

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 768 676**

51 Int. Cl.:

G01R 31/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.08.2015** **E 15181913 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.11.2019** **EP 2998750**

54 Título: **Procedimiento y disposición para la determinación de una ubicación de fallo en un cortocircuito a lo largo de un tramo de abastecimiento de energía con varios conductores**

30 Prioridad:

09.09.2014 DE 102014217972

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

23.06.2020

73 Titular/es:

**SIEMENS MOBILITY GMBH (100.0%)
Otto-Hahn-Ring 6
81739 München, DE**

72 Inventor/es:

**ALTMANN, MARTIN y
BIANCHI, ROBERTO**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 768 676 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

Procedimiento y disposición para la determinación de una ubicación de fallo en un cortocircuito a lo largo de un tramo de abastecimiento de energía con varios conductores

5 La invención se refiere a un procedimiento y a una disposición para la determinación de una ubicación de fallo en un cortocircuito a lo largo de un tramo de abastecimiento de energía con varios conductores.

Un tramo de abastecimiento de energía puede ser en el sentido de la invención, por ejemplo, un abastecimiento de corriente de tracción. En el abastecimiento de corriente de tracción se utilizan con frecuencia sistemas de catenaria monofásicos, cuya energía eléctrica tiene que tomarse de redes de abastecimiento trifásicas convencionales.

10 Un procedimiento conocido para determinar una ubicación de fallo en un cortocircuito en un sistema de cables ramificados se describe en el documento US 2006/0025942 A1. Para determinar en qué ramificación de cable hay un cortocircuito se realiza una comparación con un espectro de fases de impedancia de alta frecuencia medido.

15 Por el manual "Fahrleitungen elektrischer Bahnen" de F. Kießling, R. Puschmann y A. Schmieder, 3ª edición del año 2014, por las páginas 76 a 85 se conocen diferentes posibilidades de conexión del abastecimiento de corriente de tracción a una red de abastecimiento trifásica. Así, en una denominada pista monofásica puede tomarse la tensión necesaria en cada caso para partes individuales del abastecimiento de corriente de tracción de manera alternante de conductores externos individuales de una red de abastecimiento trifásica (imagen 1.29 en la página 77). Además, se describe un denominado abastecimiento de corriente de tracción bitensión (imagen 1.30 en la página 78, texto página 78 y ss.), en el que se utilizan autotransformadores.

20 En el sistema de autotransformadores conocido, en una subestación del abastecimiento de corriente de tracción por medio de transformadores desde una red de abastecimiento trifásica para en cada caso una parte de la línea aérea de contacto se alimentan una línea aérea de contacto, el denominado "alimentador positivo", y un conductor guiado conjuntamente de manera aislada a lo largo del tramo de tracción, el denominado "alimentador negativo". A la subestación está conectado el raíl, que presenta potencial de tierra. En el otro extremo de la parte de la línea aérea de contacto se encuentra un autotransformador, que está conectado con los dos conductores y en su toma central con el raíl. Si un vehículo de tracción pasa por la parte de la línea aérea, entonces el vehículo de tracción toma una primera corriente de alimentación desde la dirección de la subestación y una segunda corriente de alimentación desde la dirección del autotransformador. Las dos corrientes de alimentación presentan un desplazamiento de fase entre sí de 180°.

30 Los sistemas de autotransformadores se utilizan para el abastecimiento de corriente de tracción, porque las corrientes de carga de la línea aérea de contacto se dividen por la mitad a través de tramos largos y con ello se reducen también las caídas de tensión correspondientes. De este modo, en sistemas de autotransformadores en el abastecimiento de corriente de tracción pueden aumentarse las distancias de subestaciones en el tramo de tracción, lo que ahorra costes. Además, se reducen las influencias perturbadoras en líneas de telecomunicación.

35 En muchos gestores de redes de electricidad y ferroviarias, la rápida localización y eliminación de fallos, por ejemplo, debidos a cortocircuitos, tiene cada vez más importancia. Los denominados relés de protección de todos los fabricantes apoyan a este respecto con la función "ubicación de fallos". Esta funcionalidad consiste en la localización del fallo en un sistema de tensión alterna mediante la reactancia de fallo medida o la reactancia. La reactancia de fallo medida y la distancia de fallo, que indica la ubicación de fallo, se proporcionan al gestor por el relé de protección en forma de una información electrónica. El gestor utiliza esta información para mandar al personal de mantenimiento inmediatamente al sitio de fallo correcto. Esto ahorra tiempos de búsqueda y por consiguiente aumenta la disponibilidad de la infraestructura; al mismo tiempo se ahorran costes, dado que el personal de mantenimiento puede trabajar de manera más eficiente.

45 La ubicación de fallos se basa en la conversión de la reactancia o impedancia de fallo en la distancia de fallo. Los relés de protección actuales solo pueden convertir la reactancia en distancia, cuando la relación de las dos magnitudes es lineal (por partes). Por el contrario, en sistemas con transformadores de refuerzo o autotransformadores la curva de distancia-reactancia ya no es lineal.

50 En particular en el caso de usar un sistema de autotransformadores se producen debido a la introducción de un denominado alimentador negativo una segunda y una tercera curva de distancia-reactancia. A este respecto surge el problema de que un fallo debido a diferentes evoluciones de distancia-reactancia de las tres curvas da por tanto como resultado varias posibles ubicaciones de fallo

Para solucionar el problema de la ambigüedad se han desarrollado en el estado de la técnica conceptos de control especiales.

55 En particular se extraen los autotransformadores completamente de la red, lo que se describe, por ejemplo, en el artículo de revista "Protection of high-speed railway lines in Italy against faults" de E. Cinieri, G. Nurzia, A. Fumi, V. Salvatori y C. Spalvieri, que aparece en Elektrische Bahnen, número 1-2 2007, capítulo 1 en la página 82. De este modo se obtiene una red alimentada por un lado, no de malla, con lo que se obtiene una curva de reactancia lineal. En esta

red es entonces posible, mediante una nueva conexión automática, medir de nuevo la reactancia de fallo y asociarla a una longitud de tramo unívoca. Esta solución tiene tres desventajas: en primer lugar, la reconfiguración de la red requiere mucho tiempo, lo que limita la disponibilidad de la red. En segundo lugar, no pueden localizarse fallos temporales, dado que estos fallos ya no se producen tras la reconfiguración. Esto conduce por regla general a la obligación de una inspección por tramos. Esta está asociada con altos costes y esfuerzo de personal. Una tercera desventaja es la necesidad de una nueva conexión, lo que supone una carga adicional para los equipos.

