

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 699 998**

21 Número de solicitud: 201830437

51 Int. Cl.:

G01R 31/08 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

04.05.2018

43 Fecha de publicación de la solicitud:

13.02.2019

71 Solicitantes:

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
(100.0%)
Avda. Ramiro de Maeztu, nº 7
28040 MADRID ES**

72 Inventor/es:

**PLATERO GAONA, Carlos Antonio;
SERRANO ÁLVAREZ, Jesús;
LÓPEZ TOLEDO, Máximo;
BERNAL PARRONDO, Santiago y
TALAVERA MIGUEL, David**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

54 Título: **SISTEMA Y MÉTODO DE LOCALIZACIÓN DE FALTAS A TIERRA EN LÍNEAS DE ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA FERROVIARIAS BIFÁSICAS**

57 Resumen:

Sistema y método de localización de faltas a tierra en líneas de alimentación eléctrica ferroviarias bifásicas. La presente invención se refiere a un sistema y un método para localizar la posición de una falta a tierra en líneas de alimentación eléctrica ferroviarias de estructura bifásica con una pluralidad de autotransformadores y al menos una subestación de alimentación. La invención determina la localización de la falta estableciendo una relación entre las corrientes en los autotransformadores y las corrientes en el transformador principal, relación que posteriormente es comparada con otros valores previamente calculados, lo que ventajosamente la hace inmune a las variaciones de las corrientes de cortocircuito.

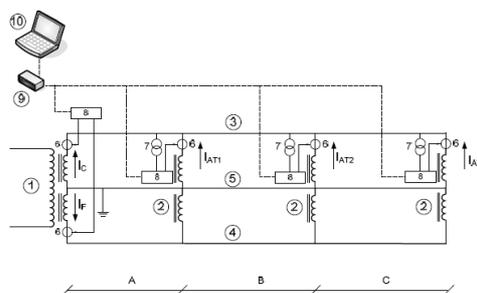


Figura 1

SISTEMA Y MÉTODO DE LOCALIZACIÓN DE FALTAS A TIERRA EN LÍNEAS DE ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA FERROVIARIAS BIFÁSICAS

DESCRIPCIÓN

5

OBJETO DE LA INVENCION

La presente patente de invención tiene por objeto la localización de defectos a tierra, en líneas de alimentación ferroviarias bifásicas, con gran precisión y evitando los errores de localización de faltas a tierra provocados por las variaciones en la corriente de cortocircuito.

10

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

En las líneas ferroviarias de alta velocidad se utiliza habitualmente un sistema de alimentación con dos conductores conocido como 2x25 kV; uno de estos conductores (conocido como catenaria) tendrá una polaridad positiva con respecto a la línea de tierra (el raíl) y el otro conductor (conocido como "feeder") tendrá una polaridad negativa con respecto a tierra. En estos sistemas de dos conductores, se instalan autotransformadores a intervalos en las líneas, con un extremo unido a la catenaria y el otro extremo unido al feeder, uniendo la toma central al carril de tierra.

15

En el estado del arte, es conocida la localización de las faltas a tierra basada en la medida de las corrientes de los autotransformadores en el momento de la falta. Dichas corrientes tienen una distribución única en relación con el lugar donde se ha producido el defecto. Por lo tanto se puede localizar el defecto a tierra conociendo las corrientes en los autotransformadores en el momento de la falta, al compararlas con unos valores previamente calculados.

20

25

Sin embargo, las corrientes de cortocircuito no son siempre iguales a lo largo del día, ya que influyen una serie de factores como son:

-potencia de cortocircuito en la red en el instante del defecto;

-tensión de la red de alimentación en el instante del defecto;

30

-posición del cambiador de tomas del transformador de alimentación en el instante de la falta; o

-impedancia de cortocircuito del transformador de alimentación en dicha posición del cambiador de tomas.

5 Todos estos factores hacen que las corrientes de cortocircuito en los autotransformadores no sean iguales a los valores de las corrientes previamente calculados, ya que dependiendo del momento que este se produce las corrientes varían. Por tanto, al comparar con los valores previamente calculados en unas condiciones determinadas de potencia de cortocircuito de la red, tensión de la red y con una determinada impedancia de cortocircuito del transformador de alimentación correspondiente con una toma determinada, se produce un error en la localización del defecto.

10 Por las razones comentadas anteriormente, el estado del arte carece de una solución precisa para la localización de faltas a tierra en líneas de alimentación eléctrica ferroviarias bifásicas, que se muestre inmune a eventuales variaciones de los factores que influyen en las corrientes de cortocircuito y evite, por tanto, los errores de localización provocados por dichas variaciones.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

20 El sistema y método objeto de la presente invención permite obtener con precisión y en tiempo real la posición kilométrica de la línea ferroviaria en la que ha ocurrido una falta entre el conductor positivo y tierra o entre el conductor negativo y tierra, evitando los errores de localización que surgen al variar los diferentes parámetros del sistema, como son:

- Potencia de cortocircuito en la red en el instante del defecto.
- Tensión de la red de alimentación en el instante del defecto.
- 25 - Posición del cambiador de tomas del transformador de alimentación en el instante de la falta.
- Impedancia de cortocircuito del transformador de alimentación en dicha posición del cambiador de tomas.

