

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 769 818**

51 Int. Cl.:

H02H 3/33 (2006.01)

H02H 7/12 (2006.01)

G01R 31/02 (2006.01)

G01R 31/42 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.08.2017 PCT/EP2017/070816**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.04.2018 WO18059823**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.08.2017 E 17752142 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.11.2019 EP 3485549**

54 Título: **Procedimiento para evitar una corriente de fuga a tierra peligrosa de alta frecuencia, para un sistema de accionamiento eléctrico**

30 Prioridad:

27.09.2016 EP 16190797

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

29.06.2020

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Werner-von-Siemens-Straße 1
80333 München, DE**

72 Inventor/es:

**SCHIERLING, HUBERT y
WEIS, BENNO**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 769 818 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 para evitar una corriente de fuga a tierra peligrosa de alta frecuencia, para un sistema de accionamiento eléctrico

5 La presente invención hace referencia a un procedimiento para evitar una corriente de fuga a tierra peligrosa de alta frecuencia, para un sistema de accionamiento eléctrico que funciona en una red eléctrica, con un convertidor y con una máquina de accionamiento eléctrica, así como hace referencia a un dispositivo de protección contra corrientes de fuga, para realizar el procedimiento.

10 Una falla o un puenteado de aislamientos de conductor- tierra debido a fugas a tierra en aparatos eléctricos, cables u otros componentes en instalaciones que con frecuencia presentan también sistemas de accionamiento eléctricos, puede poner en riesgo la disponibilidad del sistema de accionamiento eléctrico, por ejemplo debido a un incendio. Si la fuga a tierra es provocada por una persona mediante el contacto de un conductor eléctrico, igualmente pueden producirse corrientes de fuga a tierra peligrosas que, en forma de corrientes de contacto elevadas de modo inadmisibles, representan un peligro que pone en riesgo la vida de esa persona.

15 Como protección contra riesgos de esa clase, junto con soluciones como la puesta a tierra de protección o la compensación de potencial de protección, pueden emplearse también sistemas de protección contra corrientes de fuga, los cuales, en el uso del lenguaje común, se denominan con frecuencia también como interruptores diferenciales (interruptores FI). Su función consiste en detectar corrientes de fuga a tierra peligrosas, y a más tardar al alcanzar valores límite establecidos por ejemplo mediante normas o especificaciones legales comparables, en separar de la red eléctrica la parte de la instalación que se encuentra en riesgo o que es peligrosa para las personas.

Aunque los interruptores diferenciales mencionados no son adecuados ni están proporcionados para impedir una fuga a tierra, sin embargo, los mismos, en el caso de una fuga a tierra, limitan la magnitud y la duración en el tiempo de la corriente de fuga a tierra peligrosa que se forma, a un grado inofensivo para las personas y/o las instalaciones.

25 Si un interruptor diferencial o un dispositivo de protección de corriente de fuga correspondiente, está diseñado por ejemplo para la protección contra incendios de instalaciones, debido a conocimientos relacionados con la técnica para la protección contra incendios puede partirse del hecho de que en el caso de una fuga a tierra con una potencia de fuga eléctrica que se aplica durante un periodo prolongado, de 60 W o más, puede declararse un incendio. Para la protección contra incendios en instalaciones, por ese motivo, hasta que deba tener lugar una activación del interruptor diferencial, se prescribe habitualmente como valor límite una corriente de fuga nominal de como máximo 300 mA. Para la protección de personas mayormente se fija como valor límite una corriente de fuga nominal de 30 mA. Para aplicaciones especiales, ese valor límite se reduce también a 10 mA.

35 Si en las instalaciones se utilizan sistemas de accionamiento eléctricos, que en particular presentan convertidores de frecuencia, debido a las propiedades inherentes de los sistemas de accionamiento de esa clase, con frecuencia se presenta el reto de que los interruptores diferenciales conocidos no pueden funcionar en este caso, o sólo pueden funcionar con limitaciones considerables.

40 Los convertidores de frecuencia de esa clase, con frecuencia presentan semiconductores de potencia que, dependiendo del tipo de funcionamiento, se conmutan mediante frecuencias de conmutación altas, superiores a 1 kHz, donde las capacitancias a tierra del conductor que se encuentran presentes, condicionadas por el sistema, del sistema de accionamiento eléctrico, generan corrientes de descarga a tierra con frecuencias de descarga a tierra de la misma magnitud. La presencia de esas corrientes de descarga a tierra de alta frecuencia, en el caso de una utilización de los interruptores diferenciales conocidos, sin embargo, con frecuencia conduce a una activación y, con ello, a la separación del sistema de accionamiento eléctrico de la red eléctrica, aunque en el sistema de accionamiento eléctrico no se encuentre presente ninguna fuga a tierra. Las activaciones erróneas de esa clase ponen en riesgo la disponibilidad y, con ello, también la seguridad de funcionamiento del sistema de accionamiento eléctrico, así como de toda la instalación.

50 Si ahora, en los interruptores diferenciales conocidos, la activación se limita a una detección de corrientes de fuga a tierra peligrosas de baja frecuencia, hasta de por ejemplo 1 kHz, o la sensibilidad de la detección se reduce en el área de las frecuencias más altas, con respecto a la protección contra corrientes de fuga de instalaciones con un sistema de accionamiento eléctrico correspondiente, permanece un potencial de riesgo elevado para los seres humanos y/o para las máquinas, puesto que las corrientes de fuga a tierra peligrosas, de alta frecuencia, no se detectan o no se detectan con la seguridad necesaria.

En la solicitud EP 2 568 560 A1 se expone un procedimiento para detectar y eventualmente bloquear una corriente de fuga peligrosa en un convertidor de frecuencia, el cual, como sistema de accionamiento, abastece de energía eléctrica a una máquina eléctrica. El convertidor de frecuencia genera para ello una tensión alterna con frecuencia

5 alterna predeterminable, a partir de una tensión alterna de la red con frecuencia alterna fija, donde el convertidor de frecuencia comprende un rectificador, un circuito intermedio y un inversor. Mediante el rectificador, de este modo, a partir de una tensión alterna de la red, puede generarse una tensión continua del circuito intermedio y, en base a ello, a su vez, mediante el inversor y una activación mediante modulación por ancho de pulso en sus disyuntores semiconductores, puede generarse la tensión alterna con la frecuencia alterna predeterminable.

10 Debido a la modulación por ancho de pulso utilizada pueden producirse corrientes de descarga según el funcionamiento, es decir, corrientes que no se descargan dentro de la red, sino mediante un potencial a tierra o un potencial a masa. Las corrientes de descarga pueden circular mediante un acoplamiento capacitivo entre la disposición formada por el convertidor de frecuencia y la máquina eléctrica, por una parte, y mediante objetos en su entorno, por otra parte, donde las corrientes de descarga se detectan mediante el procedimiento de protección contra corrientes de fuga y se diferencian de corrientes de fuga peligrosas.

