

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 830 048**

51 Int. Cl.:

H02H 3/40 (2006.01)

G01R 31/08 (2010.01)

H02H 7/28 (2006.01)

H02H 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.10.2015 PCT/FI2015/050737**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.05.2016 WO16066898**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.10.2015 E 15805554 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.09.2020 EP 3213381**

54 Título: **Método y dispositivo de protección para eliminar fallas a tierra de tipo transitorio en una red de distribución eléctrica**

30 Prioridad:

28.10.2014 FI 20145944

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
02.06.2021

73 Titular/es:

**ARCTEQ RELAYS OY (100.0%)
Kvartsikatu 2 A 1
65300 Vaasa, FI**

72 Inventor/es:

VIRTALA, TERO

74 Agente/Representante:

TOMAS GIL, Tesifonte Enrique

ES 2 830 048 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

Método y dispositivo de protección para eliminar fallas a tierra de tipo transitorio en una red de distribución eléctrica

5 [0001] La invención se refiere a un método, según el preámbulo de la reivindicación 1, para proteger una red de distribución eléctrica, y particularmente para proteger una red de media tensión a partir de una falla a tierra intermitente o temporal.

10 [0002] Muchos tipos diferentes de fallas a tierra pueden ocurrir en una red de distribución eléctrica. En las redes de cable enterrado las fallas a tierra son generalmente permanentes y con baja resistencia a las fallas. Tales fallas requieren que la parte del conductor defectuoso se desconecte del resto de la red. En una red aérea suelen aparecer fallas a tierra de arco, que se pueden eliminar con la ayuda de reconexiones.

15 [0003] Un caso de una falla diferente al anterior es una falla a tierra intermitente, en la que el contacto con la tierra se interrumpe y la duración de la falla es considerablemente más corta que la duración de un ciclo. Una falla a tierra de tipo transitorio intermitente puede deberse, por ejemplo, a daños en el aislamiento del cable. Una derivación que interrumpe un conductor aéreo a menudo provoca una falla a tierra momentánea, pero temporal. En una red de compensación la probabilidad de una falla a tierra terminante es alta, pero, si se ha producido un daño en el aislamiento, la falla probablemente se repetirá de manera constante. La falla aparecerá entonces como
20 picos de corriente de falla a tierra potentes y repetidos y como cambios rápidos correspondientes en el valor momentáneo de la tensión residual. El punto de ignición preciso es aleatorio, debido a la naturaleza general del fenómeno de tachado.

25 [0004] El grado de compensación de la red afecta a la repetición de una falla transitoria. En una red completamente compensada, la tensión residual se amortigua durante varios ciclos y la falla se pueden repetir en intervalos de unos cientos de milisegundos. En una situación de falla a tierra, la saturación de la bobina Petersen crea perturbaciones transitorias que son difíciles de interpretar. Muchas otras de las características particulares de la red crean las respuestas más complejas a una falla a tierra. Si la compensación está alineada a un lado, la falla
30 puede repetirse en intervalos de medio ciclo, porque la tensión residual no tiene tiempo de amortiguarse entre las fallas.

[0005] A este respecto, el término falla a tierra temporal se refiere a una falla a tierra, en la cual el contacto con la tierra es de muy corta duración, de modo que la falla a tierra se extingue rápidamente. El pulso de corriente que surge entonces es similar al de una falla a tierra intermitente.

35 [0006] También puede aparecer una falla a tierra intermitente o temporal en una red que esté aislada de la tierra o puesta a tierra a través de una resistencia. A menos que se identifique una falla a tierra intermitente de manera selectiva, el resultado puede ser que una parte extensa de la red se desconecte y quede inactiva, por ejemplo, el interruptor de la célula de entrada de una subestación se desconecta, en vez de que solo se separe de la red la salida del conductor dañado. Dicho problema es típicamente un resultado del valor de la tensión residual usada
40 como condición para que la protección de reserva permanezca grande durante un tiempo que es claramente más largo que los pulsos de corriente.

45 [0007] Los dispositivos protectores generalmente usados para localizar fallas a tierra direccionales, que se basan en el cálculo de FFT, no son adecuados para detectar fallas de tipo transitorio.

[0008] La patente finlandesa FI121612B (Vamp) divulga un método usado para proteger contra fallas transitorias, en las que, cuando se produce un pico de corriente, las señales de la tensión residual medida y la corriente cero medida se procesan como muestras. La tasa de cambio de la corriente cero y la tensión residual simultánea
50 (tensión residual diferenciada) son la base del cálculo. Un componente de frecuencia básica se amortigua a partir de estos. El producto de los valores procesados se suma como el tiempo de un contador de tiempo preseleccionado. Si la suma es negativa, se determina que la línea derivada está defectuosa y está separada de la red. El método requiere una cantidad considerable de procesamiento de las señales de muestra. Una ventaja del método es que no requiere una alta frecuencia de muestreo.

55 [0009] La publicación de solicitud japonesa JP2003164055 (Kansai ..) divulga un método, en el que se determina la relación de la tasa de cambio de la corriente cero y se determina la tensión residual simultánea, a partir del valor acumulativo del cual se llega a una conclusión sobre una falla a tierra transitoria. Según la publicación, también se forman otras variables aritméticas con la ayuda de la tasa de cambio de la corriente cero y la tensión residual, por
60 ejemplo, su producto.

[0010] La publicación EP2417467B1 (Alstom) divulga un método para detectar una falla a tierra transitoria, en el que se calcula la dirección de la potencia del pico de tachado. La potencia se calcula a partir de la corriente cero muestreada y los valores de la tensión residual haciendo el promedio de la suma integrada durante el ciclo. El
65 método usa operaciones con matrices bastante complejas, como la transformada de Hilbert.

