datos 242 puede ligarse a la interfaz de equipo monitorizado 208, al tiempo de entrada 212, a la interfaz de comunicaciones 216, y a medios de almacenamiento legibles por ordenador 226 y 230 al procesador 224.

Los medios de almacenamiento legibles por ordenador 226 y 230 pueden ser el mismo medio (es decir, el mismo disco, el mismo dispositivo de memoria no volátil, o similares) o medios separados, tal como se ilustra. Además, la base de datos 228 puede almacenarse en un medio de almacenamiento legible por ordenador que no es parte del IED 200, pero que es accesible para el procesador utilizando, por ejemplo, un bus de datos, una red de ordenadores, o similares.

El detector de transitorios y el registrador de eventos 234 pueden recoger muestras de datos de una corriente de ondas progresivas. De acuerdo con una realización, las muestras de datos se pueden almacenar en una memoria intermedia circular. Las muestras de datos se pueden asociar con un sello de tiempo y estarán disponibles para su utilización. Ciertas realizaciones de un detector de transitorios pueden incluir un detector de transitorios y un registrador de eventos 234, como se ilustra y describe en conexión con la **figura 6**. Las ondas progresivas se miden y se registran en tiempo real, ya que son señales transitorias

que se disipan rápidamente en un sistema de suministro de energía eléctrica.

El módulo gestor de adquisición de datos 240 puede funcionar junto con el detector de transitorios y registrador de eventos 234. El módulo de gestión de adquisición de datos 240 puede controlar el registro de los datos en relación con una onda progresiva. De acuerdo con una realización, el módulo gestor de adquisición de datos 240 puede recuperar de forma selectiva los datos de una memoria intermedia circular comprendida por el detector de transitorios y el registrador de eventos 234, y puede hacer disponibles los datos para su posterior procesamiento y almacenamiento.

El módulo de ajustes derivados 248 puede estar configurado para determinar una variedad de parámetros asociados con la determinación de una localización de fallos utilizando ondas progresivas. Estos parámetros pueden incluir los siguientes:

LPVEL	Velocidad de propagación de línea por unidad de la velocidad de la luz
LL	Longitud de la línea
LLUNIT	Unidades de longitud de línea (por ejemplo, millas, kilómetros)
SCBL	Longitud del cable secundario (por ejemplo, yardas, metros)
MAXTT	Tiempo de desplazamiento máximo de la onda progresiva
VLINE	Velocidad de propagación en unidades físicas (por ejemplo, millas por segundo, kilómetros por segundo)
SCBLDLY	Retraso de la onda progresiva del cable secundario

El IED 200 puede utilizar estos valores para estimar la localización de un fallo en un sistema de suministro de energía eléctrica. Los parámetros LPVEL, LL, y SCBL se pueden usar para calcular una distancia a una localización de un fallo asociado a una onda progresiva en relación con una localización de referencia. Además, el parámetro SCBLDLY puede utilizarse para compensar el retardo de la onda progresiva atribuido a un cable secundario desde un CT a un relé configurado para detectar ondas progresivas. El parámetro MAXTT puede ser utilizado para determinar un tamaño de una ventana de observación para la estimación de la localización del fallo. Las relaciones entre los parámetros pueden expresarse, de acuerdo con una realización, de acuerdo con la ecuación 1.

```

If      LLUNIT = km
      VLINE = LPVEL · Ckm
else

```

$$VLINE = LPVEL \cdot c_{mi}$$

where

Ecuación 1

$$c_{km} = 299792,458 \text{ km/s}$$

$$c_{mi} = 186282,397 \text{ mi/s}$$

5

El parámetro MAXTT puede utilizarse por un sistema TWFL para establecer los límites asociados con ventanas de observación que se inician tras la detección de una onda progresiva y terminan después del tiempo máximo de desplazamiento de una onda progresiva en una longitud particular de la línea. De acuerdo con ello, el parámetro MAXTT se puede expresar de acuerdo con la ecuación 2.

10

$$MAXTT = LL/VLINE$$

Ecuación 2

De acuerdo con diversas realizaciones, un cable secundario puede ser utilizado para conectar un transformador de corriente al IED 200. Para proporcionar una estimación más precisa de la localización de un fallo que resulta en una onda progresiva, el retardo asociado con un cable secundario puede calcularse usando la ecuación 3.

15

$$\text{If } LLUNIT = km$$

$$SCBLDLY = SCBL/(1000 \cdot VSCBL \cdot c_{km})$$

else

Ecuación 3

$$SCBLDLY = SCBL/(1760 \cdot VSCBL \cdot c_{mi})$$

20

donde VSCBL es la velocidad de propagación del cable secundario por unidad de velocidad de la luz. En una realización VSCBL puede ser 0,7.

25

El módulo de detección de ondas progresivas 244 puede implementar un algoritmo para la detección de valores de ondas (por ejemplo, polaridades, amplitudes de pico, inclinaciones, llegada de onda, y similares) asociados con una onda progresiva. De acuerdo con una realización, el módulo de detección de ondas progresivas 244 detecta un pico de una onda progresiva utilizando un algoritmo de detección de picos que puede analizar cada elemento de los datos en un vector de longitud fija mediante la comparación de cada elemento de datos con sus valores temporalmente vecinos. Un umbral mínimo puede establecerse para evitar detecciones de falsos positivos. Si un elemento de datos es mayor que ambos de sus vecinos o es igual a infinito y si el valor es mayor que el umbral mínimo, la muestra puede considerarse como un pico local. Los valores absolutos de cada elemento de datos pueden

30

35

ser utilizados para detectar un pico, de tal manera que puede detectarse los picos positivos y negativos. Un indicador de datos de detección de picos puede ser puesto a cero si no se encuentran picos. El indicador de datos de detección de picos se puede establecer en uno si se encuentra un valor pico que cumpla con los criterios. De acuerdo con una realización, el vector de longitud fija puede representar 10 ms. De acuerdo con otra realización, el vector de longitud fija puede representar 30 ms.

El módulo de detección de ondas progresivas 244 puede implementar un algoritmo para la detección de una llegada asociada con una onda progresiva. La llegada puede ser el tiempo que un valor absoluto de un elemento de datos excede un umbral predeterminado. Alternativamente, el módulo de detección de ondas progresivas 244 puede detectar una onda progresiva como un momento en que los elementos de datos alcanzan una pendiente predeterminada.

De acuerdo con una realización, el módulo de componente Alfa Clarke 250 puede generar corrientes Alfa Clarke que se utilizan en conexión con un algoritmo implementado por el módulo de detección de ondas progresivas 244. El módulo de componente Alfa Clarke 250 puede eliminar la corriente de secuencia cero de las corrientes de fase. El módulo de componente Alfa Clarke 250 puede estar configurado para calcular corrientes Alfa Clarke en un sistema de potencia de tres fases utilizando la ecuación. 4.

$$TWIOS = 1/3 (TWIAS + TWIBS + TWICS) \quad \text{Ecuación 4}$$

$$TWIaA = TWIAS - TWIOS$$

$$TWIaB = TWIBS - TWIOS$$

$$TWIaC = TWICS - TWIOS$$

Según algunas realizaciones, el módulo de detección de onda progresivas 244 puede compensar el sello de tiempo que corresponde a los valores de la onda progresiva para el retardo del cable secundario (SCBLDLY), como se establece en la ecuación 5.

$$TKP\phi = TKP\phi - SCBLDLY \quad \text{Ecuación 5}$$

donde, ϕ representa las fases A, B, y C.

El módulo de comunicaciones 232 puede estar configurado para permitir que el IED 200 se comunique con cualquiera de una variedad de dispositivos externos a través de la interfaz

de comunicaciones 216. El módulo de comunicaciones 232 puede estar configurado para su comunicación usando una variedad de protocolos de comunicación de datos (por ejemplo, Ethernet, IEC 61850, etc.).

- 5 El módulo de ventana de observación 238 puede estar configurado para determinar una ventana de observación optimizada para la estimación de la localización de fallos y en función de si se ha detectado una onda progresiva. El módulo de ventana de observación 238 puede basarse en el parámetro MAXTT derivado para determinar una longitud apropiada de tiempo para una ventana de observación. La **figura 10** ilustra una realización
10 de una ventana de observación, y la descripción adicional respecto a la ventana de observación se incluye a continuación.

El módulo de informes 236 puede configurarse para generar una variedad de informes relativos a, entre otras cosas, la detección de ondas progresivas y la localización de fallos
15 eléctricos que causan este tipo de ondas progresivas. El módulo de informes 236 puede ser automatizado, de acuerdo con diversas realizaciones, de manera que los informes de eventos relacionados con los fallos detectados por el IED 200 se generan automáticamente. Además, módulo de informes 236 puede funcionar junto con el módulo de comunicaciones 232 para transmitir dichos puertos al personal apropiado responsable de la operación de un
20 sistema de suministro de energía eléctrica afectado.