15 El objeto de la presente invención consiste en proporcionar un procedimiento y un dispositivo para la protección contra corrientes de fuga de un sistema de accionamiento eléctrico, los cuales eviten de forma mejorada una aparición de corrientes de fuga a tierra peligrosas, de alta frecuencia, en comparación con la protección conocida contra corrientes de fuga, impidiendo activaciones erróneas.

20 La invención se basa en el conocimiento de que una protección contra corrientes de fuga, adecuada a la necesidad, y segura en todos los modos de funcionamiento, para los sistemas de accionamiento que presentan corrientes de descarga a tierra de alta frecuencia, de forma condicionada por el sistema, sólo puede realizarse de modo insuficiente mediante los dispositivos conocidos para corrientes de fuga. De este modo, en los dispositivos conocidos de protección contra corrientes de fuga pueden producirse activaciones erróneas, ya que una corriente de descarga a tierra de alta frecuencia, condicionada por el funcionamiento, que se encuentra presente de forma inherente al sistema, generada por capacitancias a tierra de conductores, no puede diferenciarse de forma fiable de una corriente de fuga a tierra peligrosa, de alta frecuencia, que se produce debido a una fuga a tierra.

25 El objeto se soluciona mediante un procedimiento con los pasos del procedimiento indicados en la reivindicación 1. Además, el objeto se soluciona mediante un dispositivo de protección contra corrientes de fuga para realizar el procedimiento con las características indicadas en la reivindicación 7.

30 En un procedimiento según la invención, para evitar una corriente de fuga a tierra peligrosa, de alta frecuencia, para un sistema de accionamiento eléctrico que funciona en una red eléctrica, con un convertidor y con una máquina de accionamiento eléctrica, en un primer paso del procedimiento, una tensión de modo común se genera en el convertidor, la cual, a una baja frecuencia seleccionada, presenta una componente de tensión de modo común determinada, donde la alta frecuencia de la corriente de fuga a tierra peligrosa es más alta que 1 kHz, y la baja frecuencia seleccionada de la componente de tensión de modo común determinada de la tensión de modo común, es más baja que 1 kHz, donde la tensión de modo común se detecta mediante un sensor de tensión en un circuito intermedio de tensión continua, como uno de una pluralidad de circuitos de corriente del convertidor, o en una salida del convertidor, del lado de carga, como otro de una pluralidad de circuitos de corriente del convertidor, y donde la componente de tensión de modo común determinada de la tensión de modo común, en la baja frecuencia seleccionada, se determina mediante una evaluación de tensión, en un segundo paso del procedimiento, en el caso de una fuga a tierra en el sistema de accionamiento eléctrico, debido a la componente de tensión de modo común determinada, mediante una impedancia de conductor - tierra principalmente óhmica, a la baja frecuencia seleccionada, circula una componente de corriente de modo común de una corriente de modo común, en un tercer paso del procedimiento, mediante un sensor de corriente, en uno de una pluralidad de circuitos de corriente del sistema de accionamiento eléctrico, se detecta una corriente sumatoria de la corriente de modo común, en un cuarto paso del procedimiento, mediante una evaluación de corriente, a partir de la corriente sumatoria, se determina la componente de corriente de modo común de la corriente de modo común, a la baja frecuencia seleccionada, y en un quinto paso del procedimiento, el sistema de accionamiento eléctrico, mediante un elemento de conmutación eléctrico, se separa de la red eléctrica, cuando la componente de corriente de modo común de la corriente de modo común, a la baja frecuencia seleccionada, alcanza un valor de referencia.

50 El convertidor, el cual en particular puede ser un convertidor de frecuencia, frente al potencial a tierra o el potencial del conductor de protección, genera la componente de tensión de modo común determinada, a la baja frecuencia seleccionada de la tensión de modo común, de manera que la componente de tensión de modo común determinada corresponde a un valor de tensión previsto, donde la baja frecuencia seleccionada es conocida de modo correspondiente.

55 Puesto que la componente de corriente de modo común de la corriente de modo común, en el caso de la baja frecuencia inferior a 1 kHz sólo comienza a circular cuando la componente de tensión de modo común determinada de la tensión de modo común en el caso de esa baja frecuencia, por una parte, se genera mediante el convertidor y, condicionada por la fuga a tierra en el sistema de accionamiento eléctrico, por otra parte, se constituye la impedancia de conductor - tierra principalmente óhmica, característica de la fuga a tierra, de manera ventajosa, el

valor de referencia se plantea considerablemente más reducido que para las corrientes de fuga nominales habituales, tal como están previstos en los interruptores diferenciales conocidos. Puesto que el valor de referencia puede seleccionarse por ejemplo diez veces más reducido en el factor, en comparación con las corrientes de fuga nominales habituales, en el caso de una fuga a tierra, de manera ventajosa, esto permite una protección contra corrientes de fuga más sensible, con una seguridad aumentada para las personas y contra incendios en instalaciones con sistemas de accionamiento eléctricos. De este modo pueden detectarse fugas a tierra, cuya impedancia de conductor - tierra principalmente óhmica aún es de alta resistencia (de alta resistencia significa a partir de aproximadamente 10 kΩ), y pueden detectarse corrientes de fuga a tierra peligrosas, cuya alta frecuencia, superior a 1 kHz, ya puede ser detectada, donde eventualmente aún no se presentan corrientes de fuga a tierra peligrosas, inferiores a 1 kHz.

Además, el procedimiento tolera corrientes de descarga a tierra condicionadas por el funcionamiento, con una frecuencia de descarga a tierra que corresponde a la alta frecuencia de la corriente de fuga a tierra peligrosa, en el caso de una fuga a tierra. Los convertidores que se emplean para el sistema de accionamiento eléctrico, para la protección contra corrientes de fuga, pueden mantener o ampliar puntos de trabajo críticos, como por ejemplo la conmutación de los semiconductores de potencia mediante frecuencias de conmutación muy altas, sin que la protección contra corrientes de fuga genere activaciones erróneas posteriores. Asimismo, en el caso de la utilización del procedimiento no se necesitan medidas constructivas para modificar las capacitancias de conductor - tierra del sistema de accionamiento eléctrico (por ejemplo un refuerzo del revestimiento aislante de los conductores eléctricos), ya que la activación de la separación del sistema de accionamiento eléctrico, de la red eléctrica, sólo se determina mediante la corriente de fuga a tierra peligrosa, pero no mediante las corrientes de descarga a tierra condicionadas por el funcionamiento, comparables en la magnitud y la frecuencia.