30 Para ello, en un primer aspecto de la invención, se presenta un sistema para localizar la posición de una falta a tierra en líneas de alimentación eléctrica ferroviarias de estructura bifásica con una pluralidad de autotransformadores y al menos una subestación de alimentación, que comprende un dispositivo sensor de intensidad en, al menos, uno de los devanados de cada uno de los autotransformadores, configurado

para medir la intensidad de corriente en dicho devanado, donde el sistema comprende:

- 5 - un dispositivo sensor de intensidad en cada uno de los dos devanados secundarios de un transformador principal dispuesto en la subestación de alimentación, configurado para medir la intensidad de corriente en dichos devanados secundarios;
- un dispositivo analizador por cada autotransformador configurado para en caso de producirse una falta a tierra, enviar los valores de intensidad medidos por los dispositivos sensores de cada autotransformador a un dispositivo calculador;
- 10 - un dispositivo analizador para el transformador principal configurado para, en caso de producirse una falta a tierra, enviar los valores de intensidad medidos por los dispositivos sensores del transformador principal al dispositivo calculador; y
- un dispositivo calculador configurado para recibir, en caso de producirse una falta, información de cuál es el conductor en falta, a seleccionar entre un
15 conductor positivo y un conductor negativo; recibir los valores de intensidad enviados desde todos los dispositivos analizadores, establecer una relación entre las intensidades de corrientes medidas en los autotransformadores y las intensidades de corriente medidas en el transformador principal; comparar el valor
20 de esta relación con otros valores previamente calculados y almacenados en el dispositivo calculador en una tabla, seleccionada entre al menos dos tablas según la información proporcionada de cuál es el conductor en falta, donde una primera tabla está asociada al conductor positivo y corresponde a faltas entre conductor positivo y tierra, y una segunda tabla está asociada al conductor negativo y
25 corresponde a faltas entre conductor negativo y tierra(debido a que el conductor positivo tiene diferente impedancia que el conductor negativo a causa de su geometría, y, por tanto, los valores de intensidades en los autotransformadores y en el secundario del transformador cuando ocurre una falta son diferentes en caso de falta entre catenaria y tierra que en caso de falta entre feeder y tierra); y determinar la posición de la falta, basado en dicha comparación.
- 30 Así, ventajosamente, la presente invención se mantiene inmune a las variaciones de las corrientes de cortocircuito debido a la relación de corrientes en las que se basa, concretamente el cociente de intensidades entre autotransformadores y transformador de alimentación, con lo que las eventuales variaciones no afectan a dicha relación de corrientes y permiten ofrecer un resultado preciso.

En una realización de la invención, la relación que establece el dispositivo calculador es un cociente entre la corriente de los autotransformadores y la corriente del transformador principal, correspondiente al conductor positivo de la línea de alimentación. Ventajosamente, esta realización permite una localización precisa de defectos en el conductor positivo.

En una realización de la invención, la relación que establece el dispositivo calculador es el cociente entre la corriente de los autotransformadores y la corriente del transformador principal, correspondiente al conductor negativo de la línea de alimentación. Ventajosamente, esta realización permite la localización precisa de defectos en el conductor negativo.

En una realización de la invención, la relación que establece el dispositivo calculador es el cociente entre la corriente de los autotransformadores y la resta de las corrientes del transformador principal, correspondiente al conductor positivo de la línea de alimentación menos la corriente del conductor negativo de la línea de alimentación. Ventajosamente, esta realización permite tanto la localización precisa de defectos en el conductor positivo como en el negativo.

En una realización de la invención, la relación que establece el dispositivo calculador es el cociente entre la corriente de los autotransformadores y la suma de los módulos de las corrientes del transformador principal, correspondiente al conductor positivo de la línea de alimentación más el módulo de la corriente del conductor negativo de la línea de alimentación. Ventajosamente, esta realización permite tanto la localización precisa de defectos en el conductor positivo como en el negativo.

La presente invención, de acuerdo a una de sus realizaciones particulares, comprende un centro de control, donde el dispositivo calculador está alojado en dicho centro de control. Alternativamente, el dispositivo calculador se contempla que sea alojado en la subestación de alimentación.

Un segundo aspecto de la invención se refiere a un método para localizar la posición de una falta a tierra en líneas de alimentación eléctrica ferroviarias de estructura bifásica con una pluralidad de autotransformadores y al menos una subestación de alimentación, que comprende medir con un dispositivo sensor de intensidad en, al menos, uno de los devanados de cada uno de los autotransformadores, la intensidad de corriente en dicho devanado, donde el método comprende los pasos de:

