

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 008 709**

51 Int. Cl.:

G01R 19/25 (2006.01)

G01R 31/08 (2010.01)

G01R 31/52 (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.04.2022 E 22382331 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.01.2025 EP 4257987**

54 Título: **Método para localizar un punto de falta en un cable de corriente alterna trifásica de alta tensión, y sistema para localizar un punto de falta**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
24.03.2025

73 Titular/es:

LUMIKER APLICACIONES TECNOLOGICAS S.L.
(100.00%)
Parque Tecnológico de Bizkaia, Astondo Bidea,
Edif. 612
48160 Derio, ES

72 Inventor/es:

BENGOCHEA DE LA LLERA, FRANCISCO
JAVIER

74 Agente/Representante:

IGARTUA IRIZAR, Ismael

ES 3 008 709 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 para localizar un punto de falta en un cable de corriente alterna trifásica de alta tensión, y sistema para localizar un punto de falta

SECTOR DE LA TÉCNICA

La presente invención se relaciona con un método para localizar un punto de falta en un cable de corriente alterna trifásica de alta tensión, y con un sistema para localizar un punto de falta.

ESTADO ANTERIOR DE LA TÉCNICA

Son conocidos los métodos para detectar que hay una falta en cables de corriente alterna trifásica de alta tensión, es decir, que se ha producido un cortocircuito entre un conductor y una pantalla de dicho cable.

Son conocidos también los métodos que además de detectar que hay una falta, localizan el punto en el que se ha producido dicha falta.

Por ejemplo, US20210072302A1 se refiere a un método para localizar un punto de falta en un cable de alta tensión que se basa en proporcionar al menos dos aparatos de medición de corriente dispuestos en el cable a una distancia determinada y con temporizadores sincronizados entre sí, y un dispositivo de medición para detectar una corriente eléctrica que fluye en la pantalla y/o en una línea de puesta a tierra que conecta la pantalla y la tierra. El aparato de medición transmite los pares de valores de medición de corriente y los valores asociados del temporizador a una unidad de análisis, la cual, al producirse una corriente que supera un valor umbral y/o un perfil de corriente en el tiempo que satisface estipulaciones específicas, alimenta a una unidad de cálculo los valores de los temporizadores y también una indicación sobre la ubicación de la medición para la cual se produjeron los primeros efectos del cortocircuito. La unidad de cálculo calcula la ubicación de la falta a partir de la distancia conocida entre los aparatos de medición y una diferencia entre los valores de los temporizadores sincronizados.

El documento "HE WEN ET AL: "Diagnosis and Location of High-voltage Cable Fault Based on Sheat Current", 2018 INTERNATIONAL CONFERENCE ON POWER SYSTEMS TECHNOLOGY (POWERCON), IEEE, 6 de noviembre de 2018 (2018-11-06), páginas 3353-3359, XP033492491, DOI:10.1109/POWERCON.2018.8602318" muestra, en un sistema de cable de corriente alterna trifásica de alta tensión, la localización de la sección en la que se ha producido la falta midiendo y comparando las corrientes de pantalla en las secciones relevantes. La falta es simulada.

EXPOSICIÓN DE LA INVENCION

El objeto de la invención es el de proporcionar un método para localizar un punto de falta en un cable de corriente alterna trifásica de alta tensión, y un sistema para localizar un punto de falta en un cable de corriente alterna trifásica de alta tensión, según se define en las reivindicaciones.

Un primer aspecto de la invención se refiere a un método para localizar un punto de falta en un cable de corriente alterna trifásica de alta tensión.

El cable en el que se aplica el método de la invención comprende un primer extremo, un segundo extremo y al menos una sección que se extiende entre dichos extremos, comprendiendo el cable un conductor y una pantalla respectiva por cada fase. El cable comprende un sistema de conexión *single point*, es decir, las pantallas están conectadas a un dispositivo pararrayos conectado a tierra en un extremo de dicha al menos una sección, y las pantallas están conectadas a un elemento de puesta a tierra en el otro extremo de dicha al menos una sección. El cable comprende un conductor de continuidad de tierra que establece una tierra común conectando las conexiones a tierra de el/los elemento/s de puesta a tierra y el/los dispositivo/s pararrayos.

El método comprende las siguientes etapas:

- medición de la corriente de conductor que circula por cada conductor tanto en el primer extremo como en el segundo extremo del cable,
- medición de la corriente de pantalla que circula por cada pantalla en cada sección en un punto próximo al elemento de puesta a tierra,
- medición de la corriente de conductor de continuidad de tierra que circula por cada sección en un punto próximo al elemento de puesta a tierra,
- determinación del conductor en falta en base a las corrientes de conductor previamente medidas,
- en caso de que el cable comprenda más de una sección, determinación de la sección en falta en base a las corrientes de pantalla previamente medidas, y
- localización del punto de falta mediante un modelo, también denominado gemelo digital, de la sección en falta del conductor de continuidad de tierra, siendo la única incógnita la distancia al punto de falta desde un extremo de dicha sección en falta.

Un segundo aspecto de la invención se refiere a un sistema para localizar un punto de falta en un cable como el descrito en el primer aspecto de la invención, comprendiendo el sistema:

- un primer equipo de medida de corriente configurado para medir la corriente de conductor que circula por cada conductor tanto en el primer extremo como en el segundo extremo del cable,
- un segundo equipo de medida de corriente configurado para medir la corriente de pantalla de cada pantalla en cada sección en un punto próximo al elemento de puesta a tierra,
- un tercer equipo de medida de corriente configurado para medir la corriente de conductor de continuidad de tierra del conductor de continuidad de tierra en cada sección en un punto próximo al elemento de puesta a tierra, y
- un procesador configurado para ejecutar el método descrito en el primer aspecto de la invención en base a las medidas de corriente realizadas por dichos equipos de medida de corriente.

Los puntos en los que las pantallas se conectan a un dispositivo pararrayos quedan libres a efectos de conductividad, es decir, es como si estuviesen en circuito abierto, de modo que complica la posibilidad de utilizar un modelo de las pantallas para poder calcular el punto de falta, ya que se desconoce la tensión en dichos puntos. Para poder utilizar un modelo de las pantallas habría que medir la tensión en dichos puntos y esto puede acarrear muchos problemas. Al utilizar el modelo del conductor de continuidad de tierra se evita este problema ya que es un modelo cuyos extremos están conectados a tierra.

El método de localización y el sistema de localización de la invención ofrecen una solución rápida para localizar un punto de falta en un cable de corriente alterna trifásica de alta tensión, obteniéndose el resultado prácticamente en tiempo real.

Aunque para localizar el punto exacto de falta se requiere un modelo del conductor de continuidad de tierra, dicho modelo es poco sensible al tipo del terreno en el que se dispone el cable, ya que afecta de manera similar a los distintos parámetros del modelo y por lo tanto su influencia resulta prácticamente cancelada.

Además, para localizar el punto de falta no es necesario conocer la resistencia de falta, es decir, la resistencia entre el conductor en falta y la pantalla en falta en el punto de falta F.

Estas y otras ventajas y características de la invención se harán evidentes a la vista de las figuras y de la descripción detallada de la invención.

DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La figura 1 muestra esquemáticamente un sistema para localizar un punto de falta en un cable según una primera realización de la invención aplicado en un cable que tiene una primera configuración.

La figura 2 muestra el modelo del cable de la figura 1.

La figura 3 muestra el modelo del conductor de continuidad de tierra del cable de la figura 1.

La figura 4 muestra esquemáticamente un sistema para localizar un punto de falta en un cable según una segunda realización de la invención aplicado en un cable que tiene una segunda configuración.

EXPOSICIÓN DETALLADA

Un primer aspecto de la invención se refiere a un método para localizar un punto de falta F en un cable 1 de corriente alterna trifásica de alta tensión.