De manera ventajosa, el procedimiento según la invención posibilita un monitoreo indirecto del sistema de accionamiento eléctrico, así como de una aparición de corrientes de fuga a tierra peligrosas, de alta frecuencia. De este modo puede detectarse una fuga a tierra inminente y puede iniciarse la separación del sistema de accionamiento eléctrico, de la red eléctrica, aunque aún no haya comenzado a circular la corriente de fuga a tierra peligrosa, de alta frecuencia, donde dependiendo del modo de funcionamiento del convertidor, sin embargo, la corriente de fuga a tierra peligrosa, de alta frecuencia, comenzaría a circular sin la separación del sistema de accionamiento eléctrico, de la red eléctrica.

Los componentes eléctricos del sistema de accionamiento eléctrico, como por ejemplo líneas eléctricas con o sin un revestimiento aislante, frente a un potencial a tierra o un potencial del conductor de protección, presentan impedancias capacitivas debido a las capacitancias de conductor - tierra (denominadas también capacitancias parásitas). En esas capacitancias de conductor - tierra, la componente de tensión de modo común determinada, de la tensión de modo común, generada por el convertidor, conforme al funcionamiento, genera sólo un flujo de corriente reducido, porque la respectiva impedancia de esas capacitancias de conductor - tierra, a la baja frecuencia seleccionada, es muy alta. Ese flujo de corriente reducido es mucho menor (por ejemplo en un factor 100), que una corriente de fuga nominal de por ejemplo 300mA, la cual está prevista en DIN VDE 0100 - 482 como valor límite para la protección contra incendios de instalaciones de cables y líneas en sistemas TN y TT.

Si en el sistema de accionamiento eléctrico, la fuga a tierra se produce ahora por ejemplo entre la línea eléctrica y el potencial a tierra o el potencial del conductor de protección, la componente de corriente de modo común de la corriente de modo común circula proporcionalmente con respecto a la componente de tensión de modo común de la tensión de modo común, a la baja frecuencia seleccionada. Esa proporcionalidad depende de la frecuencia, porque la fuga a tierra presenta la impedancia de conductor - tierra principalmente óhmica. Entre otras cosas, esto se aplica para la fuga a tierra en el sentido de una falla, por ejemplo del revestimiento aislante de las líneas eléctricas, con respecto al potencial a tierra, así como al potencial del conductor de protección, como también para la fuga a tierra en el sentido de la producción de una conexión conductora entre por ejemplo la línea eléctrica y el potencial a tierra o el potencial del conductor de protección, mediante un contacto peligroso de personas con la línea eléctrica.

La componente de corriente de modo común de la corriente de modo común, a la baja frecuencia seleccionada, por tanto, es un indicio para la afirmación de si la corriente de fuga a tierra peligrosa puede presentarse debido a la fuga a tierra. Para ello, la corriente de modo común se detecta como corriente sumatoria mediante el sensor de corriente en uno de los circuitos de corriente del sistema de accionamiento eléctrico y la componente de corriente de modo común, de la corriente de modo común, se determina mediante la evaluación de corriente, en el caso de la baja frecuencia. Ese componente de corriente de modo común determinada se compara con el valor de referencia. El valor de referencia puede orientarse a corrientes de fuga nominales, reducido por ejemplo en un factor 10, donde las corrientes de fuga nominales pueden hallarse en normas o especificaciones legales para la protección contra corrientes de fuga en instalaciones, así como para la protección de personas (corriente de fuga nominal, por ejemplo 30 mA) y protección contra incendios (corriente de fuga nominal, por ejemplo 300 mA). La separación del sistema de accionamiento eléctrico de la red eléctrica, del modo ya descrito, tiene lugar cuando la componente de corriente de modo común determinada, de la corriente de modo común, alcanza el valor de referencia.

En las reivindicaciones dependientes se indican formas de realización ventajosas del procedimiento.

En una primera forma de realización ventajosa del procedimiento, tanto la detección de la corriente de fuga a tierra peligrosa, en particular de la corriente de fuga a tierra peligrosa de alta frecuencia, como también la separación del sistema de accionamiento eléctrico de la red eléctrica, tienen lugar independientemente de una corriente de descarga a tierra, condicionada por el funcionamiento, que circule en el sistema de accionamiento eléctrico.

5 A diferencia de los interruptores diferenciales conocidos, o sistemas de protección contra corrientes de fuga, las corrientes de descarga a tierra condicionadas por el funcionamiento, sin importar qué frecuencia presenten, no tienen ninguna influencia sobre la detección y la desconexión de una corriente de fuga a tierra peligrosa, mediante el procedimiento. Conforme a lo mencionado, se excluyen posteriormente activaciones erróneas en los sistemas de accionamiento eléctricos, tal como se producen en los interruptores diferenciales conocidos debido a los
10 semiconductores de potencia que funcionan a menudo con frecuencias de conmutación altas, en convertidores.

En otra forma de realización ventajosa del procedimiento, la baja frecuencia seleccionada es un múltiplo entero de una frecuencia de la red, de la red eléctrica, y en el caso de la frecuencia de la red de 50 Hz asciende en particular a 150 Hz.

15 La selección de la baja frecuencia con 150 Hz como triple entero de la frecuencia de la red (50 Hz) para la componente de tensión de modo común, de la tensión de modo común, se considera a este respecto ventajosa, porque en particular los convertidores de frecuencia, como convertidores en el sistema de accionamiento eléctrico, pueden generar la componente de tensión de modo común, de la tensión de modo común, en el caso de 150 Hz, frente al potencial a tierra o el potencial del conductor de protección, de forma inherente al sistema. En un caso sin fallos, es decir, sin la aparición de la fuga a tierra, mediante la aplicación de ese componente de tensión de modo
20 común, de la tensión de modo común, en el caso de 150 Hz, en las capacitancias de conductor - tierra del sistema de accionamiento eléctrico, no puede comenzar a circular ningún componente de la corriente de modo común, de una magnitud correspondiente, de la corriente de modo común, en el caso de 150 Hz, la cual alcanza aproximadamente una magnitud del valor de referencia, por ejemplo la corriente de fuga nominal de 30 mA o 300 mA. Se evita de este modo una activación errónea correspondiente del elemento de conmutación eléctrico, la cual
25 conduce a una separación no deseada del sistema de accionamiento eléctrico, de la red eléctrica.

En otra forma de realización ventajosa del procedimiento, el convertidor genera la tensión de modo común con una componente de tensión de modo común determinada, a la baja frecuencia seleccionada, mediante un rectificador y/o mediante un inversor.

30 Además, existe la posibilidad de generar la componente de tensión de modo común determinada, de la tensión de modo común, a la baja frecuencia seleccionada, en una activación combinada del inversor, junto con el rectificador. En tanto el rectificador sea un rectificador no controlado, la componente de tensión de modo común determinada, de la tensión de modo común de baja frecuencia, de por ejemplo 150 Hz, condicionada por los procesos de conmutación guiados en la red, se genera de forma inherente al sistema, mientras que en el caso de rectificadores e inversores controlados puede tener lugar la generación de cualquier baja frecuencia, de hasta 1 kHz.