De acuerdo con una realización, el módulo de informes 236 puede estar configurado para crear un archivo COMTRADE según IEEE C37.111-1999 que incluye el contenido de alta frecuencia de las corrientes de fase con sus correspondientes sellos temporales. Un archivo
25 COMTRADE también puede incluir información de fallos de detección, corrientes de fase de ondas progresivas, y/o varios parámetros derivados.

El módulo de estimación de localización de fallos 246 puede estar configurado para estimar una localización de fallos en base al análisis de los datos respecto a las ondas progresivas.
30 De acuerdo con diversas realizaciones, el módulo de estimación de localización de fallos 246 puede basarse en uno o más enfoques para el cálculo de la localización de un fallo. El módulo de estimación de localización de fallos 246 puede estar configurado para basarse en técnicas de detección de fallos, incluyendo: la detección de las ondas progresivas resultantes en un fallo, la localización del fallo en base a las mediciones de impedancia de
35 dos puntos situados en lados opuestos del fallo, y la localización de fallos en base a parámetros eléctricos que se pueden medir a partir de una única localización. Puede ser

ventajoso calcular una localización de fallos en base a la detección de las ondas progresivas y, en consecuencia, este enfoque puede priorizar las técnicas basadas en la impedancia de un extremo o de dos extremos para la localización de fallos.

5 De acuerdo con una realización, el módulo de estimación de localización de fallos 246 puede comprender tres submódulos: un módulo de estimación de localización de fallos de ondas progresivas, un módulo de estimación de localización de fallos de dos extremos, y un módulo de estimación de localización de fallos de un solo extremo. Uno de estos tres submódulos puede ser utilizado para calcular una localización de fallos estimada en base al
10 tipo de datos disponibles para un fallo específico. Por ejemplo, si se dispone de suficiente información, el módulo de estimación de localización de fallos de ondas progresivas puede seleccionarse para generar una localización de fallos estimados. Si la información de la onda progresiva no está disponible, pero las mediciones remotas de corriente de fase y/o tensión de fase desde un IED remoto están disponibles, el módulo de estimación de la
15 localización de fallos basado en dos extremos se puede seleccionar para generar la localización del fallo estimado. Finalmente, si ninguna información de ondas progresivas, ni mediciones del IED remoto están disponibles, el módulo de estimación de localización de fallos de extremo simple puede calcular la localización del fallo estimado en base a parámetros eléctricos que pueden ser medidos desde una única localización en el sistema
20 de energía eléctrica.

La **figura 3** ilustra un diagrama de bloques funcional de un sistema de adquisición de datos de corriente de fase 300 de acuerdo con ciertas realizaciones. El sistema de adquisición de datos de corriente de fase 300 puede, de acuerdo con diversas realizaciones, asociarse con
25 o incorporarse en un IED (no mostrado). El sistema de adquisición de datos de corriente de fase 300 puede, de acuerdo con diversas realizaciones, monitorizar todas las corrientes de fase para su protección con un solo multiplexor y para la localización de fallos de onda con un convertidor analógico a digital para cada canal. Se ilustra un solo conductor 302. El conductor 302 está conectado a un lado del transformador 304. Un conductor 320 puede
30 estar conectado al otro lado del transformador 304 y también puede estar conectado a un filtro de paso bajo (LPF) 306 y a un filtro de paso de banda (BPF) 308. De acuerdo con una realización, el filtro LPF 306 puede tener un ancho de banda de 3 kHz, mientras que el BPF 308 puede tener un ancho de banda de 10 kHz a 600 kHz. De acuerdo con una realización, el BPF 308 puede ser reemplazado por una combinación de filtros analógicos y digitales.
35 Los convertidores analógico a digital (ADC) 312, 314 se pueden conectar al sistema de protección, monitorización y control del sistema (PMC) 316 y el sistema TWFL 318,

respectivamente. De acuerdo con una realización, el ADC 312 puede muestrear las corrientes a 8 kHz, mientras que el ADC 314 puede muestrear las corrientes a 1,5625 Mhz. La velocidad de muestreo de datos puede influir en la precisión de un sistema TWFL (por ejemplo, el sistema TWFL 318).

5

El sistema PMC 316 puede abarcar una variedad de sistemas diseñados para proteger, monitorizar y/o controlar al menos una porción de un sistema de suministro de energía eléctrica. El sistema PMC 316 puede recibir, como una entrada, información del sistema de adquisición de datos de corriente de fase 300. En respuesta a esta información, el sistema

10 PMC 316 puede emitir instrucciones de control a una o varias piezas de equipo monitorizado para mantener una operación segura y fiable del sistema de suministro de energía eléctrica. El sistema PMC 316 puede comprender una variedad de sistemas y dispositivos dispares, incluyendo una pluralidad de IED y equipo monitorizado.

15

El sistema TWFL 318 puede comprender una variedad de sistemas configurados para detectar las ondas progresivas y para determinar una localización de fallos usando las ondas progresivas detectadas. De acuerdo con una realización, el sistema TWFL 318 puede comprender un IED local, un IED remoto, y un sistema de comunicación que permite la comunicación entre el IED local y el IED remoto. Cada uno del IED local y del IED remoto se

20 puede configurar para monitorizar ondas progresivas en una línea de transmisión eléctrica. Tras la detección de una onda, el IED local y el IED remoto podrán intercambiar información respecto a la información recopilada en relación con la onda progresiva para generar una estimación de una localización de un fallo que causó la onda progresiva.

20

25

La **figura 4** ilustra un diagrama de bloques de un sistema de selección de fuente de corriente 400 que puede utilizarse en conexión con diversos sistemas y procedimientos descritos en este documento para determinar la localización de un fallo en un sistema de suministro de energía eléctrica utilizando ondas progresivas. De acuerdo con la realización ilustrada, un relé 402 está configurado para monitorizar ondas progresivas en seis canales

30 de corriente. Los seis canales de corriente incluyen dos conjuntos de corriente trifásica, es decir, el conjunto IW (IAW, IBW y ICW) y el conjunto IX (IAX, IBX, y ICX). Como se ilustra, el relé 402 puede estar configurado para monitorizar los interruptores 404 y 406 en una línea de transmisión 420 entre los buses 408 y 410. El interruptor 404 puede estar asociado con el conjunto IW de corrientes, mientras que el interruptor 406 puede estar asociado con el conjunto IX de corrientes. Los interruptores 404, 406 se pueden utilizar para evitar que la

35 corriente fluya a través de la línea de transmisión 420. Las realizaciones alternativas pueden

incluir más o menos canales de corriente. Además, en ciertas realizaciones, pueden monitorizarse las ondas progresivas de sólo una fase de un sistema de energía de tres fases.

- 5 De acuerdo con la realización ilustrada, el relé 402 utiliza una variable booleana TWALTI para seleccionar el conjunto de corriente IW o IX. Si TWALTI = 1, la lógica de selección de la fuente selecciona IX. Si TWALTI = 0, la lógica de selección de la fuente selecciona IW. Por ejemplo, el relé utiliza el conjunto de corrientes adecuado para TWFL si uno de los interruptores 404, 406 está fuera de servicio. La relación entre las entradas (por ejemplo, IAW, IBW, ICW, IAX, IBX, e ICX) y las salidas (por ejemplo, TWIA, TWIB, y TWIC) del relé
10 402 se puede expresar de acuerdo con el siguiente algoritmo:

```

If TWALTI = 1
    TWIA = IAX, TWIB = IBX, y TWIC = ICX
else
    TWIA = IAW, TWIB = IBW y TWIC =
    ICW
end

```

- 15 20 De acuerdo con realizaciones alternativas, pueden proporcionarse salidas adicionales, de manera que múltiples conjuntos de corriente pueden monitorizarse simultáneamente.

La **figura 5** ilustra un diagrama de bloques funcional que muestra una interacción entre el detector de transitorios y registrador de eventos 234 y el módulo gestor de adquisición de
25 datos 240 de acuerdo con ciertas realizaciones. El detector de transitorios y el registrador de eventos 234 recogen las muestras de datos que representan las entradas de corriente de las ondas progresivas 502 (es decir, TWIA, TWIB y TWIC). El detector de transitorios y el registrador de eventos 234 pueden almacenar las muestras de datos en una memoria intermedia giratoria cuando el módulo de gestión de adquisición de datos establece el bit
30 inicial en "1". El detector de transitorios y el registrador de eventos 234 pueden detener el registro y hacer que los valores actuales almacenados y el sello de tiempo estén disponibles para su recuperación.

La **figura 6** ilustra un diagrama de bloques de un detector de transitorios adaptativo 600 que
35 puede utilizarse en conexión con diversos sistemas y procedimientos descritos en este documento para determinar la localización de un fallo en un sistema de suministro de

energía eléctrica utilizando ondas progresivas de acuerdo con ciertas realizaciones. El detector de transitorios 600 puede adaptarse a la carga del sistema y a las condiciones de ruido para detectar ondas progresivas en la línea de transmisión. El detector 600 puede tener un umbral mínimo, TWTH, que puede depender del nivel de ruido del sistema. Un bit detector de transitorios, TWFDA, puede determinar cuándo se produce un transitorio en la corriente TWIA. La realización ilustrada en la **figura 6** muestra una sola fase; sin embargo, un detector de transitorios 600 similar se puede emplear para cada fase en un sistema de múltiples fases. De acuerdo con una realización, el bit de salida asociado con una pluralidad de detectores de transitorios asociados con múltiples fases puede representar una combinación “OR” de detectores de transitorios individuales.