Otra solución del estado de la técnica se basa en la comparación de las amplitudes de corriente de una corriente de falta, midiéndose las amplitudes de corriente en la toma central de los autotransformadores a lo largo del tramo. Una solución de este tipo se propone en el artículo de revista "Autotransformatorensystem für die Luino-Linie" de M. Aeberhard, E. Basler y F. Leu, que aparece en Elektrische Bahnen, número 6 2014, capítulo 4.4.5 en las páginas 350 a 351. Para ello tienen que registrarse las corrientes desconectadas en las estaciones de autotransformador. En la mayoría de los casos son necesarios para ello aparatos adicionales en la estación de autotransformador y una evaluación central. A partir de la relación de las corrientes de falta medidas y factores de ponderación basados en la experiencia se determina la ubicación de fallo entre dos estaciones de autotransformador. Para una precisión constante son necesarios para ello además en las subestaciones de alimentación autotransformadores adicionales o un acoplamiento firme entre las dos fases de la catenaria y del alimentador negativo.

Además, por el manual "SIPROTEC Digitaler Oberleitungsschutz für AC-Bahnstromversorgung 7ST6 V4.6", número de documento E50417-G1100-C251-A6, fecha de edición 09/11/2012, páginas 156 a 158 así como 207 a 208, se conocen un procedimiento y una disposición para la determinación de una ubicación de fallo en un cortocircuito a lo largo de un tramo de tracción con un abastecimiento de corriente de tracción. A este respecto, se determina una reactancia de fallo y se emite al menos una posible ubicación de fallo.

La invención se plantea el objetivo técnico de indicar un procedimiento para la determinación de una ubicación de fallo en un cortocircuito a lo largo de un tramo de abastecimiento de energía con varios conductores, con el que de manera comparativamente sencilla y rápida entre varias ubicaciones de fallo posibles se seleccione la ubicación de fallo más probable.

La invención alcanza este objetivo mediante un procedimiento según la reivindicación 1.

A este respecto, una ubicación de fallo es, en el sentido de la invención, una parte del tramo de abastecimiento de energía, es decir en el caso de utilizar el procedimiento en el campo del abastecimiento de corriente de tracción, por ejemplo, un punto en una catenaria, en la que se produce un cortocircuito con respecto a tierra o con respecto a otro conductor que conduce tensión.

Además, debe tenerse en cuenta que en la etapa de procedimiento de la comparación de la resistencia determinada con en cada caso una evolución de resistencia conocida previamente para cada conductor determinando al menos una posible ubicación de fallo, el término "determinación" en el caso más sencillo puede querer decir una lectura directa de la evolución de resistencia. Si, por ejemplo, en la evolución de resistencia se expone el par de valores (10 ohmios, 20 km), entonces en el caso de una resistencia determinada de 10 ohmios mediante la lectura directa se obtiene la posible ubicación de fallo a 20 km; la desviación entre la resistencia determinada y leída es cero. En un caso más complejo, como se expone más detalladamente en algunas de las formas de realización descritas a continuación en relación con una métrica de desviación, en lugar de una lectura sencilla a partir de la evolución de resistencia puede tener lugar una asociación con un intervalo de la evolución de resistencia: por ejemplo, si se observa un intervalo de desde 9,7 hasta 10,3 ohmios, correspondientemente se obtienen desviaciones entre la resistencia determinada y la tomada de la evolución de resistencia. Estas desviaciones pueden entonces observarse junto con desviaciones de otros valores de medición tal como, por ejemplo, de la corriente, y minimizarse para conseguir un resultado mejorado del procedimiento.

El procedimiento según la invención tiene la ventaja de que también en el caso de varias posibles ubicaciones de fallo en un tramo de abastecimiento de energía puede determinarse la verdadera ubicación de fallo con alta probabilidad. Esto se consigue al detectarse, a diferencia de en los procedimientos conocidos, no solo la resistencia para establecer la ubicación de fallo, sino también la corriente de falta. Para ello es necesario que se determinen evoluciones correspondientes de la resistencia, corriente de falta y dado el caso valores de medición adicionales por adelantado. Esto puede tener lugar, por ejemplo, al poner en funcionamiento un tramo de abastecimiento de energía tal como, por ejemplo, un tramo de tracción usando un modelo de cálculo de red.

Una evolución de resistencia de este tipo, una evolución de corriente de falta de este tipo y dado el caso la evolución de valores de medición adicionales a lo largo del tramo de abastecimiento de energía puede determinarse por adelantado, por ejemplo, mediante el procedimiento expuesto en la solicitud de patente hasta la fecha no publicada "Verfahren zum Orten eines Kurzschlusses in einem wenigstens einen Leitungsabschnitt umfassenden Stromnetz", número de expediente de la DPMA 10 2014 203 906.1, inventor: Roberto Bianchi, solicitante: Siemens Aktiengesellschaft.

Según la invención, el procedimiento puede utilizarse tanto en el caso de abastecimiento de corriente continua como en el caso de abastecimiento de corriente alterna de un tramo de abastecimiento de energía. En el caso de un abastecimiento de corriente continua se detecta y se evalúa un valor de resistencia, mientras que en el caso de un abastecimiento de corriente alterna se detecta y se evalúa un valor de reactancia.

A este respecto, la ubicación de fallos puede tener lugar directamente durante la primera desconexión del tramo de abastecimiento de energía mediante un aparato protector, con lo que ventajosamente también pueden localizarse fallos transitorios.

5 Mediante el establecimiento de la ubicación de fallo no es necesario, como resulta con frecuencia en la práctica en el estado de la técnica, tener que llevar a cabo mediante personal formado un recorrido del tramo, para entre varias ubicaciones de fallo posibles descubrir la verdadera ubicación de fallo. Esto ahorra tiempo y costes.

10 Una ventaja adicional es que no es necesaria ninguna nueva conexión del tramo de abastecimiento de energía para la ubicación de fallos. Por consiguiente, puede evitarse una carga innecesaria de los equipos. Además, una ubicación de fallos sin reconfiguración del tramo de abastecimiento de energía aumenta la disponibilidad del tramo de abastecimiento de energía.