El método de la invención está configurado para localizar un punto de falta F en un cable 1 que se extiende entre un primer extremo 10 y un segundo extremo 11, comprendiendo dicho cable 1 al menos una sección P_1 , P_2 que se extiende entre dichos extremos 10, 11. El cable 1 comprende un conductor R, S, T por cada fase y una pantalla S_R , S_S , S_T , asociada a cada conductor R, S, T.

Tal y como se ha comentado anteriormente se considera punto de falta F el punto en el que uno de los conductores R, S, T, del cable 1 tiene contacto eléctrico con la pantalla S_R , S_S , S_T , correspondiente, de modo que se produce un cortocircuito entre dicho conductor R, S, T y la pantalla correspondiente en dicho punto de falta F. Además, en el contexto de la invención, se considerará sección en falta la sección P_1 , P_2 del cable 1 en la que se disponga el punto de falta F.

El método de la invención está configurado para aplicarse en cables 1 con sistemas de conexión *single point*, es decir, en cables 1 en los que las pantallas S_R , S_S , S_T se conectan a un dispositivo pararrayos 3, 4 conectado a tierra G en un extremo de cada sección P_1 , P_2 , estando las pantallas S_R , S_S , S_T conectadas a un elemento de puesta a tierra en el otro extremo de cada sección P_1 , P_2 . Este tipo de cables 1 con sistemas de conexión *single point* comprenden un conductor de continuidad de tierra ECC que establece una tierra G común del sistema conectando la/s conexión/es a

tierra 20 de el/los elemento/s de puesta a tierra y la/s conexión/es a tierra 30, 40 de el/los dispositivo/s pararrayos 3, 4 del cable 1.

El método de la invención comprende las siguientes etapas:

- 5 • medición de la corriente de conductor I_{R1} , I_{S1} , I_{T1} , I_{R2} , I_{S2} , I_{T2} que circula por cada conductor R, S, T tanto en el primer extremo 10 como en el segundo extremo 11 del cable 1,
- medición de la corriente de pantalla I_{SR1} , I_{SS1} , I_{ST1} , I_{SR2} , I_{SS2} , I_{ST2} que circula por cada pantalla S_R , S_S , S_T en cada sección P_1 , P_2 en un punto próximo al elemento de puesta a tierra 2,
- 10 • medición de la corriente de conductor de continuidad de tierra I_{ECC1} , I_{ECC2} que circula por cada sección P_1 , P_2 en un punto próximo al elemento de puesta a tierra 2,
- determinación del conductor R, S, T en falta en base a las corrientes de conductor I_{R1} , I_{S1} , I_{T1} , I_{R2} , I_{S2} , I_{T2} previamente medidas,
- en caso de que el cable 1 comprenda más de una sección P_1 , P_2 , determinación de la sección P_1 , P_2 en falta en base a las corrientes de pantalla I_{SR1} , I_{SS1} , I_{ST1} , I_{SR2} , I_{SS2} , I_{ST2} previamente medidas, y
- 15 • localización del punto de falta F mediante un modelo de la sección P_1 , P_2 en falta del conductor de continuidad de tierra ECC, siendo la única incógnita la distancia x al punto de falta F desde un extremo de dicha sección P_1 , P_2 en falta.

20 Preferentemente para la determinación del conductor R, S, T en falta se compara para cada conductor R, S, T la corriente de conductor I_{R1} ; I_{S1} ; I_{T1} medida en el primer extremo 10 del cable 1 con la corriente de conductor I_{R2} ; I_{S2} ; I_{T2} medida en el segundo extremo 11 del cable 1, determinando que el conductor R, S, T en falta será aquel en el que la corriente de conductor I_{R1} , I_{R2} ; I_{S1} , I_{S2} ; I_{T1} , I_{T2} en dichos extremos 10, 11 sea distinta.

25 Preferentemente para la determinación la sección P_1 , P_2 en falta se analizan las corrientes de pantalla I_{SR1} , I_{SS1} , I_{ST1} ; I_{SR2} , I_{SS2} , I_{ST2} de cada sección P_1 , P_2 , determinando que la sección P_1 , P_2 en falta será aquella en la que una de las corrientes de pantalla I_{SR1} , I_{SS1} , I_{ST1} ; I_{SR2} , I_{SS2} , I_{ST2} tenga un valor de sobrecorriente. La corriente de pantalla I_{SR1} , I_{SS1} , I_{ST1} ; I_{SR2} , I_{SS2} , I_{ST2} que circula por las pantallas S_R , S_S , S_T cuando no hay falta es una corriente parasita de un valor bajo, por ejemplo una corriente de hasta 10A. Sin embargo, cuando se produce una falta, por la pantalla S_R , S_S , S_T correspondiente circula una sobrecorriente que es muy superior a la corriente parasita, por ejemplo una corriente superior a los 10.000A. De esta forma, cuando se produce una falta, basta con mirar las corrientes de pantalla I_{SR1} , I_{SS1} , I_{ST1} ; I_{SR2} , I_{SS2} , I_{ST2} de cada sección P_1 , P_2 para determinar cuál de las secciones P_1 , P_2 está en falta. Cabe destacar que como cada sección P_1 , P_2 está conectada en uno de sus extremos a tierra G, la sobrecorriente que circula por la pantalla S_R , S_S , S_T en falta circula hacia la tierra G de modo que el resto de las secciones P_1 , P_2 no se ven afectadas por dicha falta.

35 Preferentemente el modelo del conductor de continuidad de tierra ECC de la sección P_1 , P_2 en falta tiene en cuenta la resistencia propia R_{ECC} y la autoinductancia propia L_{ECC} del conductor de continuidad de tierra ECC, la resistencia a tierra R_g de las conexiones a tierra 20, 30, 40 del elemento de puesta a tierra y el dispositivo pararrayos 3, 4 correspondiente, la inductancia mutua M_R , M_S , M_T entre dicho conductor de continuidad de tierra ECC y cada uno de los conductores R, S, T, y la inductancia mutua M_{SR} , M_{SS} , M_{ST} entre dicho conductor de continuidad de tierra ECC y la pantalla en falta S_R , S_S , S_T desde el punto de falta F hasta el punto en el que las pantallas se conectan a tierra G.

40 A la hora de definir el modelo del conductor de continuidad de tierra ECC se han tenido en cuenta los valores relevantes a efectos de corriente y se han despreciado las aportaciones capacitivas ya que son de escaso valor en situaciones de falta.

Además, para la definición del modelo se han ignorado la inductancia mutua entre las pantallas S_R , S_S , S_T que no están en falta y conductor de continuidad de tierra ECC ya que apenas aportan acoplamiento sobre el cable ECC y por lo tanto son valores despreciables, y lo mismo ocurre con la pantalla en falta hasta el punto de falta F.