- a) medir con un dispositivo sensor de intensidad dispuesto en cada uno de los dos devanados secundarios de un transformador principal dispuesto en la subestación de alimentación, la intensidad de corriente en dichos devanados secundarios;
- 5 b) enviar, en caso de producirse una falta a tierra, las medidas recogidas por todos los dispositivos sensores, desde un dispositivo analizador en cada uno de los autotransformadores y en el transformador principal, a un dispositivo calculador;
- c) proporcionar al dispositivo calculador, en caso de producirse una falta, información de cuál es el conductor en falta, a seleccionar entre un conductor positivo y un conductor negativo;
- 10 d) establecer, en un dispositivo calculador, una relación entre las intensidades de corriente medidas en los autotransformadores y las intensidades de corriente medidas en el transformador principal;
- e) comparar, en el dispositivo calculador, el valor de la relación establecida en el paso d) con otros valores previamente calculados y almacenados en dicho dispositivo calculador en una tabla, seleccionada entre al menos dos tablas según la información proporcionada en el paso c) de cuál es el conductor en falta, donde una primera tabla está asociada al conductor positivo y corresponde a faltas entre conductor positivo y tierra, y una segunda tabla está asociada al conductor negativo y corresponde a faltas entre conductor negativo y tierra;
- 15 f) determinar, por el dispositivo calculador, la posición de la falta, basado en la comparación del paso anterior del valor de la relación establecida y el valor previamente calculado de la tabla que corresponde al conductor en falta.
- 20

De acuerdo a una de las realizaciones de la invención, la relación establecida por el dispositivo calculador se contempla que comprenda establecer un cociente entre la corriente de los autotransformadores y la corriente del transformador principal, correspondiente al conductor positivo de la línea de alimentación.

25

En una de las realizaciones particulares de la invención, la relación establecida por el dispositivo calculador comprende establecer un cociente entre la corriente de los autotransformadores y la corriente del transformador principal correspondiente al conductor negativo de la línea de alimentación.

30

La presente invención contempla, de acuerdo a una de sus realizaciones, que la relación establecida por el dispositivo calculador comprenda establecer un cociente entre la corriente de los autotransformadores y la resta de las corrientes del

transformador principal correspondiente al conductor positivo de la línea de alimentación menos la corriente del conductor negativo de la línea de alimentación.

5 En una de las realizaciones de la invención, la relación establecida por el dispositivo calculador comprende establecer un cociente entre la corriente de los autotransformadores y la suma de los módulos de las corrientes del transformador principal, correspondiente al módulo del conductor positivo de la línea de alimentación más el módulo de la corriente del conductor negativo de la línea de alimentación.

10 Opcionalmente, los valores previamente calculados y almacenados en dicho dispositivo calculador pueden disponerse en tablas que relacionan cada conductor con el punto kilométrico de la línea de alimentación. Concretamente, la relación que almacena cada tabla, una para las faltas entre catenaria y tierra, y otra para las faltas entre feeder y tierra, puede comprender una relación de las intensidades entre autotransformadores y el transformador de alimentación, basada en los valores experimentales que se obtienen cuando se produce un cortocircuito entre uno de los
15 conductores y tierra a lo largo de la línea de alimentación.

DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Para complementar la descripción que seguidamente se va a realizar y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características del invento, se acompaña la
20 presente memoria descriptiva, formando parte integrante de la misma, un juego de dibujos en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

En la **Figura 1** se muestra el sistema de alimentación mediante 2 conductores de 2x25 kV para una sección de con tres subsecciones, identificando todos los elementos del
25 sistema de localización.

-(1) Transformador principal

-(2) Autotransformador

-(3) Catenaria o conductor positivo

-(4) Feeder o conductor negativo

30 -(5) Carril

-(6) Sensor de corriente

- (7) Sensor de tensión
- (8) Dispositivo analizador
- (9) Dispositivo calculador
- (10) Equipo de presentación

5 -(A,B,C..) Subsecciones

-(I_C) Intensidad del secundario del transformador principal correspondiente con la catenaria.

-(I_F) Intensidad del secundario del transformador principal correspondiente con el feeder o conductor negativo.

10 -(I_{AT1}) Intensidad en un devanado del autotransformador 1.

-(I_{AT2}) Intensidad en un devanado del autotransformador 2.

-(I_{AT3}) Intensidad en un devanado del autotransformador 3.

15 En la **Figura 2** se muestran los resultados experimentales con un demostrador de laboratorio de una sección con tres subsecciones, para varias tensiones de alimentación, donde se puede ver claramente las diferentes corrientes de cortocircuito que hay dependiendo de la tensión de alimentación.

20 En la **Figura 3** se muestran los resultados experimentales de los mismos ensayos de laboratorio de la figura 2, pero representando el cociente entre las corrientes de los tres autotransformadores I_{AT1} , I_{AT2} y I_{AT3} y la resta de las corrientes de los arrollamientos del transformador principal correspondientes a la catenaria I_C y al feeder I_F . Se observa que las relaciones de corrientes son constantes independientemente de los valores de corriente de cortocircuito.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

25 El sistema y método de localización de faltas a tierra en líneas de alimentación eléctrica ferroviarias bifásicas de la presente invención parte de una identificación de la falta y si esta se ha producido entre el conductor positivo y tierra, o negativo y tierra. Dicha identificación puede obtenerse mediante soluciones conocidas del estado del arte, preferentemente la divulgada en "Sistema de localización del tramo con falta a

30 tierra en líneas de alimentación eléctrica ferroviarias bifásicas con autotransformadores" con número de publicación ES 2507465.

