



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 278 051**

51 Int. Cl.:  
**G01R 31/02** (2006.01)  
**H02H 3/16** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **02773885 .5**  
86 Fecha de presentación : **23.10.2002**  
87 Número de publicación de la solicitud: **1446675**  
87 Fecha de publicación de la solicitud: **18.08.2004**

54 Título: **Elemento direccional para determinar faltas en sistemas de energía sin conexión a tierra.**

30 Prioridad: **24.10.2001 US 999837**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**01.08.2007**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**01.08.2007**

73 Titular/es:  
**Schweitzer Engineering Laboratories, Inc.**  
**2350 Northeast Hopkins Court**  
**Pullmann, Washington 99163, US**

72 Inventor/es: **Roberts, Jeffrey, B.**

74 Agente: **Curell Suñol, Marcelino**

ES 2 278 051 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

Elemento direccional para determinar faltas en sistemas de energía sin conexión a tierra.

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere de manera general al campo de los elementos direccionales para su utilización en determinaciones de la dirección de propagación de una falta para sistemas de energía eléctrica, y más específicamente se refiere a un elemento direccional de este tipo útil para sistemas de energía eléctrica sin conexión a tierra.

**Antecedentes de la invención**

En un sistema de energía eléctrica sin conexión a tierra no existe conexión deliberada a tierra. Un sistema de energía eléctrica de este tipo comprenderá típicamente varias líneas de distribución, cada una de las cuales da servicio a una pluralidad de cargas de un alimentador, que están conectadas fase con fase. Cuando se produce una falta a tierra (una falta que involucra a una fase de la señal de energía eléctrica y a tierra) en este tipo de sistema, el único camino para la corriente de falta a tierra pasa a través de la capacitancia distribuida de línea a tierra del entorno (asociada a la ubicación de la falta) del sistema de energía eléctrica, así como de la capacitancia distribuida de línea a tierra de las dos fases restantes sin falta, del circuito que presenta falta.

Se conoce bien que las faltas a tierra que se producen en sistemas de energía eléctrica sin conexión a tierra no afectan a las tensiones de fase a fase entre las tres fases de la señal de energía eléctrica ( $V_A$ ,  $V_B$ ,  $V_C$ ), de manera que es posible mantener el funcionamiento del sistema de energía eléctrica mientras permanece en la condición de falta. Con el fin de mantener el funcionamiento, sin embargo, el sistema debe presentar un aislamiento entre fase y fase adecuado y todas las cargas del sistema deben estar conectadas fase con fase.

La corriente de falta para faltas a tierra en sistemas sin conexión a tierra es bastante reducida comparada con el caso de sistemas conectados a tierra, y por lo tanto, los relés de protección utilizados para determinar faltas a tierra requieren una sensibilidad elevada. La gran mayoría de los detectores de falta (elementos) utilizados para sistemas sin conexión a tierra utilizan la tensión de la frecuencia fundamental y unas componentes de corriente en sus determinaciones de falta. Se utiliza un procedimiento convencional que mide la potencia según una solución basada en un elemento direccional común, pero su sensibilidad está limitada a valores de resistencia de falta relativamente reducidos, es decir, típicamente no superiores a unos pocos kOhmios. Otros procedimientos utilizan el contenido armónico en régimen permanente de los valores de tensión y corriente, mientras que otros procedimientos detectan todavía las componentes transitorias generadas por la falta de tanto la tensión como de la corriente, para realizar determinaciones de falta a tierra. Estos procedimientos, sin embargo, presentan una sensibilidad limitada debido a que los valores de resistencia de falta elevados reducen el nivel de armónicos en régimen permanente y amortiguan las componentes transitorias de tanto la tensión como de la corriente.

Los sistemas de energía eléctrica sin conexión a tierra presentan muchas de las características deseables de los sistemas conectados a tierra, comprendiendo seguridad, reducción de interferencias sobre sistemas de comunicación y reducción de la tensión de los equipos y del esfuerzo térmico. Una de las características deseables de los sistemas sin conexión a tierra, tal como se ha indicado anteriormente, es su corriente de falta a tierra de intensidad relativamente baja, de manera que el sistema puede permanecer en funcionamiento durante faltas sostenidas de baja magnitud, sin representar un riesgo para la seguridad pública.