[0011] Las publicaciones anteriores tienen las siguientes características comunes:

- la tensión residual y la corriente cero de al menos una línea derivada se miden para dar señales de tensión residual y de corriente cero,
- las señales de tensión residual y de corriente cero medidas se muestrean continuamente en una frecuencia de muestreo seleccionada, y
- las muestras obtenidas se almacenan periódicamente en la memoria de búfer de tensión residual y la memoria de búfer de corriente cero, respectivamente, y
- cada ciclo registrado se analiza usando los datos en búfer, el valor máximo registrado de sus índices y la información de tensión seleccionada,
- un pico transitorio se identifica como una falla, un candidato, cuando los picos con diferentes direcciones se detectan según un criterio seleccionado.

[0012] En los siguientes documentos se describen otros métodos para la detección de fallas a tierra: WO99/12048, US2013/043879 y EP2741389.

[0013] El pico estrecho repentino en la corriente cero causado por una falla a tierra es difícil de detectar a partir de una señal muestreada, si la frecuencia de muestreo es 32 muestras/ciclo, es decir 1,6 kHz. Incluso en una frecuencia de 3,2 kHz, la señal se puede distorsionar considerablemente. El pico se puede ver claramente en una frecuencia de muestreo de 20 kHz (frecuencia de red 50 Hz), pero en la tecnología práctica de dispositivos esto es demasiado.

[0014] Como tal, se conoce un método que monitoriza la polaridad del pico, en el que las polaridades de la corriente cero y la tensión residual del pico transitorio causado por una falla a tierra intermitente detectada son opuestas. Hasta el momento no ha habido ninguna aplicación basada en algoritmos simple y fiable para este método.

[0015] Las falsas alarmas son un problema en todo el control de la red eléctrica, particularmente en la monitorización de fenómenos transitorios. El pico transitorio causado por una falla provoca considerables oscilaciones posteriores en la parte sana de la red. Una falla a tierra intermitente de tipo transitorio se puede confundir fácilmente con una falla a tierra continua de baja resistencia, porque en ambas ocurren oscilaciones posteriores de potencia después de un pico agudo. Un método computacional basado en el modelado se vuelve tan complejo que en la práctica no es posible debido a la diversidad de redes eléctricas y sus estados de falla.

[0016] La presente invención está destinada a crear un método más simple particularmente fiable para detectar y eliminar y fallas a tierra de tipo transitorio, usando una solución basada en algoritmos para identificar una línea derivada defectuosa. El objetivo es detectar una falla a tierra intermitente en todos los tipos de redes eléctricas y distinguirla de una falla a tierra normal.

[0017] Los rasgos característicos del método según la invención se indican en la reivindicación adjunta 1. Según la invención, la frecuencia de muestreo no necesita estar ni siquiera cerca de la frecuencia (20 kHz) que representa puramente un pico de corriente cero, en cambio, una frecuencia de 32 muestras/ciclo, preferiblemente 64 - 128 muestras/ciclo, será suficiente, gracias al algoritmo desarrollado. La frecuencia requerida es más alta que la que se usa generalmente en dispositivos protectores en una red eléctrica, pero, sin embargo, se puede implementar en la práctica (3,2 kHz en una red de 50 Hz). Aquí, la frecuencia de muestreo suficiente para una identificación eficaz y fiable no resalta visualmente el pico transitorio, pero cada pico deja un rastro en la cadena de medición que permite la identificación cuando el algoritmo combina diferentes factores. Los rasgos característicos de un dispositivo de protección que utiliza el método se indican en la reivindicación 12.

[0018] Preferiblemente, la exactitud del método según la invención en la detección de fallas a tierra repetidas se mejora considerablemente tomando, en el cálculo de una admitancia delta, la diferencia de tensión de ese lado del índice definido, en el que la diferencia de tensión es mayor. La diferencia de tensión se calcula en ambos lados del índice que define el máximo de corriente cero, y se selecciona el mayor de estos, porque muy probablemente representa el estado de falla.

[0019] Además, la exactitud del método en identificar fallas a tierra repetidas se mejora considerablemente al cerrar siempre la identificación para un retardo seleccionado cuando se observan picos paralelos I0 y U0. Por otro lado, la certeza de identificación mejora si se requiere que no se produzcan picos incorrectos durante un periodo de tiempo seleccionado después de la identificación de un candidato a falla. Típicamente, una alarma y desconexión correctas ocurren en una línea derivada defectuosa al mismo tiempo que los dispositivos de monitoreo en las líneas derivadas sanas detectan picos paralelos, lo que crea un tiempo de cierre momentáneo en ellos para reaccionar a otros picos. El método se puede aprovechar entonces para valores umbral bastante bajos para una alarma, sin temor a falsas alarmas. Los picos transitorios de corriente cero y tensión residual detectados son aproximadamente simultáneos, pero siempre en momentos ligeramente diferentes. Este se debe a la impedancia de la red. En un estado de falla, no es posible conocer el estado de la red, en cambio la detección de una falla debe mostrarse en todas las circunstancias (infracomensación/sobrecorriencia).

[0020] La magnitud de la compensación se selecciona según la frecuencia de muestreo. La compensación es preferiblemente de media 1/8 de la duración del ciclo, generalmente en el rango de -25 % ...+50 % de esta duración. Si hay 32 muestras en el ciclo, la compensación se selecciona del rango 3 - 6.

[0021] El criterio adicional más claro se obtiene al requerir un segundo pico de dirección hacia delante (FWD) dentro de un tiempo establecido (FWDreset) de la detección. Después de eso, se puede requerir un tiempo adicional (TRIP) para la desconexión, durante el cual no deben aparecer picos de dirección hacia atrás (REV). El número de picos FWD que crean una alarma es preferiblemente 2 y el tiempo de cálculo es 250 ms (generalmente 100 - 1000 ms). En una forma de realización, la detección del segundo pico se puede reemplazar por una disposición que monitorea la estabilidad de la tensión residual. El criterio adicional de una falla transitoria comprende la supervisión de la estabilidad de dicha tensión residual.

[0022] Preferiblemente, la estabilidad de la tensión residual también se monitorea inmediatamente después del pico y la falla se clasifica como una falla a tierra continua según un criterio preseleccionado. Esto se debe a que es difícil distinguir una falla a tierra continua de una falla a tierra intermitente. Una forma de realización preferida compara la última medición U0 máxima con la media de las cinco mediciones anteriores. Si la proporción obtenida está en el rango de 98 - 102 %, la falla se clasifica inmediatamente después del pico como una falla a tierra continua.