Una vez conocido el conductor con defecto, la presente invención registra las corrientes en los autotransformadores y en el transformador principal durante el defecto. Así, ventajosamente se aprovecha el hecho de que, a lo largo de la línea ferroviaria cuando se produce un defecto a tierra, la relación entre las corrientes en los autotransformadores y del transformador principal, como puede verse en la **figura 3**, se distribuye siempre según un determinado patrón. Existen no obstante un patrón para defectos entre catenaria y tierra y otro patrón para defectos entre feeder y tierra. Estos dos patrones, a diferencia de lo que ocurre con las corrientes de cortocircuito en los autotransformadores representadas en la **figura 2**, no dependen de las variaciones de los parámetros del sistema eléctrico citados anteriormente. Por tanto, la presente invención, para localizar el defecto con una mayor precisión e inmunidad a las eventuales variaciones de dichas corrientes de cortocircuito, obtiene los valores de la relación de corrientes en el momento de la falta y compara dicha relación con unos valores de la relación correspondiente previamente calculados específicamente para cada sistema eléctrico. La realización de los patrones para un conductor determinado se basa en el cálculo de las corrientes de cortocircuito, donde debe prestarse especial atención a la geometría de los conductores durante el tramo. Existen diversos métodos de cálculo de cortocircuito conocidos.

Como se puede ver en la **figura 1**, el sistema de la invención aplicable en la localización de faltas a tierra en líneas de alimentación eléctrica ferroviarias bifásicas incluye el correspondiente esquema de una sección de alimentación eléctrica con el conductor de tierra (5), el conductor positivo (3), y el conductor negativo (4), incluyendo los autotransformadores (2), y estableciéndose entre estos las consideradas subsecciones A, B, C, de manera que, de acuerdo a una de las realizaciones de la invención, cada autotransformador (2) incorpora un dispositivo sensor de corriente (6), opcionalmente un dispositivo sensor de tensión (7), y un dispositivo analizador (8), todo ello relacionado con la correspondiente subestación de alimentación de la sección ferroviaria que se pretende controlar, donde el transformador de alimentación (1) incorpora un dispositivo sensor de corriente (6) en cada uno de sus dos devanados secundarios y un dispositivo analizador (8) y en donde se ha previsto un calculador (9) para obtener el resultado y un equipo de presentación (10) que presenta los resultados al operador.

De acuerdo a una realización de la invención, el dispositivo sensor de corriente (6), en cada autotransformador, es un transformador de intensidad instalado en el extremo positivo del autotransformador (2) para que mida la corriente que sale del autotransformador desde el conductor positivo.

Los dispositivos sensores de corriente (6), en los devanados secundarios del transformador de alimentación, son unos transformadores de intensidad instalados en el extremo positivo y el extremo negativo del transformador de alimentación (1) para que mida la corriente que sale del transformador desde el conductor positivo y el conductor negativo respectivamente.

Los dispositivos sensores de tensión (7) instalados en cada autotransformador obtienen la tensión en la catenaria en el punto de conexión con cada autotransformador para que el dispositivo analizador obtenga el ángulo que forma esta tensión con la intensidad de ese autotransformador y analice dicho ángulo en orden a determinar si la falta es entre catenaria y tierra o entre feeder y tierra.

Como dispositivo analizador (8) se utilizará preferentemente un relé de sobreintensidad direccional que actúa cuando se produce una falta a tierra, cumpliéndose determinadas condiciones.

El transformador de intensidad se conecta al relé de sobreintensidad direccional, es decir al dispositivo analizador (8), y, asimismo cada relé se conecta a un calculador (9) situado en la propia subestación.

El calculador (9), en una realización de la invención, es un controlador lógico programable PLC que recibe las señales de los distintos relés o dispositivos analizadores (8) y compara sus valores con los de la tabla correspondiente al conductor en que ha ocurrido la falta, así como a las condiciones de carga que en el momento de ocurrir la falta tenía la sección eléctrica ferroviaria, determinando la localización de la falta. Este dato de la posición de la falta es enviado al equipo de presentación (10), que es un ordenador conectado al PLC, que recoge la señal de salida de éste y presenta los resultados en la pantalla a un operador.

Al producirse un cortocircuito entre uno de los conductores y tierra, los transformadores de intensidad situados en los autotransformadores (2) miden los valores de intensidad que harán actuar a los relés que constituyen el dispositivo analizador (8). El calculador, además de los valores de los módulos de las intensidades en los devanados positivos de los autotransformadores y, opcionalmente los valores de tensión en al menos uno de sus devanados, recibe también la información enviada por los relés relativa al conductor y, opcionalmente la subsección en que ha ocurrido la falta, por ejemplo mediante el sistema descrito en la patente con número ES 2507465 referida anteriormente.

Entonces, el calculador busca en la tabla correspondiente al conductor con defecto, almacenada en su memoria, los valores iguales a los de los cocientes recibidos. Estas tablas, que constan de la relación de las intensidades entre autotransformadores y transformador de alimentación, y la posición por cada elemento, y que son diferentes para el caso de faltas entre catenaria y tierra que en caso de faltas entre feeder y tierra, se habrán almacenado previamente en el calculador con los valores particulares obtenidos de las relaciones de intensidades de los autotransformadores y transformador de alimentación cuando se produce un cortocircuito entre uno de los conductores y tierra a lo largo de la sección eléctrica en la que aquéllos están instalados.