El detector de transitorios 600 puede incorporar un filtro de respuesta de impulsos infinito de primer orden (IIR). La **figura 7** ilustra un diagrama de bloques de un ejemplo de un filtro IIR 700 que puede utilizarse en conexión con diversos sistemas y procedimientos descritos en este documento para determinar la localización de un fallo en un sistema de suministro de energía eléctrica utilizando ondas progresivas. El filtro IIR 700 puede, de acuerdo con una realización, tener las características expresadas en la ecuación 8.

$$\begin{aligned}
 IIRA_k &= Alpha \cdot IIRA_{k-1} + (1 - Alpha) \cdot \\
 &IMAXLA_k; \\
 Alpha &= e^{-\frac{1}{fs} \frac{1}{\tau}};
 \end{aligned}$$

donde

$$\begin{aligned}
 fs &= 1,5625 \text{ MHz} \\
 \tau &= 3 \cdot 10^{-3} \text{ segundos}
 \end{aligned}$$

La **figura 8** ilustra un diagrama lógico que puede ser utilizado para determinar si un error del sistema de suministro de energía eléctrica se encuentra dentro de una línea de transmisión protegida por diversos sistemas y procedimientos descritos en este documento. De acuerdo con diversas realizaciones, un IED puede estar configurado para actuar como un relé de protección, además de monitorizar una línea de transmisión para ondas progresivas. Un sistema TWFL se puede configurar de acuerdo con una realización para realizar cálculos de localización de fallos sólo cuando hay un desplazamiento debido a la operación del elemento de protección diferencial o piloto de una falla en la línea de transmisión en la zona.

La **figura 9** ilustra un diagrama de flujo de un procedimiento 900 para el registro y la

recuperación de datos de ondas progresivas que puede utilizarse en conexión con diversos sistemas y procedimientos descritos en este documento para determinar la localización de un fallo en un sistema de suministro de energía eléctrica utilizando ondas progresivas. En 902, el registro de datos puede comenzar. En algunas realizaciones, los datos se pueden registrar en una memoria intermedia circular. En 904, puede realizarse una determinación si se detecta un transitorio, por ejemplo, usando un detector de transitorios, como se ilustra en la **figura 5**. Si no se detecta una perturbación, en 904, el procedimiento 900 puede determinar si un borde ascendente, un informe de eventos (ER), o un fallo interno se detectaron en 914. Si ninguna de las condiciones indicadas en 904 y 914 se detecta, el procedimiento 900 puede volver a 902. Si se detecta un borde ascendente, ER, un comando TRIG, o un fallo interno, en 914, el registro de datos se detiene y los datos asociados a un evento de onda progresiva pueden recuperarse en 912.

Cuando detecta un transitorio en 904, el sistema 900 puede determinar si se ha detectado un fallo interno 908. Si no se detecta un fallo interno, el procedimiento 900 puede volver a 902. Si se detecta un fallo interno en 908, los datos asociados con un evento de onda progresiva se pueden recuperar en 912.

La **figura 10** muestra una ventana de observación generada por un evento de activación. En la realización ilustrada, el evento de activación es el borde ascendente de una onda progresiva. La ventana de observación se abre un período de tiempo 1002 antes del evento de activación. Según algunas realizaciones, la ventana antes del evento de activación 1002 puede ser un momento fijo (por ejemplo, 0,25 ms) o un período de tiempo variable (por ejemplo, un múltiplo de MAXTT). La ventana de observación también se extiende a través de un período de tiempo después del evento de activación 1004. Una vez más, el período de tiempo 1004 puede ser un tiempo fijo o un período de tiempo variable (por ejemplo, un múltiplo de MAXTT).

La **figura 11** ilustra un diagrama de flujo de un procedimiento 1100 para el intercambio de datos entre un relé local y un relé remoto que puede ser utilizado por diversos sistemas descritos en este documento para determinar la localización de un fallo en un sistema de suministro de energía eléctrica utilizando ondas progresivas. En la realización ilustrada, el procedimiento 1100 puede realizarse mediante un IED. El IED remoto puede realizar un procedimiento correspondiente que es similar al procedimiento 1100 en la interacción con un IED local. El IED local y un IED remoto pueden intercambiar información respecto a un fallo que se produce en una línea de transmisión. Para calcular una localización de fallos, el IED

remoto y el IED local pueden intercambiar distintos tipos de información. Dicha información puede incluir:

- Sellos de tiempo de valor de la onda progresiva para cada fase (TPKA, TPKB y TPKC);
- Polaridades de la onda progresiva para cada fase (PPKA, PPKB y PPKC);
- 5 - Estados de onda progresiva para cada fase (PKOKA, PKOKB y PKOKC);
- Fase en fallo (TWSPL).

De acuerdo con diversas realizaciones, el procedimiento 1100 puede realizarse sin la intervención del usuario. En otras palabras, el procedimiento 1100 puede realizarse
10 automáticamente mediante un sistema configurado para monitorizar y/o proteger un sistema de suministro de energía eléctrica. Además, un sistema de este tipo puede configurarse para notificar automáticamente al personal responsable de la operación del sistema de suministro de energía eléctrica de la ocurrencia de un fallo y una localización estimada del fallo.

15 El procedimiento 1100 puede comenzar por determinar si la información local de la onda progresiva está disponible (es decir, se ha detectado una onda progresiva), en 1102. Cuando la información local de la onda progresiva está disponible, en 1104, el IED local puede enviar una solicitud de información sobre el recorrido de la onda a un relé remoto. Alternativamente, el relé remoto puede transmitir la información de la onda progresiva, que
20 es recibida por el relé local. En 1106, se puede determinar si la información de la onda progresiva remota está disponible. Si la información de la onda progresiva remota no está disponible, el procedimiento puede terminar. Si la información de la onda progresiva remota está disponible, el procedimiento puede determinar si la polaridad de la información de la onda progresiva local y la información de onda progresiva remota son idénticas 1110. Es
25 decir, la información de la onda progresiva puede incluir picos, ya sea con polaridades positivas o negativas. Si las polaridades no son idénticas, entonces el procedimiento puede terminar.

Si las polaridades son idénticas, el IED local puede utilizar la información de las ondas
30 progresivas local y la información de las ondas progresivas remotas para generar una estimación de la localización de fallos en 1108. De acuerdo con una realización, la localización se puede calcular usando las ecuaciones 7 a 10.

Si

35 *PPKL y PPKR tienen la misma polaridad*

Entonces

Ecuación 7

$$TWFL = \frac{LL + (TPKL - TPKR) \cdot VLINE}{2}$$

De acuerdo con diversas realizaciones, el IDE puede calcular la localización del fallo de una o más formas dependiendo de la cantidad de información disponible. Si sólo está disponible la información local, el relé calcula la localización del fallo, como se muestra en la ecuación 8. El cálculo se muestra sólo en la fase A para una fase A de fallo de conexión a tierra. Cálculos similares pueden hacerse para las fases adicionales.

$$FL_L = \frac{Im[V_A * (I_{2L})^*]}{Im(Z_{1L} * (I_A + k_0 * I_G) * (I_{2L})^*)}$$

Ecuación 8

donde

V_A es tensión de fase A;

I_A es la corriente de fase A;

I_G es la corriente residual;

Z_{1L} es la impedancia de la línea de secuencia positiva;

I_{2L} es la corriente de secuencia negativa local, y

K_0 es el factor de compensación de secuencia cero.

Si la corriente remota está disponible, el IED puede calcular la localización de fallos utilizando la ecuación 9.

$$FL_{L\&R} = \frac{Im[V_A * (I_{2L} + I_{2R})^*]}{Im(Z_{1L} * (I_A + k_0 * I_G) * (I_{2L} + I_{2R})^*)}$$

Ecuación 9

donde

I_{2R} es la corriente de secuencia negativa remota

Si la información de la onda progresiva remota está disponible, el relé calcula la localización de fallos usando la ecuación 10.

$$FL_{TW} = \frac{LL + (t_L - t_R) \cdot v}{2}$$

Ecuación 10

donde

LL es la longitud de la línea;

t_L es el sello de tiempo del valor de onda progresiva local

5 t_R es el sello de tiempo del valor de onda progresiva remota, y

v es la velocidad de propagación de línea.

Aunque no se muestra específicamente, el IED remoto también puede calcular la localización de fallos utilizando un procedimiento similar al procedimiento 1100. El resultado
10 de la localización de fallos puede dirigirse a los operadores de un sistema de suministro de energía eléctrica.

Después de que se genere la primera estimación de localización del fallo, los terminales locales y remotos intercambian estas estimaciones de localización de fallos para determinar
15 la localización del fallo final. De acuerdo con una realización, la estimación de la localización final puede comprender un promedio de las estimaciones de localización de fallos del IED local y el IED remoto. El relé muestra la información de acuerdo con la prioridad más alta. En ciertas realizaciones, las prioridades de mayor a menor son: onda progresiva FL_{TW} , tensiones y/o corrientes locales y remotas (doble extremo) $FL_{L\&R}$ o tensiones y corrientes
20 (extremo simple) locales FL_L .