50 Preferentemente para la localización del punto de falta se calcula utilizando la siguiente formula:

$$0 = I_{ECCF}(R_g + R_g + R_{ECC} + j\omega L_{ECC}) - I_{ECCNLF}R_g - I_{ECCNFR}R_g + j\omega x I_{CNF1}M_{CNF1} + j\omega x I_{CNF2}M_{CNF2} + j\omega x I_{CF1}M_{CF} + j\omega(1-x)I_{CNF1}M_{CNF1} + j\omega(1-x)I_{CNF2}M_{CNF2} - j\omega(1-x)I_{CF2}M_{CF} + j\omega(1-x)I_{SF}M_{SF}$$

en donde,

- I_{ECCF} = La corriente que circula por la sección que está en falta,
- 55 I_{ECCNLF} = La corriente que circula por la sección que no está en falta a la izquierda de la sección en falta, en caso de que no haya ninguna sección a la izquierda de la sección en falta su valor será cero,
- I_{ECCNFR} = La corriente que circula por la sección que no está en falta a la derecha de la sección en falta, en caso de que no haya ninguna sección a la derecha de la sección en falta su valor será cero,
- R_g = La resistencia a tierra de la puesta a tierra de las pantallas o de la puesta a tierra del dispositivo pararrayos en uno de los extremos de la sección en falta,
- 60 R_{ECC} = La resistencia propia del conductor de continuidad de tierra ECC de la sección en falta, se calcula teniendo en cuenta las características del cable 1,

L_{ECC} = La autoinductancia propia del conductor de continuidad de tierra ECC de la sección en falta, se calcula teniendo en cuenta las características del cable 1,

I_{CNF1} = Corriente que circula por un primer conductor que no está en falta, tanto en el primer extremo 10 del cable 1 como en el segundo extremo 11 del cable 1,

I_{CNF2} = Corriente que circula por un segundo conductor que no está en falta, tanto en el primer extremo 10 del cable 1 como en el segundo extremo 11 del cable 1,

I_{CF1} = Corriente que circula por el conductor en falta en el primer extremo 10 del cable 1,

I_{CF2} = Corriente que circula por el conductor en falta en el segundo extremo 11 del cable 1,

$$I_{CF1} \neq I_{CF2}$$

I_{SF} = Corriente que circula por la pantalla en falta en la sección en falta, si la corriente fluye desde el primer extremo al segundo extremo se considerará positiva, si por el contrario fluye desde el segundo extremo al primer extremo se considerará negativa,

M_{CNF1} = Inductancia mutua entre el primer conductor que no está en falta y el conductor de continuidad de tierra ECC, se calcula teniendo en cuenta las características del cable 1,

M_{CNF2} = Inductancia mutua entre el segundo conductor que no está en falta y el conductor de continuidad de tierra ECC, se calcula teniendo en cuenta las características del cable 1,

M_{CF} = Inductancia mutua entre el conductor que está en falta y el conductor de continuidad de tierra ECC, se calcula teniendo en cuenta las características del cable 1,

M_{SF} = Inductancia mutua entre la pantalla que está en falta y el conductor de continuidad de tierra ECC, se calcula teniendo en cuenta las características del cable 1, y

x = La distancia al punto de falta desde el extremo de la sección P_1 en falta en la que se dispone el dispositivo pararrayos hasta el punto de falta F.

Preferentemente cuando el cable 1 comprende más de una sección P_1 , P_2 se determina la resistencia a tierra R_g mediante un modelo del conductor de continuidad de tierra ECC de una sección P_1 , P_2 que no esté en falta, comprendiendo dicho modelo la resistencia propia R_{ECC} y la autoinductancia propia L_{ECC} del conductor de continuidad de tierra ECC, la resistencia a tierra R_g de las conexiones a tierra 20, 30, 40 del elemento de puesta a tierra y el dispositivo pararrayos 3, 4 correspondiente, la inductancia mutua M_R , M_S , M_T entre dicho conductor de continuidad de tierra ECC y cada uno de los conductores R, S, T, siendo la única incógnita dicha resistencia a tierra R_g .

Preferentemente la resistencia a tierra R_g se calcula mediante la siguiente formula:

$$0 = I_{ECCNF}(R_g + R_g + R_{ECC} + j\omega L_{ECC}) - I_{ECC1}R_g - I_{ECC2}R_g + j\omega I_{CNF1}M_{CNF1} + j\omega I_{CNF2}M_{CNF2} + j\omega I_{CF}M_{CF}$$

en donde,

I_{ECCNF} = La corriente que circula por la sección que no está en falta cuyo modelo se utiliza para calcular la resistencia a tierra R_g ,

I_{ECC1} = La corriente que circula por la sección a la izquierda de la sección cuyo modelo se utiliza para calcular la resistencia a tierra R_g , en caso de que no haya ninguna sección a la izquierda su valor será cero,

I_{ECC2} = La corriente que circula por la sección a la derecha de la sección cuyo modelo se utiliza para calcular la resistencia a tierra R_g , en caso de que no haya ninguna sección a la derecha su valor será cero,

R_g = La resistencia a tierra de la puesta a tierra de las pantallas o de la puesta a tierra del dispositivo pararrayos en uno de los extremos de la sección en falta,

R_{ECC} = La resistencia propia del conductor de continuidad de tierra ECC de la sección cuyo modelo se utiliza para calcular la resistencia a tierra R_g , se calcula teniendo en cuenta las características del cable 1,

L_{ECC} = La autoinductancia propia del conductor de continuidad de tierra ECC de la sección cuyo modelo se utiliza para calcular la resistencia a tierra R_g , se calcula teniendo en cuenta las características del cable 1,

I_{CNF1} = Corriente que circula por un primer conductor que no está en falta, tanto en el primer extremo 10 del cable 1 como en el segundo extremo 11 del cable 1,

I_{CNF2} = Corriente que circula por un segundo conductor que no está en falta, tanto en el primer extremo 10 del cable 1 como en el segundo extremo 11 del cable 1,

I_{CF} = Corriente que circula por el conductor en falta, si la corriente fluye desde el primer extremo al segundo extremo se considerará positiva, si por el contrario fluye desde el segundo extremo al primer extremo se considerará negativa,

M_{CNF1} = Inductancia mutua entre el primer conductor que no está en falta y el conductor de continuidad de tierra ECC, se calcula teniendo en cuenta las características del cable 1,

M_{CNF2} = Inductancia mutua entre el segundo conductor que no está en falta y el conductor de continuidad de tierra ECC, se calcula teniendo en cuenta las características del cable 1, y

M_{CF} = Inductancia mutua entre el conductor que está en falta y el conductor de continuidad de tierra ECC, se calcula teniendo en cuenta las características del cable 1.

Por el contrario, cuando el cable 1 comprende una única sección P_1 , preferentemente se hace una estimación de la resistencia a tierra R_g de las conexiones a tierra 20, 30 del elemento de puesta a tierra y el dispositivo pararrayos 3, por ejemplo teniendo en cuenta parámetros tales como: humedad del terreno, temperatura del terreno, etc.

Un segundo aspecto de la invención se refiere a un sistema para localizar un punto de falta F en un cable 1 de corriente alterna trifásica de alta tensión.