Las faltas a tierra en sistemas sin conexión a tierra se suelen extinguir por sí mismas. Sin embargo, existen algunas faltas que no se extinguen por sí mismas; es deseable determinar la existencia y ubicación de dichas faltas así como su dirección de propagación para impedir la posible existencia de otra falta posterior que se combine de alguna forma con la primera falta para producir una corriente de falta extremadamente elevada.

Una dificultad con la determinación de falta en sistemas sin conexión a tierra es la identificación del alimentador que ha presentado una falta cuando ese alimentador forma parte de una red de distribución de múltiples alimentadores. En sistemas balanceados (en los que las líneas del alimentador son de aproximadamente la misma longitud), la magnitud de la corriente de secuencia nula proporciona una identificación fiable de la ubicación de la falta de un alimentador concreto. Esto se debe a que en los sistemas balanceados, la capacitancia a lo largo de cada línea del alimentador es aproximadamente la misma. En sistemas no balanceados, un valor de magnitud de este tipo no constituye en sí mismo una indicación fiable de qué alimentador presenta la falta.

Sería deseable por lo tanto disponer de un elemento direccional fiable para la determinación de la existencia de una falta en una red de distribución de múltiples alimentadores, así como de la dirección de propagación de esa falta, en un sistema sin conexión a tierra, en el que la corriente de falta es bastante reducida.

A título de antecedente, el documento EP-A-0 932 235 da a conocer un elemento direccional universal adaptativo capaz de declarar unas condiciones de falta directa o inversa en sistemas conectados a tierra utilizando un elemento direccional de secuencia nula o un elemento direccional de secuencia negativa. El documento EP-A-0 932 235 da a conocer que el elemento direccional de secuencia nula declara una falta directa cuando la impedancia de secuencia

nula está por debajo de un primer umbral, y una falta inversa cuando la impedancia de secuencia nula está por encima de un segundo umbral.

El documento "Selective ground-fault protection using an adaptive algorithm model in neutral ungrounded systems" de Mu Longhua and Li Xiaobo de las Actas de la Conferencia Internacional de la IEEE sobre "Power System Technology" del año 2000 (Powercon 2000, del 4 al 7 de diciembre del 2000), da a conocer un dispositivo de protección selectiva frente a faltas a tierra para sistemas sin conexión a tierra. El documento US-A-5.946.174 da a conocer un procedimiento para detectar una falta a tierra en una línea de transmisión en base al ángulo de fase entre la corriente del sistema de secuencia nula y la corriente del sistema de secuencia negativa. El documento US-A-5.963.404 da a conocer un sistema de protección restringida frente a faltas a tierra para transformadores que utiliza un elemento direccional.

## Sumario de la invención

Según lo expuesto anteriormente, la presente invención es un elemento direccional para detectar faltas a tierra en sistemas sin conexión a tierra, que comprende: unos medios, cuando están activados, para calcular una impedancia de secuencia nula para una línea protegida particular, utilizando una tensión de secuencia nula y una corriente de secuencia nula sobre dicha línea; un circuito de activación que permite el funcionamiento de los medios de cálculo bajo unas condiciones de corriente preseleccionadas; y unos medios que comparan los valores de impedancia de secuencia nula que proceden de los medios de cálculo con los valores umbral de sensibilidad escogidos apropiados para sistemas sin conexión a tierra, en el que se proporciona una indicación de falta directa cuando la impedancia de secuencia nula está por encima de un primer umbral de sensibilidad, y se proporciona una indicación de falta inversa cuando la impedancia de secuencia nula está por debajo de un segundo umbral de sensibilidad.

## Breve descripción de los dibujos

Las figuras 1A y 1B muestran unas redes de secuencia nula para faltas a tierra directas e inversas, respectivamente.

Las figuras 2A y 2B, muestran respectivamente un diagrama de fasores de secuencia nula y un diagrama del plano de impedancias que muestra las características del elemento direccional de la presente invención.