15 En una forma de realización preferida del procedimiento según la invención se usa como tramo de abastecimiento de energía un abastecimiento de corriente de tracción con un sistema bitensión, que como conductores presenta una línea aérea de contacto, un conductor guiado conjuntamente de manera aislada a lo largo del abastecimiento de corriente de tracción y un raíl a potencial de tierra y como resistencia se determina una reactancia. A este respecto, el conductor guiado conjuntamente de manera aislada presenta por regla general una tensión con desplazamiento de fase con respecto a la línea aérea de contacto. Un sistema bitensión o sistema de autotransformadores es ventajosamente útil especialmente para la utilización del procedimiento según la invención, porque en este caso se obtienen en cada caso para la catenaria, el alimentador negativo y el raíl tres evoluciones de reactancia no lineales a lo largo del tramo de tracción, de modo que una asociación de un fallo a una determinada ubicación de fallo o bien en la catenaria o bien en el alimentador negativo es especialmente difícil.

20 En una forma de realización preferida del procedimiento según la invención por medio del dispositivo de medición se detecta al menos un valor de medición adicional a partir de la siguiente enumeración de valores de medición: corriente total de la línea aérea de contacto y el conductor guiado conjuntamente de manera aislada; corrientes parciales en la línea aérea de contacto, el conductor guiado conjuntamente de manera aislada y el raíl; distribución de las corrientes parciales a la línea aérea de contacto, el conductor guiado conjuntamente de manera aislada y el raíl; diferencias de tensión entre la línea aérea de contacto, el conductor guiado conjuntamente de manera aislada y tierra; diferencia de tensión entre la línea aérea de contacto y el conductor guiado conjuntamente de manera aislada. Además, también es posible y razonable detectar valores derivados de la tensión y la corriente tales como, por ejemplo, energía, potencia, integral de corriente o de tensión. El uso de un valor de medición adicional es ventajoso, porque de este modo se mejora el reconocimiento de la verdadera ubicación de fallo.

25 En una forma de realización preferida del procedimiento según la invención se realizan en cada caso para cada valor de medición adicional las siguientes etapas:

- 35 - calcular una desviación de valor de medición entre un valor de medición esperado y el valor de medición determinado para cada posible ubicación de fallo, determinándose el valor de medición esperado mediante en cada caso una evolución de valor de medición conocida previamente para cada conductor;
- determinar la posible ubicación de fallo con la menor desviación de valor de medición y tener en cuenta esta posible ubicación de fallo al fijar la ubicación de fallo.

Tener en cuenta un valor de medición adicional es ventajoso, porque de este modo se mejora el reconocimiento de la verdadera ubicación de fallo.

40 En una forma de realización preferida del procedimiento según la invención la ubicación de fallo fijada se transmite a un sistema de centros de control, en particular un sistema de supervisión, control y adquisición de datos. Esto es una ventaja, porque puede reaccionarse por medio del sistema de centros de control de manera automatizada o mediante personal operador de manera rápida y eficiente al cortocircuito que existe en la ubicación de fallo reconocida.

45 En una forma de realización preferida del procedimiento según la invención se transmite adicionalmente aquella ubicación de fallo con la segunda menor desviación y/o desviación de valor de medición a un sistema de centros de control, en particular un sistema de supervisión, control y adquisición de datos. Esto es una ventaja, porque de esta manera puede indicarse la segunda ubicación de fallo más probable, de modo que en el caso en el que el fallo no se produjera en el caso de fallo más probable, puede comprobarse rápidamente y con poco esfuerzo la segunda ubicación de fallo más probable.

50 En una forma de realización preferida del procedimiento según la invención se calcula la desviación y/o desviación de valor de medición en cada caso mediante la formación de la diferencia. Esto es ventajoso, porque una formación de la diferencia es un procedimiento sencillo.

55 En una forma de realización preferida del procedimiento según la invención se calcula la desviación y/o desviación de valor de medición en cada caso minimizando una métrica de desviación. La utilización de una métrica de desviación es una generalización del planteamiento según la invención. A este respecto, pueden combinarse y promediarse todos los parámetros (por ejemplo, reactancias, corrientes, tensiones) en cualquier forma. Es una ventaja esencial de esta forma

de realización que una métrica de desviación pueda adaptarse de manera más flexible a los respectivos requisitos técnicos del respectivo tramo de abastecimiento de energía.

En una forma de realización preferida del procedimiento según la invención la métrica de desviación se define tal como sigue:

$$e = [(X_f - X_m) / X_{m\acute{a}x}]^2 + [(I_f - I_m) / I_{m\acute{a}x}]^2 ,$$

en la que

e indica la métrica de desviación,

X_f indica la resistencia determinada mediante la evolución de resistencia en la posible ubicación de fallo,

I_f indica la corriente de falta teórica en la posible ubicación de fallo,

10 X_m indica la resistencia medida,

I_m indica la corriente de falta medida,

$X_{m\acute{a}x}$ indica la resistencia máxima detectada en la evolución de resistencia, y

15 $I_{m\acute{a}x}$ indica la corriente de falta máxima detectada en la evolución de corriente de falta. Esta métrica de desviación es ventajosa, porque de esta manera se ponderan de la misma manera una desviación de resistencia relativa y una desviación de corriente relativa. Por ejemplo, usando la métrica de desviación puede permitirse una mayor desviación de la resistencia en la posible ubicación de fallo (esta desviación de la resistencia es sin usar la métrica de desviación mediante una determinación sencilla a partir de la evolución de resistencia igual a cero), de modo que se obtiene una menor desviación de corriente en la posible ubicación de fallo.

20 En una forma de realización preferida del procedimiento según la invención, la minimización de la métrica de desviación tiene lugar en cada caso por medio de una optimización con un procedimiento de optimización lineal y/o uno no lineal. Ejemplos de procedimientos de optimización son: fallo cuadrático medio mínimo (MMSE), mínimos cuadrados (LSE), probabilidad máxima.

25 Además, es un objetivo de la invención indicar una disposición para la determinación de una ubicación de fallo en un cortocircuito a lo largo de un tramo de abastecimiento de energía con varios conductores, con la que de manera comparativamente sencilla y rápida entre varias ubicaciones de fallo posibles pueda seleccionarse la ubicación de fallo más probable.

