

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 572 956**

51 Int. Cl.:

H02H 3/28 (2006.01)

G01R 31/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.07.2012** **E 12178590 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.04.2016** **EP 2693586**

54 Título: **Sincronización de relojes para protección diferencial de línea**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
03.06.2016

73 Titular/es:

ABB RESEARCH LTD. (100.0%)
Affolternstrasse 44
8050 Zürich, CH

72 Inventor/es:

DZUNG, DACFEY

74 Agente/Representante:

ZEA CHECA, Bernabé

ES 2 572 956 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

Sincronización de relojes para protección diferencial de línea.

5 CAMPO DE LA INVENCION

La invención se refiere al campo de la sincronización de tiempo entre dos relojes estacionarios separados geográficamente, en particular relojes en dos extremos de una línea de transmisión de energía.

10 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Las líneas de transmisión de energía son una parte crucial de cualquier sistema de distribución eléctrica, ya que proporcionan una vía para transferir energía entre la generación y el consumo. Las líneas de transmisión de energía están estrechamente interconectadas para un funcionamiento fiable. Las exigencias económicas y ambientales provocan que el funcionamiento de las líneas de transmisión de energía se encuentre cerca de sus límites operativos. Cualquier fallo caerá en cascada en una gran perturbación del sistema provocando cortes generalizados para un sistema estrechamente interconectado que opera cerca de sus límites. Por lo tanto, los sistemas de protección de transmisión están configurados para identificar fallos. La principal tarea de la protección de la línea de transmisión radica en la detección de manera fiable de defectos que comprometan la seguridad del sistema.

20 US 2009/0088989 describe un conjunto de mediciones de la corriente que pueden transmitirse desde un dispositivo electrónico inteligente (IED) remoto a un IED local. Las mediciones de la corriente pueden comprender una marca de tiempo y/o estar asociadas a información de una marca de tiempo para permitir que el IED local alinee en el tiempo la medición de la corriente local con la medición de la corriente remota. El IED local puede detectar un fallo en el segmento del sistema de energía definido por los IED locales y remotos mediante la comparación de una corriente operativa respecto a una corriente de restricción a escala. También puede detectarse un fallo mediante la comparación de la corriente operativa respecto a una corriente nominal a escala. Las corrientes operativas y de restricción pueden derivarse de las mediciones de corriente locales y remotas. La escala de corriente de restricción puede derivarse de las características del IED local y/o remoto. Las mediciones de corriente pueden corresponder a un componente de secuencia negativa y/o un componente de secuencia cero de un conjunto de mediciones de corriente trifásica.

35 US 2011/0063766 describe un sistema de protección diferencial de corriente de línea que utiliza una referencia de tiempo externa que continúa proporcionando protección a un aparato de energía al perder la referencia de tiempo externa. Puede aplicarse de manera selectiva un modo de sincronización de la referencia de tiempo externa y un modo de sincronización basada en el canal en función de cada canal de manera que sólo aquellos canales del sistema en que no se garantiza que permanecen simétricos utilizan una sincronización de la referencia de tiempo externa. Cuando se pierde la referencia de tiempo externa, pueden utilizarse, por ejemplo, estrategias de respaldo tales como deshabilitar o desensibilizar la función de protección diferencial de la corriente de la línea, conmutando del modo de sincronización de la referencia de tiempo externa a un modo de sincronización en base al canal con los ajustes de protección seleccionados de manera apropiada, y/o marcando el canal como no disponible para aislar el sistema de las consecuencias de errores de sincronización a través de este canal y, en su lugar, utilizar un modo maestro-esclavo con otros canales disponibles para continuar proporcionando protección a la línea con el sistema diferencial de corriente.

45 Para los sistemas de protección diferencial de las líneas de transmisión de energía, unos dispositivos de protección en ambos extremos de la línea de transmisión miden una representación de una cantidad de la línea de corriente tal como la corriente y comparan la cantidad medida de ambos extremos. En condiciones normales, libres de fallos, la cantidad es la misma en ambos extremos. Unas mediciones que se desvían indican un fallo en la línea de transmisión y desencadenan unas acciones de protección, tales como la apertura de un interruptor de circuito. Un requisito previo para el sistema de protección diferencial establecido es la sincronización precisa de los dispositivos de medición en ambos extremos.