La figura 3 muestra un diagrama lógico que implementa una forma de realización preferida del elemento direccional de la presente invención.

## Mejor modo de poner en práctica la invención

Tal como se ha indicado anteriormente, los elementos/procedimiento de detección de faltas a tierra utilizan típicamente valores de secuencia nula. Esto se debe a que los valores de secuencia nula están disponibles cuando se producen faltas a tierra. La impedancia de secuencia nula de un sistema sin conexión a tierra presentará típicamente una magnitud elevada. Esta magnitud elevada permite ignorar los valores de impedancia de secuencia positiva y negativa sin tener una pérdida de precisión significativa cuando se determinan faltas de línea a tierra individuales.

Tal como se ha indicado anteriormente, el alimentador que presenta una falta debe ser identificado de entre la pluralidad de alimentadores conectados a la línea de distribución. Esto se consigue incorporando el elemento direccional de la presente invención en cada alimentador (el elemento está presente en los relés individuales asociados, respectivamente, a cada línea). Cada elemento direccional supervisa la condición de funcionamiento de su alimentador asociado respecto a unas condiciones de falta, tal como se describe a continuación, y a continuación determina si la falta se ha producido en la dirección directa o inversa en relación al elemento direccional. La dirección directa se refiere a una falta alejada del elemento direccional en dirección al alimentador distribuidor, mientras que la dirección inversa se refiere a una falta que se ha producido antes del elemento direccional, en dirección a la fuente local o a otra línea.

La figura 1A muestra una representación de una secuencia nula para una falta a tierra directa en un sistema sin conexión a tierra. El relé protector que contiene el elemento direccional de la presente invención medirá la tensión de secuencia negativa  $V_0$  a través de  $XC_{OS}$ , donde  $XC_{OS}$  es la impedancia de secuencia nula del resto del sistema de energía eléctrica antes del relé. El elemento mide además la corriente de secuencia nula  $I_0$  a través de  $XC_{OS}$ . La figura 1B muestra la red de secuencia nula que tiene lugar para una falta a tierra inversa. La medición de  $V_0$  se realizará a través de la combinación en serie de  $Z_{OL}+XC_{OL}$ , donde  $Z_{OL}$  es la impedancia de línea de secuencia nula y  $XC_{OL}$  es la capacitancia de línea a tierra distribuida de la línea protegida. También, se mide la corriente de secuencia nula  $I_0$  a través de la combinación de  $Z_{OL}$  y de  $XC_{OL}$ . Por lo tanto, en efecto, el relé mide  $-XC_{OS}$  para las faltas directas y  $Z_{OL}+XC_{OL}$  para las faltas inversas. Los diagramas de las figuras 1A y 1B muestran que la corriente de secuencia nula  $I_0$  se produce en una dirección de propagación para las faltas directas y en la dirección de propagación opuesta para las faltas inversas.

La figura 2A muestra el diagrama de fasores para las faltas directas e inversas en el sistema de energía eléctrica, en el que se representa la tensión de secuencia nula  $3V_0$  mediante la línea 20, mientras que los fasores de la corriente de secuencia nula  $3I_0$  se representan mediante la línea 22 para las faltas directas y mediante la línea 24 para las faltas

## ES 2 278 051 T3

inversas. La figura 2B muestra la característica de funcionamiento del elemento direccional de la presente invención para sistemas sin conexión a tierra, en el que se determinan unas condiciones directas e inversas restando  $-X_{C_{OS}}$  con  $X_{C_{OL}}$ . El elemento direccional comprende dos umbrales que se pueden establecer por separado que son establecidos en función de esos dos valores de impedancia. Estas dos líneas umbrales se representan con la línea 26 (umbral de falta directa) y con la línea 28 (umbral de falta inversa). Si la impedancia medida está por encima del umbral directo 26 y se han cumplido todas las condiciones de supervisión, se declara a la falta como directa; mientras que si la impedancia medida está por debajo del umbral de la línea 28 y se han cumplido todas las condiciones de supervisión, se declara a la falta como inversa.