La invención alcanza este objetivo mediante una disposición según la reivindicación 11. Se obtienen lógicamente las mismas ventajas que se explicaron al principio para el procedimiento según la invención.

30 Formas de realización preferidas y ventajosas de la disposición según la invención se obtienen de las reivindicaciones dependientes 12 a 15. A este respecto, se obtienen lógicamente las mismas ventajas que se explicaron al principio para el procedimiento según la invención.

A continuación, se explicará la invención mediante figuras para su mejor comprensión.

A este respecto, muestran en una representación esquemática

35 la figura 1 un ejemplo de evoluciones de reactancia y evoluciones de corriente de falta que se producen en un sistema de autotransformadores a lo largo de un tramo de tracción y

la figura 2 la evolución de reactancia y la evolución de corriente de falta en un cortocircuito entre una catenaria y tierra según la figura 1 y

la figura 3 la evolución de reactancia y la evolución de corriente de falta en un cortocircuito entre un alimentador negativo y tierra según la figura 1 y

40 la figura 4 la evolución de reactancia y la evolución de corriente de falta en un cortocircuito entre una catenaria y un alimentador negativo según la figura 1 y

la figura 5 un ejemplo del establecimiento de una ubicación de fallo en un cortocircuito entre una catenaria y tierra según la figura 2 y

45 la figura 6 un ejemplo del establecimiento de una ubicación de fallo en un cortocircuito entre un alimentador negativo y tierra según la figura 3 y

la figura 7 un ejemplo del establecimiento de una ubicación de fallo en un cortocircuito entre una catenaria y un alimentador negativo según la figura 4.

En la figura 1 se representa en la abscisa izquierda la reactancia en ohmios, en la abscisa derecha la corriente de falta en amperios y en las ordenadas la distancia de un punto de alimentación con respecto a una ubicación de fallo en km, es decir, a lo largo del abastecimiento de corriente de tracción de un tramo de tracción.

5 Para un sistema de autotransformadores se indican tres pares diferentes de evoluciones para reactancia y corriente de falta, concretamente

- en primer lugar, para un cortocircuito entre una catenaria y tierra (evolución 2 de reactancia, evolución 5 de corriente de falta),
- en segundo lugar, para un cortocircuito entre el alimentador negativo y tierra (evolución 1 de reactancia, evolución 6 de corriente de falta) y
- 10 - en tercer lugar, para un cortocircuito entre una catenaria y un alimentador negativo (evolución 3 de reactancia, evolución 4 de corriente de falta).

15 Si ahora se mide, por ejemplo, en un cortocircuito una reactancia 7 de tres ohmios, entonces en los puntos de corte de la recta para la reactancia 3 con las evoluciones 1, 2, 3 de reactancia conocidas previamente se obtienen tres posibles ubicaciones 8, 9, 10 de fallo. Por tanto, no es posible una asociación unívoca de la reactancia de fallo a la distancia de fallo mediante la reactancia medida.

La posible ubicación 8 de fallo se encuentra en el alimentador negativo a 22,1 km. La posible ubicación 9 de fallo se encuentra en la catenaria a 35,1 km. La posible ubicación 10 de fallo se encuentra en la catenaria a 37 km y representa un posible cortocircuito con el alimentador negativo.

20 Para una mayor claridad, la figura 2 muestra la evolución 2 de reactancia y la evolución 5 de corriente de falta en un cortocircuito entre una catenaria y tierra una vez más por separado.

De la misma manera, la figura 3 muestra la evolución 1 de reactancia y la evolución 6 de corriente de falta en un cortocircuito entre un alimentador negativo y tierra según la figura 1 una vez más por separado.

De la misma manera, la figura 4 muestra la evolución 3 de reactancia y la evolución 4 de corriente de falta en un cortocircuito entre una catenaria y un alimentador negativo según la figura 1 una vez más por separado.

25 A este respecto se usan en cada caso los mismos ejes, así como para los mismos elementos de las figuras los mismos números de referencia que en la figura 1.

30 En la figura 5 se representa cómo puede determinarse gráficamente una corriente 55 de falta en una posible ubicación 9 de fallo mediante una reactancia 7 determinada de tres ohmios, y la evolución 2 de reactancia, así como la evolución 5 de corriente de falta según la figura 2. En el punto de corte de la reactancia 7 determinada y la evolución 2 de reactancia conocida previamente se encuentra la posible ubicación 9 de fallo. La primera recta 54 indica una posible ubicación de fallo a 35,1 km. En el punto de corte entre la primera recta 54 y la evolución 5 de corriente de falta, la segunda recta 55 indica una corriente de falta esperada de 3720 A. La corriente de falta determinada (no representada) asciende en este ejemplo a 3710 A y por consiguiente solo difiere 10 A de la corriente de falta esperada.

35 En la figura 6 se representa cómo puede determinarse gráficamente una corriente 65 de falta en una posible ubicación 8 de fallo mediante una reactancia 7 determinada de tres ohmios, y la evolución 1 de reactancia, así como la evolución 6 de corriente de falta según la figura 3. En el punto de corte de la reactancia 7 determinada y la evolución 1 de reactancia conocida previamente se encuentra la posible ubicación 8 de fallo. La primera recta 64 indica una posible ubicación de fallo a 22,1 km. En el punto de corte entre la primera recta 64 y la evolución 6 de corriente de falta, la segunda recta 65 indica una corriente de falta esperada de 6500 A. La corriente de falta determinada (no representada) asciende en este ejemplo a 3710 A y por consiguiente difiere 2790 A de la corriente de falta esperada.

40 En la figura 7 se representa cómo puede determinarse gráficamente una corriente 75 de falta en una posible ubicación 10 de fallo mediante una reactancia 7 determinada de tres ohmios, y la evolución 3 de reactancia, así como la evolución 4 de corriente de falta según la figura 4. En el punto de corte de la reactancia 7 determinada y la evolución 3 de reactancia conocida previamente se encuentra la posible ubicación 10 de fallo. La primera recta 74 indica una posible ubicación de fallo a 37 km. En el punto de corte entre la primera recta 74 y la evolución 4 de corriente de falta, la segunda recta 75 indica una corriente de falta esperada de 3950 A. La corriente de falta determinada (no representada) asciende en este ejemplo a 3710 A y por consiguiente difiere 240 A de la corriente de falta esperada.