[0023] A continuación, la invención se describe en detalle con referencia al dibujo adjunto que muestra algunas formas de realización de la invención, en las que

La figura 1 muestra el circuito de un dispositivo de protección transitoria al monitorear cuatro líneas de entrada trifásicas,

La figura 2a muestra la corriente cero de una línea derivada cuando aparece una falla a tierra transitoria,

La figura 2b muestra un evento que corresponde al de la figura 2a para la tensión residual,

La figura 2c muestra un evento que corresponde al de la figura 2b, visto en una línea derivada sana,

Las figuras 3a-3c muestran una situación que corresponde a la de las figuras 2a - 2c, en una red eléctrica no compensada,

La figura 4 muestra esquemáticamente el circuito interno de un dispositivo de protección de la figura 1.

[0024] Los dispositivos de protección inteligente 20A, 20C, 20C y 20D de la figura 1 monitorean cada uno una línea derivada (A, B, C y D) conectada a la línea principal 16. Cada dispositivo de protección comprende un microcontrolador independiente con procesadores y memorias y medios de E/S. Cada línea derivada está conectada a un terminal de cable 14A, 14B, 14C y 14D. La entrada se lleva a cada línea derivada de las fases L1, L2 L3 de la línea principal 16. Cada línea derivada está protegida por un interruptor trifásico 12A, 12B, 12C y 12D. Cada interruptor 12A, 12B, 12C y 12D está controlado por dicho dispositivo de protección 20A, 20C, 20C y 20D. En cada uno de estos hay una entrada U01 que mide la tensión residual de la línea principal y una entrada de corriente I01 que mide la corriente cero de la línea derivada. El dispositivo operativo de cada interruptor trifásico 12A, 12B, 12C y 12D está conectado a la salida D01 del dispositivo operativo correspondiente, mediante el cual se realiza la desconexión si es necesario. En la figura 1, el relé D01 del dispositivo de protección 20A está conectado al interruptor 12A.

[0025] La detección de tensión residual usa una serie común de bobinas primarias conectadas en estrella 29. La tensión residual para cada entrada de tensión U0 se forma mediante la conexión de delta abierta 27 del transformador potencial. La tensión residual se lleva al transformador de medición de tensión 26 de cada dispositivo de protección (o directamente al separador de tensión). Las mediciones de corriente se llevan a la entrada I01 de cada transformador de medición de corriente 24.

[0026] Cada dispositivo de protección 20A, 20C, 20C y 20D interrumpe su propia línea derivada para que quede inactiva cuando se detecte una falla a tierra intermitente según la lógica que se describe a continuación. El accionamiento del interruptor ya es fiable después de un periodo de tiempo establecido desde la segunda falla a tierra transitoria (por ejemplo, 250 ms). Se pueden usar criterios de adición de alternativos.

[0027] Las figuras 2a - c y figuras 3a - c muestran los gráficos de corriente y tensión de una falla a tierra transitoria del periodo de tiempo de los búferes de muestreo (64 muestras). Los búferes se actualizan cada 5 ms, cuando las 16 muestras más antiguas se eliminan de las memorias de búfer y se añaden 16 muestras nuevas al final (FIFO).

[0028] En los gráficos, la línea fina y discontinua es la señal real simulada en una frecuencia de 20 kHz, la línea de puntos y guiones es la señal muestreada en una frecuencia de 3,2 kHz y la línea de guiones largos es la señal filtrada de esto. Es importante que la frecuencia de muestreo práctica (en este caso 64, muestras por ciclo) "pierda" un grado considerable de la forma del pulso transitorio agudo, pero, sin embargo, el algoritmo desarrollado es capaz de realizar esta tarea de identificación muy bien. La fiabilidad de la operación está significativamente influenciada por la lógica del algoritmo al monitorear líneas derivadas sanas, lo que evita el accionamiento

incorrecto, por ejemplo, debido a la oscilación creada por la parte sana de la red, o en conexión con una falla a tierra continua dirigida.

5 [0029] El gráfico de corriente cero que muestra una falla a tierra real está marcado con la referencia I0FWD y el gráfico de corriente cero de una línea derivada no dañado está marcado con la referencia I0REV. El gráfico de tensión residual común está marcado con la referencia U0.

10 [0030] En la figura 2a, la ubicación precisa del valor máximo de la señal I0 se recupera del búfer, es decir, el índice (i) en cuestión del búfer.

[0031] Si la ubicación del valor máximo no está justo en el borde del búfer, sino en algún lugar en el medio, se inicia el cálculo; de lo contrario hay una espera para el siguiente ciclo, cuando el valor máximo será +16 muestras para el medio.

15 [0032] El primer inicio requiere que tanto el máximo de corriente cero como el máximo de tensión residual excedan los valores umbrales establecidos para ellos. Este se restablece rápidamente (25 ms) y no da lugar a más medidas a menos que el cálculo encuentre algunos pulsos de error.

20 [0033] El cambio de corriente DELTAI0 se calcula usando el valor de compensación del índice seleccionado (i) (aquí, compensación = 4). Este valor de compensación (3 - 6, si la frecuencia de muestreo es 64 muestras/ciclo) se determina experimentalmente y depende de la frecuencia de muestreo. Cuando la frecuencia de muestreo aumenta, el valor de compensación aumenta de manera correspondiente; generalmente la compensación es 1/16 de la duración del ciclo -25+50 %. En la práctica, el valor de I0 se puede usar directamente como el valor aproximado de DELTAI0, porque normalmente la diferencia inicial es cero.

25 [0034] El punto máximo de la corriente cero I0 en el búfer es explícito. Es el pico del pico más grande. En esta fase, la situación de la tensión residual U0 no es tan clara, por lo que los cambios de tensión residual DELTAU0L (derecha) y DELTAU0R (izquierda) se calculan desde ambos lados del índice (i) definido por el pico de corriente cero I0 en el búfer, figura 2b. El pico de corriente cero I0 y el pico de tensión residual U0 nunca ocurren en la misma ubicación en los búferes.