- 5 El sistema de la invención está configurado para localizar un punto de falta F en un cable 1 que se extiende entre un primer extremo 10 y un segundo extremo 11, comprendiendo dicho cable 1 al menos una sección P_1 , P_2 que se extiende entre dichos extremos 10, 11. El cable 1 comprende un conductor R, S, T por cada fase y una pantalla S_R , S_S , S_T , asociada a cada conductor R, S, T.
- 10 El sistema de la invención está configurado para aplicarse en cables 1 con sistemas de conexión *single point*, es decir, en cables 1 en los que las pantallas S_R , S_S , S_T se conectan a un dispositivo pararrayos 3, 4 conectado a tierra G en un extremo de cada sección P_1 , P_2 , estando las pantallas S_R , S_S , S_T conectadas a un elemento de puesta a tierra en el otro extremo de cada sección P_1 , P_2 . Este tipo de cables 1 con sistemas de conexión *single point* comprenden un conductor de continuidad de tierra ECC que establece una tierra G común del sistema conectando la/s conexión/es a tierra 20 de el/los elemento/s de puesta a tierra y la/s conexión/es a tierra 30, 40 de el/los dispositivo/s pararrayos 3, 4 del cable 1.
- 15 El sistema de la invención comprende un primer equipo de medida de corriente 5 configurado para medir la corriente de conductor I_{R1} , I_{S1} , I_{T1} , I_{R2} , I_{S2} , I_{T2} que circula por cada conductor R, S, T tanto en el primer extremo 10 como en el segundo extremo 11 del cable 1.
- 20 El sistema de la invención también comprende un segundo equipo de medida de corriente 6 configurado para medir la corriente de pantalla I_{SR1} , I_{SS1} , I_{ST1} , I_{SR2} , I_{SS2} , I_{ST2} de cada pantalla S_R , S_S , S_T en cada sección P_1 , P_2 en un punto próximo al elemento de puesta a tierra 2.
- 25 Además, el sistema de la invención también comprende un tercer equipo de medida de corriente 7 configurado para medir la corriente de conductor de continuidad de tierra I_{ECC1} , I_{ECC2} del conductor de continuidad de tierra ECC en cada sección P_1 , P_2 en un punto próximo al elemento de puesta a tierra 2.
- 30 El sistema de la invención comprende un procesador configurado para ejecutar el método descrito en el primer aspecto de la invención en base a las medidas de corriente realizadas por dichos equipos de medida de corriente 50, 51, 52, 53, 54, 55, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 70, 71.
- 35 La figura 1 muestran esquemáticamente una primera realización del sistema de la invención, estando dicho sistema aplicado en un cable 1 de corriente alterna trifásica de alta tensión que tiene una primera configuración de cable.
- 40 El cable 1 según la primera configuración comprende un conductor R, S, T por cada fase y una pantalla S_R , S_S , S_T , asociada a cada conductor R, S, T, y se extiende entre un primer extremo 10 y un segundo extremo 11.
- 45 Además, el cable 1 según la primera configuración tiene un sistema de conexión *single point*, realizándose la puesta a tierra G de las pantallas S_R , S_S , S_T en un punto intermedio 12 mediante un elemento de puesta a tierra, quedando el cable 1 dividido en dos secciones P_1 , P_2 . Además las pantallas S_R , S_S , S_T se conectan a un dispositivo pararrayos 3, 4 conectado a tierra G tanto en el primer extremo 10 como en el segundo extremo 11 del cable 1.
- 50 El cable 1 según la primera configuración también comprende un conductor de continuidad de tierra ECC que conecta la conexión a tierra 20 del elemento de puesta a tierra y las conexiones a tierra 30, 40 de los dispositivos pararrayos 3, 4 estableciendo una tierra G común del sistema.
- 55 En la primera realización el sistema comprende un primer equipo de medida de corriente 5 configurado para medir la corriente de conductor I_{R1} , I_{S1} , I_{T1} , I_{R2} , I_{S2} , I_{T2} que circula por cada conductor R, S, T tanto en el primer extremo 10 como en el segundo extremo 11 del cable 1. Tal y como se muestra en la figura 2, el primer equipo de medida de corriente 5 comprende seis sensores de corriente 50, 51, 52, 53, 54, 55, disponiéndose un sensor de corriente 50, 51, 52, 53, 54, 55 en cada extremo de cada conductor R, S, T.
- 60 En la primera realización el sistema comprende un segundo equipo de medida de corriente 6 configurado para medir la corriente de pantalla I_{SR1} , I_{SS1} , I_{ST1} , I_{SR2} , I_{SS2} , I_{ST2} de cada pantalla S_R , S_S , S_T en cada sección P_1 , P_2 en un punto próximo al elemento de puesta a tierra. Tal y como se muestra en la figura 2, el segundo equipo de medida de corriente 6 comprende seis sensores de corriente 60, 61, 62, 63, 64, 65, disponiéndose un sensor de corriente 60, 61, 62, 63, 64, 65 en cada pantalla S_R , S_S , S_T en cada sección P_1 , P_2 en un punto próximo al elemento de puesta a tierra.
- 65 Además, en la primera realización el sistema comprende un tercer equipo de medida de corriente 7 configurado para medir la corriente de conductor de continuidad de tierra I_{ECC1} , I_{ECC2} del conductor de continuidad de tierra ECC en cada sección P_1 , P_2 en un punto próximo al elemento de puesta a tierra. Tal y como se muestra en la figura 2, el tercer equipo de medida de corriente 7 comprende dos sensores de corriente 70, 71, disponiéndose uno de los sensores de corriente 70 en la sección P_1 del conductor de continuidad de tierra ECC en un punto próximo al elemento de puesta

a tierra, disponiéndose el otro sensor de corriente 71 en la sección P₂ del conductor de continuidad de tierra ECC en un punto próximo al elemento de puesta a tierra.

El sistema de la invención comprende un procesador, no mostrado en las figuras, configurado para ejecutar el método de la invención en base a las medidas de corriente realizadas por dichos equipos de medida de corriente 50, 51, 52, 53, 54, 55, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 70, 71.

En la figura 2 se ha representado una falta entre el conductor T y su pantalla S_T en la primera sección P₁. De cara a localizar dicho punto de falta F, el método de la invención se aplicaría de la siguiente manera:

Medir la corriente de conductor I_{R1}, I_{S1}, I_{T1}, I_{R2}, I_{S2}, I_{T2} que circula por cada conductor R, S, T tanto en el primer extremo 10 como en el segundo extremo 11 del cable 1 mediante el primer equipo de medida de corriente 5.

Asimismo, medirla corriente de pantalla I_{SR1}, I_{SS1}, I_{ST1}, I_{SR2}, I_{SS2}, I_{ST2} que circula por cada pantalla S_R, S_S, S_T en cada sección P₁, P₂ en un punto próximo al elemento de puesta a tierra mediante el segundo equipo de medida de corriente 6. También medir la corriente de conductor de continuidad de tierra I_{ECC} que circula por cada sección P₁, P₂ en un punto próximo al elemento de puesta a tierra mediante el tercer equipo de medida de corriente.

Comparar para cada conductor R, S, T la corriente de conductor I_{R1}, I_{S1}, I_{T1} medida en el primer extremo 10 del cable 1 con la corriente de conductor I_{R2}, I_{S2}, I_{T2} medida en el segundo extremo 11 del cable 1. En este caso, la corriente de conductor I_{R1} del conductor T en el primer extremo 10 del cable 1 será distinta a la corriente de conductor I_{R2} en el primer extremo 11, de modo que se determinará que el conductor T es el que está en falta.

Asimismo, analizar las corrientes de pantalla I_{SR1}, I_{SS1}, I_{ST1}, I_{SR2}, I_{SS2}, I_{ST2} de cada sección P₁, P₂. En este caso se observará que la corriente de pantalla I_{ST1} tiene un valor de sobrecorriente, determinando que la sección P₁ es la que está en falta.

Una vez determinado el conductor T en falta y la sección P₁ en falta, definir el modelo del conductor de tierra ECC mostrado en las figuras 2 y 3.

La malla que representa a la sección P₂ que no está en falta comprende la resistencia propia R_{ECC} y la autoinductancia propia L_{ECC} del conductor de continuidad de tierra ECC, la resistencia a tierra R_{gm}, R_{g2} de las conexiones a tierra 20, 40 del elemento de puesta a tierra y el dispositivo pararrayos 4, y la inductancia mutua M_R, M_S, M_T entre dicho conductor de continuidad de tierra ECC y cada uno de los conductores R, S, T. Así, todos los parámetros de la malla de la sección P₂ que no está en falta se pueden calcular conociendo las características del cable 1, las corrientes de conductor I_{R2}, I_{S2}, I_{T2} que circulan por los conductores R, S, T en el segundo extremo 11 del cable 1, y las corrientes de conductor de continuidad de tierra ECC I_{ECC1}, I_{ECC2} que circulan por ambas secciones P₁, P₂, siendo la única incógnita las resistencias a tierra R_{gm}, R_{g2}. Se considera que todas las resistencias a tierra R_g, R_{g2}, R_{gm}, R_{g2} del modelo del conductor de tierra ECC son iguales.