35 Entre otras cosas, la fiabilidad del procedimiento depende de que en el convertidor, en el caso de la utilización mediante el rectificador controlado, y/o mediante el inversor, la componente de tensión de modo común determinada, de la tensión de modo común, debe generarse en la baja frecuencia seleccionada, de por ejemplo 150 Hz, frente al potencial a tierra, o el potencial del conductor de protección. Debido a un funcionamiento incorrecto en el convertidor puede suceder que no se genere, o que no se genere en un grado suficiente, la componente de
40 tensión de modo común determinada, de la tensión de modo común, a la baja frecuencia seleccionada, de en este caso por ejemplo 150 Hz. Igualmente problemática es una falla de una fase de la red eléctrica.

Por lo tanto, se considera ventajoso verificar la componente de tensión de modo común determinada, calculada mediante la evaluación de tensión, a la baja frecuencia seleccionada, de aquí por ejemplo 150 Hz, en cuanto a un
45 valor previsto en la componente de tensión de modo común determinada. Si el valor previsto no puede comprobarse o no puede comprobarse en grado suficiente, el sistema de accionamiento eléctrico se lleva a un estado de funcionamiento seguro, mediante medidas adecuadas.

Por ejemplo, como medidas podrían mencionarse la emisión de un aviso de error a los sistemas de seguridad o sistemas operativos del sistema de accionamiento eléctrico, combinado con una emisión de un bloqueo de pulsos al convertidor, con una separación del sistema de accionamiento eléctrico de la red eléctrica mediante un interruptor de red o con la producción de una fuga a tierra de muy alta resistencia, para activar un interruptor diferencial convencional, implementado antes del sistema de accionamiento eléctrico, en la red eléctrica, el cual entonces se activa de modo correspondiente y separa la red eléctrica. Todas esas medidas pueden realizarse de modo individual o en combinación.

55 Si además en el convertidor, durante la activación del rectificador controlado y del inversor, se emplean respectivamente los mismos tipos de modulación (por ejemplo respectivamente una modulación Flat-Top como tipo

de modulación del vector espacial con temporización discontinua), y el inversor funciona además con una frecuencia fundamental que corresponde a la frecuencia de la red eléctrica, puede producirse un estado de funcionamiento no deseado, en el cual el inversor, a la baja frecuencia seleccionada de 150 Hz, genera una componente de tensión de modo común, de una tensión de modo común, frente al potencial a tierra o al potencial del conductor de protección, el cual, en comparación con la componente de tensión de modo común, de la tensión de modo común, generada por el rectificador, a la baja frecuencia seleccionada de 150 Hz, presenta un desplazamiento de las fases de 180°.

Por consiguiente, existe el riesgo de que la componente de tensión de modo común, de la tensión de modo común, generada por el inversor, compense la componente de tensión de modo común, generada por el rectificador, a la baja frecuencia seleccionada, de modo que en el caso de la fuga a tierra, por ejemplo en la línea eléctrica, la cual conecta el convertidor con la máquina eléctrica, la componente de corriente de modo común, de la corriente de modo común, a la baja frecuencia seleccionada, aquí en este ejemplo de 150 Hz, se reduzca de modo no deseado o, en un caso límite, que incluso llegue a cero. La componente de corriente de modo común, de la corriente de modo común, no puede entonces alcanzar el valor de referencia, aunque eventualmente ya una corriente de fuga a tierra peligrosa circule debido a la impedancia de conductor - tierra, principalmente óhmica.

Ese estado de funcionamiento no deseado puede impedirse. La tensión de modo común detectada mediante el sensor de tensión, y la componente de tensión de modo común determinada mediante la evaluación de tensión, es suministrada para activar el inversor, donde la activación del inversor está diseñada para impedir la generación de la componente de tensión de modo común, de la tensión de modo común, en el caso de la baja frecuencia determinada, aquí en este ejemplo de 150 Hz, con el desplazamiento de las fases de 180°. De manera adicional, el sistema de accionamiento eléctrico, mediante las medidas antes descritas, puede llevarse a un estado de funcionamiento seguro, en particular cuando después de la detección inicial del estado de funcionamiento no deseado no puede detectarse ninguna modificación.

En otra forma de realización ventajosa del procedimiento, el valor de referencia se determina a partir de un rango de valor de 0,1 veces una corriente de fuga nominal predeterminada, hasta de 1 vez de la corriente de fuga nominal predeterminada.

La selección del valor de referencia desde el rango de valor, de manera ventajosa, permite una regulación mejorada del comportamiento de activación para el elemento de conmutación eléctrico, el cual causa la separación del sistema de accionamiento eléctrico, de la red eléctrica. El comportamiento de activación habitualmente se determina mediante una combinación del tiempo de activación del elemento de conmutación eléctrico y de la magnitud de la corriente de fuga nominal, de modo que la sensibilidad de la activación puede modificarse mediante la influencia adicional de las corrientes de fuga nominales predeterminadas, mediante la determinación del valor de referencia desde el rango de valor. En otra forma de realización ventajosa del procedimiento, la componente de tensión de modo común determinada, a la baja frecuencia seleccionada de la tensión de modo común, en el caso de la fuga a tierra, en el caso de la impedancia de conductor - tierra óhmica menor o igual a 15 k Ω , se genera de modo que la componente de corriente de modo común (ICMA) que circula a la baja frecuencia seleccionada de la corriente de modo común, alcanza el valor de referencia.

La componente de tensión de modo común que debe generarse, a la baja frecuencia seleccionada de la tensión de modo común, se determina de modo que la componente de corriente de modo común, de la corriente de modo común, que circula debido a la impedancia óhmica de conductor - tierra, en el caso de una fuga a tierra, en el caso de la baja frecuencia de hasta 15 k Ω , debe comenzar a circular al nivel del valor de referencia. Esto implica el hecho de que para la determinación y la generación de la componente de tensión de modo común, a la baja frecuencia seleccionada de la tensión de modo común, en particular también debe considerarse el hecho de que pueden predeterminarse diferentes valores de referencia, por ejemplo para la corriente de fuga nominal de 30 mA en el caso de la protección de personas, así como para la corriente de fuga nominal de 300 mA, en el caso de la protección contra incendios.