50 Para la sincronización, unos relojes del dispositivo de protección distribuidos están alineados con un reloj maestro de algún tipo. Para hacerlo, una fuente de reloj común, por ejemplo, envía una señal de sincronización a través de una red de comunicación. Cada reloj de los dispositivos de protección distribuidos recibe la señal de sincronización y realiza los ajustes necesarios consiguientemente. Generalmente se envían unas señales de sincronización desde un reloj satélite del sistema de posicionamiento global (GPS) a través de una comunicación directa o indirecta por satélite, o de un reloj maestro de la red a través de una red de comunicación a la cual están conectados los dispositivos de protección.

60 Sin embargo, la sincronización con un reloj maestro puede no ser siempre fiable ni económica. La recepción de una señal de sincronización basada en GPS puede ser costosa e incluso poco fiable, ya que la comunicación con el

satélite puede interrumpirse, por ejemplo, por interferencia de radio o condiciones climáticas severas que perjudiquen la propagación de la señal. Además, la sincronización basada en la red supone que los retardos de comunicación entre relojes son simétricos, es decir, iguales en ambas direcciones, una suposición que generalmente no está garantizada.

5

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

Por lo tanto, un objetivo de la invención es aumentar la fiabilidad de sistemas de protección para una línea de transmisión de energía, en particular para mejorar la sincronización de relojes de un sistema de este tipo.

10

Este objetivo se consigue mediante un procedimiento y un dispositivo para la sincronización de relojes situados en extremos opuestos de una línea eléctrica de acuerdo con las reivindicaciones independientes. De las reivindicaciones dependientes de la patente son claras las realizaciones preferidas, en las que la dependencia de las reivindicaciones no debe interpretarse en el sentido de excluir otras combinaciones de reivindicaciones significativas.

15

De acuerdo con la invención, un primer y un segundo reloj situados, respectivamente, en un primer y un segundo extremo de una línea de corriente alterna CA están alineados de acuerdo con una cantidad de la línea de corriente oscilante q , tal como una corriente, en el que los dos relojes están sincronizados inicialmente para estar dentro de un periodo de una frecuencia de la cantidad de la línea de corriente q . Con el fin de sincronizar los relojes se produce una primera representación tal como una forma de onda de una cantidad de la línea de corriente oscilante q mediante la medición de la cantidad de la línea de corriente en el primer extremo de la línea de corriente. En particular, la cantidad q puede medirse o registrarse con un número suficiente de muestras $q(t_i)$ en un periodo de oscilación tal que la cantidad oscilante se represente adecuadamente y pueda compararse con otras mediciones en diferentes puntos en el tiempo o el espacio. Tan importante como el valor o los valores de la primera representación es el tiempo que se registró o se midió, por lo que las muestras tomadas obtienen un tiempo marcado por el primer reloj situado en el primer extremo de la línea de corriente alterna CA. En realidad, esto permite hacer un seguimiento de la sincronización del primer reloj.

20

25

30

Para la sincronización se necesita una medición de la misma cantidad q de la línea de corriente oscilante también del segundo extremo de la línea de corriente. Por lo tanto, se mide una segunda representación de la cantidad de la línea de corriente oscilante en el segundo extremo de la línea de corriente. Con el fin de poder hacer una correlación entre el reloj y la cantidad de la línea de corriente, el segundo reloj incluye una marca de tiempo a la segunda representación.

35

En otra etapa, la primera y la segunda representación pueden enviarse a uno o ambos de los dos extremos de la línea de corriente o cualquier otro lugar común para la comparación de la primera y la segunda representación. La comparación puede realizarse alineando las representaciones y determinando un desfase del reloj entre el primer y el segundo reloj utilizando las respectivas marcas de tiempo. En otras palabras, se supone que el desfase del reloj corresponde al intervalo de tiempo por el cual una de las representaciones tiene que desplazarse con el fin de que coincida con la otra representación de la propiedad oscilante o se solape a ésta.

40

Eventualmente, se lleva a cabo un ajuste para reducir el desfase del reloj determinado, en el que uno o ambos del primer y el segundo reloj se establece o se restablece en base a la comparación y el desfase calculado.