La **figura 12** ilustra un diagrama de flujo de un procedimiento 1200 para la selección de un procedimiento para estimar la localización de un fallo de una pluralidad de procedimientos disponibles de acuerdo con ciertas realizaciones. En 1202, el procedimiento 1200 puede
25 determinar si se ha detectado un fallo interno. Cuando se detecta un fallo, en 1204, el procedimiento 1200 puede determinar si el tiempo de un valor de onda progresiva está disponible para un IED remoto. Si el tiempo del valor de onda progresiva está disponible desde el IED remoto, en 1210, puede calcularse una localización del fallo estimado a partir de los datos asociados con los datos de la onda progresiva. De acuerdo con una realización,
30 la localización del fallo estimado puede calcularse de acuerdo con la ecuación 10. Si el tiempo del valor de la onda progresiva no está disponible en el IED remoto, el procedimiento 1200 puede pasar a 1206.

En 1206, se puede determinar si las mediciones de una corriente y/o tensión de fase remota
35 están disponibles. Si es así, se puede calcular la localización del fallo estimado utilizando las mediciones locales y remotas 1212. De acuerdo con algunas realizaciones, la localización

del fallo estimado puede calcularse de acuerdo con la ecuación 9. Si las mediciones no están disponibles en el IED remoto, el procedimiento 1200 puede pasar a 1208.

En 1208, una localización del fallo estimado puede calcularse usando sólo información local.

- 5 De acuerdo con una realización, la localización del fallo estimado puede calcularse de acuerdo a la ecuación 8.

La ecuación 11 ilustra que la localización del fallo de onda progresiva es una función de la longitud de la línea, el sello de tiempo de un valor de ondas progresivas local, un sello de tiempo de un valor de ondas progresivas remoto, y una velocidad de propagación de línea. De acuerdo con una realización, la longitud de línea se puede calcular utilizando reflejos de una onda progresiva. Se ha observado que una onda progresiva se puede reflejar desde un terminal de extremo de un conductor. De acuerdo con esta realización, una onda progresiva puede iniciarse en un primer extremo de un conductor, por ejemplo, cerrando un interruptor con el terminal remoto abierto. El momento en que se inicia la onda progresiva se registra. La onda progresiva se propaga a lo largo del conductor, se refleja en un terminal remoto, y vuelve al primer extremo del conductor, en el que se detecta mediante un IED, tal como un IED que se describe en el presente documento. El momento en que el IED detecta la onda progresiva se registra, y se registra el tiempo para que se propague la onda progresiva al terminal remoto, se refleje, y vuelva. El IED puede utilizar este tiempo, junto con la velocidad de propagación para calcular una longitud de línea. La ecuación 11 se puede usar para calcular la longitud de la línea:

$$LL = \frac{\Delta t \cdot v}{2}$$

Ecuación 11

25

donde:

LL es la longitud de la línea;

Δt es el tiempo desde el inicio de la onda hasta la detección de la onda progresiva reflejada, y

30 v es la velocidad de propagación de la línea.

Debe tenerse en cuenta que Δt puede incluir una serie de reflexiones para mejorar la precisión de la medición.

Usando el mismo procedimiento que el cálculo de la longitud de línea, el IDE puede calcular la localización de errores usando información de la onda progresiva solamente desde el IED local. Como se describió anteriormente, el IED local puede detectar y asignar un primer sello de tiempo a una primera onda progresiva; detectar y asignar un segundo sello de tiempo a una segunda onda progresiva reflejada, y calcular un tiempo entre el primer y segundo sellos de tiempo. El IED puede entonces calcular la distancia al fallo lo largo del conductor utilizando la diferencia de tiempo y una velocidad de propagación de línea de acuerdo con la Ecuación 12:

$$FL_{TWL} = \frac{\Delta t \cdot v}{2} \quad \text{Ecuación 12}$$

donde:

FL_{TWL} es la localización del fallo utilizando información local;

Δt es el tiempo desde el inicio hasta la detección de la onda progresiva, y v es la velocidad de propagación de la línea.

Aunque se han ilustrado y descrito realizaciones y aplicaciones específicas de la divulgación, debe entenderse que la divulgación no está limitada a la configuración y a los componentes precisos divulgados en este documento. Diversas modificaciones, cambios y variaciones evidentes para los expertos en la técnica se pueden hacer en la disposición, la operación y los detalles de los procedimientos y sistemas de la divulgación sin apartarse del espíritu y ámbito de la divulgación. En particular, debe tenerse en cuenta que las tensiones se pueden usar en lugar de las corrientes en ciertas realizaciones. Por ejemplo, las tensiones de la onda progresiva se pueden utilizar en lugar de las corrientes de la onda progresiva.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo electrónico inteligente de recepción (IED) configurado para calcular una
5 localización de fallos en un sistema de suministro de energía eléctrica en base a una onda
progresiva creada por un fallo eléctrico en el sistema de suministro de energía eléctrica,
comprendiendo el IED receptor:
un puerto de comunicaciones;
una lógica de control en comunicación con el puerto de comunicaciones, estando la lógica
10 de control configurada para:
detectar una onda progresiva transitoria causada por un fallo eléctrico mediante el uso de
una pluralidad de muestras de datos que representan mediciones de un parámetro del
sistema de suministro de energía eléctrica;
detectar un primer valor de la onda progresiva transitoria;
15 detectar un primer tiempo asociado con el primer valor;
recibir a través del puerto de comunicación un segundo de tiempo asociado con un
segundo valor de la onda progresiva transitoria detectada por un IED remoto situado a una
distancia conocida del IED receptor; y
generar una localización del fallo estimada en base a la diferencia de tiempo entre el
20 primer tiempo y el segundo tiempo.
2. El IED receptor de la reivindicación 1, en el que la lógica de control está configurada
también para:
detectar una primera polaridad de la onda progresiva transitoria;
25 recibir a través del puerto de comunicación una segunda polaridad de la onda progresiva
transitoria; y
cuando la primera polaridad es la misma que la segunda polaridad, generar la localización
del fallo estimada.
- 30 3. El IED de la reivindicación 1, en el que el primer valor comprende un primer valor de pico,
y el segundo valor comprende un segundo valor de pico.
4. El IED de la reivindicación 1, en el que el primer valor comprende un primer tiempo de
llegada, y el segundo valor comprende un segundo tiempo de llegada.
- 35 5. El IED receptor de la reivindicación 1, que comprende además:

una entrada configurada para recibir la información de la corriente del sistema de suministro de energía eléctrica.

5 6. El IED receptor de la reivindicación 5, en el que la entrada está configurada para recibir la pluralidad de muestras de datos que representan mediciones del parámetro del sistema de suministro de energía eléctrica.

10 7. El IED receptor de la reivindicación 1, en el que el primer tiempo se compensa en base a un retardo asociado con la propagación de la onda progresiva transitoria en un cable secundario de una longitud conocida en comunicación con el IED receptor.

8. El IED receptor de la reivindicación 7, en el que el segundo tiempo se ajusta basándose en un retardo asociado con la propagación de la onda progresiva transitoria en un cable secundario de una longitud conocida en comunicación con el IED remoto.

15 9. El IED receptor de la reivindicación 1, en el que la lógica de control está configurada además para generar una localización del fallo estimada en base a una medición de corriente de secuencia negativa recibida desde el IED remoto.

20 10. El IED receptor de la reivindicación 1, en el que la lógica de control está configurada además para generar una localización del fallo estimada en base a parámetros eléctricos medibles desde una única localización en el sistema de suministro de energía eléctrica.

25 11. El IED receptor de la reivindicación 1, en el que la lógica de control comprende además un filtro de respuesta de impulso infinito de primer orden, estando el filtro de respuesta de impulso infinito de primer orden configurado para detectar la onda progresiva transitoria.

30 12. El IED receptor de la reivindicación 11, en el que la lógica de control comprende, además, un umbral mínimo que depende de un nivel de ruido, y el umbral mínimo debe cumplirse para detectar la onda progresiva transitoria.

13. El IED receptor de la reivindicación 1, en el que la lógica de control está configurada además para:
generar una localización del fallo estimada en base a una corriente de secuencia negativa
35 y/o una medición de la tensión recibida desde el IED remoto;
generar una localización del fallo estimada en base a parámetros eléctricos que se pueden

medir desde una única localización en el sistema de suministro de energía eléctrica y, seleccionar una localización del fallo de las localizaciones de fallos estimadas.

14. El IED receptor de la reivindicación 1, en el que la localización del fallo estimada se calcula de acuerdo con:

$$FL_{TW} = \frac{LL + (t_L - t_R) \cdot v}{2},$$

en la que,

- 10 FL_{TW} es la localización del fallo estimada respecto a una localización del IED;

t_L es el primer tiempo;

t_R es el segundo tiempo;

v es la velocidad de propagación de la línea, y

LL es la longitud de la línea.