Así, en este caso la resistencia a tierra R_g se calcula utilizando la siguiente formula:

$$0 = I_{ECC2}(R_{g2} + R_{gm} + R_{ECC} + j\omega L_{ECC}) - I_{ECC1}R_{gm} - j\omega I_{R2}M_R - j\omega I_{S2}M_S - j\omega I_{T2}M_T$$

en donde,

I_{ECC1}= La corriente que circula por la sección P₁ que está en falta,

I_{ECC2}= La corriente que circula por la sección P₂ que no está en falta,

R_{gm}= La resistencia a tierra del dispositivo de puesta a tierra 2,

R_{g2}= La resistencia a tierra del dispositivo pararrayos 4 dispuesto en el segundo extremo 11 del cable 1,

R_{ECC}= La resistencia propia del conductor de continuidad de tierra ECC, se calcula teniendo en cuenta las características del cable 1,

L_{ECC}= La autoinductancia propia del conductor de continuidad de tierra ECC, se calcula teniendo en cuenta las características del cable 1,

I_{R2}= Corriente que circula por el conductor R que no está en falta en el segundo extremo 11 del cable 1,

I_{S2}= Corriente que circula por el conductor S que no está en el segundo extremo 11 del cable 1,

I_{T2}= Corriente que circula por el conductor T que está en falta en el segundo extremo 11 del cable 1,

M_R= Inductancia mutua entre el conductor R y el conductor de continuidad de tierra ECC, se calcula teniendo en cuenta las características del cable 1,

M_S= Inductancia mutua entre el conductor S y el conductor de continuidad de tierra ECC, se calcula teniendo en cuenta las características del cable 1, y

M_T= Inductancia mutua entre el conductor T y el conductor de continuidad de tierra ECC, se calcula teniendo en cuenta las características del cable 1.

La malla que representa a la sección P₁ en falta comprende la resistencia propia R_{ECC} y la autoinductancia propia L_{ECC} del conductor de continuidad de tierra ECC, la resistencia a tierra R_g de la conexión a tierra 20 del elemento de puesta

a tierra y de la conexión a tierra 30 del dispositivo pararrayos 3, la inductancia mutua M_R , M_S , M_T entre dicho conductor de continuidad de tierra ECC y cada uno de los conductores R, S, T, y la inductancia mutua M_{ST} entre dicho conductor de continuidad de tierra ECC y la pantalla S_T en falta desde el punto de falta F hasta el punto en el que las pantallas se conectan a tierra G. Teniendo en cuenta que de la malla de la sección P_2 que no está en falta se obtiene la resistencia a tierra R_g , todos los parámetros de la malla de la sección P_1 en falta se pueden calcular conociendo las características del cable 1, las corrientes de conductor I_{R1} , I_{S1} , I_{T1} que circulan por los conductores R, S, T en el primer extremo 1 del cable 1, la corriente de pantalla I_{ST1} que circula por la pantalla S_T en falta en la sección P_1 en falta y las corrientes de conductor de continuidad de tierra ECC I_{ECC1} , I_{ECC2} que circulan por ambas secciones P_1 , P_2 , siendo la única incógnita la distancia x al punto de falta F.

Así, la localización del punto de falta se calcula utilizando la siguiente formula:

$$0 = I_{ECC1}(R_{g1} + R_{gm} + R_{ECC} + j\omega L_{ECC}) - I_{ECC2}R_{gm} + j\omega x I_R M_R + j\omega x I_S M_S + j\omega x I_{T1} M_T + j\omega(1-x) I_R M_R + j\omega(1-x) I_S M_S - j\omega(1-x) I_{T2} M_T + j\omega(1-x) I_{ST} M_{ST}$$

en donde,

I_{ECC1} = La corriente que circula por la sección P_1 que está en falta,

I_{ECC2} = La corriente que circula por la sección P_2 que no está en falta,

R_{g1} = La resistencia a tierra del dispositivo pararrayos 3 dispuesto en el primer extremo 10 del cable 1,

R_{gm} = La resistencia a tierra del dispositivo de puesta a tierra 2,

R_{ECC} = La resistencia propia del conductor de continuidad de tierra ECC, se calcula teniendo en cuenta las características del cable 1,

L_{ECC} = La autoinductancia propia del conductor de continuidad de tierra ECC, se calcula teniendo en cuenta las características del cable 1,

$I_R = I_{R1} = I_{R2}$ = Corriente que circula por el conductor R que no está en falta, tanto en el primer extremo 10 del cable 1 como en el segundo extremo 11 del cable 1,

$I_S = I_{S1} = I_{S2}$ = Corriente que circula por el conductor S que no está en falta, tanto en el primer extremo 10 del cable 1 como en el segundo extremo 11 del cable 1,

I_{T1} = Corriente que circula por el conductor T que está en falta en el primer extremo 10 del cable 1,

I_{T2} = Corriente que circula por el conductor T que está en falta en el segundo extremo 11 del cable 1,

$$I_{T1} \neq I_{T2}$$

I_{ST} = Corriente que circula por la pantalla S_T en falta en la sección P_1 falta, si la corriente fluye desde el primer extremo al segundo extremo se considerará positiva, si por el contrario fluye desde el segundo extremo al primer extremo se considerará negativa,

M_R = Inductancia mutua entre el conductor R y el conductor de continuidad de tierra ECC, se calcula teniendo en cuenta las características del cable 1,

M_S = Inductancia mutua entre el conductor S y el conductor de continuidad de tierra ECC, se calcula teniendo en cuenta las características del cable 1,

M_T = Inductancia mutua entre el conductor T y el conductor de continuidad de tierra ECC, se calcula teniendo en cuenta las características del cable 1,

M_{ST} = Inductancia mutua entre la pantalla S_T en falta y el conductor de continuidad de tierra ECC, se calcula teniendo en cuenta las características del cable 1, y

x = La distancia al punto de falta desde el extremo de la sección P_1 en falta en la que se dispone el dispositivo pararrayos hasta el punto de falta F.

La figura 4 muestra esquemáticamente una segunda realización del sistema de la invención, estando dicho sistema aplicado en un cable 1 de corriente alterna trifásica de alta tensión que tiene una segunda configuración de cable.

El cable 1 según la primera configuración comprende un conductor R, S, T por cada fase y una pantalla S_R , S_S , S_T asociada a cada conductor R, S, T, y se extiende entre un primer extremo 10 y un segundo extremo 11.

Además, el cable 1 según la primera configuración tiene un sistema de conexión *single point*, realizándose la puesta a tierra G de las pantallas S_R , S_S , S_T en el primer extremo 10 del cable 1, estando conectadas las pantallas S_R , S_S , S_T a un dispositivo pararrayos 4 conectado a tierra G en el segundo extremo 11 del cable 1. De este modo, el cable 1 comprende una única sección P_1 .

El cable 1 según la primera configuración también comprende un conductor de continuidad de tierra ECC que conecta la conexión a tierra 20 del elemento de puesta a tierra y la conexión 40 del dispositivo pararrayos 4 estableciendo una tierra G común del sistema.

En la segunda realización el sistema comprende un primer equipo de medida de corriente 5 configurado para medir la corriente de conductor I_{R1} , I_{S1} , I_{T1} , I_{R2} , I_{S2} , I_{T2} que circula por cada conductor R, S, T tanto en el primer extremo 10 como en el segundo extremo 11 del cable 1. El primer equipo de medida de corriente 5 comprende seis sensores de corriente

50, 51, 52, 53, 54, 55, disponiéndose un sensor de corriente 50, 51, 52, 53, 54, 55 en cada extremo de cada conductor R, S, T.

5 En la segunda realización el sistema comprende un segundo equipo de medida de corriente 6 configurado para medir la corriente de pantalla I_{SR1} , I_{SS1} , I_{ST1} de cada pantalla S_R , S_S , S_T en un punto próximo al elemento de puesta a tierra 2. El segundo equipo de medida de corriente 5 comprende tres sensores de corriente 60, 61, 62, disponiéndose un sensor de corriente 60, 61, 62 en cada pantalla S_R , S_S , S_T en un punto próximo al elemento de puesta a tierra 2.