45

En una variante preferida de la invención, la primera representación o una copia de la misma se transmite o se envía a través de un enlace de comunicación al segundo extremo de la línea de corriente y sólo se ajusta el segundo reloj por el desfase del reloj determinado. De esta manera, el procedimiento puede llevarse a cabo de una manera rápida y fácil ya que solamente se requiere enviar un único mensaje y solamente se requiere ajustar un reloj.

50

En una realización ventajosa de la invención, el desfase del reloj se determina calculando una diferencia entre una primera marca de tiempo del reloj t_1 de un paso por cero de la primera representación y una segunda marca de tiempo del reloj t_2 de un paso por cero de la segunda representación. Sin embargo, el desfase del reloj también puede determinarse calculando una función de correlación entre las dos representaciones que involucran toda la forma de onda. Este enfoque es más complejo, pero también es más fiable y, por lo tanto, más robusto a mediciones ruidosas.

55

Sin embargo, en algunos casos puede haber una diferencia de fase apreciable entre la cantidad línea de corriente oscilante q en el primer extremo y en el segundo extremo de la línea de corriente debido a efectos de corriente de carga de la línea, en particular, con largas líneas durante condiciones de carga ligera. Tal diferencia de fase independiente de la sincronización del reloj inherente necesita ser compensada con el fin de lograr una sincronización del reloj de alta precisión, que incluye calcular la diferencia de fase, y regular el desfase del reloj previamente determinado sumando o restando un retardo de tiempo correspondiente a la diferencia de fase del reloj calculada.

60

De todos modos, un requisito previo para llevar a cabo el procedimiento de acuerdo con la presente invención es la operación inicial sin fallos de la línea de transmisión de energía. Por lo tanto, es crucial para una función de protección diferencial de la línea enviar una señal de operación sin fallos de la línea de corriente antes del procedimiento y, finalmente, puede llevarse a cabo la alineación de los relojes. Sin embargo, si la operación no está libre de fallos no podrá procederse al ajuste del reloj hasta que se restablezca una operación sin fallos y se envíe una señal de la misma.

El procedimiento de acuerdo con la invención es particularmente útil como sincronización de ajuste fino o de alta precisión cuando otros procedimientos de sincronización pueden experimentar retardos o desfase de tiempo inherentes. En particular, en una sincronización de tiempo basada en la red una suposición subyacente es una comunicación entre nodos simétrica. Sin embargo, en redes de comunicación por módem esta suposición básica puede no ser válida. Esto es particularmente importante cuando un tiempo de recorrido entre nodos del mensaje de sincronización es superior al retardo simétrico calculado previamente y utilizado para compensar un desfase residual del reloj en el nodo receptor.

Por lo tanto, la presente invención es particularmente útil donde, antes de ejecutar el procedimiento, el primer y el segundo reloj están sincronizados en base a un retardo de comunicación simétrica establecido para una sincronización de tiempo basada en la red totalmente operativa tal como el protocolo de tiempo de red (NTP) o el protocolo de tiempo de precisión (PTP) de un enlace de comunicación entre el primer y el segundo extremo de la línea de corriente. La presente invención tiene en cuenta cualquier retardo de tiempo asimétrico dentro de un procedimiento de una sincronización de tiempo basada en la red y proporciona una sincronización de alta precisión.

Además, el procedimiento de acuerdo con la presente invención es útil en caso de sincronización de tiempo basada en un sistema de posicionamiento global (GPS), donde la señal GPS puede perderse a veces. Por lo tanto, la invención proporciona una sincronización en la que, antes de ejecutar el procedimiento de la presente invención, el primer y el segundo reloj se sincronizan en base a una señal GPS, y en el que después de una pérdida de la señal GPS, la sincronización de los relojes se mantiene durante un periodo remanente superior a 30 segundos.