La figura 3 muestra el diagrama lógico de la forma de realización preferida del elemento direccional de la presente invención. Básicamente, el elemento lógico comprende un circuito de cálculo de la impedancia de secuencia nula 30 y compara el resultado de ese cálculo, que tiene lugar cada  $\frac{1}{4}$  de ciclo de la señal de energía eléctrica en la forma de realización representada, con umbrales en los comparadores 32 y 34 para realizar determinaciones de tipo directo o inverso.

El resto del circuito de la figura 3 establece unas condiciones de supervisión/funcionamiento del elemento direccional para asegurar el funcionamiento adecuado y unas determinaciones de falta precisas. Cuando se determina una falta en la dirección directa, se proporciona una señal indicando esa condición a través de la línea de salida 36, mientras que se proporciona una indicación de una falta en la dirección inversa a través de la línea de salida 38.

En relación al circuito con mayor detalle, se aplica una configuración para permitir la determinación de una pérdida de potencial (LOP) a través de la línea de entrada 40. Esto es controlado por un operario. Una configuración de tipo ELOP (permitir pérdida de potencial) con valor 0 inhabilita la supervisión LOP. Cuando la configuración ELOP está en un primer estado de activación (Y) y se reconoce una condición LOP (línea de entrada 42), la salida de la puerta AND 44 es elevada, estando ésta aplicada a la puerta OR 46. Esto da como resultado una indicación de falta directa a través de la línea 36. Cuando la configuración ELOP está en un segundo estado de activación (Y1) y se reconoce una condición LOP, entonces la salida de la puerta AND 48 es elevada y tanto las salidas directa e inversa 36 y 38 son inhabilitadas (no puede haber indicación de falta directa o inversa). Esto tiene lugar de la manera siguiente: la salida elevada de la puerta AND 48 resulta en una salida elevada de la puerta OR 50. La salida de la puerta OR 50 es aplicada como entrada en las puertas OR 52 y 54, las cuales, respectivamente, reinician el contador de estabilidad directo 56 y el contador de estabilidad inverso 57, lo cual, tal como se explica con mayor detalle a continuación, impide que las salidas de los mismos alcancen la puerta OR 46 y la línea de salida 38.

La siguiente condición de supervisión se refiere además a la activación del circuito de cálculo de la impedancia de secuencia nula 30. El comparador 58 determina esta siguiente condición. Una entrada del comparador 58 mediante la línea 59 es una configuración establecida por el operario. Este es un factor de limitación de la corriente de secuencia positiva, dentro de un intervalo de 0,001 a 0,5 amperios, en pasos de 0,001 amperios. Típicamente, el valor por defecto será de 0,001 amperios. En contraste con esta configuración está un valor de magnitud de entrada procedente de un circuito de magnitud absoluta 60. El valor de magnitud de entrada se refiere a la mejor fuente de corriente a tierra para el circuito, seleccionado de entre valores referidos como  $I_G$  e  $I_N$ .

$I_N$  se refiere a la corriente obtenida realmente (medida) del transformador de corriente (CT) que responde a la corriente de señal de energía eléctrica, e  $I_{N-SAT}$  se refiere al umbral de saturación asociado con el transformador de corriente particular (debido a su capacidad toroidal) en el relé.  $I_G$  es igual a la suma (calculada) de las tres corrientes de fase,  $I_A$ ,  $I_B$  e  $I_C$ , que son medidas. Cuando el valor absoluto de  $I_G$  es superior a  $I_{N-SAT}$ , tal como se determina mediante el comparador 62, un conmutador 64 dirigirá el valor de  $I_G$  hacia el circuito de magnitud absoluta 60. En caso contrario, la entrada al circuito de magnitud 60 es  $I_N$  (desde el CT). Si la salida del circuito de magnitud 60 es superior a la configuración de limitación de la secuencia positiva, entonces la salida del comparador 58 es elevada, la cual es una entrada a la puerta AND 64, la salida de la cual controla la activación del circuito de cálculo 30.