30 [0035] En este ejemplo, el cambio de tensión residual del lado derecho DELTAUOR, que es claramente superior, se elige para un cálculo adicional, como el cambio de tensión DELTAU0, porque representa un cambio provocado por una falla.

35 [0036] A continuación, se calcula la admitancia delta computacional INADMIT = DELTAI0/DELTAU0. Un valor negativo indica una línea derivada defectuosa (dirección FWD) y un valor positivo indica una línea derivada sana (dirección REV).

40 [0037] Un segundo inicio de nivel sigue si la admitancia delta INADMIT excede el valor de umbral establecido. Este inicio de admitancia inicia el temporizador de alarma FWD o REV; de lo contrario, se olvida el pico.

45 [0038] Una admitancia delta negativa, el pico FWD es un candidato defectuoso e inicia dos contadores de tiempo: contador FWD (FWDreset = 250 ms) para recopilar picos FWD y un contador de desconexión de 500 ms para hacer la desconexión final.

[0039] Una admitancia delta positiva (FWD) inicia el contador REV (contador 3), REVreset = 250 ms. Esto restablece los contadores anteriores y cierra los inicios, hasta que se complete su tiempo.

50 [0040] Si, durante el tiempo FWDreset, se produce al menos uno, es decir un segundo pico FWD, o se producen varios picos FWD, esto significa una falla a tierra intermitente, que conduce a una alarma, a menos que se produzcan picos REV durante el tiempo del contador de desconexión.

55 [0041] La dirección de la falla dice directamente la polaridad de la admitancia delta INADMIT. Si la admitancia delta INADMIT es negativa, se ha detectado una falla real (FWD) en la línea derivada en cuestión. Si es positiva, la detección de la falla (REV) (figura 2c) está en una derivación no dañada, es decir, la oscilación en una red sana creada por una falla real, o alguna otra perturbación. En el caso de la figura 2c, la diferencia de tensión se calcula de la misma manera que anteriormente, usando aquí el índice (i) del punto máximo del búfer de corriente cero I0 para determinar la diferencia de tensión residual del gráfico de la figura 2b, de modo que la diferencia de tensión más grande cercana al índice se tome para un cálculo adicional.

60 [0042] Si no se detectan picos FWD y el temporizador de alarma termina el conteo, es decir, alcanza 250 ms, los inicios se restablecen. Si un pico REV se detecta durante el ciclo, el contador FWD se restablece y el contador de tiempo REV se fija, durante el cual no se produce ninguna reacción a los picos FWD. Un nuevo pico REV inicia el contador de tiempo de cierre desde el principio.

[0043] Una vez que los 250 ms del contador de tiempo FWD están completos, se pasa a la siguiente fase, es decir, a la posible emisión de un comando para desconectar. Si se han producido al menos dos picos FWD durante el ciclo y el contador (TRIP) ha llegado al final, la desconexión sigue 500 ms después de que el tiempo del contador esté completo, a menos que los picos REV se produzcan antes de la desconexión.

5

[0044] Por supuesto, es obvio que, en el momento de registrar las señales según las figuras 2a y 2c, no se sabe a qué clase (FWD o REV) pertenece la situación registrada en cada memoria de búfer. O los valores máximos de las muestras del búfer no exceden los valores umbral seleccionados, por lo que no se trata de ninguno de ellos.

10

[0045] Las figuras 3a-3c muestran la situación en una red infracomensada, cuando la identificación de una falla a tierra transitoria es mucho más desafiante, debido a la potente oscilación posterior. El algoritmo desarrollado puede realizar esto. Es fácil ver a partir de la señal de la figura 3c que existe una razón para iniciar un tiempo de cierre a partir de una detección REV, porque, de lo contrario, el valor umbral se puede exceder incluso varias veces, lo que conduce a inicios debido a la misma falla original.

15

[0046] En los ejemplos adjuntos la medición de la estabilidad de la tensión residual no se muestra inmediatamente después del pico, ya que una falla a tierra continua se puede identificar mejor, cuya identificación se puede confundir fácilmente con una falla a tierra intermitente.

20

[0047] Según un criterio preseleccionado, la falla se clasifica como una falla a tierra continua, si la tensión residual permanece considerablemente estable después del pico.

25

[0048] Es preferible comparar la última medición máxima U0 con el valor medio de algunas, por ejemplo, cinco, mediciones más antiguas. Si la última tensión residual U0 está en un rango establecido, por ejemplo, en el rango 98 - 102 % del valor medio U0, la falla se clasifica como una falla a tierra continua inmediatamente después de que se cierran el pico y todos los demás inicios.

30

[0049] La figura 4 muestra un diagrama de bloques de un dispositivo de protección, que comprende las partes análogas de las entradas de corriente y tensión (101, U01) hasta el convertidor A/D 40. La parte análoga comprende los siguientes componentes, un transformador de corriente 39.1 (sólo entrada de corriente), una resistencia de conector 39.2, resistencias de separador de tensión 39.3, un filtro análogo 39.4, un amplificador 39.5 y finalmente el convertidor real A/D 40.

35

[0050] El microcontrolador es, como tal, un ordenador convencional con medios de aplicación, que comprende las partes: La unidad de adquisición de datos 30; CPU 32; ROM 31.1 y RAM 31.2; bus 36; interfaz de PC 37; HMI (interfaz hombre-máquina) 33; unidad de salida 34; relé D01; claves 38 y pantalla 22. La memoria de búfer de corriente cero BI y la memoria de búfer de tensión residual BU se forman mediante programación en la memoria RAM 31.2 y funcionan en el modo FIFO, es decir, los datos más antiguos se eliminan al mismo tiempo que se introducen nuevos datos.

40

[0051] La funcionalidad anteriormente mencionada se programa en un programa de aplicación. El rendimiento del microcontrolador determina cuánto se puede usar una frecuencia de muestreo.