Concretamente, para realizar la localización del punto con defecto de acuerdo a la presente invención, se pueden emplear diferentes relaciones entre las corrientes de los autotransformadores y la o las corrientes del transformador principal de alimentación. A continuación se detallan diferentes posibles relaciones para la localización de los defectos:

Relación de corrientes de autotransformadores (I_{AT}) y corriente de catenaria (I_C):

En esta realización se realiza el cociente de las corrientes de los distintos autotransformadores (I_{AT1} , I_{AT2} , I_{AT3} ...) y la corriente del secundario del transformador principal correspondiente con la catenaria (I_C)

$$\frac{I_{AT1}}{I_C} \quad \frac{I_{AT2}}{I_C} \quad \frac{I_{AT3}}{I_C}$$

Con esta relación se localizan los defectos entre catenaria y tierra.

Relación de corrientes de autotransformadores (I_{AT}) y corriente del feeder (I_F):

En esta realización se realiza el cociente de las corrientes de los distintos autotransformadores (I_{AT1} , I_{AT2} , I_{AT3} ...) y la corriente del secundario del transformador principal correspondiente feeder o conductor negativo (I_F)

$$\frac{I_{AT1}}{I_F} \quad \frac{I_{AT2}}{I_F} \quad \frac{I_{AT3}}{I_F}$$

Con esta relación se localizan los defectos entre el feeder o conductor negativo y tierra.

Relación de corrientes de autotransformadores (I_{AT}) y la resta de las corrientes de la catenaria y feeder ($I_C - I_F$):

En esta realización se realiza el cociente de las corrientes de los distintos autotransformadores (I_{AT1} , I_{AT2} , $I_{AT3...}$) y la resta de las corrientes del secundario del transformador principal correspondiente con la catenaria y la correspondiente con el feeder o conductor negativo (I_F)

$$\frac{I_{AT1}}{I_C - I_F} \quad \frac{I_{AT2}}{I_C - I_F} \quad \frac{I_{AT3}}{I_C - I_F}$$

Con esta relación se localizan tanto los defectos a tierra en la catenaria como en el feeder.

10 Relación de corrientes de autotransformadores (I_{AT}) y la suma de los módulos de las corrientes de la catenaria y feeder ($|I_C| + |I_F|$):

En esta realización se realiza el cociente de las corrientes de los distintos autotransformadores (I_{AT1} , I_{AT2} , $I_{AT3...}$) y la suma de los módulos de las corrientes del secundario del transformador principal correspondiente con la catenaria y la correspondiente con el feeder o conductor negativo ($|I_C| + |I_F|$). Debido al desfase de las corrientes la suma de los módulos de las corrientes de catenaria y feeder es similar a la resta de estas dos corrientes.

$$\frac{I_{AT1}}{|I_C| + |I_F|} \quad \frac{I_{AT2}}{|I_C| + |I_F|} \quad \frac{I_{AT3}}{|I_C| + |I_F|}$$

Con esta relación se localizan tanto los defectos a tierra en la catenaria como en el feeder.

20 En la **Figura 2** se muestran los resultados experimentales con un demostrador de laboratorio de una sección con tres subsecciones. Se recogen las corrientes en arrollamiento del transformador principal correspondiente a la catenaria I_C y en los tres autotransformadores I_{AT1} , I_{AT2} y I_{AT3} para defectos entre el punto kilométrico 1 y el 30.

Estos ensayos se han realizado modificando la tensión de alimentación del demostrador utilizando 80%, 90%, 100%, 110% y 120% de la tensión asignada.

Como se puede observar las corrientes de cortocircuito varían, por lo que las soluciones del estado del arte que se basan en dichas corrientes tienen errores en la localización.

En contraste, en la **Figura 3** se muestran los resultados experimentales de los mismos ensayos de laboratorio de la figura 2, pero representando ahora el cociente entre las corrientes de los tres autotransformadores I_{AT1} , I_{AT2} y I_{AT3} y la resta de las corrientes de los arrollamientos del transformador principal correspondientes a la catenaria I_C y al feeder I_F .

$$\frac{I_{AT1}}{I_C - I_F} \quad \frac{I_{AT2}}{I_C - I_F} \quad \frac{I_{AT3}}{I_C - I_F}$$

Como se puede observar en la gráfica, los perfiles de corrientes obtenidos son prácticamente idénticos independientemente del valor de las corrientes de cortocircuito y, por tanto, no hay apenas error de localización.