10 Además, en la segunda realización el sistema comprende un tercer equipo de medida de corriente 7 configurado para medir la corriente de conductor de continuidad de tierra I_{ECC1} del conductor de continuidad de tierra ECC en un punto próximo al elemento de puesta a tierra 2. El tercer equipo de medida de corriente 7 comprende un único sensor de corriente 70 dispuesto en un punto próximo al elemento de puesta a tierra 2.

15 El sistema de la invención comprende un procesador, no mostrado en las figuras, configurado para ejecutar el método de la invención en base a las medidas de corriente realizadas por dichos equipos de medida de corriente 50, 51, 52, 53, 54, 55, 60, 61, 62, 70.

20 El método de la invención se aplicaría de manera análoga a la explicada para la primera realización, siendo la principal diferencia el hecho de tener que estimar el valor de la resistencia a tierra R_g ya que el cable 1 de la segunda realización comprende una única sección P_1 y por lo tanto el modelo del conductor de tierra ECC comprenderá una única malla.

25

REIVINDICACIONES

1. Método para localizar un punto de falta (F) en un cable (1) de corriente alterna trifásica de alta tensión que comprende un primer extremo (10), un segundo extremo (11) y al menos una sección (P₁, P₂) que se extiende entre dichos extremos (10, 11), comprendiendo el cable (1) un conductor (R, S, T) y una pantalla (S_R, S_S, S_T) respectiva por cada fase, estando las pantallas (S_R, S_S, S_T) conectadas a un dispositivo pararrayos (3, 4) conectado a tierra (G) en un extremo de dicha al menos una sección (P₁, P₂) y estando las pantallas (S_R, S_S, S_T) conectadas a un elemento de puesta a tierra (2) en el otro extremo de dicha al menos una sección (P₁, P₂), comprendiendo el cable (1) un conductor de continuidad de tierra (ECC) que establece una tierra (G) común conectando las conexiones a tierra (20, 30, 40) de el/los elemento/s de puesta a tierra y el/los dispositivo/s pararrayos (3, 4), comprendiendo el método las siguientes etapas:
 - medición de la corriente de conductor (I_{R1}, I_{S1}, I_{T1}, I_{R2}, I_{S2}, I_{T2}) que circula por cada conductor (R, S, T) tanto en el primer extremo (10) como en el segundo extremo (11) del cable (1),
 - medición de la corriente de pantalla (I_{SR1}, I_{SS1}, I_{ST1}, I_{SR2}, I_{SS2}, I_{ST2}) que circula por cada pantalla (S_R, S_S, S_T) en cada sección (P₁, P₂) en un punto próximo al elemento de puesta a tierra,
 - medición de la corriente de conductor de continuidad de tierra (I_{ECC1}, I_{ECC2}) que circula por cada sección (P₁, P₂) en un punto próximo al elemento de puesta a tierra,
 - determinación del conductor (R, S, T) en falta en base a las corrientes de conductor (I_{R1}, I_{S1}, I_{T1}, I_{R2}, I_{S2}, I_{T2}) previamente medidas,
 - en caso de que el cable (1) comprenda más de una sección (P₁, P₂), determinación de la sección (P₁, P₂) en falta en base a las corrientes de pantalla (I_{SR1}, I_{SS1}, I_{ST1}, I_{SR2}, I_{SS2}, I_{ST2}) previamente medidas, y
 - localización del punto de falta (F) mediante un modelo de la sección (P₁, P₂) en falta del conductor de continuidad de tierra (ECC), siendo la única incógnita la distancia (x) al punto de falta (F) desde un extremo de dicha sección (P₁, P₂) en falta.
2. Método según la reivindicación 1, en donde para la determinación del conductor (R, S, T) en falta se compara para cada conductor (R, S, T) la corriente de conductor (I_{R1}, I_{S1}, I_{T1}) medida en el primer extremo (10) del cable (1) con la corriente de conductor (I_{R2}, I_{S2}, I_{T2}) medida en el segundo extremo (11) del cable (1), determinando que el conductor (R, S, T) en falta será aquel en el que la corriente de conductor (I_{R1}, I_{R2}, I_{S1}, I_{S2}, I_{T1}, I_{T2}) en dichos extremos (10, 11) sea distinta.
3. Método según la reivindicación 1 o 2, en donde el cable (1) comprende al menos dos secciones (P₁, P₂), determinándose la sección (P₁, P₂) en falta teniendo en cuenta que en dicha sección en falta (P₁, P₂) una de las corrientes de pantalla (I_{SR1}, I_{SS1}, I_{ST1}, I_{SR2}, I_{SS2}, I_{ST2}) tendrá un valor de sobrecorriente.
4. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde el modelo del conductor de continuidad de tierra (ECC) de la sección (P₁, P₂) en falta tiene en cuenta la resistencia propia (R_{ECC}) y la autoinductancia propia (L_{ECC}) del conductor de continuidad de tierra (ECC), la resistencia a tierra (R_g) de las conexiones a tierra (20, 30, 40) de el/los elementos de puesta a tierra y/o el/los dispositivo/s pararrayos dispositivo pararrayos (3, 4), la inductancia mutua (M_R, M_S, M_T) entre dicho conductor de continuidad de tierra (ECC) y cada uno de los conductores (R, S, T), y la inductancia mutua (M_{SR}, M_{SS}, M_{ST}) entre dicho conductor de continuidad de tierra (ECC) y la pantalla en falta (S_R, S_S, S_T) desde el punto de falta (F) hasta el punto en el que las pantallas se conectan a tierra (G).
5. Método según la reivindicación 4, en donde la localización del punto de falta se calcula utilizando la siguiente formula:

$$0 = I_{ECCF}(R_g + R_g + R_{ECC} + j\omega L_{ECC}) - I_{ECCNLF}R_g - I_{ECCNFR}R_g + j\omega x I_{CNF1}M_{CNF1} + j\omega x I_{CNF2}M_{CNF2} + j\omega x I_{CF1}M_{CF} + j\omega(1-x)I_{CNF1}M_{CNF1} + j\omega(1-x)I_{CNF2}M_{CNF2} - j\omega(1-x)I_{CF2}M_{CF} + j\omega(1-x)I_{SF}M_{SF}$$

en donde,

I_{ECCF} = La corriente que circula por la sección del conductor de continuidad de tierra (ECC) que está en falta,

I_{ECCNLF} = La corriente que circula por la sección del conductor de continuidad de tierra (ECC) a la izquierda de la sección en falta, en caso de que no haya ninguna sección a la izquierda de la sección en falta su valor será cero,

I_{ECCNFR} = La corriente que circula por la sección del conductor de continuidad de tierra (ECC) a la derecha de la sección en falta, en caso de que no haya ninguna sección a la derecha de la sección en falta su valor será cero,

R_g = La resistencia a tierra de la puesta a tierra de las pantallas o de la puesta a tierra del dispositivo pararrayos,

R_{ECC} = La resistencia propia del conductor de continuidad de tierra (ECC) de la sección en falta, se calcula teniendo en cuenta las características del cable (1),

L_{ECC} = La autoinductancia propia del conductor de continuidad de tierra (ECC) de la sección en falta, se calcula teniendo en cuenta las características del cable (1),

I_{CNF1} = Corriente que circula por un primer conductor que no está en falta, tanto en el primer extremo (10) del cable (1) como en el segundo extremo (11) del cable (1),

I_{CNF2} = Corriente que circula por un segundo conductor que no está en falta, tanto en el primer extremo (10) del cable (1) como en el segundo extremo (11) del cable (1),

I_{CF1} = Corriente que circula por el conductor en falta en el primer extremo (10) del cable (1),