45 Es decir, para las tres posibles ubicaciones de fallo se obtiene en cada caso una desviación entre la corriente de falta esperada y la corriente de falta determinada, siendo en este ejemplo esta desviación para la posible ubicación 9 de fallo la menor. Por tanto, la ubicación de fallo más probable es un cortocircuito en la catenaria a 35,1 km. La segunda ubicación de fallo más probable es un cortocircuito entre la catenaria y el alimentador negativo a 37 km.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la determinación de una ubicación (9) de fallo en un cortocircuito a lo largo de un tramo de abastecimiento de energía con varios conductores, que comprende las etapas de:
- 5 - determinar una resistencia (7) y una corriente de falta en un sitio de medición del tramo de abastecimiento de energía;
 - comparar la resistencia (7) determinada con en cada caso una evolución (1, 2, 3) de resistencia conocida previamente para cada conductor determinando al menos una posible ubicación (8, 9, 10) de fallo;
 - 10 - calcular una desviación entre una corriente de falta esperada y la corriente de falta determinada para cada posible ubicación de fallo, determinándose la corriente de falta esperada mediante en cada caso una evolución (4, 5, 6) de corriente de falta conocida previamente para cada conductor;
 - fijar la ubicación (9) de fallo como aquella ubicación de fallo con la menor desviación.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque como tramo de abastecimiento de energía se usa un abastecimiento de corriente de tracción con un sistema bitensión, que como conductores presenta una línea aérea de contacto, un conductor guiado conjuntamente de manera aislada a lo largo del abastecimiento de corriente de tracción y un raíl a potencial de tierra y porque como resistencia se determina una reactancia.
- 15 3. Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado porque se detecta al menos un valor de medición adicional a partir de la siguiente enumeración de valores de medición: corriente total de la línea aérea de contacto y el conductor guiado conjuntamente de manera aislada, corrientes parciales en la línea aérea de contacto, el conductor guiado conjuntamente de manera aislada y el raíl; distribución de las corrientes parciales a la línea aérea de contacto, el conductor guiado conjuntamente de manera aislada y el raíl; diferencias de tensión entre la línea aérea de contacto, el conductor guiado conjuntamente de manera aislada y la tierra; diferencia de tensión entre la línea aérea de contacto y el conductor guiado conjuntamente de manera aislada.
- 20 4. Procedimiento según la reivindicación 3, caracterizado porque en cada caso para cada valor de medición adicional se realizan las siguientes etapas:
- 25 - calcular una desviación de valor de medición entre un valor de medición esperado y el valor de medición determinado para cada posible ubicación (8, 9, 10) de fallo, determinándose el valor de medición esperado mediante en cada caso una evolución de valor de medición conocida previamente para cada conductor;
 - determinar la posible ubicación de fallo con la menor desviación de valor de medición y tener en cuenta esta posible ubicación de fallo al fijar la ubicación de fallo.
- 30 5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la ubicación de fallo fijada se transmite a un sistema de centros de control, en particular un sistema de supervisión, control y adquisición de datos.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque adicionalmente se transmite aquella ubicación de fallo con la segunda menor desviación y/o desviación de valor de medición a un sistema de centros de control, en particular un sistema de supervisión, control y adquisición de datos.
- 35 7. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la desviación y/o la desviación de valor de medición se calcula en cada caso mediante la formación de la diferencia.
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la desviación y/o la desviación de valor de medición se calcula en cada caso minimizando una métrica de desviación.
9. Procedimiento según la reivindicación 8, caracterizado porque la métrica de desviación se define tal como sigue:
- 40
$$e = [(X_f - X_m) / X_{m\acute{a}x}]^2 + [(I_f - I_m) / I_{m\acute{a}x}]^2 ,$$
- en la que
- e indica la métrica de desviación,
 - X_f indica la resistencia determinada mediante la evolución de resistencia en la posible ubicación de fallo,
 - I_f indica la corriente de falta teórica en la posible ubicación de fallo,
 - 45 X_m indica la resistencia medida,
 - I_m indica la corriente de falta medida,
 - $X_{m\acute{a}x}$ indica la resistencia máxima detectada en la evolución de resistencia e

$I_{m\acute{a}x}$ indica la corriente de falta máxima detectada en la evoluci3n de corriente de falta.

10. Procedimiento seg3n la reivindicaci3n 8 o 9, caracterizado porque la minimizaci3n de la métrica de desviaci3n tiene lugar en cada caso por medio de una optimizaci3n con un procedimiento de optimizaci3n lineal y/o uno no lineal.

5 11. Disposici3n para la determinaci3n de una ubicaci3n (9) de fallo en un cortocircuito a lo largo de un tramo de abastecimiento de energía con varios conductores, con

un dispositivo de medici3n para la determinaci3n de una resistencia (7) y de una corriente de falta en un sitio de medici3n del tramo de abastecimiento de energía y

un dispositivo de evaluaci3n, que está configurado para

10 - comparar la resistencia (7) determinada con en cada caso una evoluci3n (1, 2, 3) de resistencia conocida previamente para cada conductor determinando al menos una posible ubicaci3n (8, 9, 10) de fallo,

- calcular una desviaci3n entre una corriente de falta esperada y la corriente de falta determinada para cada posible ubicaci3n (8, 9, 10) de fallo, determinándose la corriente de falta esperada mediante en cada caso una evoluci3n (4, 5, 6) de corriente de falta conocida previamente para cada conductor;

- fijar la ubicaci3n (9) de fallo como aquella ubicaci3n de fallo con la menor desviaci3n.

15 12. Disposici3n seg3n la reivindicaci3n 11, caracterizada porque el tramo de abastecimiento de energía presenta un abastecimiento de corriente de tracci3n con un sistema bitensi3n, que como conductores presenta una línea aérea de contacto, un conductor guiado conjuntamente de manera aislada a lo largo del abastecimiento de corriente de tracci3n y un ral a potencial de tierra y porque el dispositivo de medici3n es adecuado para determinar como resistencia una reactancia.

20 13. Disposici3n seg3n la reivindicaci3n 11 o 12, caracterizada porque el dispositivo de evaluaci3n es adecuado para calcular la desviaci3n en cada caso minimizando una métrica de desviaci3n.