15

15. El IED receptor de la reivindicación 1, en el que la lógica de control está configurada además para:

calcular la distancia conocida mediante:

iniciar una onda progresiva de prueba en el IED receptor;

- 20 generar un primer tiempo de prueba al iniciar la onda progresiva de prueba;

recibir a través del puerto de comunicación un segundo tiempo de prueba asociado con la onda progresiva de prueba detectada por el IED remoto;

calcular la distancia conocida usando una diferencia entre el primer tiempo de prueba y el segundo tiempo de prueba, y una velocidad de propagación de línea.

25

16. El IED receptor de la reivindicación 1, en el que la lógica de control está configurada además para seleccionar una señal de corriente de entre una pluralidad de señales de corriente.

30

17. Un dispositivo electrónico inteligente (IED) configurado para calcular una localización de fallos estimada en un sistema de suministro de energía eléctrica en base a una onda progresiva creada por un fallo eléctrico en el sistema de suministro de energía eléctrica, que comprende:

un bus de datos;

un procesador en comunicación con el bus de datos;

un medio de almacenamiento legible por ordenador no transitorio en comunicación con el bus de datos, comprendiendo el medio de almacenamiento legible por ordenador no transitorio:

un módulo de estimación de localización de fallos de onda progresiva configurado para generar una localización de fallos en base a:

un primer tiempo asociado con un primer valor de una onda progresiva transitoria detectada en una primera localización y causada por un fallo eléctrico, y un segundo tiempo asociado con un segundo valor de la onda progresiva transitoria detectada en una segunda localización a una distancia conocida de la primera localización;

un módulo de estimación de localización de fallos de múltiples extremos configurado para generar la localización del fallo en base a:

una primera medición de la corriente de secuencia negativa realizada en la primera localización, y

una segunda medición de la corriente de secuencia negativa realizada en la segunda localización, y

un módulo de estimación de localización de fallos de localización de un solo extremo configurado para generar la localización del fallo en base a los parámetros eléctricos que se pueden medir desde una única localización en el sistema de suministro de energía eléctrica;

en el que el IED está configurado para generar una localización del fallo estimada usando uno de los módulos de estimación de la localización de fallos de ondas progresivas, el módulo de estimación de localización de fallos de múltiples extremos, y el módulo de estimación de localización de fallos de localización de un solo extremo en base a los datos disponibles.

18. El IED de la reivindicación 17, en el que el módulo de estimación de localización de fallos de onda progresiva, el módulo de estimación de localización de fallos de múltiples extremos, y el módulo de estimación de localización de fallos de localización de un solo extremo están, cada uno, asociados con una prioridad, y en el que la localización del fallo estimada se calcula mediante el módulo que tiene datos suficientes disponibles y que tiene la prioridad más alta.

19. Un sistema para el cálculo de una localización de fallos en un sistema de suministro de energía eléctrica utilizando una onda progresiva detectada creada por un fallo eléctrico en el sistema de suministro de energía eléctrica, que comprende:

un medio de comunicación entre un primer dispositivo electrónico inteligente (IED) y un segundo IED;

comprendiendo el primer IED:

un primer puerto de comunicaciones en comunicación con el medio de comunicación;

5 una primera lógica de control en comunicación con el primero puerto de comunicaciones y configurada para:

detectar una onda progresiva transitoria causada por un fallo eléctrico mediante el uso de una primera pluralidad de muestras de datos que representan mediciones de un primer parámetro del sistema de suministro de energía eléctrica;

10 detectar un primer valor de la onda progresiva transitoria;

detectar un primera tiempo asociado con el primer valor;

estando el segundo IED situado a una distancia conocida del primer IED, comprendiendo el segundo IED:

un segundo puerto de comunicaciones en comunicación con el medio de comunicación;

15 una segunda lógica de control en comunicación con el segundo puerto de comunicaciones y configurada para:

detectar la onda progresiva transitoria causada por el fallo eléctrico mediante el uso de una segunda pluralidad de muestras de datos que representan mediciones de un segundo parámetro del sistema de suministro de energía eléctrica;

20 detectar un segundo valor de la onda progresiva transitoria;

detectar un segundo tiempo asociado con el segundo valor;

transmitir el segundo tiempo asociado con el segundo valor al primer IED;

en el que la lógica de control del primer IED está configurada además para generar una localización de fallos estimada en base a la diferencia de tiempo entre el primer tiempo y el

25 segundo tiempo.

20. El sistema de la reivindicación 19, en el que

la lógica de control del segundo IED está configurada además para:

detectar una segunda polaridad de la onda progresiva transitoria, y

30 la lógica de control del primer IED está configurada además para:

detectar una primera polaridad de la onda progresiva transitoria, y

cuando la primera polaridad es la misma que la segunda polaridad, generar la localización del fallo estimada.

35 21. El sistema de la reivindicación 20, en el que el primer valor comprende un primer valor de pico, y el segundo valor comprende un segundo valor de pico.

22. El sistema de la reivindicación 20, en el que el primer valor comprende un primer valor de llegada, y el segundo valor comprende un segundo valor de llegada.

5 23. El sistema de la reivindicación 20, que comprende además:
una fuente de tiempo común en comunicación con el primer IED y el segundo IED, en el que el primer tiempo y el segundo tiempo se basan en la fuente de tiempo común.

24. El sistema de la reivindicación 23, en el que en una señal de tiempo común se distribuye
10 por lo menos a uno del primer IED y el segundo IED utilizando el medio de comunicación.

25. El sistema de la reivindicación 20, en el que el primer tiempo se ajusta en base a un retardo asociado con la propagación de la onda progresiva transitoria en un cable secundario de una longitud conocida en comunicación con el primero IED.

15 26. El sistema de la reivindicación 20, en el que el segundo tiempo se ajusta en base a un retardo asociado con la propagación de la onda progresiva transitoria en un cable secundario de una longitud conocida en comunicación con el segundo IED.

20 27. Un dispositivo electrónico inteligente (IED) para la protección de una porción de un sistema de suministro de energía eléctrica, configurado para calcular una localización de fallos en el sistema de suministro de energía eléctrica en base a una onda progresiva creada por un fallo eléctrico en el sistema de suministro de energía eléctrica, comprendiendo el IED:
un bus de datos;

25 un procesador en comunicación con el bus de datos;
un almacenamiento legible por ordenador no transitorio en comunicación con el bus de datos, comprendiendo el medio de almacenamiento legible por ordenador no transitorio:
un elemento de protección para determinar una acción de protección para la porción del sistema de suministro de energía eléctrica;

30 un módulo de estimación de localización de fallos de onda progresiva configurado para generar una localización de fallos en base a:

un primer tiempo asociado con un primer valor de una onda progresiva transitoria detectada en una primera localización y causada por la avería eléctrica;

un segundo tiempo asociado con un segundo valor de una onda progresiva transitoria
35 detectada en la primera localización y causada por la avería eléctrica; y

una velocidad de propagación de línea;

en el que la localización del fallo se utiliza mediante el elemento de protección.

28. El IED de la reivindicación 27, en el que el primer valor comprende un primer valor de pico, y el segundo valor comprende un segundo valor de pico.

5

29. El IED de la reivindicación 28, en el que el primer valor comprende un primer valor de llegada, y el segundo valor comprende un segundo valor de llegada.

30. El IED de la reivindicación 28, que comprende además una entrada configurada para
10 recibir información de la corriente del sistema de suministro de energía eléctrica.

31. El IED de la reivindicación 28, en el que el primer y segundo tiempos se ajustan en base a un retardo asociado con la propagación de la onda progresiva transitoria en un cable secundario de una longitud conocida en comunicación con el IED.

15

32. El IED de la reivindicación 28, en el que el módulo de estimación de localización de fallos de onda progresiva está configurado además para generar una localización del fallo estimada en base a mediciones de la tensión y/o de la corriente.