REIVINDICACIONES

1. Método para identificar fallas a tierra de tipo transitorio en una red eléctrica y desconectar selectivamente la parte de falla, donde la red eléctrica tiene varias líneas derivadas (A - D) conectadas a una línea directa, y donde

- la tensión residual U_0 y la corriente cero 10 de al menos una línea derivada (A-D) se miden para crear señales de corriente cero y de tensión residual,
- las señales de corriente cero y de tensión residual medidas se muestrean continuamente en una frecuencia de muestreo seleccionada, y
- las muestras obtenidas se almacenan en búfer periódicamente en una memoria de búfer de corriente cero (BI) y una memoria de búfer de tensión residual (BU), respectivamente,
- cada ciclo registrado se analiza usando los datos almacenados en búfer,
- un pico transitorio se identifica como un candidato a falla, si se observan picos de corriente y de tensión en diferentes direcciones según un criterio seleccionado,

caracterizado por el hecho de que, en el método

- cada valor máximo absoluto (I_{0max}) se extrae de las muestras de la memoria de búfer de corriente cero (BI) como un pico de corriente y su índice (i) en esta memoria de búfer,
- los datos de tensión seleccionados se extraen de la memoria de búfer de tensión residual (BU) usando el valor del índice (i),
- un valor que representa la admitancia delta (INADMIT) se calcula de la siguiente manera para el pico transitorio:
- las diferencias se forman a partir de las muestras de la memoria de búfer de corriente cero (BI) y las muestras de la memoria de búfer de tensión residual (BU) usando dicho índice (i) y su valor de compensación elegido ($i - 4$; $i + 4$),

i) donde la diferencia ΔI_{0} de la corriente cero 10 se calcula a partir de las muestras de la memoria de búfer de corriente cero (BI) y la diferencia ΔU_0 de la tensión residual U_0 se calcula a partir de las muestras de la memoria de búfer de tensión residual (BU), y

ii) la admitancia delta INADMIT se calcula como la proporción $\Delta I_{0}/\Delta U_0$,

- se determina la polaridad de la admitancia delta (INADMIT) de cada pico, con la ayuda de la cual cada pico se clasifica como un pico de dirección hacia delante (FWD) o dirección hacia atrás (REV) usando criterios seleccionados y
- el candidato a falla se determina como una falla a tierra transitoria de una línea derivada (A-D) cuando se detecta un pico hacia adelante (FWD) en la línea derivada y se aplica un criterio adicional seleccionado, donde este criterio está relacionado con la detección de un segundo pico o relacionado con la estabilidad de la tensión residual, dentro del tiempo seleccionado (FWDreset) a partir de la detección de dicho pico hacia adelante (FWD), y se realiza una desconexión selectiva.

2. Método según la reivindicación 1, **caracterizado por el hecho de que** al calcular la admitancia delta (INADMIT) se calcula la diferencia de la tensión residual U_0 de ambos lados de la corriente cero 10, por lo que se crean cambios de tensión residual ΔU_{0R} (derecha) y ΔU_{0L} (izquierda), y el mayor de estos se selecciona para dicho cálculo de admitancia delta $\Delta I_{0}/\Delta U_0$.

3. Método según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado por el hecho de que** dicho criterio adicional comprende la detección de al menos un segundo pico hacia adelante (FWD) dentro del tiempo establecido (FWDreset).

4. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 - 3, **caracterizado por el hecho de que** el cálculo se inicia solo si los valores absolutos de la corriente cero 10 y la tensión residual U_0 de los búferes de muestreo exceden los valores umbral seleccionados.

5. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 - 4, **caracterizado por el hecho de que**, siempre que se detecta un pico hacia atrás (REV), la detección de los picos hacia adelante (FWD) se interrumpe durante un tiempo de cierre preseleccionado (REVreset).

6. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 - 5, **caracterizado por el hecho de que** la estabilidad de la tensión residual también se monitorea inmediatamente después de un pico, cuando la tensión residual de amortiguación crea una interpretación de una falla a tierra transitoria y una tensión residual no amortiguada crea una interpretación de una falla a tierra continua.

7. Método según la reivindicación 6, **caracterizado por el hecho de que** dicho criterio adicional comprende un requisito de que la tensión residual debería amortiguarse dentro de un límite de tiempo seleccionado.

8. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 - 6, **caracterizado por el hecho de que** dicho valor de compensación está en el rango 1/16 de la duración del ciclo -25+50 %.

5 9. Método según las reivindicaciones 1 - 8, **caracterizado por el hecho de que** la tensión residual (U0) y la corriente cero (I0) se miden en una frecuencia de muestreo de al menos 32 muestras/ciclo, preferiblemente en una frecuencia de 64 - 128 muestras/ciclo.

10 10. Método según las reivindicaciones 1 - 9, **caracterizado por el hecho de que** las memorias de búfer de corriente cero y de tensión residual (B, BU) se actualizan usando el principio FIFO.

11. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 - 7, **caracterizado por el hecho de que** el procedimiento de desconexión tiene lugar como las fases más importantes:

- 15 • se identifican los picos mayores que un valor umbral preseleccionado a partir de los datos de muestra y se suprimen los datos después de los picos,
- se comparan las polaridades de corriente simultánea y de picos de tensión,
- la línea derivada se clasifica como sana si las polaridades son las mismas (REV) y defectuosa si las polaridades son opuestas (FWD),
- 20 • si las polaridades son las mismas (pico REV), el contador de inicio REV se activa durante la duración de un ciclo predefinido (REVreset), donde el contador se reinicia cuando vuelve a aparecer un pico REV,
- si las polaridades tienen diferentes señales (pico FWD), el contador FWD se activa durante un tiempo seleccionado, y
- se cierra el contador FWD si se identifica un pico REV, y
- 25 • se inicia la desconexión de la línea derivada si se identifican varios picos FWD consecutivos según un criterio predefinido dentro de un tiempo establecido (FWDreset) sin activar el contador REV.