I_{CF2} = Corriente que circula por el conductor en falta en el segundo extremo (11) del cable (1),

$$I_{CF1} \neq I_{CF2}$$

I_{SF} = Corriente que circula por la pantalla en falta en la sección en falta, si la corriente fluye desde el primer extremo al segundo extremo se considerará positiva, si por el contrario fluye desde el segundo extremo al primer extremo se considerará negativa,

M_{CNF1} = Inductancia mutua entre el primer conductor que no está en falta y el conductor de continuidad de tierra (ECC), se calcula teniendo en cuenta las características del cable (1),

M_{CNF2} = Inductancia mutua entre el segundo conductor que no está en falta y el conductor de continuidad de tierra (ECC), se calcula teniendo en cuenta las características del cable (1),

M_{CF} = Inductancia mutua entre el conductor que está en falta y el conductor de continuidad de tierra (ECC), se calcula teniendo en cuenta las características del cable (1),

M_{SF} = Inductancia mutua entre la pantalla que está en falta y el conductor de continuidad de tierra (ECC), se calcula teniendo en cuenta las características del cable (1), y

x = La distancia al punto de falta desde el extremo de la sección en falta en el que se dispone el dispositivo pararrayos hasta el punto de falta (F).

6. Método según la reivindicación 4 o 5, en donde, cuando el cable (1) comprende más de una sección (P_1 , P_2), se determina la resistencia a tierra (R_g) de las conexiones a tierra (20, 30, 40) de el/los elementos de puesta a tierra y/o el/los dispositivo/s pararrayos (3, 4) mediante un modelo del conductor de continuidad de tierra (ECC) de una de las secciones (P_1 , P_2) que no está en falta, comprendiendo dicho modelo la resistencia propia (R_{ECC}) y la autoinductancia propia (L_{ECC}) del conductor de continuidad de tierra (ECC), la resistencia a tierra (R_g) de las conexiones a tierra (20, 30, 40) de el/los elementos de puesta a tierra y/o el/los dispositivo/s pararrayos dispositivo pararrayos (3, 4), la inductancia mutua (M_R , M_S , M_T) entre dicho conductor de continuidad de tierra (ECC) y cada uno de los conductores (R, S, T), siendo la única incógnita dicha resistencia a tierra (R_g).

7. Método según la reivindicación 6, en donde la resistencia a tierra (R_g) se calcula utilizando la siguiente formula:

$$0 = I_{ECCNF}(R_g + R_g + R_{ECC} + j\omega L_{ECC}) - I_{ECC1}R_g - I_{ECC2}R_g + j\omega I_{CNF1}M_{CNF1} + j\omega I_{CNF2}M_{CNF2} + j\omega I_{CF}M_{CF}$$

en donde,

I_{ECCNF} = La corriente que circula por la sección que no está en falta cuyo modelo se utiliza para calcular la resistencia a tierra (R_g),

I_{ECC1} = La corriente que circula por la sección a la izquierda de la sección que no está en falta, en caso de que no haya ninguna sección a la izquierda de la sección que no está en falta su valor será cero,

I_{ECC2} = La corriente que circula por la sección a la derecha de la sección que no está en falta, en caso de que no haya ninguna sección a la derecha de la sección que no está en falta su valor será cero,

R_g = La resistencia a tierra de la puesta a tierra de las pantallas o de la puesta a tierra del dispositivo pararrayos en uno de los extremos de la sección en falta,

R_{ECC} = La resistencia propia del conductor de continuidad de tierra (ECC) de la sección en falta, se calcula teniendo en cuenta las características del cable (1),

L_{ECC} = La autoinductancia propia del conductor de continuidad de tierra (ECC) de la sección en falta, se calcula teniendo en cuenta las características del cable (1),

I_{CNF1} = Corriente que circula por un primer conductor que no está en falta en el primer extremo (10) del cable (1),

I_{CNF2} = Corriente que circula por un segundo conductor que no está en falta en el primer extremo (10) del cable (1),

I_{CF} = Corriente que circula por el conductor en falta, si la corriente fluye desde el primer extremo al segundo extremo se considerará positiva, si por el contrario fluye desde el segundo extremo al primer extremo se considerará negativa,

M_{CNF1} = Inductancia mutua entre el primer conductor que no está en falta y el conductor de continuidad de tierra (ECC), se calcula teniendo en cuenta las características del cable (1),

M_{CNF2} = Inductancia mutua entre el segundo conductor que no está en falta y el conductor de continuidad de tierra (ECC), se calcula teniendo en cuenta las características del cable (1), y

M_{CF} = Inductancia mutua entre el conductor que está en falta y el conductor de continuidad de tierra (ECC), se calcula teniendo en cuenta las características del cable 1.

8. Método según la reivindicación 4 o 5, en donde, cuando el cable (1) comprende una única sección (P_1), se hace una estimación de la resistencia a tierra (R_g) de las conexiones a tierra (20, 30) del elemento de puesta a tierra y el dispositivo pararrayos (3).

9. Sistema para localizar un punto de falta (F) en un cable (1) de corriente alterna trifásica de alta tensión que comprende un primer extremo (10) y un segundo extremo (11) y al menos una sección (P₁, P₂) que se extiende entre dichos extremos (10, 11), comprendiendo el cable (1) un conductor (R, S, T) y una pantalla (S_R, S_S, S_T) respectiva por cada fase, estando las pantallas (S_R, S_S, S_T) conectadas a un dispositivo pararrayos (3, 4) conectado a tierra (G) en un extremo de dicha al menos una sección (P₁, P₂) y estando las pantallas (S_R, S_S, S_T) conectadas a un elemento de puesta a tierra en el otro extremo de dicha al menos una sección (P₁, P₂), comprendiendo el cable (1) un conductor de continuidad de tierra (ECC) que establece una tierra (G) común conectando las conexiones a tierra (20, 30, 40) de el/los elemento/s de puesta a tierra (2) y el/los dispositivo/s pararrayos (3, 4),
comprendiendo el sistema
- un primer equipo de medida de corriente (5) configurado para medir la corriente de conductor (I_{R1}, I_{S1}, I_{T1}, I_{R2}, I_{S2}, I_{T2}) que circula por cada conductor (R, S, T) tanto en el primer extremo (10) como en el segundo extremo (11) del cable (1),
 - un segundo equipo de medida de corriente (6) configurado para medir la corriente de pantalla (I_{SR1}, I_{SS1}, I_{ST1}, I_{SR2}, I_{SS2}, I_{ST2}) de cada pantalla (S_R, S_S, S_T) en cada sección (P₁, P₂) en un punto próximo al elemento de puesta a tierra,
 - un tercer equipo de medida de corriente (7) configurado para medir la corriente de conductor de continuidad de tierra (I_{ECC1}, I_{ECC2}) del conductor de continuidad de tierra (ECC) en cada sección (P₁, P₂) en un punto próximo al elemento de puesta a tierra (2), y
 - un procesador configurado para ejecutar el método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8 en base a las medidas de corriente realizadas por dichos equipos de medida de corriente (5, 6, 7).