Para solucionar el objeto se propone además un dispositivo de protección contra corrientes de fuga para un procedimiento según la invención, para evitar una corriente de fuga a tierra peligrosa de alta frecuencia, el cual presenta un convertidor en el que puede generarse una componente de tensión de modo común determinada, de una tensión de modo común, a una baja frecuencia seleccionada, donde la alta frecuencia de la corriente de fuga a tierra peligrosa es superior a 1 kHz y la frecuencia baja seleccionada de la componente de tensión de modo común, de la tensión de modo común, es inferior a 1 kHz; el cual para detectar la tensión de modo común presenta un sensor de tensión que está dispuesto en un circuito intermedio de tensión continua del convertidor o en una salida del convertidor, del lado de carga, del convertidor; el cual presenta una evaluación de tensión, mediante la cual puede determinarse la componente de tensión de modo común, de la tensión de modo común, en el caso de la baja frecuencia determinada; el cual presenta un sensor de corriente, mediante el cual puede detectarse una corriente sumatoria en uno de una pluralidad de circuitos de corriente de un sistema de accionamiento eléctrico; el cual presenta una evaluación de corriente, mediante la cual puede determinarse una componente de corriente de modo común, de una corriente de modo común, a la baja frecuencia seleccionada, a partir de una corriente sumatoria, y mediante la cual la componente de corriente de modo común puede compararse con un valor de referencia; y el cual

presenta un elemento de conmutación eléctrico, con el cual el sistema de accionamiento eléctrico puede separarse de una red eléctrica.

5 En una primera forma de realización ventajosa del dispositivo de protección contra corrientes de fuga, el convertidor presenta un rectificador y/o un inversor para generar la componente de tensión de modo común determinada, de la tensión de modo común, a la baja frecuencia seleccionada.

En otra forma de realización ventajosa del dispositivo de protección contra corrientes de fuga, el rectificador está diseñado como un rectificador no controlado o como un rectificador controlado.

Otra forma de realización ventajosa del dispositivo de protección contra corrientes de fuga presenta una unidad de procesador con la evaluación de corriente y la evaluación de tensión.

10 La unidad de procesador mencionada está dispuesta en el convertidor o en el rectificador y/o en el inversor del convertidor, donde la unidad de procesador registra la tensión de modo común detectada por el sensor de tensión y la transmite a la evaluación de tensión para determinar la componente de tensión de modo común determinada, a la baja frecuencia seleccionada, y donde la unidad de procesador registra la corriente de modo común detectada por el sensor de corriente y la transmite a la evaluación de corriente para determinar la componente de corriente de modo
15 común, a la baja frecuencia seleccionada.

La comparación de la componente de corriente de modo común, de la corriente de modo común, a la baja frecuencia seleccionada, con el valor de referencia, y la verificación de la componente de tensión de modo común, de la tensión de modo común, generada por el rectificador y/o por el inversor, a la baja frecuencia seleccionada, con un valor de tensión previsto, pueden realizarse mediante la unidad de procesador.

20 En otra forma de realización ventajosa del dispositivo de protección contra corrientes de fuga, la unidad de procesador está diseñada para una activación del rectificador controlado y/o del inversor.

Las propiedades, características y ventajas de esta invención, antes descritas, así como el modo de alcanzarlas, se aclaran de forma más comprensible con relación a la siguiente descripción de los ejemplos de ejecución que se explican en detalle con relación a las figuras. Muestran:

25 Figura 1: una primera representación esquemática de un sistema de accionamiento que funciona en una red eléctrica, con corrientes de descarga a tierra que se presentan de forma inherente al sistema, y con fugas a tierra que, en el caso de un funcionamiento, pueden presentar corrientes de fuga a tierra peligrosas, de alta frecuencia,

30 Figura 2: un diagrama de flujo de bloques con los pasos esenciales del procedimiento según la invención para impedir una corriente de fuga a tierra peligrosa, de alta frecuencia, para un sistema de accionamiento eléctrico que funciona en una red eléctrica, con un convertidor y con una máquina de accionamiento eléctrica, según la figura 1, y

35 Figura 3: en las figuras parciales Figura 3A y Figura 3B, otra representación esquemática según la figura 1, con un dispositivo de protección contra corrientes de fuga según la invención en el sistema de accionamiento eléctrico 2, para el procedimiento según la invención, según la figura 2.

40 En la figura 1, en una representación esquemática, se muestran corrientes de descarga a tierra IEA, que se presentan condicionadas por el funcionamiento, así como corrientes parciales de descarga a tierra IEA', y fugas a tierra ES, en un sistema de accionamiento eléctrico 2, el cual funciona en una red eléctrica 1, donde en el caso de un funcionamiento, debido a las fugas a tierra ES, pueden circular corrientes de fuga a tierra peligrosas IEF de alta frecuencia, en el sistema de accionamiento eléctrico 2.

45 El sistema de accionamiento eléctrico 2, que funciona en la red eléctrica 1, presenta en la figura 1 una disposición de componentes electrotécnicos, donde una máquina eléctrica 4, que es una máquina de corriente trifásica, mediante líneas eléctricas 18, está conectada de forma eléctrica a un convertidor 3 (en la figura 1, esta línea eléctrica sólo se representa esquemáticamente, como adecuada para un sistema de corriente trifásica 17). La conexión eléctrica del convertidor 3 con la máquina eléctrica 4 está diseñada como sistema de corriente trifásica 17 y muestra uno de una pluralidad de circuitos de corriente 8, del sistema de accionamiento eléctrico 2.

50 El convertidor 3 presenta un rectificador 5 y un inversor 15, donde el rectificador 5 y el inversor 15, mediante líneas eléctricas 18, están conectados de forma eléctrica unos con otros, formando un circuito intermedio de tensión continua 6. Los convertidores 3 de esa clase se denominan también como convertidores de frecuencia con circuito intermedio de tensión continua 6. La conexión eléctrica del rectificador 5 con el inversor 15, por consiguiente, está

diseñada como sistema de corriente continua 16 y muestra otro de una pluralidad de circuitos de corriente 8, del sistema de accionamiento eléctrico 2.

5 El sistema de accionamiento eléctrico 2, partiendo desde el convertidor 3, está conectado eléctricamente a la red eléctrica 1 mediante líneas eléctricas 18. En esa conexión eléctrica, que está diseñada como sistema de corriente trifásica 17, entre la red eléctrica 1 y el convertidor 3 del sistema de accionamiento eléctrico 2, están conectados eléctricamente un interruptor diferencial 14, conocido por el estado del arte, y un filtro de red 12, donde el filtro de red 12 también puede formar parte del sistema de accionamiento eléctrico 2.

10 A modo de ejemplo, tanto en las líneas eléctricas 18, que establecen la conexión eléctrica entre el convertidor 3 y la máquina eléctrica 4, como también en la propia máquina eléctrica 4, en el funcionamiento se encuentran presentes capacitancias de conductor - tierra 11 (representado en la figura 1), que se encuentran en una conexión eléctrica con el potencial a tierra, así como con el potencial del conductor de protección. Las capacitancias de conductor - tierra 11, por ejemplo de las líneas eléctricas 18, se determinan de forma conjunta, entre otras cosas, mediante su revestimiento aislante 19.