Figura 1

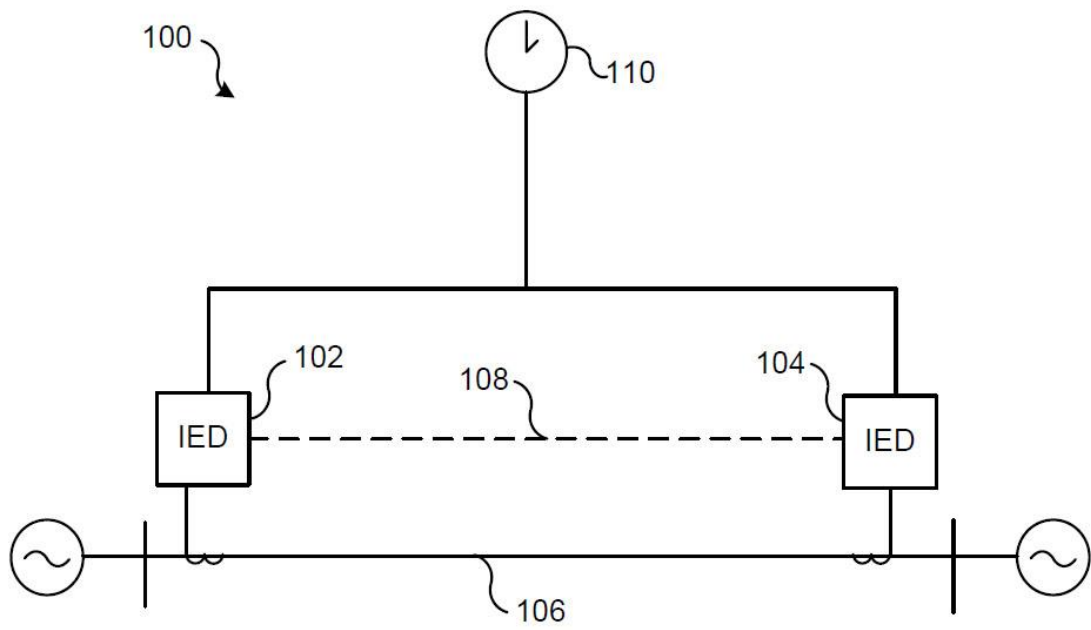


Figura 2

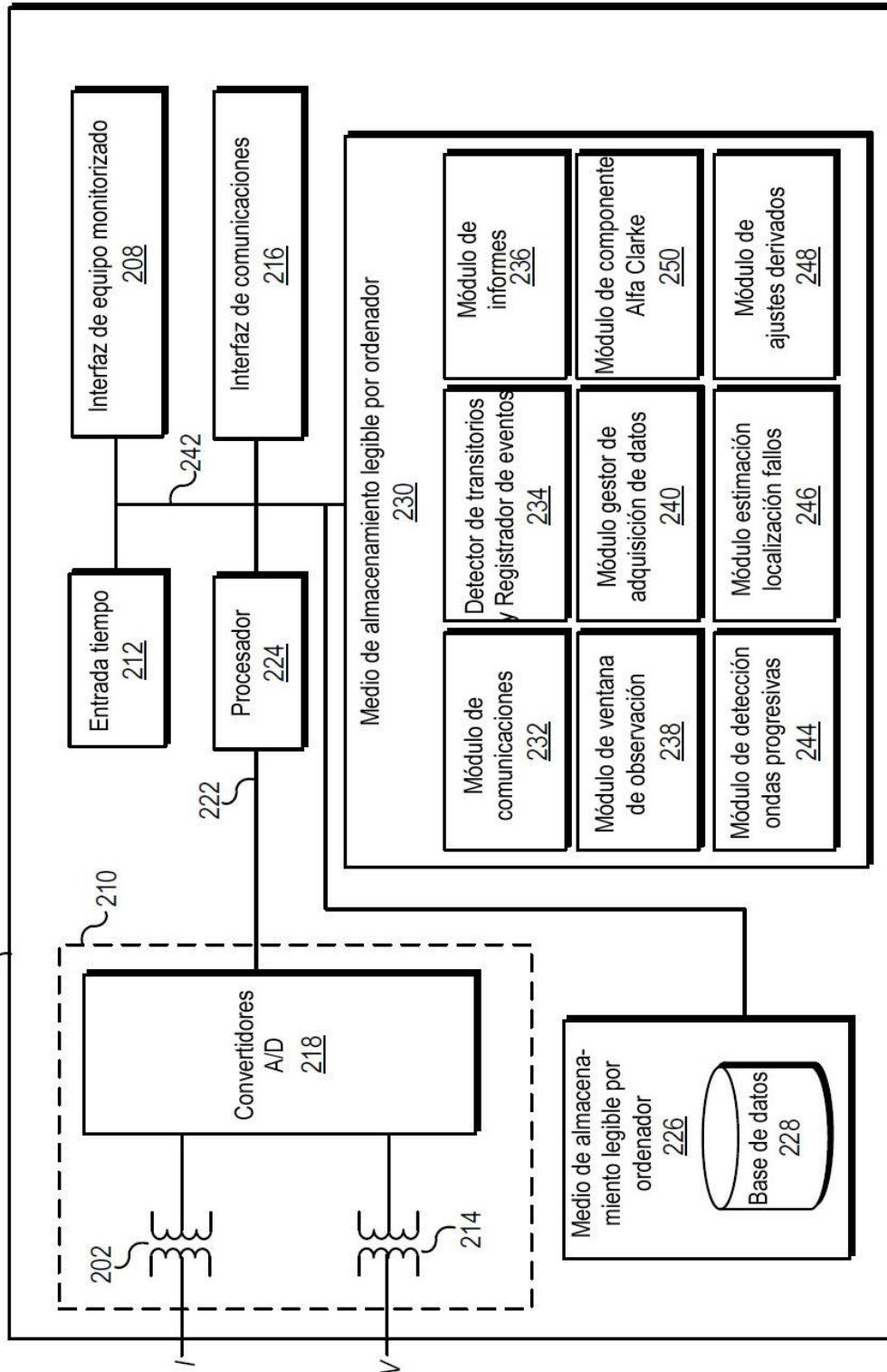


Figura 3

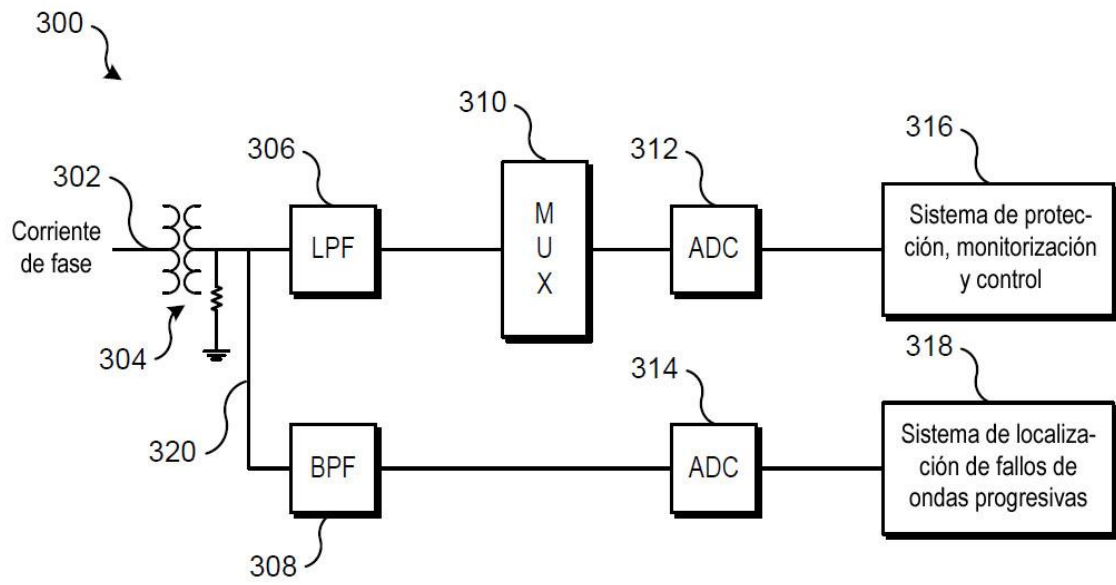


Figura 4

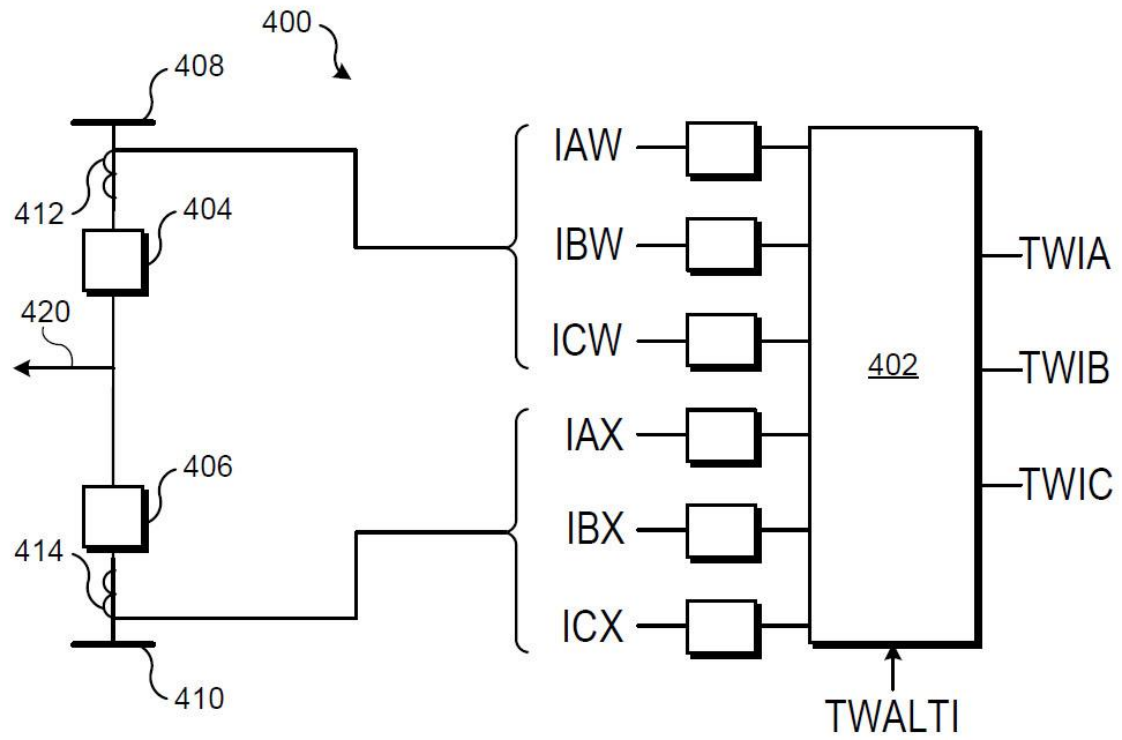