30 12. Dispositivo de protección para monitorizar una línea derivada en una red eléctrica, **caracterizado por el hecho de que** comprende una CPU de microcontrolador (32), medios de memoria (31.1, 31.2), medios de E/A (30) para medir una corriente cero y una tensión residual, que comprende una parte de procesamiento análogo de señal (39.1 - 39.5), convertidores A/D (40) para muestrear señales y el dispositivo de protección incluye *software* para implementar un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 - 11.

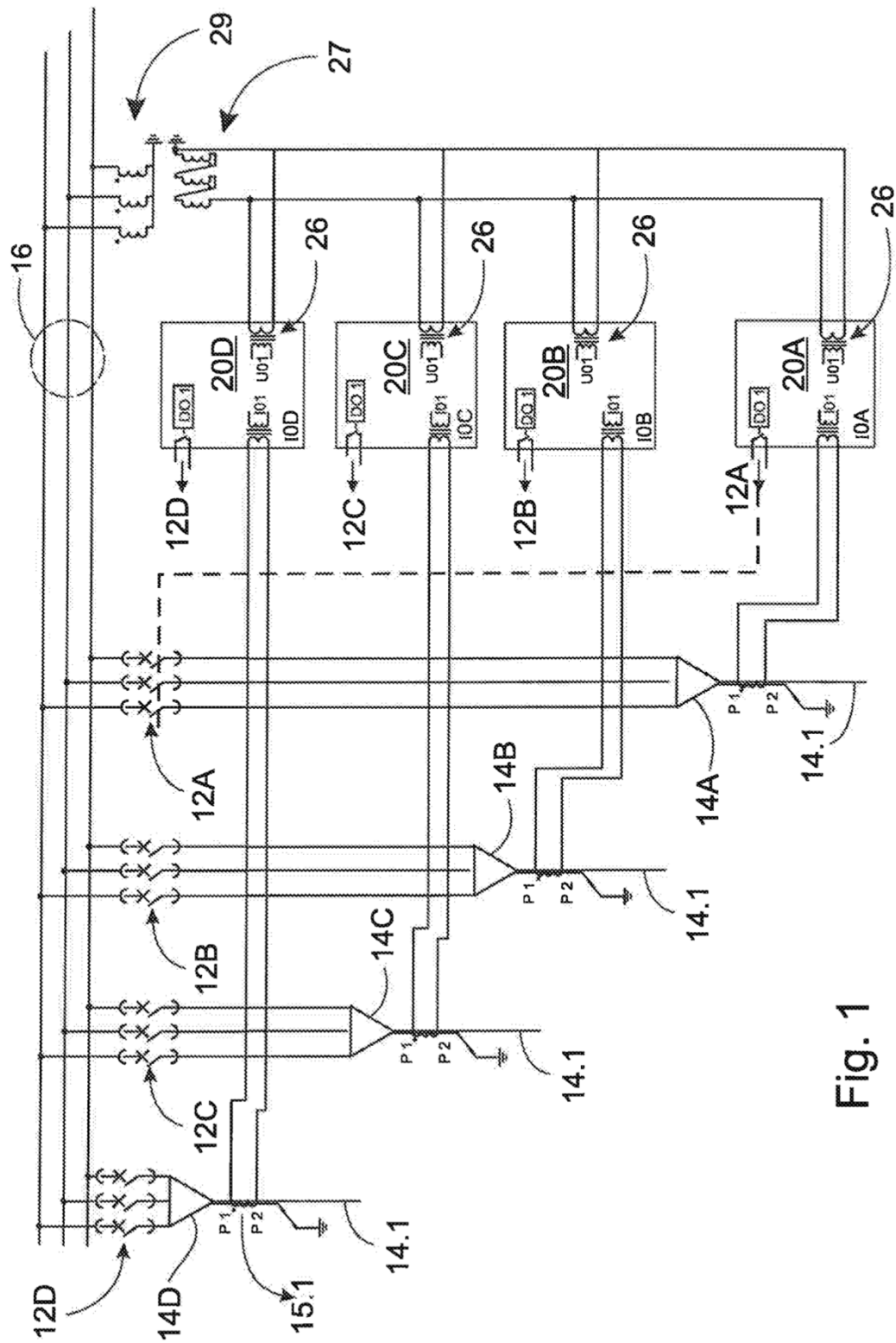
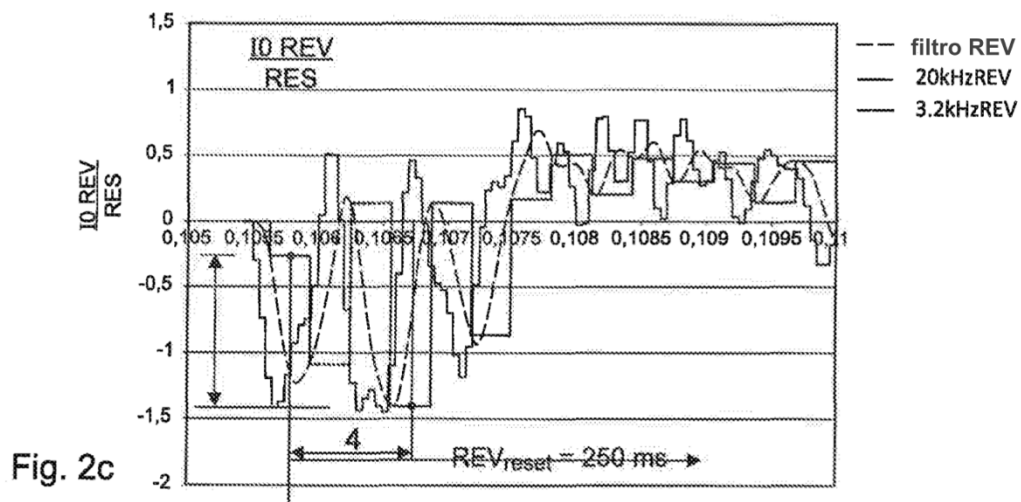
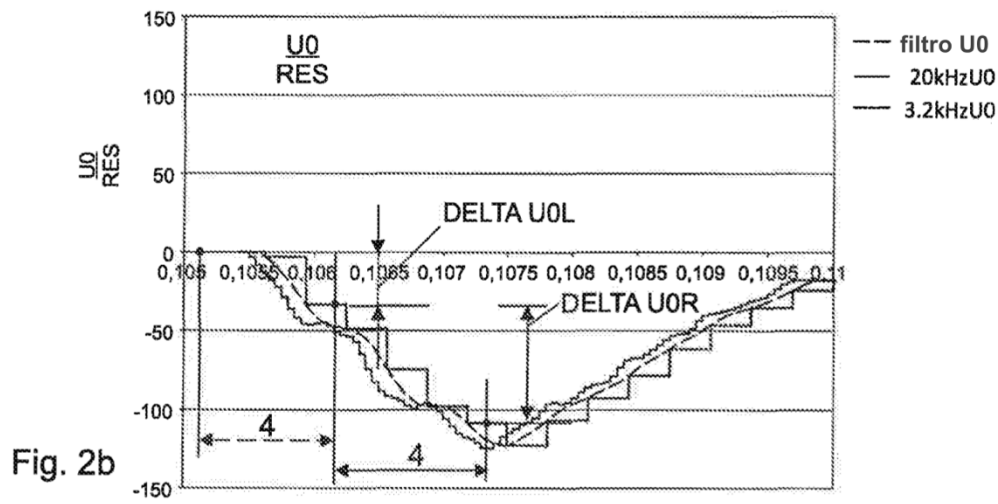
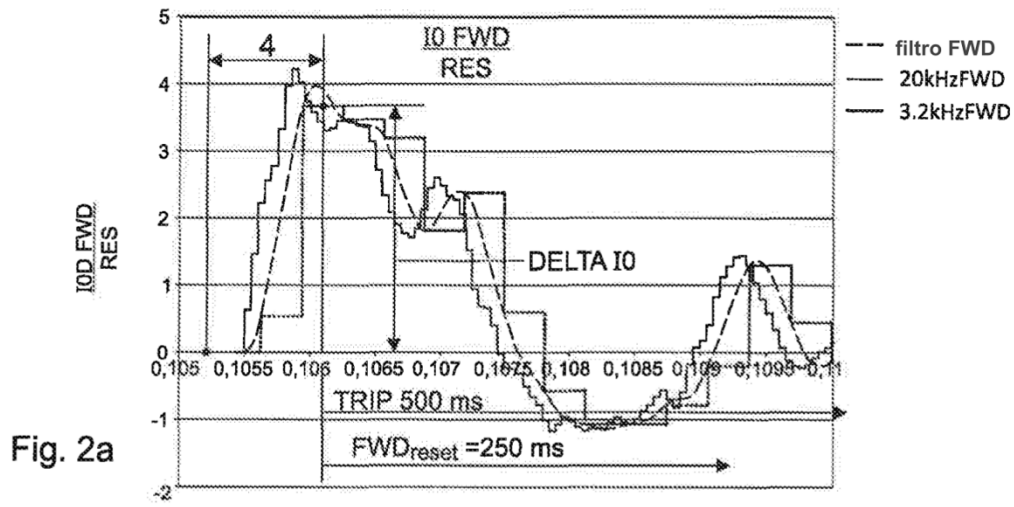
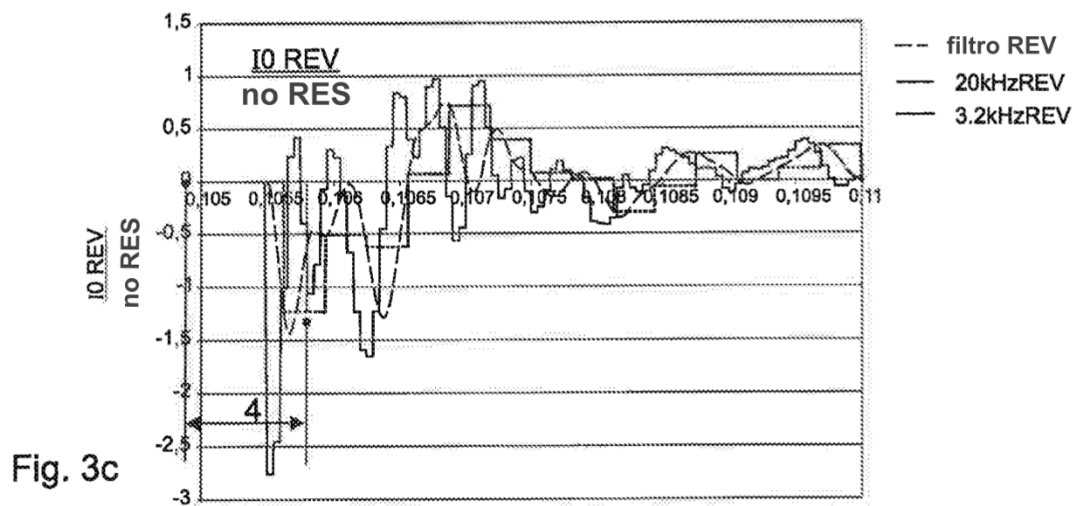
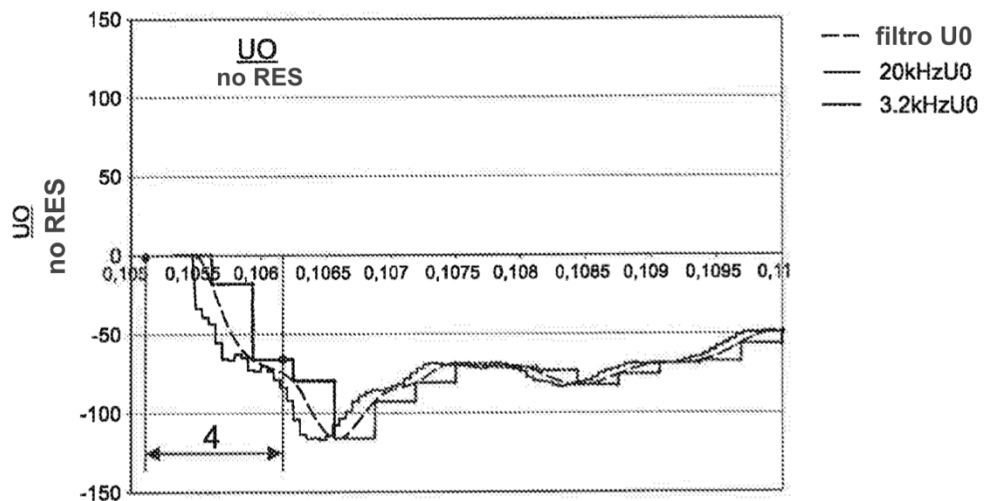
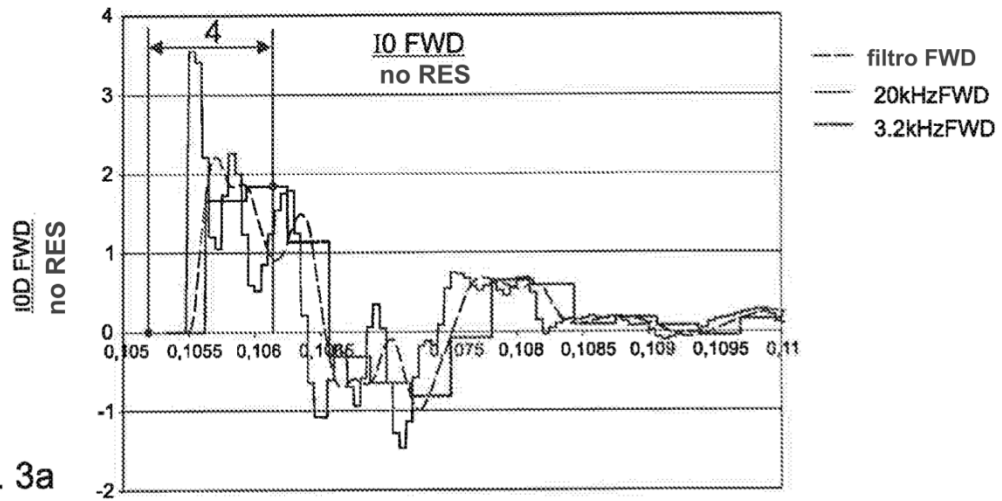