15 La red eléctrica 1 y el filtro de red 12 respectivamente están conectados con el potencial a tierra o con el potencial del conductor de protección. Las corrientes de descarga a tierra IEA de alta frecuencia condicionadas por el funcionamiento, generadas por el convertidor 3 del sistema de accionamiento eléctrico 2, de forma inherente al sistema, circulan ahora mediante las capacitancias de conductor - tierra 11, hacia el potencial a tierra o el potencial del conductor de protección, donde desde las corrientes de descarga a tierra IEA de alta frecuencia, generadas de forma condicionada por el funcionamiento, mayormente sólo corrientes parciales de descarga a tierra IEA' de alta frecuencia, condicionadas por el funcionamiento, mediante el potencial a tierra, así como el potencial del conductor de protección, llegan a la red eléctrica 1, y desde allí, mediante el interruptor diferencial 14, retornan al sistema de accionamiento eléctrico 2. Mediante el filtro de red 12, por consiguiente, se filtra una gran parte de la corriente de descarga a tierra IEA de alta frecuencia, generada de forma condicionada por el funcionamiento.

25 Los interruptores diferenciales 14 conocidos interpretan esa corriente parcial de descarga a tierra IEA de alta frecuencia mayormente como una corriente de fuga a tierra peligrosa IEF, la cual se habría producido mediante una fuga a tierra ES con una impedancia de conductor - tierra ZO principalmente óhmica, por ejemplo en la línea eléctrica 18, entre el convertidor 3 y la máquina eléctrica 4, o también en la propia máquina eléctrica, pero que en este caso no se ha producido. Como consecuencia de esa interpretación se activa el interruptor diferencial 14 y, de forma súbita y no deseada, separa el sistema de accionamiento eléctrico 2 de la red eléctrica 1.

30 La figura 2 muestra un diagrama de flujo de bloques con los pasos esenciales del procedimiento V según la invención para detectar y desconectar una corriente de fuga a tierra peligrosa IEF, de alta frecuencia, para un sistema de accionamiento eléctrico 2 que funciona en una red eléctrica 1, con un convertidor 3 y con una máquina de accionamiento eléctrica 4, según la figura 1.

35 En un primer paso del procedimiento S1, del procedimiento V, en el convertidor 3 se genera una tensión de modo común UCM, la cual, en una baja frecuencia seleccionada, presenta una componente de tensión de modo común UCMA determinada. La componente de tensión de modo común UCMA determinada corresponde de ese modo a un valor de tensión previsto, el cual es conocido como un parámetro del procedimiento V y/o cuya generación puede ser verificada.

40 En un segundo paso del procedimiento S2, del procedimiento V, en el caso de una fuga a tierra ES en el sistema de accionamiento eléctrico 2, debido a la componente de tensión de modo común UCMA determinada, mediante una impedancia de conductor - tierra ZO principalmente óhmica, a la baja frecuencia seleccionada, circula una componente de corriente de modo común ICMA de una corriente de modo común ICM.

45 En un tercer paso del procedimiento S3, del procedimiento V, mediante un sensor de corriente 7 en uno de una pluralidad de circuitos de corriente 8 del sistema de accionamiento eléctrico 2, se detecta una corriente sumatoria IS de la corriente de modo común ICM. La corriente sumatoria IS puede detectarse en cualquiera de los circuitos de corriente 8 mostrados a modo de ejemplo en la figura 1.

En un cuarto paso del procedimiento S4, mediante una evaluación de corriente STW, a partir de la corriente sumatoria IS, se determina la componente de corriente de modo común ICMA de la corriente de modo común ICM, a la baja frecuencia seleccionada.

50 En un quinto paso del procedimiento S5, del procedimiento V, el sistema de accionamiento eléctrico 2, mediante un elemento de conmutación eléctrico 13, se separa de la red eléctrica 1, cuando la componente de corriente de modo común ICMA de la corriente de modo común ICM, a la baja frecuencia seleccionada, alcanza un valor de referencia VW.

El procedimiento V según la invención, por consiguiente, asegura que corrientes de descarga a tierra IEA, condicionadas por el funcionamiento, así como corrientes parciales de descarga a tierra IES' de alta frecuencia, ya no tengan ninguna influencia en la detección de fugas a tierra ES en el sistema de accionamiento 2. Las corrientes de fuga a tierra peligrosas IEF, sin importar de qué frecuencia, por consiguiente, pueden detectarse de forma segura en el caso de la fuga a tierra ES y en el contexto de corrientes de descarga a tierra IEA condicionadas por el funcionamiento o de corrientes parciales de descarga a tierra IEA' de alta frecuencia, así como las mismas pueden impedirse ya antes de su aparición, lo cual mejora de forma decisiva la fiabilidad y la sensibilidad de la activación del elemento de conmutación eléctrico 13.

La figura 3, en las figuras parciales Figura 3A y Figura 3B, muestra otra representación esquemática según la figura 1, con un dispositivo de protección contra corrientes de fuga 9 según la invención en el sistema de accionamiento eléctrico 2, para el procedimiento V según la invención, según la figura 2.

La disposición del sistema de accionamiento eléctrico 2 en la red eléctrica 1 en la figura 3, (mostrada en las figuras 3A y 3B), corresponde a aquella de la figura 1. Además, el sistema de accionamiento eléctrico 2 presenta un sensor de corriente 7 para detectar una corriente sumatoria IS, desde una corriente de modo común ICM. En el ejemplo de ejecución, el sensor de corriente 7, a modo de ejemplo, está dispuesto en uno de una pluralidad de circuitos de corriente 8 del sistema de accionamiento eléctrico 2, en el sistema de corriente trifásica 17, en la entrada del convertidor 22, del lado de la red, del convertidor 3. Igualmente es posible una disposición de el sensor de corriente 7 en un circuito intermedio de tensión continua 6 o en una salida del convertidor 23, del lado de carga, del convertidor 3.

A partir de la corriente sumatoria IS de la corriente de modo común ICM, mediante la evaluación de corriente STW, se determina una componente de corriente de modo común ICMA, en el caso de una baja frecuencia, y se la compara con un valor de referencia VW. Si en la comparación, debido a una fuga a tierra ES, se constata que la componente de corriente de modo común ICMA de la corriente de modo común ICM, en el caso de la baja frecuencia, alcanza el valor de referencia VW, un elemento de conmutación eléctrico 13 separa el sistema de accionamiento eléctrico 2 de la red eléctrica 1, e impide una corriente de fuga a tierra peligrosa IEF.

Para que la componente de corriente de modo común ICMA, en el caso de la fuga a tierra ES, comience a circular mediante una impedancia de conductor - tierra ZO principalmente óhmica, en un convertidor 3 del sistema de accionamiento eléctrico 2, mediante un rectificador 5 y/o mediante un inversor 15, se genera una tensión de modo común UCM con una componente de tensión de modo común UCMA determinada, en el caso de una baja frecuencia. El rectificador 5 aquí representado está diseñado como un rectificador 21 controlado.