La presente invención también se refiere a una disposición para la sincronización de un primer y un segundo reloj situados, respectivamente, en un primer y un segundo extremo de una línea de corriente, es decir, incluyendo la disposición un registrador para medir una primera representación de una cantidad de la línea de corriente oscilante q tal como la corriente en un primer extremo de la línea de corriente y para realizar una marca de tiempo en la primera representación por medio del primer reloj, un receptor para recibir una representación de la segunda cantidad de la línea de corriente oscilante q medida en el segundo extremo de la línea de corriente y para con una marca de tiempo mediante el segundo reloj, un comparador para comparar la primera y la segunda representación para determinar un desfase del reloj entre el primer y el segundo reloj, y un regulador del reloj para regular el primer reloj para reducir el desfase determinado del reloj.

De todos modos, dado un estado inicial sin fallos de la línea de transmisión de energía, la presente invención sincroniza los relojes situados en los extremos de una línea de transmisión de energía en base a una representación medida y con marca de tiempo con alta precisión y fiabilidad. De esta manera, la presente invención puede utilizarse como un procedimiento de sincronización independiente o complementario que supera deficiencias de otros procedimientos de sincronización, es decir, basados en red o GPS.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

El objetivo de la invención se explicará con más detalle en el siguiente texto con referencia a unas realizaciones preferidas de ejemplo que se ilustran en los dibujos adjuntos, en los cuales:

La figura 1 muestra una vista general esquemática de un procedimiento para sincronizar relojes situados en dos extremos de una línea de transmisión de energía y utilizados para la protección diferencial de dicha línea de transmisión de energía, y

La figura 2 muestra dos representaciones de una cantidad de la línea de corriente oscilante según se registra con dos relojes que experimentan un ligero desfase.

Los símbolos de referencia utilizados en los dibujos, y sus significados, se enumeran de manera resumida en la lista de designaciones. En principio, las partes idénticas llevan los mismos símbolos de referencia en las figuras.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS REALIZACIONES PREFERIDAS

La figura 1 muestra una vista general esquemática del primer extremo de un sistema de protección diferencial de la línea para una línea de transmisión de energía que incluye un primer reloj 1 y un segundo reloj 2 situados en cada

extremo de una línea de transmisión de energía. Una primera representación 3 y una segunda representación 4 de una cantidad de la línea de corriente oscilante q se producen en un primer registrador 5 en una primera ubicación local y un segundo registrador en una segunda ubicación remota. El registrador 5 mide, por ejemplo, una corriente múltiples veces en un periodo de oscilación con el fin de producir una representación 3 adecuada para la sincronización. El primer reloj 1 realiza una marca de tiempo en la primera representación 3 utilizando una unidad de muestreo 6.

Las representaciones con marca de tiempo 3, 4 se reenvían a una función de protección diferencial de la línea 9, por ejemplo, a través de enlaces de red 10, 11 con el fin de comprobar el estado de la línea y detectar cualquier fallo de la línea de transmisión de energía. La función de protección diferencial de la línea 9 genera una señal 18 que contiene el estado de la línea de transmisión de energía y envía la señal a respectivos destinatarios a través de una red.

La representación con marca de tiempo 3, 4 se envía, además, a través de enlaces de red 13, 14 para el procesamiento posterior a un comparador 8, donde se calcula cualquier desfase o estimación de retardo asimétrico. Cualquier diferencia de fase entre la cantidad línea de corriente oscilante en el primer extremo y en el segundo extremo de la línea de corriente debido a los efectos de corriente de carga de la línea puede compensarse previamente mediante un compensador de fase 17.

En esta realización de la invención, el primer reloj 1 generalmente se sincroniza a través de una señal GPS 15 o una señal de sincronización basada en la red 16. Sin embargo, en caso de que haya una pérdida de la señal GPS 15, la invención dispone un procedimiento para sincronizar los relojes 1, 2 durante la pérdida de la señal GPS 15. Además, la presente invención dispone un sistema y un procedimiento para llevar a cabo una sincronización de mayor precisión de los relojes 1, 2 en caso de cualquier asimetría en la señal de sincronización de la red 16.

Después de recibir la primera y segunda representación 3, 4, el comparador 8 calcula un desfase 19. En caso de que el comparador 8 reciba una señal de estado de ausencia de fallos 18 de la función de protección diferencial de la línea 9, el desfase 19 se envía a una unidad de sincronización 20 de una unidad de temporización 21 compuesta por la unidad de sincronización 20 y, por ejemplo, el primer reloj 1. La unidad de sincronización 20 entonces se restablece o alinea el primer de reloj y/o puede enviar el respectivo desfase 22 para una alineación parcial al receptor 7 para regular de las marcas de tiempo de la representación remota 4.