La puerta OR 66 proporciona además una entrada a la puerta AND 64 referida a la activación del circuito de cálculo 30. Las entradas a la puerta OR 66 se refieren a dos funciones de supervisión adicionales, comprendiendo una condición tripolar abierta (3PO) mediante la línea 68 y una señal 32IBV mediante la línea 69, que es la salida de una ecuación que es elevada cuando el usuario desea bloquear el elemento direccional. La presencia de cualquiera de estas dos condiciones de supervisión producen una salida elevada por parte de la puerta OR 66 que resulta en una entrada reducida para la puerta AND 64, lo que impide una salida elevada de la puerta AND 64, básicamente para desconectar el elemento direccional debido a que el circuito de cálculo 30 no puede ser activado.

Los comparadores 70 y 72 realizan dos comparaciones de corriente de umbral para realizar una supervisión adicional. Los comparadores 70 y 72 establecen unos niveles mínimos de corriente necesarios para el funcionamiento del elemento direccional. El comparador 70 determina si el valor de corriente de entrada está por encima de un nivel mínimo de corriente para una determinación fiable de la dirección de una falta directa, mientras que el comparador 72 determina si el nivel de corriente de entrada está por encima del nivel mínimo de corriente para una determinación fiable de la dirección de propagación de una falta inversa. La salida del circuito de magnitud absoluta 60 se aplica a una entrada del comparador 70 y a una entrada del comparador 72. Se suministran las configuraciones de corriente umbral a las otras entradas y se preseleccionan por parte del fabricante o del operario para una determinación de falta fiable. Las salidas de los comparadores 70 y 72 se aplican a la puerta OR 76. La salida de la puerta OR 76 es la tercera entrada a la puerta AND 64. Cuando la salida de la puerta OR 76 es elevada, significando que tanto la salida

## ES 2 278 051 T3

del comparador 70 como la del 72, o ambas, es elevada, la salida de la puerta AND 64 será elevada, cuando al mismo tiempo la salida del comparador 58 es elevada y la salida de la puerta OR 66 es reducida. A continuación, se activa el cálculo del circuito 30. El algoritmo de cálculo del circuito de cálculo 30 es de la manera siguiente:

5

$$SZ_0 = \frac{\operatorname{Re}[3V_0 \cdot (I_N \cdot 1\angle 90^\circ)^*]}{I_N^2}$$

10 en la que  $SZ_0$  es la impedancia “sensible” de secuencia nula (para sistemas sin conexión a tierra), en la que  $3V_0$  es la tensión de secuencia nula (valores medidos de  $V_A$ ,  $V_B$  y  $V_C$ ) e  $I_N$  es la corriente de secuencia nula medida en los transformadores de corriente. Sin embargo, cuando  $I_G$  es superior a  $I_{N-SAT}$ ,  $I_G$  ( $I_A$ ,  $I_B$  e  $I_C$ ) es el valor “ $I_n$ ” del algoritmo. A continuación, la salida del circuito de cálculo 30 se aplica a una entrada de los comparadores 32 y 34.

15 Las salidas de los comparadores 70 y 72 se aplican además, respectivamente, a las puertas OR 52 y 54. Cuando la salida del comparador 70 es reducida, significando que el umbral directo no ha sido superado, la salida de la puerta OR 52 será elevada, lo cual reiniciará continuamente el contador 56, impidiendo la indicación de falta directa. Del mismo modo, cuando la salida del comparador 72 es reducida, significando que no se ha superado el umbral inverso, la salida de la puerta OR 54 será elevada, lo que reinicia continuamente el contador 57, impidiendo una indicación de falta inversa. Por lo tanto, los umbrales de tipo directo e inverso trabajan de forma independiente.