Fig. 1





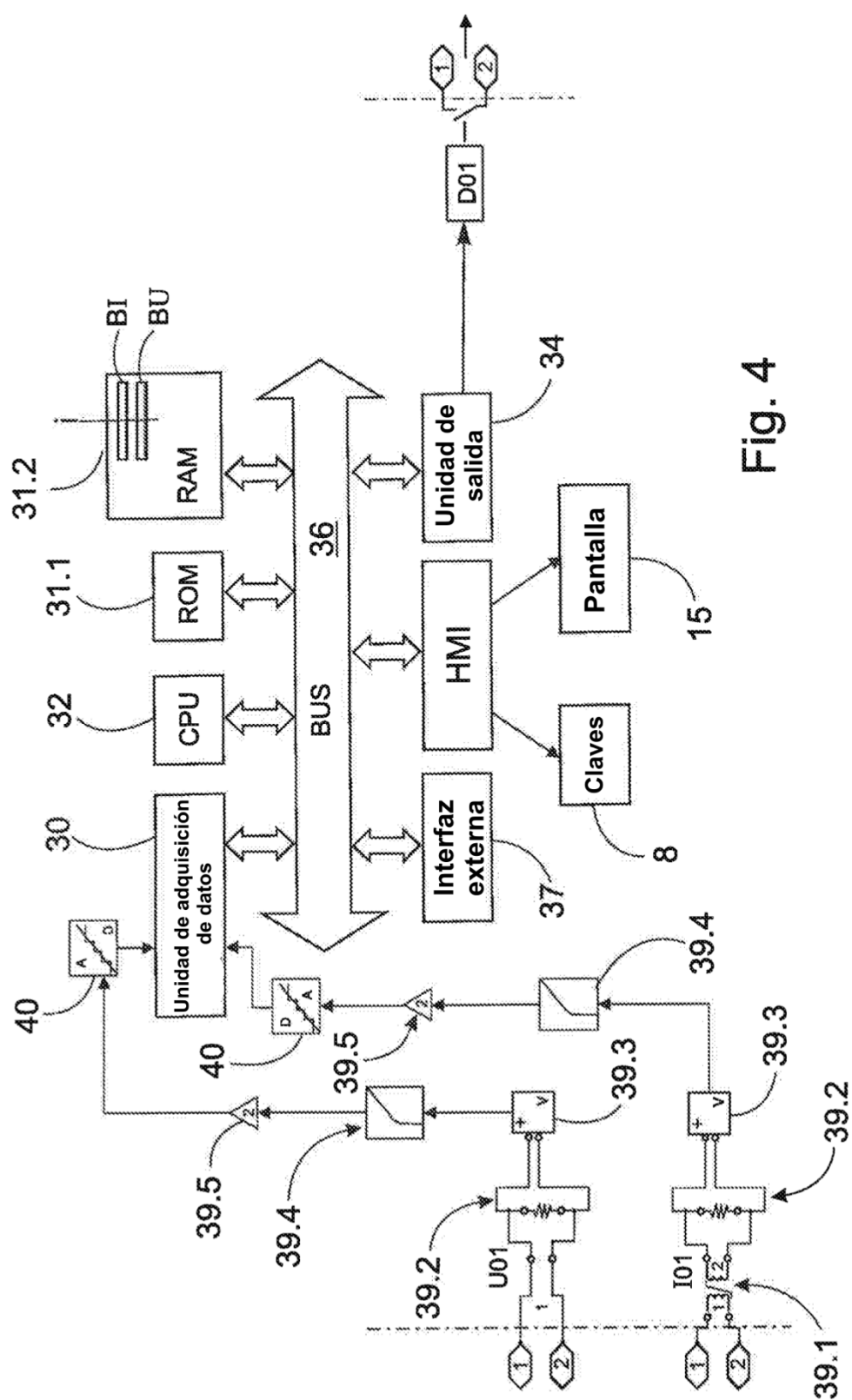


Fig. 4