La figura 2 representa un cambio 23 observado en un dispositivo de protección diferencial de la línea del estado de la técnica. La gráfica muestra una señal local o primera representación 3 y una señal remota o segunda representación 4 de una corriente de la línea con amplitud en el eje y 24 en función, respectivamente, del tiempo local y remoto reportado en el eje x 25. El cambio observado 23 se debe a un desfase del reloj entre el reloj local y remoto, y también puede incluir una diferencia de fase debido a efectos de corriente de carga de la línea. La presente invención aprovecha este cambio observado para corregir cualquier desfase del reloj, por ejemplo, el que resulta de retardos de tiempo de comunicación asimétrica en un procedimiento de sincronización de tiempo basado en la red y, por lo tanto, proporciona una alta precisión de sincronización.

LISTA DE DENOMINACIONES

- 1: Primer reloj
- 2: Segundo reloj
- 3: Primera representación
- 4: Segunda representación
- 5: Registrador
- 6: Unidad de muestreo
- 7: Receptor
- 8: Comparador
- 9: Función de protección diferencial de la línea
- 10: Enlace de red
- 11: Enlace de red
- 12: Señal de protección de la línea
- 13: Señal GPS
- 14: Señal de sincronización de red
- 17: Compensador de fase
- 18: Señal de estado
- 19: Desfase
- 20: Unidad de sincronización
- 21: Unidad de temporización
- 22: Desfase

23: Asimetría
24: Eje Y
25: Eje X.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para sincronizar un primer y un segundo reloj (1, 2) situados, respectivamente, en un primer y un segundo extremo de una línea de corriente de corriente alterna CA, que comprende

- 5 - producir una primera representación (3) de una cantidad de la línea de corriente oscilante q midiendo la cantidad de la línea de corriente en el primer extremo de la línea de corriente, e incluyendo una marca de tiempo en la primera representación mediante el primer reloj,
- 10 - producir una segunda representación (4) de la cantidad de la línea de corriente oscilante q midiendo la cantidad de la línea de corriente en el segundo extremo de la línea de corriente, e incluyendo una marca de tiempo en la segunda representación mediante el segundo reloj (2),
- comparar la primera y la segunda representación (3, 4) para determinar un desfase del reloj (19) entre el primer y el segundo reloj (1, 2), y
- 15 - regular uno o ambos del primer y el segundo reloj para reducir el desfase del reloj determinado (19) cuando una función de protección diferencial de la línea envía una señal de operación sin fallos de la línea de corriente.

2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que comprende

- 20 - transmitir la primera representación (3) al segundo extremo de la línea de corriente, y
- regular el segundo reloj (2) mediante el desfase del reloj determinado (19).

3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que la determinación del desfase del reloj (19) comprende

- 25 - calcular una diferencia entre una marca de tiempo t1 de un paso por cero de la primera representación (1) y una marca de tiempo t2 de un paso por cero de la segunda representación (4), o
- calcular una función de correlación entre las dos representaciones (3, 4) y determinar una ubicación de un pico de la función de correlación.

4. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que la determinación del desfase del reloj (19) comprende

- 35 - compensar una diferencia de fase entre la cantidad de la línea de corriente oscilante q en el primer extremo y en el segundo extremo de la línea de corriente.

5. Uso del procedimiento de una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por el hecho de que el primer y el segundo reloj (1, 2) están sincronizados en base a un retardo de comunicación simétrica de un enlace de comunicación entre el primer y el segundo extremo de la línea de corriente, y en el que cualquier desfase del reloj residual entre el primer y el segundo reloj se reduce por medio del procedimiento.

6. Uso del procedimiento de una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por el hecho de que el primer y el segundo reloj (1, 2) están sincronizados en base a una señal GPS, y en el que, después de una pérdida de la señal GPS, la sincronización de los relojes (1, 2) se mantiene por medio del procedimiento.