20 Tal como se ha indicado anteriormente, la salida del circuito de cálculo 30 se aplica a los comparadores 32, 34. El cálculo en la forma de realización representada se produce cada  $\frac{1}{4}$  de ciclo de la señal de energía eléctrica. Esto se puede cambiar si se desea. La otra entrada al comparador 32 es una configuración “sensible” de umbral de tipo directo. En la forma de realización representada, el intervalo de la configuración es de  $\pm 300$  ohmios/ $I_{NOM}$ , con pasos de 0,01 ohmios. Este valor será positivo para faltas a tierra directas. En la forma de realización representada, el valor por defecto es  $Z_{0MAG}/2$ , donde  $Z_0$  es la impedancia réplica de línea de secuencia nula. Este es un valor introducido por el usuario y que típicamente será de 8 ohmios aproximadamente. El comparador 34 responde a un valor de umbral inverso sensible. En la forma de realización representada, el intervalo posible es el mismo que para la configuración de umbral directo sensible. El valor por defecto es  $Z_{0MAG}/2 - 0,1$ . Se establecen los umbrales “sensibles” de manera que respondan a los valores presentes para faltas en sistemas sin conexión a tierra (valores de corriente reducidos).

30 Se aplican las salidas de los comparadores 32 y 34 sobre las entradas de los contadores 56 (dirección directa) y 57 (dirección inversa). Cuando un contador registra dos cuentas consecutivas, en respuesta a dos salidas elevadas consecutivas desde cualquiera de los comparadores 32 ó 34, sin que el contador sea reiniciado mientras tanto, se genera una salida desde ese contador hacia la puerta OR 46 y a continuación hacia la línea de salida 36 (indicación de falta directa) desde el contador 56, o hacia la línea de salida 38 (indicación de falta inversa) desde el contador 57.

35 Se aplica una señal de salida (falta directa) mediante la línea 36 a la puerta OR 54, que a su vez reiniciará el contador inverso 57, impidiendo declaraciones simultáneas o sustancialmente simultáneas. De manera recíproca, una salida del contador 57 reiniciará el contador directo 56 a través de la puerta OR 52.

40 Según lo anterior, se ha dado a conocer un elemento direccional para sistemas de energía eléctrica que es capaz de funcionar de manera precisa para sistemas sin conexión a tierra. El sistema comprende además un número de operaciones de supervisión que aseguran la precisión global del funcionamiento del dispositivo.

45 Aunque en este caso se ha dado a conocer una forma de realización preferida de la invención a título ilustrativo, debe apreciarse que se pueden introducir cambios, modificaciones y sustituciones sin apartarse por ello del alcance de la invención, tal y como se define mediante las reivindicaciones siguientes.

50

55

60

65

## REIVINDICACIONES

1. Elemento direccional para la detección de faltas a tierra en sistemas sin conexión a tierra, que comprende:

unos medios (30) cuando están activados para calcular una impedancia de secuencia nula para una línea protegida particular, utilizando una tensión de secuencia nula y una corriente de secuencia nula en dicha línea;

un circuito de activación que permite el funcionamiento de los medios de cálculo bajo unas condiciones de corriente nula preseleccionadas; y

unos medios (56, 57) para comparar los valores de impedancia de secuencia nula que proceden de los medios de cálculo con los valores umbral seleccionados apropiados para sistemas sin conexión a tierra, en el que los medios para comparar la secuencia nula están **caracterizados** porque se proporciona una indicación de falta directa cuando la impedancia de secuencia nula está por encima de un primer umbral de sensibilidad (26) y está prevista una indicación de falta inversa cuando la impedancia de secuencia nula está por debajo de un segundo umbral de sensibilidad (28).

2. Sistema según la reivindicación 1, que comprende un circuito de selección para seleccionar entre dos valores de corriente de secuencia nula, en el que un valor de corriente es la suma de las tres corrientes de fase  $I_A$ ,  $I_B$  e  $I_C$ , y en el que el otro valor de corriente se obtiene a partir de un transformador de corriente asociado con el elemento direccional, respondiendo el transformador de corriente a la señal de energía eléctrica.

3. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende dos contadores que responden a los medios de comparación, en el que los contadores proporcionan unas señales de salida que indican unas faltas directas (36) e inversas (38), respectivamente, cuando en los medios de comparación se ha producido la superación de un número seleccionado de salidas que indican unos valores umbral, antes de que los contadores sean reiniciados, que se produce bajo condiciones de supervisión preseleccionadas.

4. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el número seleccionado de salidas es dos.