Para verificar la componente de tensión de modo común UCMA determinada generada, en el caso de una baja frecuencia, frente a un valor de tensión previsto, la tensión de modo común UCM, en el ejemplo de ejecución de la figura 3 (figura 3B) se detecta por ejemplo mediante un sensor de tensión 10 en el circuito intermedio de tensión continua 6. De manera ventajosa, en una disposición de dos capacitancias de circuito intermedio de tensión continua 25 en el circuito intermedio de tensión continua 6, la tensión de modo común UCM puede detectarse en un punto central 24, formado entre las capacitancias del circuito intermedio de tensión continua 25, frente al potencial a tierra o el potencial del conductor de protección. No obstante, en principio el sensor de tensión 10 puede disponerse también en otro de los circuitos de corriente 8, después del circuito intermedio de tensión continua 6 del convertidor 3, por ejemplo en uno de los circuitos 8 que, como sistema de corriente trifásica 17, con la máquina eléctrica 4, está dispuesto partiendo desde la salida del convertidor 23, del lado de carga, del convertidor 3.

Mediante el sensor de tensión SPW se calcula la componente de tensión de modo común UCMA determinada, en el caso de una baja frecuencia, y se la compara con el valor de tensión previsto. Si la componente de tensión de modo común UCMA determinada, en el caso de la baja frecuencia, de la tensión de modo común UCM, no alcanza el valor de tensión previsto, se encuentra entonces presente una falla del dispositivo de protección contra corrientes de fuga 9.

En el caso de una falla, pueden iniciarse medidas correspondientes dentro del sistema de accionamiento eléctrico 2 o más allá del mismo (no representado en la figura 3B), como por ejemplo una emisión de un aviso de error a los sistemas de seguridad o sistemas operativos del sistema de accionamiento eléctrico 2, combinado con una emisión de un bloqueo de pulsos al convertidor 3, con una separación del sistema de accionamiento eléctrico 2 de la red eléctrica 1 mediante un interruptor de red o con la producción de una fuga a tierra de muy alta resistencia, para activar un interruptor diferencial 14 convencional, implementado antes del sistema de accionamiento eléctrico 2, en la red eléctrica 2, el cual entonces se activa de modo correspondiente y separa la red eléctrica 1.

La evaluación de corriente STW y la evaluación de tensión SPW, en el ejemplo de ejecución de la figura 3 (figura 3B), están implementadas en una unidad de procesador 20. Además, la unidad de procesador está diseñada tanto para activar el rectificador 2, 51 controlado, como también el inversor 15, para generar respectivamente la

componente de tensión de modo común UCMA determinada, en el caso de la baja frecuencia de la tensión de modo común UCM.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento (V) para evitar una corriente de fuga a tierra (IEF) peligrosa, de alta frecuencia, para un sistema de accionamiento eléctrico (2) que funciona en una red eléctrica (1), con un convertidor (3) y con una máquina de trabajo eléctrica (4), donde
- 5 - en un primer paso del procedimiento (S1) una tensión de modo común (UCM) se genera en el convertidor (3), la cual, a una baja frecuencia seleccionada, presenta una componente de tensión de modo común (UCMA) determinada, donde la alta frecuencia de la corriente de fuga a tierra (IEF) peligrosa es más alta que 1 kHz, y la baja frecuencia seleccionada de la componente de tensión de modo común (UCMA) determinada de la tensión de modo común (UCM), es más baja que 1 kHz, donde la tensión de modo común (UCM) se detecta mediante un sensor de
- 10 tensión (10) en un circuito intermedio de tensión continua (6), como uno de una pluralidad de circuitos de corriente (8) del convertidor (3), o en una salida del convertidor (23), del lado de carga, como otro de una pluralidad de circuitos de corriente (8) del convertidor (3), y donde la componente de tensión de modo común (UCMA) determinada de la tensión de modo común (UCM), en la baja frecuencia seleccionada, se determina mediante una evaluación de tensión (SPW),
- 15 - en un segundo paso del procedimiento (S2), en el caso de una fuga a tierra (ES) en el sistema de accionamiento eléctrico (2), debido a la componente de tensión de modo común (UCMA) determinada, mediante una impedancia de conductor - tierra (ZO) principalmente óhmica, a la baja frecuencia seleccionada, circula una componente de corriente de modo común (ICMA) de una corriente de modo común (ICM),
- 20 - en un tercer paso del procedimiento (S3), mediante un sensor de corriente (7), en uno de una pluralidad de circuitos de corriente (8) del sistema de accionamiento eléctrico (2), se detecta una corriente sumatoria (IS) de la corriente de modo común (ICM),
- en un cuarto paso del procedimiento (S4), mediante una evaluación de corriente (STW), a partir de la corriente sumatoria (IS), se determina la componente de corriente de modo común (ICMA) de la corriente de modo común (ICM), a la baja frecuencia seleccionada, y
- 25 - en un quinto paso del procedimiento (S5), el sistema de accionamiento eléctrico (2), mediante un elemento de conmutación eléctrico (13), se separa de la red eléctrica (1), cuando la componente de corriente de modo común (ICMA) de la corriente de modo común (ICM), a la baja frecuencia seleccionada, alcanza un valor de referencia (VW).
- 30 2. Procedimiento (V) según la reivindicación 1, donde la detección de la corriente de fuga a tierra (IEF) peligrosa, en particular de la corriente de fuga a tierra (IEF) peligrosa de alta frecuencia, y la separación del sistema de accionamiento eléctrico (2) de la red eléctrica (1) tienen lugar independientemente de una corriente de derivación a tierra (IEA) condicionada por el funcionamiento, que circula en el sistema de accionamiento eléctrico (2).
- 35 3. Procedimiento (V) según una de las reivindicaciones precedentes, donde la baja frecuencia seleccionada es un múltiplo entero de una frecuencia de red de la red eléctrica (1), y en el caso de la frecuencia de red de 50 Hz en particular asciende a 150 Hz.
4. Procedimiento (V) según una de las reivindicaciones precedentes, donde el convertidor (3) genera la tensión de modo común (UCM) con una componente de tensión de modo común (UCMA) determinada, a la baja frecuencia seleccionada, mediante un rectificador (5, 21) y/o mediante un inversor (15).
- 40 5. Procedimiento (V) según una de las reivindicaciones precedentes, donde el valor de referencia (VW) se determina a partir de un rango de valor de 0,1 veces una corriente de fuga nominal predeterminada, hasta de 1 vez de la corriente de fuga nominal predeterminada.
- 45 6. Procedimiento (V) según una de las reivindicaciones precedentes, donde la componente de tensión de modo común (UCMA) determinada, a la baja frecuencia seleccionada de la tensión de modo común (UCM), en el caso de la fuga a tierra (ES), en el caso de la impedancia de conductor - tierra óhmica (ZO) menor o igual a 15 kΩ, se genera de modo que la componente de corriente de modo común (ICMA) que circula a la baja frecuencia seleccionada de la corriente de modo común (ICM), alcanza el valor de referencia (VW).
7. Dispositivo de protección de corriente de fuga (9) para un procedimiento (V) para evitar una corriente de fuga a tierra (IEF) peligrosa de alta frecuencia según una de las reivindicaciones 1 a 6, el cual presenta
- 50 - un convertidor (3), en el cual puede generarse una componente de tensión de modo común (UCMA) determinada, de una tensión de modo común (UCM), a una baja frecuencia seleccionada, donde la alta frecuencia de la corriente