REIVINDICACIONES

1. Sistema para localizar la posición de una falta a tierra en líneas de alimentación eléctrica ferroviarias de estructura bifásica con una pluralidad de autotransformadores (2) y al menos una subestación de alimentación, que comprende un dispositivo sensor de intensidad (6) en, al menos, uno de los devanados de cada uno de los autotransformadores (2), configurado para medir la intensidad de corriente en dicho devanado; donde el sistema está caracterizado por que comprende:
- un dispositivo sensor de intensidad (6) en cada uno de los dos devanados secundarios de un transformador principal (1) dispuesto en la subestación de alimentación, configurado para medir la intensidad de corriente en dichos devanados secundarios;
 - un dispositivo analizador (8) por cada autotransformador configurado para, en caso de producirse una falta a tierra, enviar los valores de intensidad medidos por los dispositivos sensores de cada autotransformador a un dispositivo calculador (9);
 - un dispositivo analizador (8) para el transformador principal configurado para, en caso de producirse una falta a tierra, enviar los valores de intensidad medidos por los dispositivos sensores (6) del transformador principal al dispositivo calculador (9); y
 - un dispositivo calculador (9) configurado para; en caso de producirse una falta, recibir información de cuál es el conductor en falta, a seleccionar entre un conductor positivo y un conductor negativo; recibir los valores de intensidad enviados desde todos los dispositivos analizadores; establecer una relación entre las intensidades de corrientes medidas en los autotransformadores y las intensidades de corriente medidas en el transformador principal; comparar el valor de esta relación con otros valores previamente calculados y almacenados en el dispositivo calculador en una tabla, seleccionada entre al menos dos tablas según la información proporcionada de cuál es el conductor en falta, donde una primera tabla está asociada al conductor positivo y corresponde a faltas entre conductor positivo y tierra, y una segunda tabla está asociada al conductor negativo y corresponde a faltas entre conductor negativo y tierra; y determinar la posición de la falta, basado en dicha comparación.

2. Sistema de acuerdo a la reivindicación 1 donde la relación que establece el dispositivo calculador es un cociente entre la corriente de los autotransformadores y la corriente del transformador principal, correspondiente al conductor positivo de la línea de alimentación.
- 5 3. Sistema de acuerdo a la reivindicación 1 donde la relación que establece el dispositivo calculador es el cociente entre la corriente de los autotransformadores y la corriente del transformador principal, correspondiente al conductor negativo de la línea de alimentación.
- 10 4. Sistema de acuerdo a la reivindicación 1 donde la relación que establece el dispositivo calculador es el cociente entre la corriente de los autotransformadores y la resta de las corrientes del transformador principal, correspondiente al conductor positivo de la línea de alimentación menos la corriente del conductor negativo de la línea de alimentación.
- 15 5. Sistema de acuerdo a la reivindicación 1 donde la relación que establece el dispositivo calculador es el cociente entre la corriente de los autotransformadores y la suma de los módulos de las corrientes del transformador principal, correspondiente al conductor positivo de la línea de alimentación más el módulo de la corriente del conductor negativo de la línea de alimentación.
- 20 6. Sistema de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones anteriores que además comprende un centro de control, donde el dispositivo calculador está alojado en dicho centro de control o en la subestación de alimentación.
- 25 7. Método para localizar la posición de una falta a tierra en líneas de alimentación eléctrica ferroviarias de estructura bifásica con una pluralidad de autotransformadores (2) y al menos una subestación de alimentación, que comprende medir con un dispositivo sensor de intensidad (6) en, al menos, uno de los devanados de cada uno de los autotransformadores (2), la intensidad de corriente en dicho devanado, donde el método está caracterizado por que además comprende los pasos de:
- 30 a) medir con un dispositivo sensor de intensidad (6) dispuesto en cada uno de los dos devanados secundarios de un transformador principal (1) dispuesto en la subestación de alimentación, la intensidad de corriente en dichos devanados secundarios;
- b) enviar, en caso de producirse una falta a tierra, las medidas recogidas por todos los dispositivos sensores, desde un dispositivo analizador (8) en cada uno de los autotransformadores y en el transformador principal, a un dispositivo calculador (9);

c) proporcionar al dispositivo calculador, en caso de producirse una falta, información de cuál es el conductor en falta, a seleccionar entre un conductor positivo y un conductor negativo;

5 d) establecer, en el dispositivo calculador (9), una relación entre las intensidades de corrientes medidas en los autotransformadores y las intensidades de corriente medidas en el transformador principal;

10 e) comparar, en el dispositivo calculador, el valor de la relación establecida en el paso d) con otros valores previamente calculados y almacenados en dicho dispositivo calculador en una tabla, seleccionada entre al menos dos tablas según la información proporcionada en el paso c) de cuál es el conductor en falta, donde una primera tabla está asociada al conductor positivo y corresponde a faltas entre conductor positivo y tierra, y una segunda tabla está asociada al conductor negativo y corresponde a faltas entre conductor negativo y tierra;

15 f) determinar, por el dispositivo calculador, la posición de la falta, basado en la comparación del paso anterior del valor de la relación establecida y el valor previamente calculado que corresponde al conductor en falta.

20 **8.** Método de acuerdo a la reivindicación 7 donde la relación establecida por el dispositivo calculador comprende establecer un cociente entre la corriente de los autotransformadores y la corriente del transformador principal, correspondiente al conductor positivo de la línea de alimentación.

9. Método de de acuerdo a la reivindicación 7 donde la relación establecida por el dispositivo calculador comprende establecer un cociente entre la corriente de los autotransformadores y la corriente del transformador principal correspondiente al conductor negativo de la línea de alimentación.