5. Sistema según la reivindicación 3 ó 4, en el que una condición de supervisión comprende una condición de pérdida de potencial.

6. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5, en el que una condición de supervisión comprende la satisfacción de unos umbrales de corriente de salida mínimos para la determinación de falta directa y/o inversa.

7. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 3 a 6, en el que una condición de supervisión comprende una condición tripolar abierta.

8. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 3 a 7, en el que una condición de supervisión es una corriente de entrada máxima.

9. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 3 a 8, en el que una condición de supervisión comprende la satisfacción de un intervalo preestablecido para una corriente no balanceada.

10. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende unos medios para evitar una indicación de falta inversa que sigue a una determinación de una falta directa, y unos medios para impedir una indicación de falta directa que sigue a una determinación de una falta inversa.

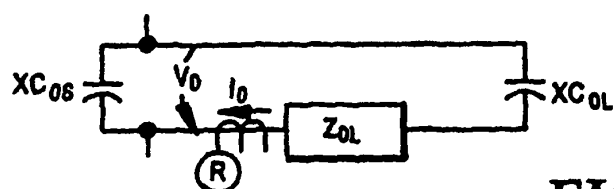
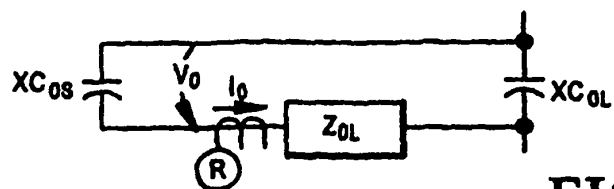
11. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el valor de la corriente es igual al valor de corriente procedente del transformador de corriente, a menos que la suma de  $I_A + I_B + I_C$  sea superior al valor de saturación de la corriente procedente del transformador de corriente, en cuyo caso el valor de la corriente es  $I_A + I_B + I_C$ .

12. Procedimiento para la detección de faltas a tierra en sistemas sin conexión a tierra, que comprende:

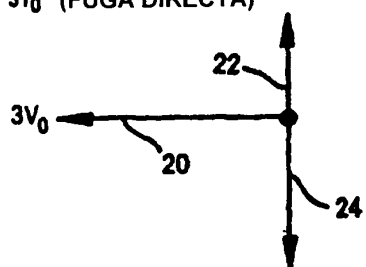
calcular una impedancia de secuencia nula para una línea protegida particular, utilizando una tensión de secuencia nula y una corriente de secuencia nula sobre dicha línea; bajo unas condiciones de corriente de secuencia nula preseleccionadas; y

comparar los valores de la impedancia de secuencia nula con unos valores umbral seleccionados adecuados para sistemas sin conexión a tierra,

**caracterizado** porque está prevista una indicación de falta directa cuando la impedancia de secuencia nula está por encima de un primer umbral de sensibilidad y está prevista una indicación de falta inversa cuando la impedancia de secuencia nula está por debajo de un segundo umbral de sensibilidad.

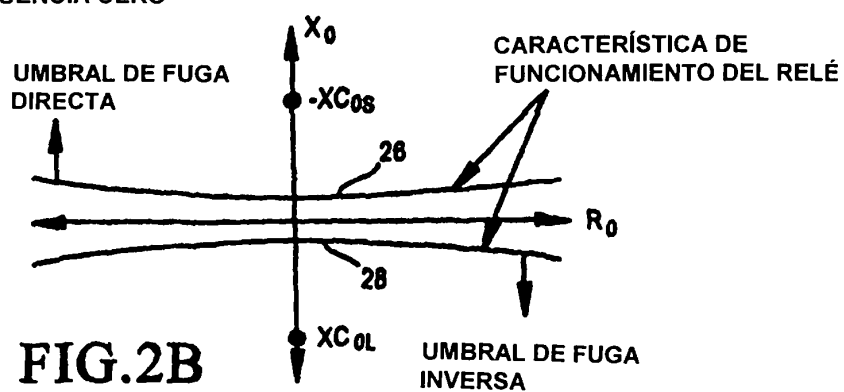


31<sub>0</sub> (FUGA DIRECTA)