de fuga a tierra (IEF) peligrosa es más alta que 1 kHz, y la baja frecuencia seleccionada de la componente de tensión de modo común (UCMA) determinada de la tensión de modo común (UCM), es más baja que 1 kHz,

5 - para detectar la tensión de modo común (UCM), un sensor de tensión (10) que está dispuesto en un circuito intermedio de tensión continua (6) del convertidor (3) o en una salida del convertidor (23) del lado de carga, del convertidor (3), y una evaluación de tensión (SPW), mediante el cual puede determinarse la componente de tensión de modo común (UCMA) determinada, de la tensión de modo común (UCM), a la baja frecuencia seleccionada,

- un sensor de corriente (7), mediante el cual puede detectarse una corriente sumatoria (IS) en uno de una pluralidad de circuitos de corriente (8) de un sistema de accionamiento eléctrico (2),

10 - una evaluación de corriente (STW), mediante la cual puede determinarse una componente de corriente de modo común (ICMA) de una corriente de modo común (ICM) a la baja frecuencia seleccionada, partir de una corriente sumatoria (IS), y mediante la cual la componente de corriente de modo común (ICMA) puede compararse con un valor de referencia (VW), y

- un elemento de conmutación eléctrico (13), mediante el cual el sistema de accionamiento eléctrico (2) puede separarse de una red eléctrica (1).

15 8. Dispositivo de protección contra corrientes de fuga (9), según la reivindicación 7, donde el convertidor (3) presenta un rectificador (5) y/o un inversor (15) para generar la componente de tensión de modo común (UCMA) determinada de la tensión de modo común (UCM), a la baja frecuencia seleccionada.

9. Dispositivo de protección contra corrientes de fuga (9) según la reivindicación 8, donde el rectificador (5) está diseñado como un rectificador no controlado o como un rectificador (21) controlado.

20 10. Dispositivo de protección contra corrientes de fuga (9) según una de las reivindicaciones 7 a 9, el cual presenta una unidad de procesador (20) con la evaluación de corriente (STW) y la evaluación de tensión (SPW).

11. Dispositivo de protección contra corrientes de fuga (9) según la reivindicación 10, donde la unidad de procesador (20) está diseñada para una activación del rectificador (21) controlado y/o del inversor (15).

FIG 1

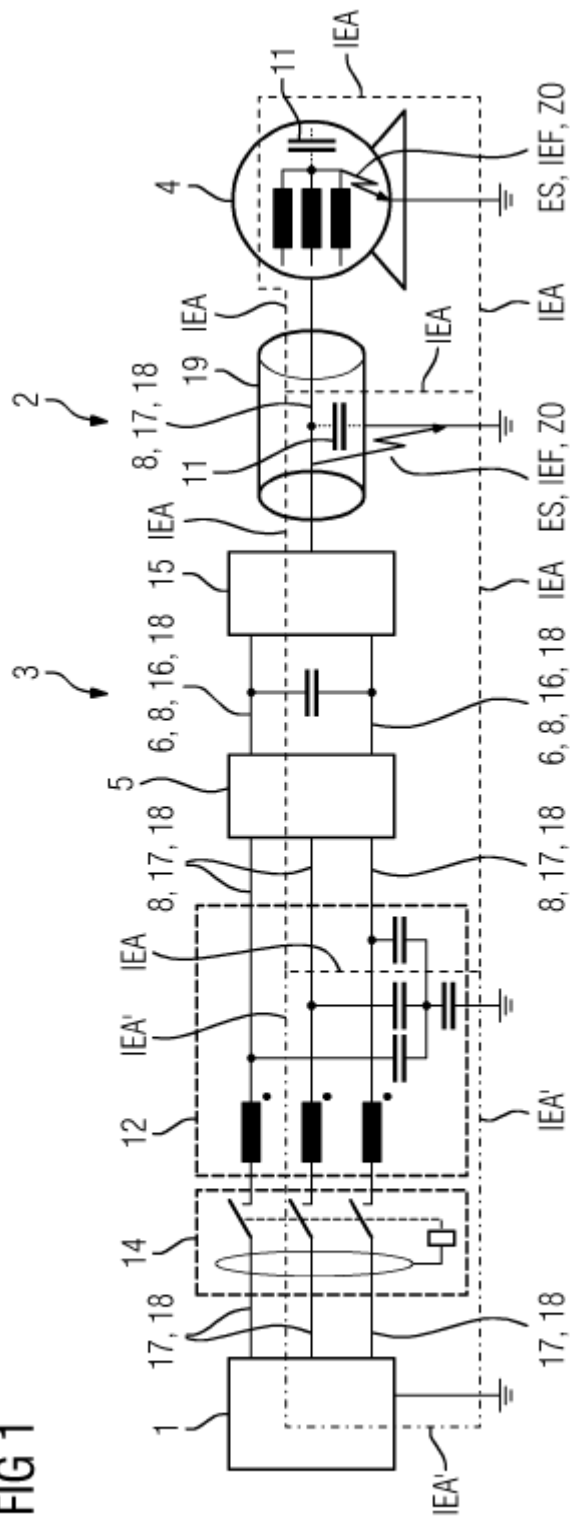


FIG 2

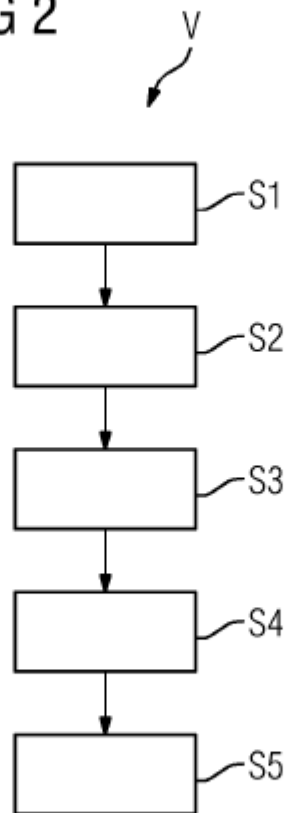


FIG 3



FIG 3A