Figura 5

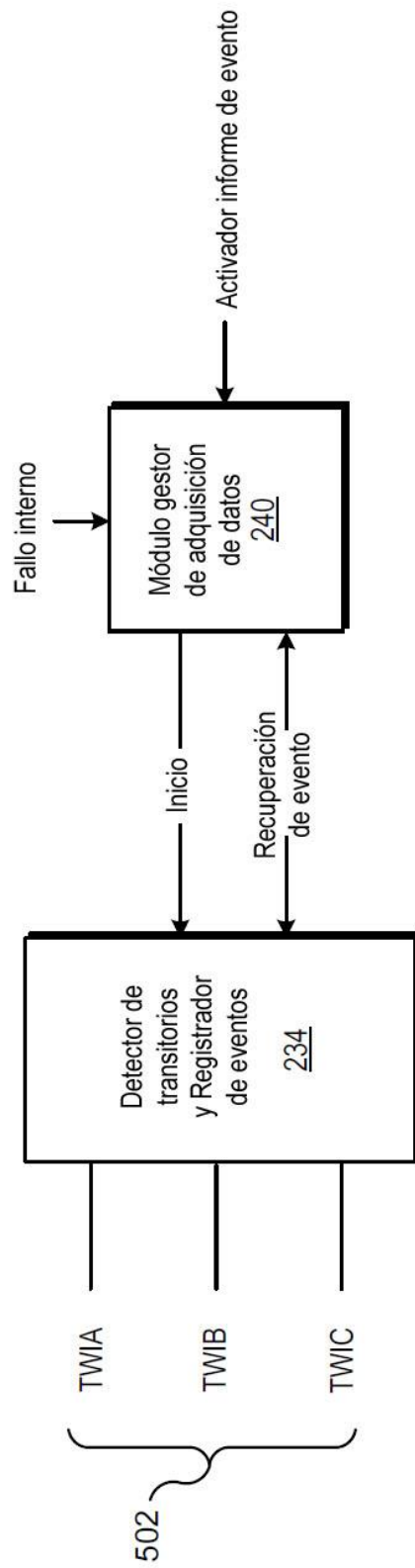


Figura 6

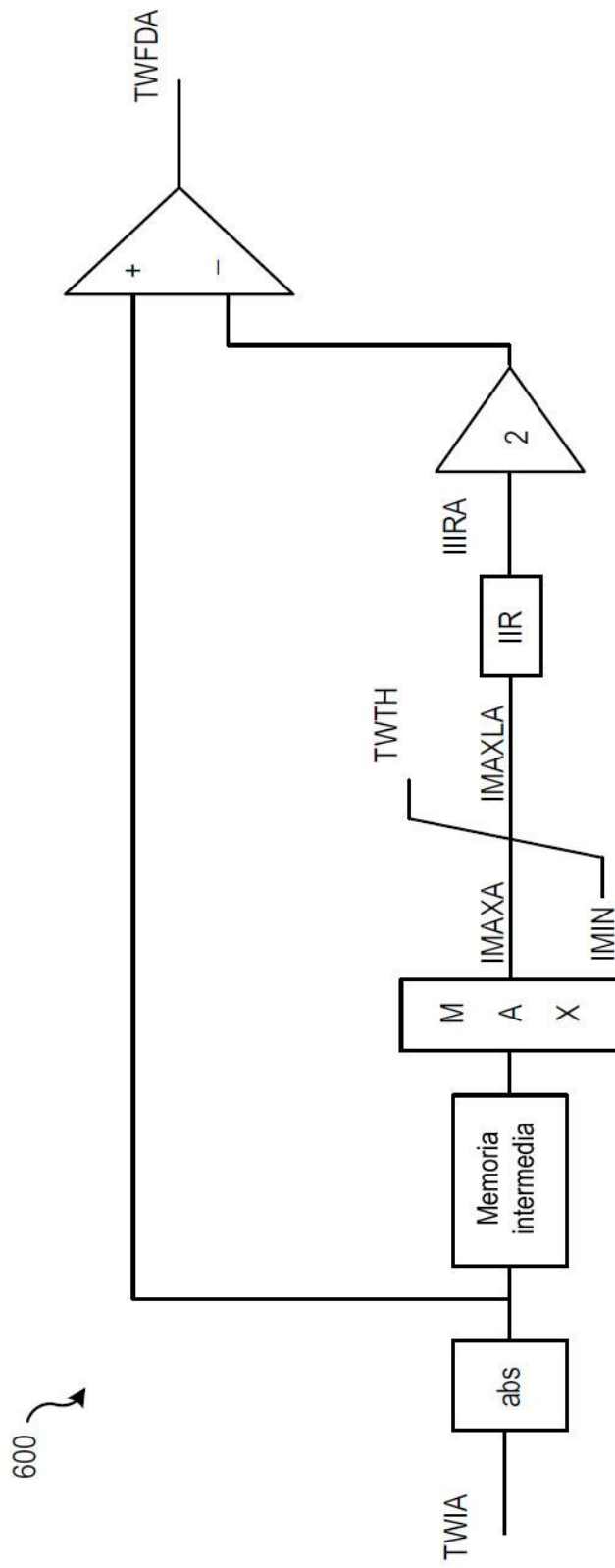


Figura 7

700

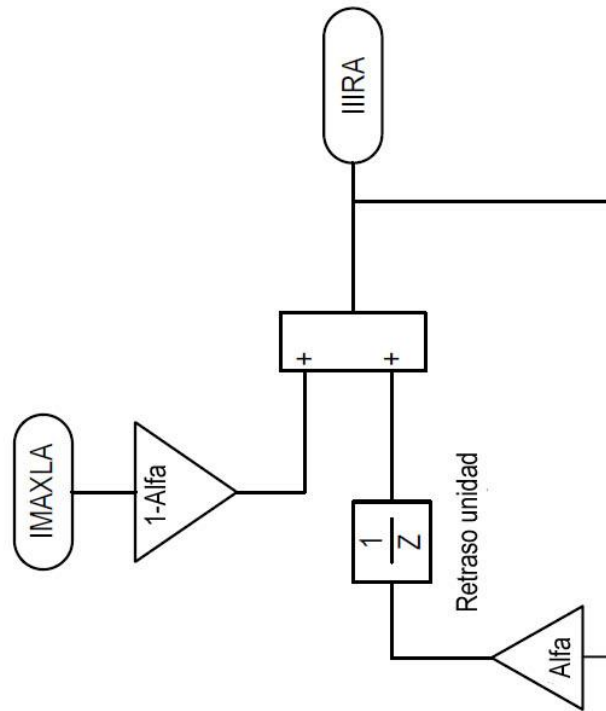
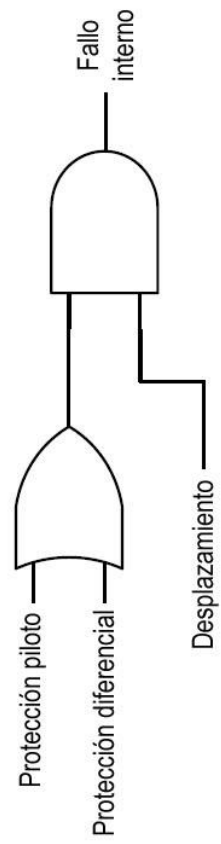