31<sub>0</sub> (FUGA INVERSA)

PLANO DE IMPEDANCIAS  
DE SECUENCIA CERO



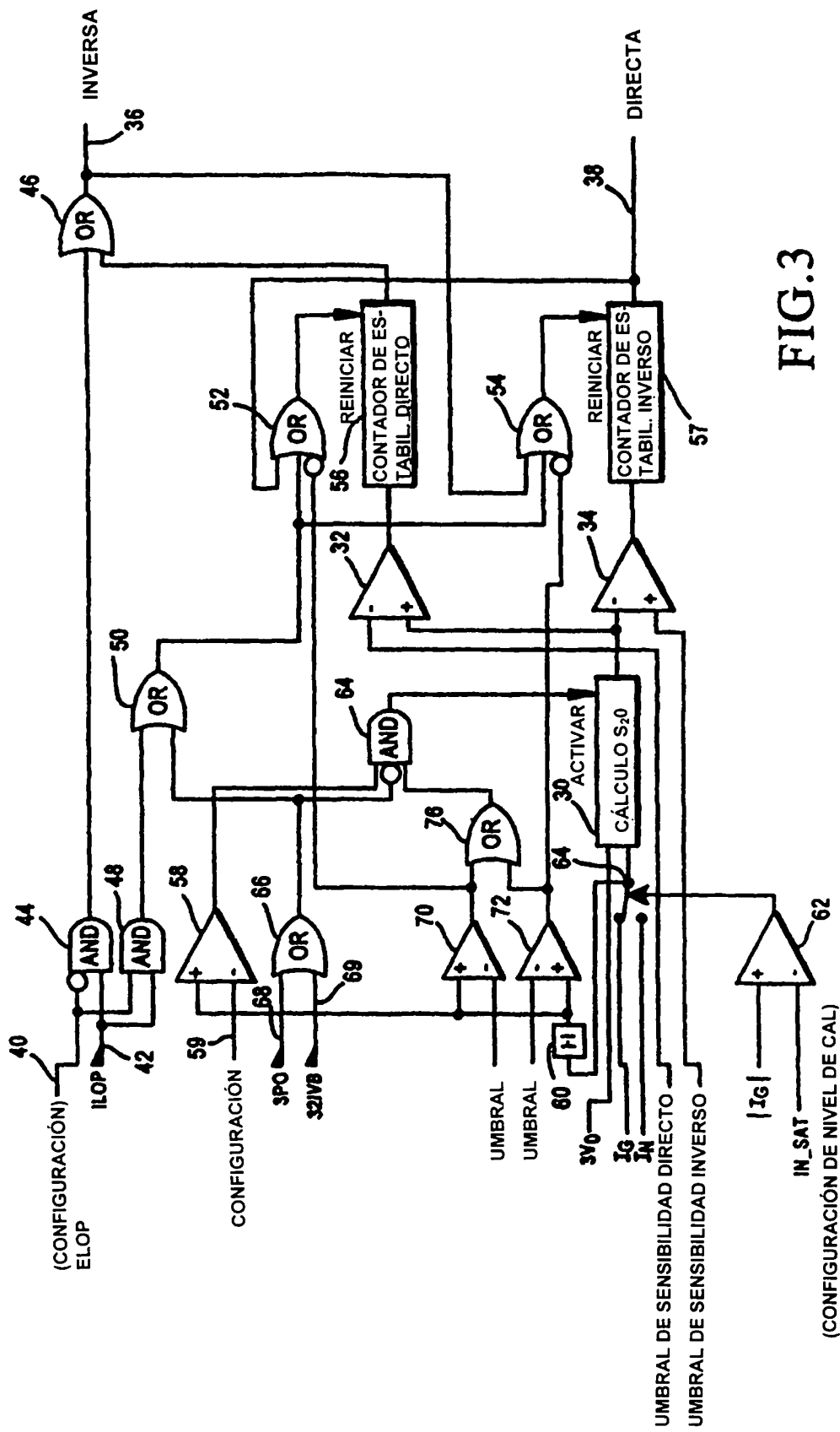


FIG.3