25 **10.** Método de acuerdo a la reivindicación 7, donde la relación establecida por el dispositivo calculador comprende establecer un cociente entre la corriente de los autotransformadores y la resta de las corrientes del transformador principal correspondiente al conductor positivo de la línea de alimentación menos la corriente del conductor negativo de la línea de alimentación.

30 **11.** Método de acuerdo a la reivindicación 7, donde la relación establecida por el dispositivo calculador comprende establecer un cociente entre la corriente de los autotransformadores y las suma de los módulos de las corrientes del transformador principal, correspondiente al conductor positivo de la línea de alimentación más el módulo de la corriente del conductor negativo de la línea de alimentación.

5 **12.** Método de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones 7-11 donde los valores previamente calculados y almacenados en dicho dispositivo calculador se disponen en al menos dos tablas, una para faltas en el conductor positivo y otra para faltas en el conductor negativo que relacionan cada conductor de la línea de alimentación con unas condiciones de carga y un punto kilométrico de la línea de alimentación.

10 **13.** Método de acuerdo a la reivindicación 12, donde la relación que almacenan las tablas comprende una relación de las intensidades entre autotransformadores y el transformador de alimentación, basada en los valores experimentales que se obtienen cuando se produce un cortocircuito entre uno de los conductores y tierra a lo largo de todos los puntos de la línea de alimentación en la que están instalados.