Figura 8



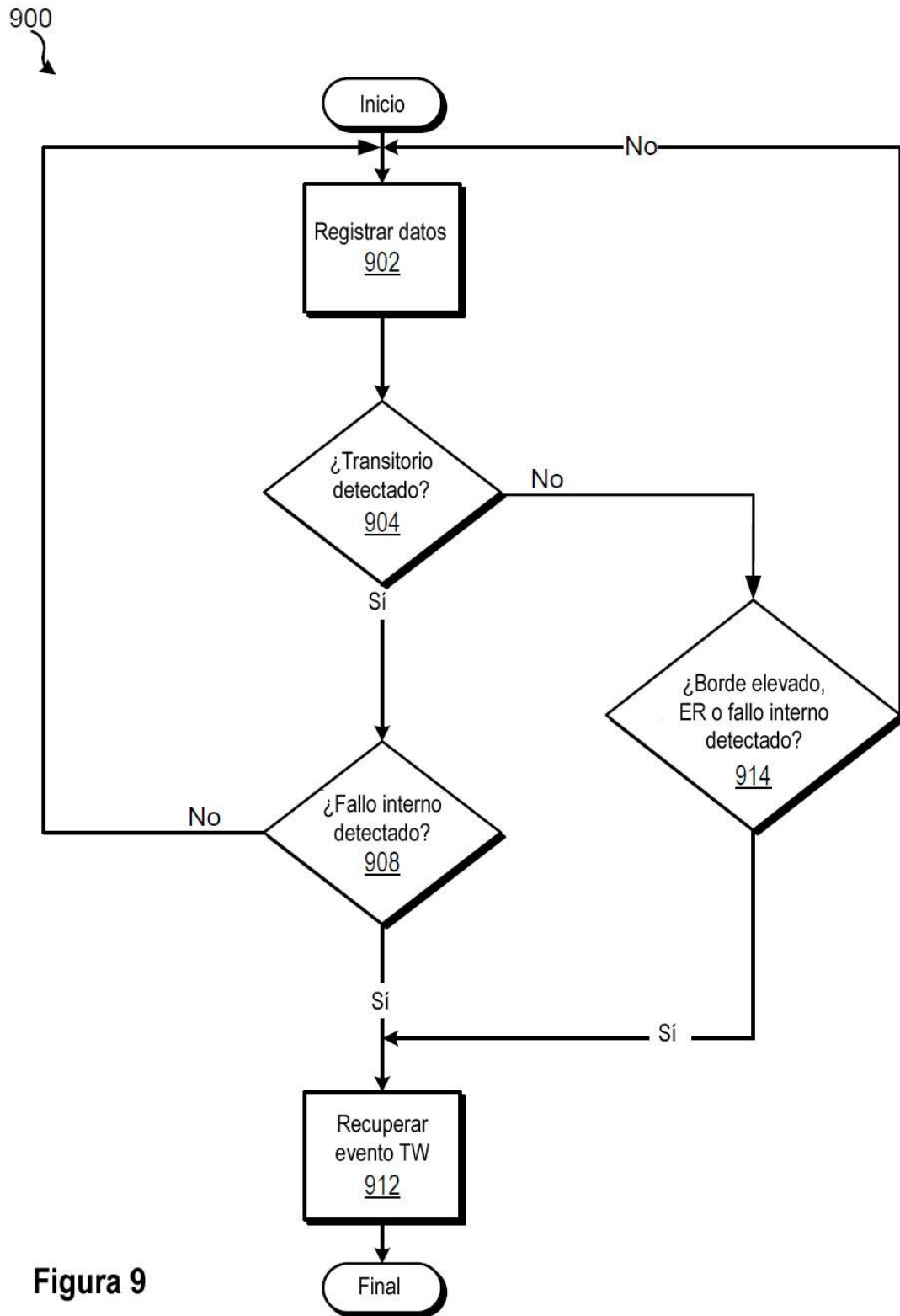
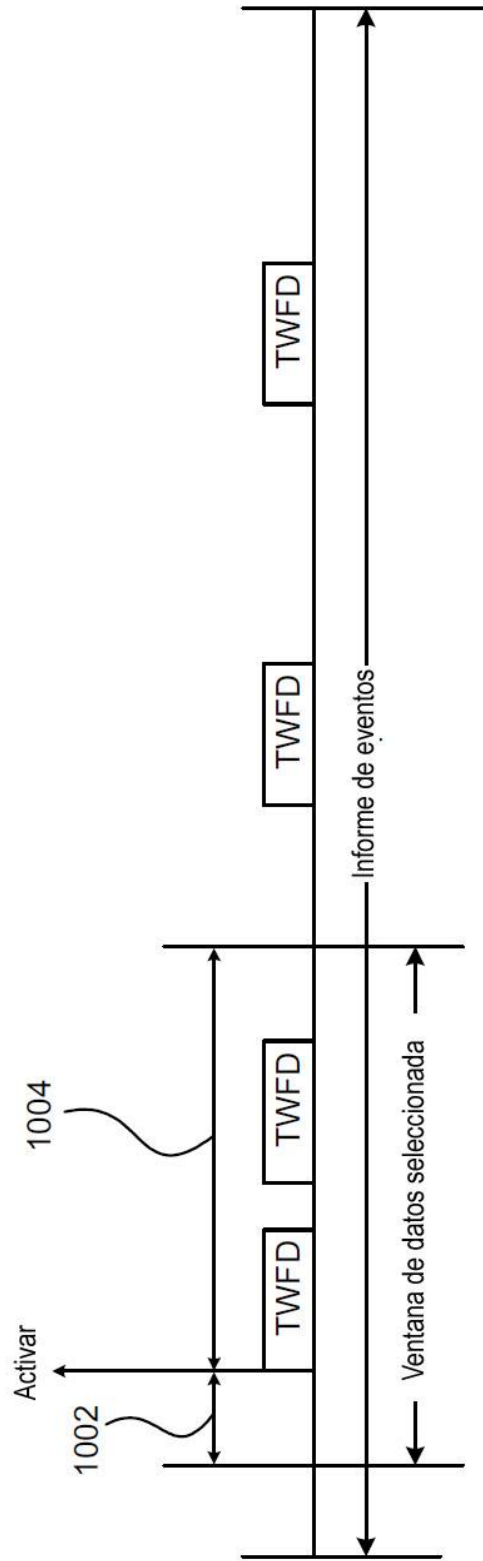


Figura 9

Figura 10



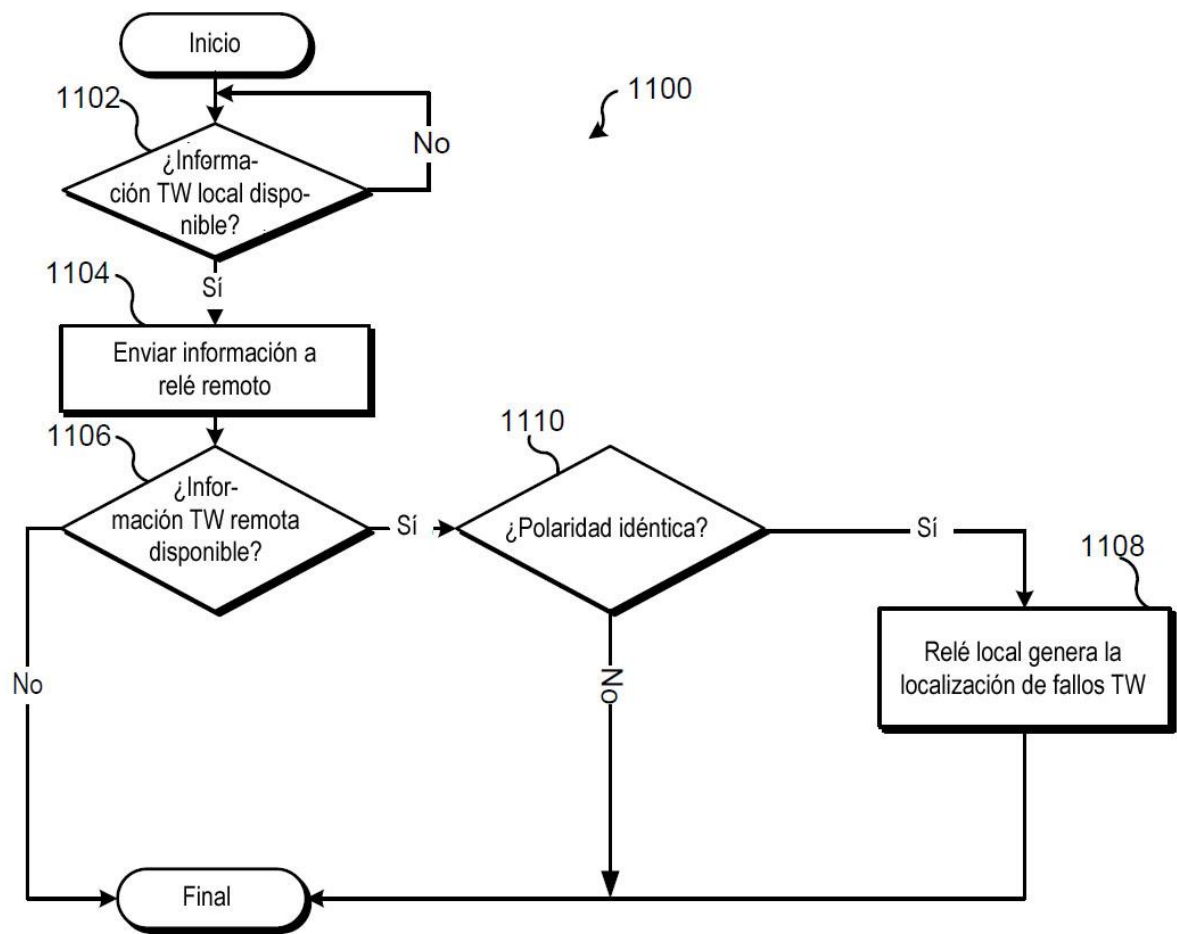


Figura 11

Figura 12