7. Disposición para la sincronización de un primer y un segundo reloj (1, 2) situados, respectivamente, en un primer y un segundo extremo de una línea eléctrica, que incluye

- 50 - un registrador (5) para medir una primera representación (3) de una cantidad de línea de corriente oscilante q en un primer extremo de la línea de corriente y para incluir una marca de tiempo en la primera representación mediante el primer de reloj (1), y
- un receptor (7) para recibir una segunda representación (4) de la cantidad de línea eléctrica oscilante q medida en el segundo extremo de la línea de corriente y con marca de tiempo mediante el segundo reloj (2),
- 55 - un comparador (8) para comparar la primera y la segunda representación (3, 4) para determinar un desfase del reloj entre el primer y el segundo reloj (1, 2), y
- un regulador del reloj (20) para regular el primer reloj (1) para reducir el desfase determinado del reloj cuando una función de protección diferencial de la línea envía una señal de operación sin fallos de la línea de corriente.

60

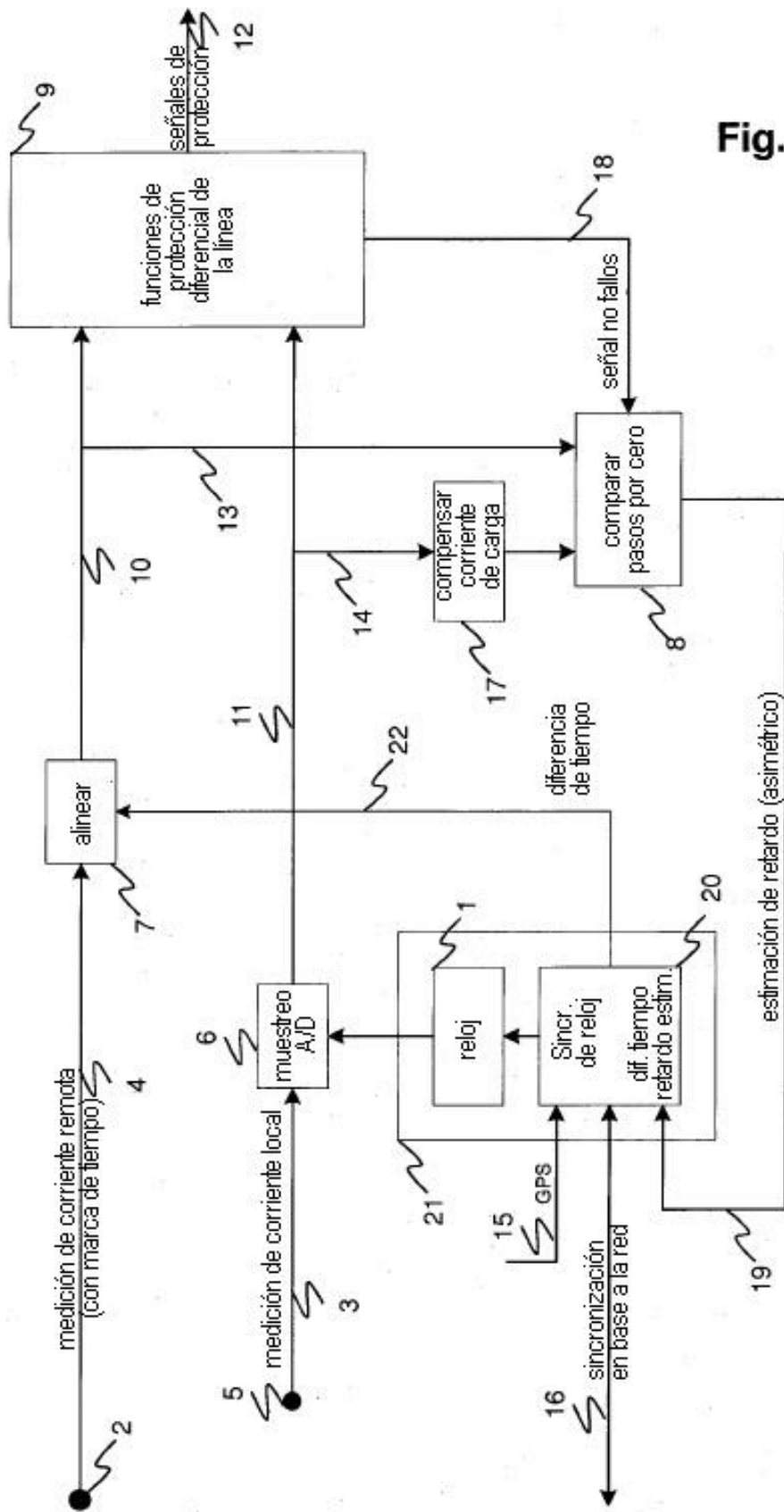
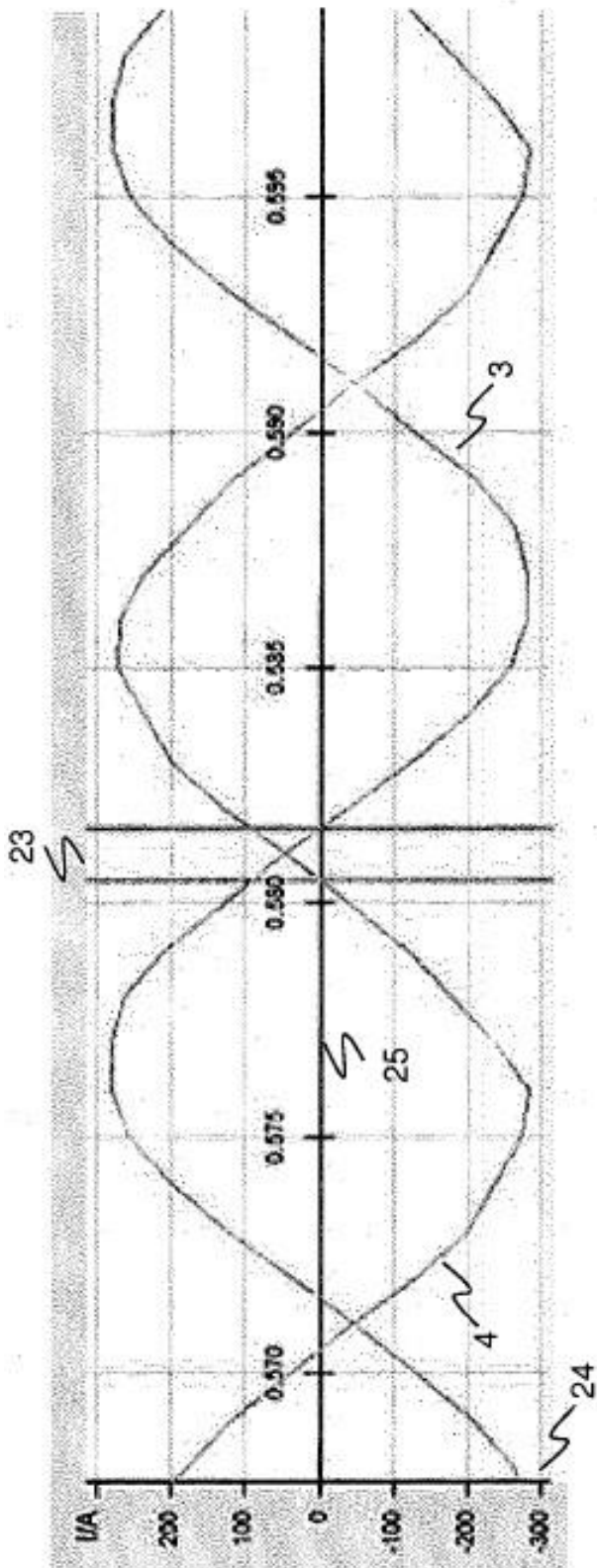


Fig. 1

Fig. 2



REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

5 *Esta lista de referencias citadas por el solicitante es únicamente para la comodidad del lector. No forma parte del documento de la patente europea. A pesar del cuidado tenido en la recopilación de las referencias, no se pueden excluir errores u omisiones y la EPO niega toda responsabilidad en este sentido.*

Documentos de patentes citados en la descripción

10 • US 20090088989 A [0003] • US 20110063766 A [0004]