14. Disposici3n seg3n una de las reivindicaciones 11 a 13, caracterizada porque el dispositivo de evaluaci3n es adecuado para utilizar la métrica de desviaci3n tal como sigue:

$$e = [(X_f - X_m) / X_{m\acute{a}x}]^2 + [(I_f - I_m) / I_{m\acute{a}x}]^2 ,$$

25 en la que

e indica la métrica de desviaci3n,

X_f indica la resistencia determinada mediante la evoluci3n de resistencia en la posible ubicaci3n de fallo,

I_f indica la corriente de falta te3rica en la posible ubicaci3n de fallo,

X_m indica la resistencia medida,

30 I_m indica la corriente de falta medida,

$X_{m\acute{a}x}$ indica la resistencia máxima detectada en la evoluci3n de resistencia e

$I_{m\acute{a}x}$ indica la corriente de falta máxima detectada en la evoluci3n de corriente de falta.

35 15. Disposici3n seg3n una de las reivindicaciones 11 a 14, caracterizada porque el dispositivo de evaluaci3n es adecuado para llevar a cabo la minimizaci3n de la métrica de desviaci3n en cada caso por medio de una optimizaci3n con un procedimiento de optimizaci3n lineal y/o uno no lineal.

FIG 1

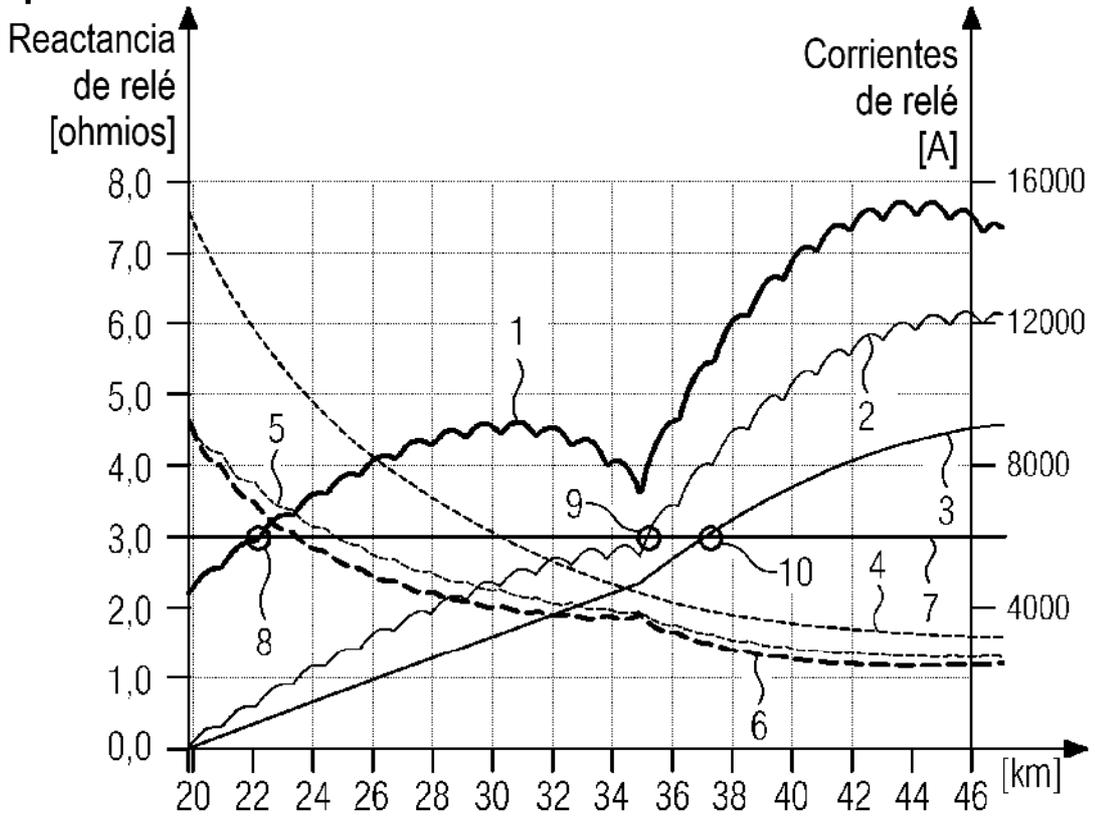


FIG 2

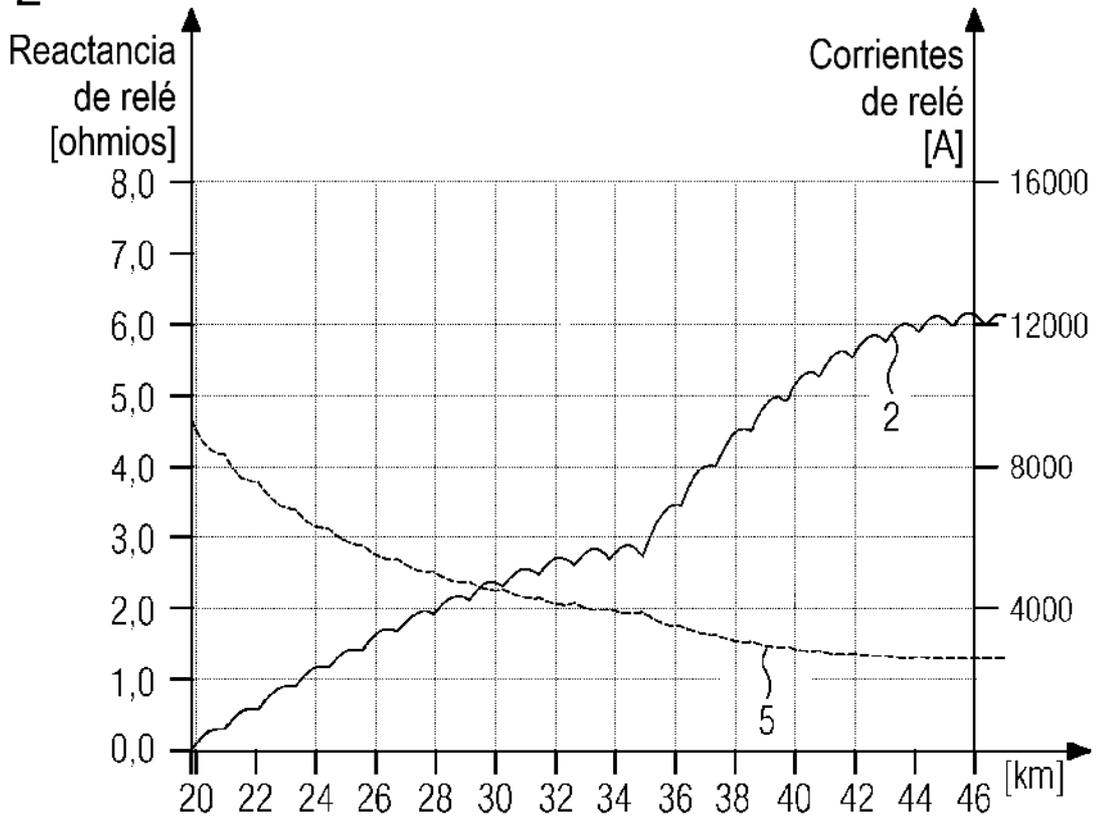


FIG 3

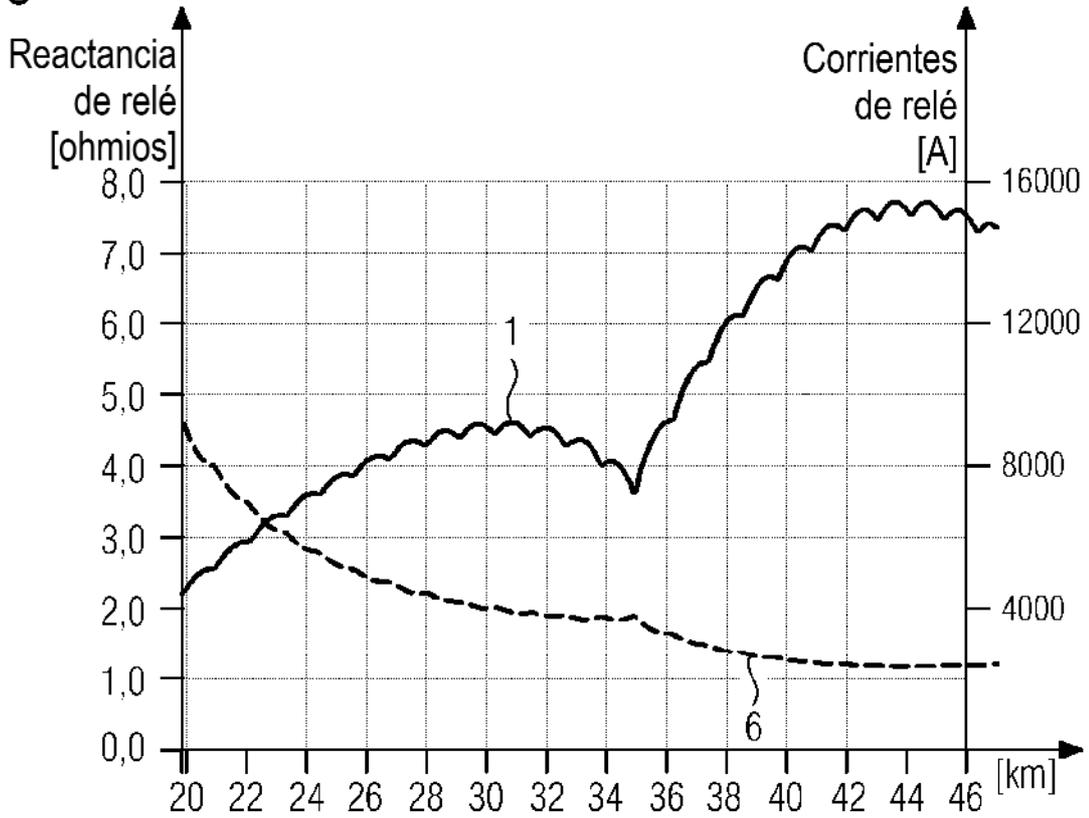


FIG 4

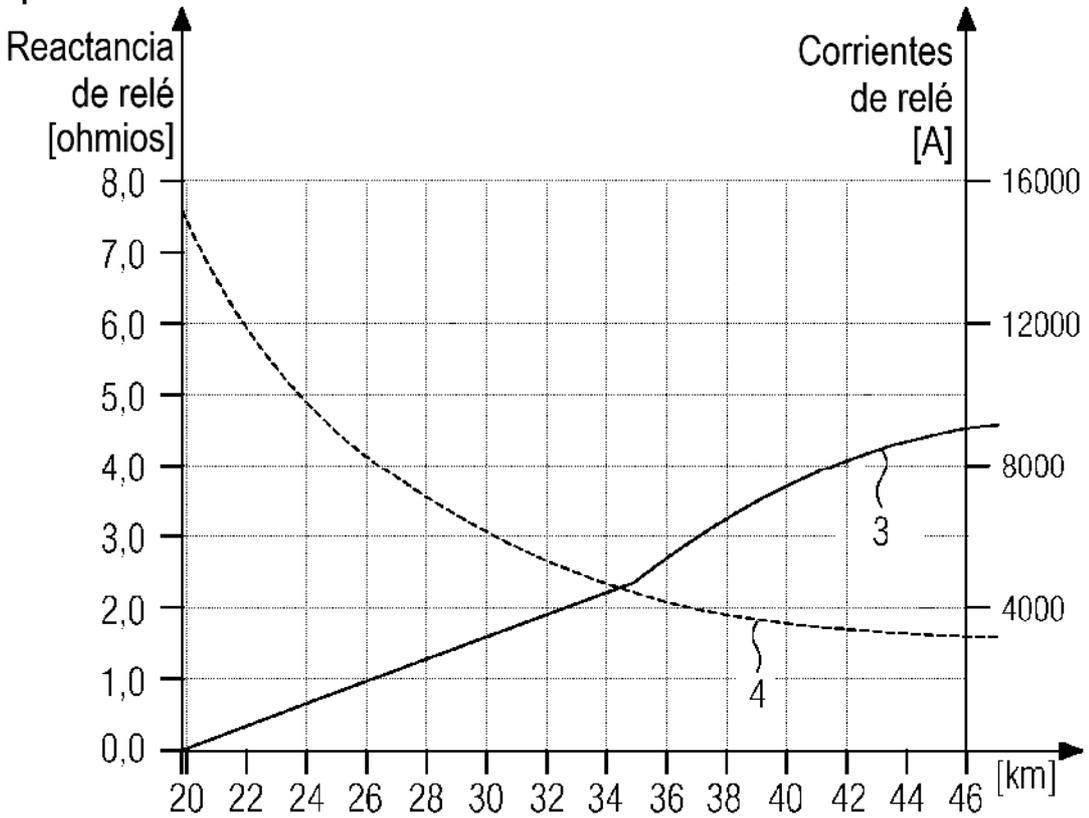


FIG 5

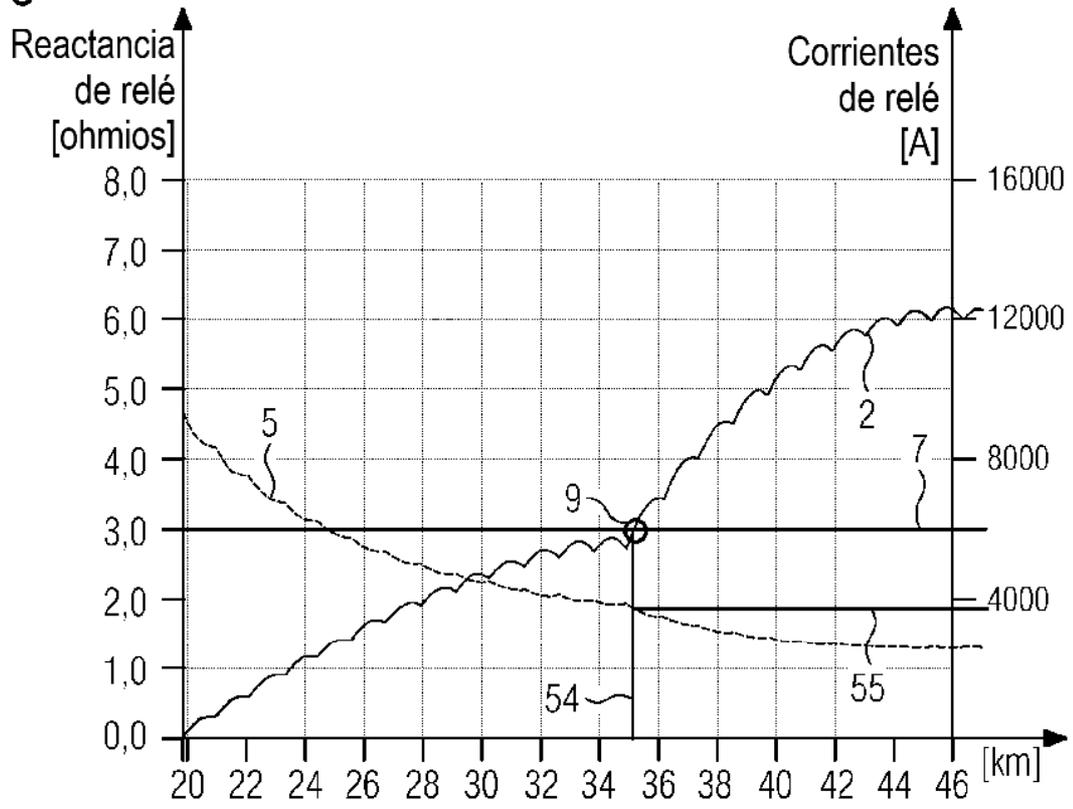


FIG 6

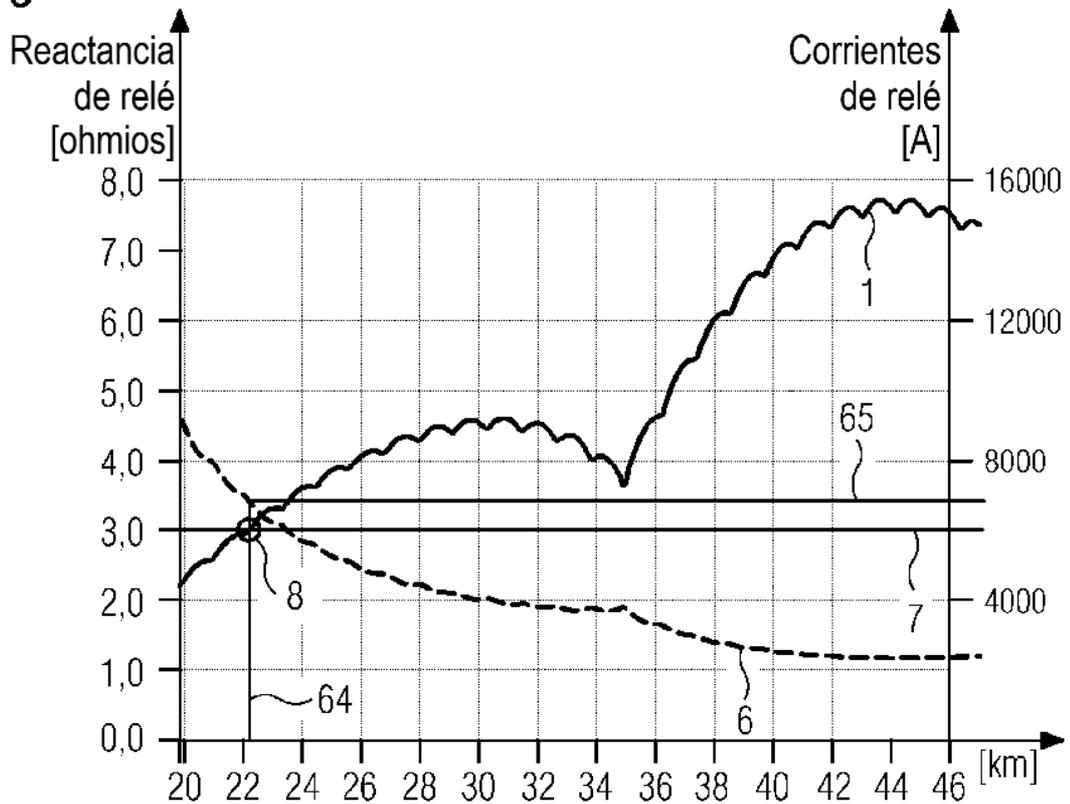


FIG 7