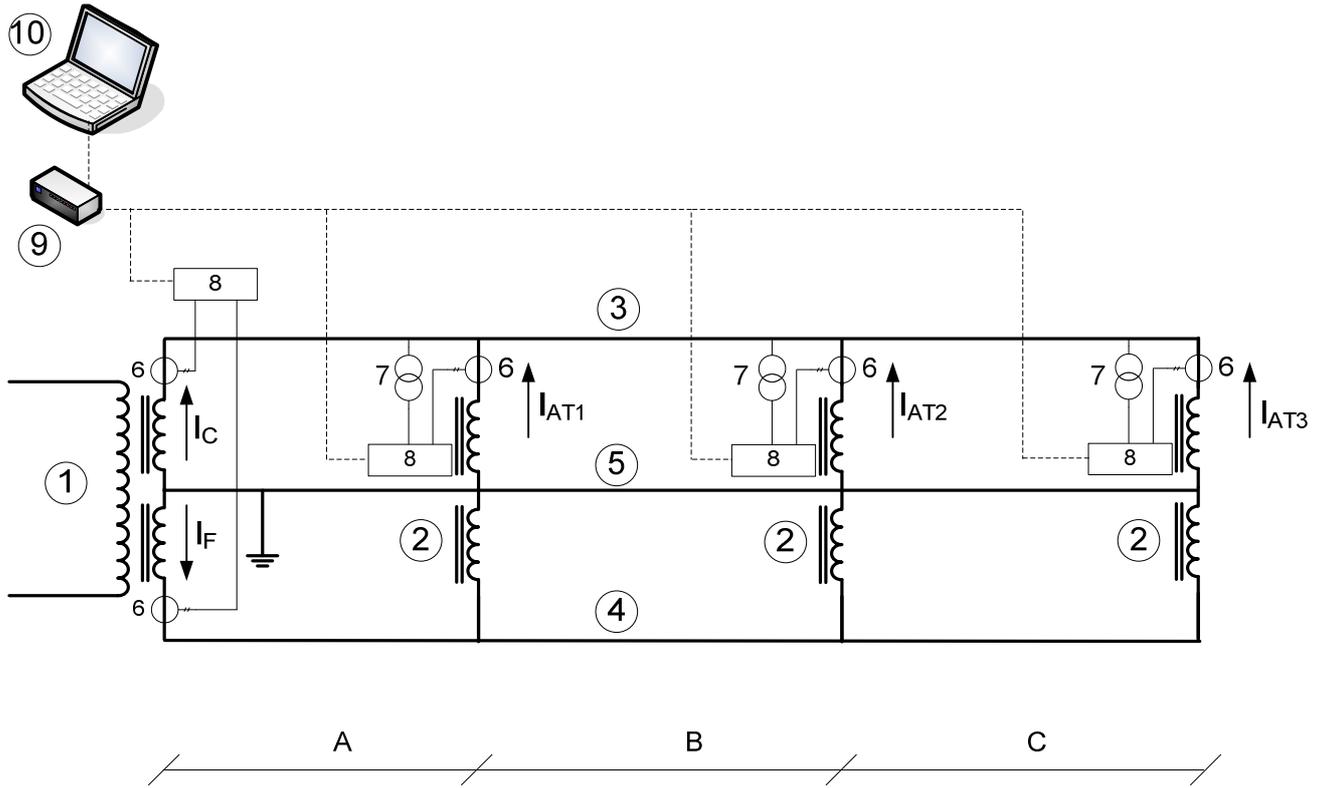


Figura 1

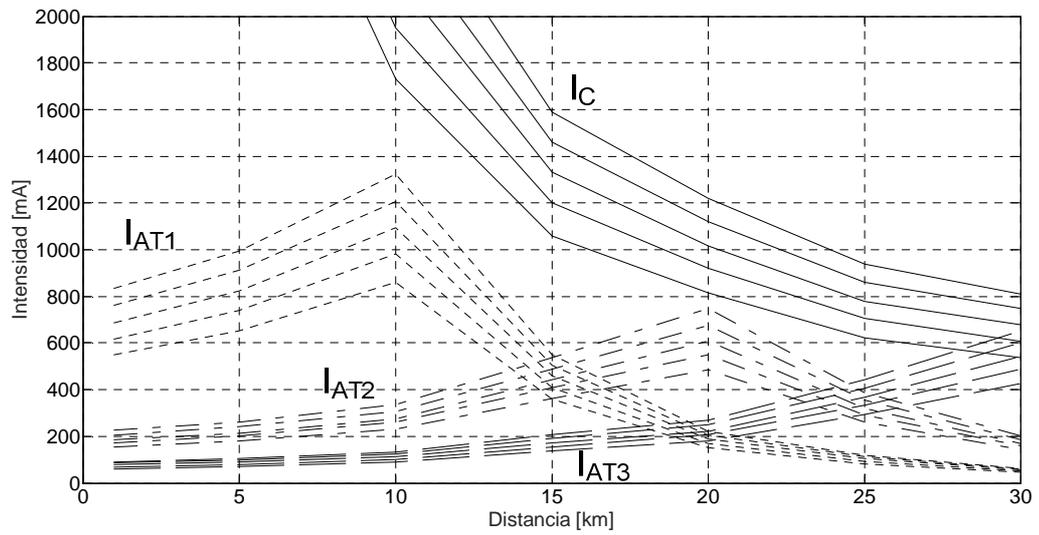


Figura 2

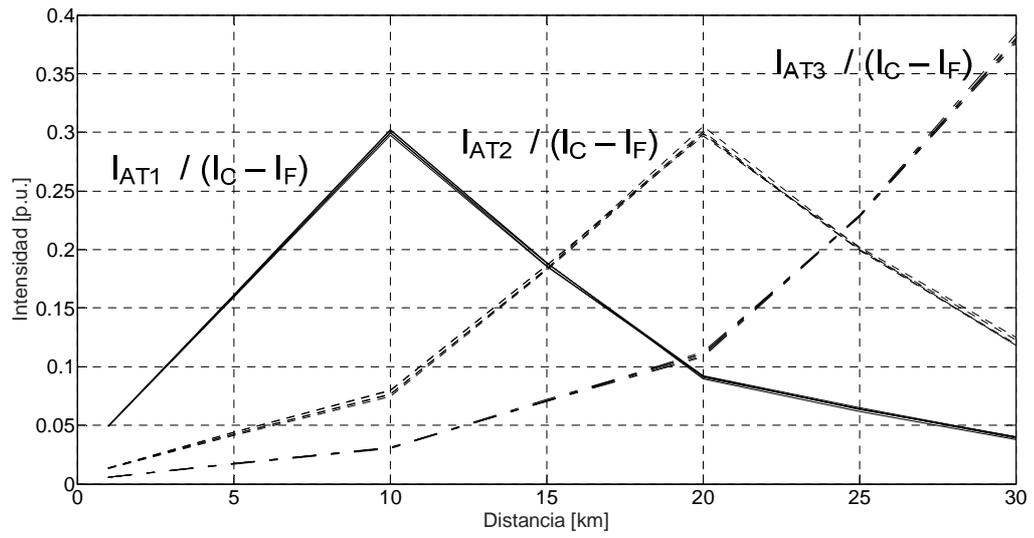


Figura 3



- ②① N.º solicitud: 201830437
②② Fecha de presentación de la solicitud: 04.05.2018
③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: **G01R31/08** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
Y	ES 2611829 A1 (UNIV MADRID POLITECNICA) 10/05/2017, Descripción; figuras.	1-13
Y	KR 101093030B B1 (KRRRI) 13/12/2011, Todo el documento.	1-13
A	SERRANO, J.; PLATERO, C.A.; LÓPEZ-TOLEDO, M.; GRANIZO, R. "A Novel Ground Fault Identification Method for 2 x 25 kV Railway Power Supply Systems". Energies, 2015, Vol. 8, Páginas 7020-7039 [en línea][recuperado el 28/01/2019]. Recuperado de Internet <URL: https://www.mdpi.com/1996-1073/8/7/7020/htm >, ISSN 1996-1073 , <DOI: 10.3390/en8077020 >	1-13
Y	GANJAVI, REZA & KREBS, RAINER & STYCZYNSKI, Z.A. "Distance Protection Settings in Electrical Railway Systems with Positive and Negative Feeder". World-Scientific and Engineering Academy and Society WSEAS 2006, Volume: Athens, Greece, 31/07/2006, Páginas 1-6 [en línea][recuperado el 28/01/2019]. Recuperado de Internet <URL: https://www.researchgate.net/publication/271845352 >	1-13
Y	KR 101653954B B1 (KOREA RAILROAD CORP et al.) 06/09/2016	1-13

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia
Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría
A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita
P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud
E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

<p>Fecha de realización del informe 05.02.2019</p>	<p>Examinador M. P. López Sábater</p>	<p>Página 1/2</p>
---	--	------------------------------

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

G01R

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, IEEE, Elsevier, Internet, WPI, KIPRIS.