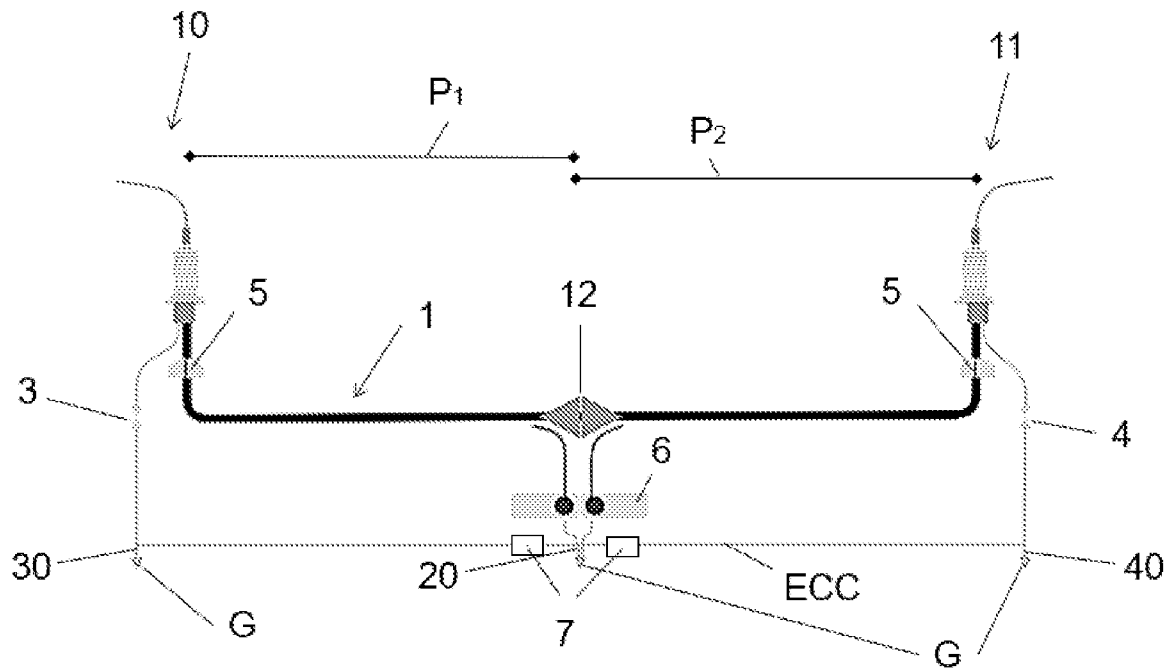


FIG. 1

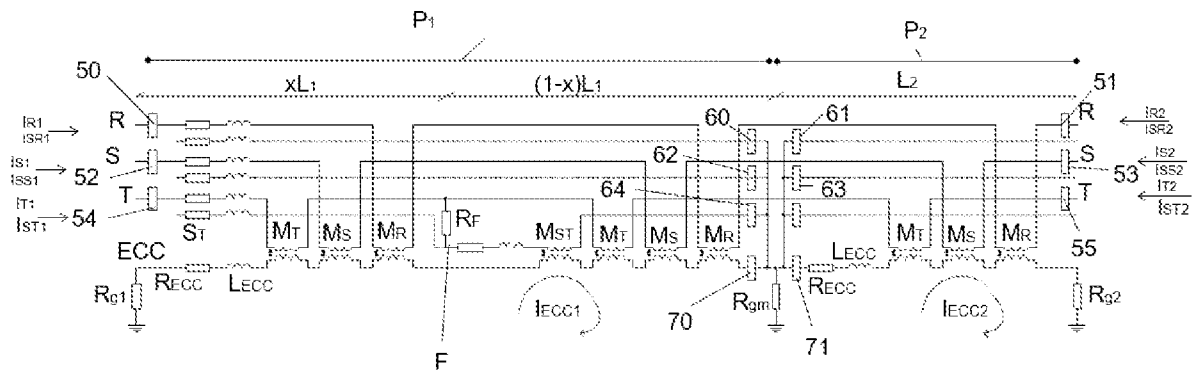


FIG. 2

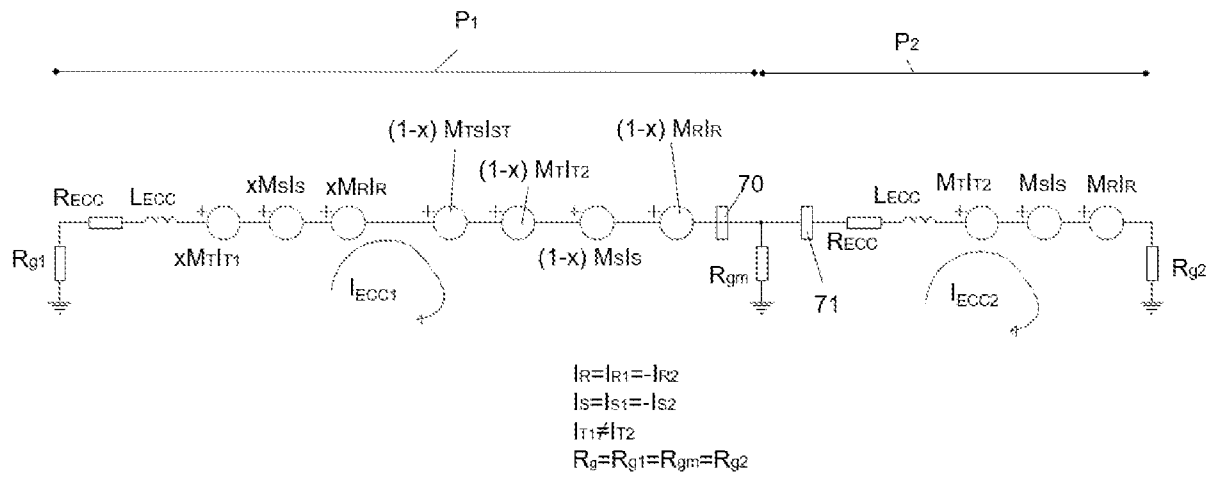


FIG. 3

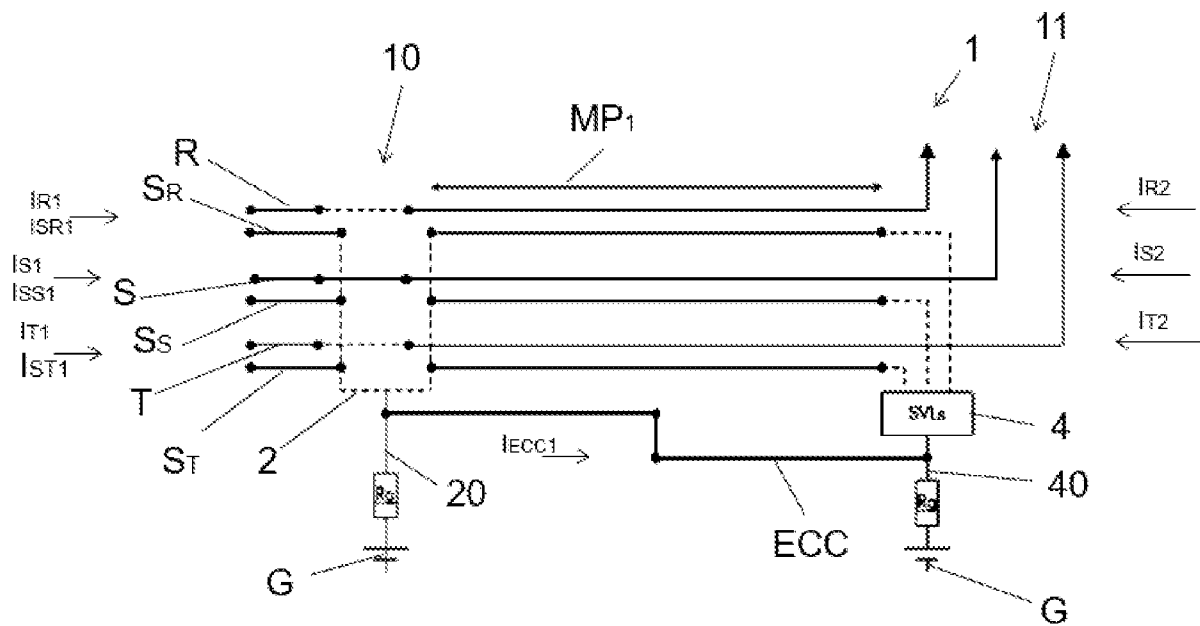


FIG. 4