

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 983 200**

51 Int. Cl.:

G01R 31/74 (2010.01)

H01H 85/30 (2006.01)

H02H 3/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.03.2022** **PCT/EP2022/057954**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.09.2022** **WO22200589**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.03.2022** **E 22718190 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.04.2024** **EP 4147061**

54 Título: **Método y aparato para la detección de un fallo de fusible**

30 Prioridad:

25.03.2021 EP 21164816

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

22.10.2024

73 Titular/es:

FUTURE SYSTEMS BESITZ GMBH (100.0%)
Mönchrödener Str. 10
96472 Rödental, DE

72 Inventor/es:

LENKER, HUBERT;
MASEL, JORAM y
FÖRST, BERNHARD

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 983 200 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Método y aparato para la detección de un fallo de fusible

- 5 La invención se refiere a un método y a un aparato para la detección de un fallo de un fusible de protección que se utiliza para proteger una carga asociada contra sobrecorriente y/o contra sobrecarga.

Los fusibles se utilizan ampliamente como dispositivos de protección contra sobrecorrientes que tienen una parte fusible que se calienta y se corta al paso de una sobrecorriente eléctrica que fluye a través del fusible. En los sistemas de distribución eléctrica se pueden utilizar distintos fusibles. Existe una gran variedad de tipos de fusibles eléctricos.

Una sobrecorriente eléctrica es cualquier corriente eléctrica que supera la capacidad nominal de la carga en condiciones especificadas. Si no se eliminan a tiempo, incluso sobrecorrientes bajas pueden sobrecalentar los componentes de un sistema distribuido, lo que a su vez puede dañar el aislamiento, los conductores y otros equipos del sistema. Dichas sobrecorrientes pueden incluso fundir los conductores y vaporizar el aislamiento suministrado. Las corrientes eléctricas muy elevadas pueden producir fuerzas magnéticas e incluso doblar y retorcer las barras colectoras.

En general, existen dos tipos principales de condiciones de fallo por sobrecorriente, es decir, la condición de fallo por sobrecarga y la condición de fallo por cortocircuito. En un cortocircuito, hay una sobrecorriente que fluye fuera de su trayectoria eléctrica normal en el circuito eléctrico. Un cortocircuito puede deberse, por ejemplo, a una rotura del aislamiento o a una conexión eléctrica defectuosa. Cuando se produce un cortocircuito, la corriente eléctrica puede evitar la carga normal y tomar un camino más corto, de ahí el término cortocircuito. Un fallo por sobrecarga puede definirse como una sobrecorriente eléctrica que es confinada al recorrido normal de la corriente, que, sin embargo, si persiste durante un tiempo prolongado en el circuito eléctrico, puede causar daños en el equipo y/o en el cableado conectado.

Un fusible de protección puede utilizarse para proteger diferentes tipos de cargas, incluidas cargas inductivas, capacitivas y resistivas, contra una sobrecarga y/o un cortocircuito. Por ejemplo, un fusible de protección puede utilizarse para proteger un motor eléctrico conectado a un interruptor de protección del motor. El interruptor de protección del motor está adaptado para proteger un motor eléctrico de una sobrecarga y/o fallo de un conductor externo. Si el aislamiento del motor cae, entonces la protección del motor sólo puede desconectar el motor de la red para evitar más daños de la red. En este caso, el motor es defectuoso. El otro caso de uso típico es la protección térmica del motor, que desconecta el motor si éste se calienta demasiado. En este caso, el motor permanece operativo y puede volver a encenderse después de un tiempo de enfriamiento. La protección del motor puede utilizarse para evitar cualquier daño en el motor eléctrico, como fallos internos en el motor eléctrico. Se puede instalar un interruptor trifásico de protección del motor en serie con los fusibles de protección. Por consiguiente, en muchos casos de uso, es necesario detectar que los fusibles eléctricos de protección se han dañado o roto debido a una sobrecorriente. Por lo tanto, en muchos casos de uso, se requiere una supervisión de fallo de fusible para aumentar la fiabilidad operativa y la seguridad de funcionamiento del sistema distribuido. Una supervisión de fallo de fusible para un fusible de protección puede implementarse para cargas críticas del sistema distribuido protegido por un fusible de protección asociado. Otros ejemplos son los sistemas de alimentación de emergencia o los sistemas de carga de baterías. En muchos casos de uso, el fusible de protección se conecta en serie a un interruptor de protección adicional que puede incluir un interruptor semiconductor de protección o un electrointerruptor mecánico de protección.

Los métodos convencionales para detectar el fallo de un fusible de protección se basan en una caída de tensión medida a lo largo del fusible de protección que, como consecuencia, requiere medir el potencial eléctrico a ambos lados del fusible de protección. Para tomar la diferencia de potencial en el fusible de protección, se necesitan dos cables eléctricos que deben conectarse a ambos lados del fusible de protección. Esto aumenta el esfuerzo técnico necesario y la complejidad del circuito. Además, los cables conectados a ambos lados del fusible de protección pueden interrumpirse en casos especiales, aumentando así la probabilidad de que no se detecte un fallo del fusible de protección. En este caso, la seguridad de funcionamiento del sistema distribuido se ve comprometida. CN 105 047 501 A, ES 2 388 163 B2, CN 104 183 439 A y US 4 858 054 A divulgan diversos enfoques para detectar el fallo de un fusible.

En consecuencia, es un objeto de la presente invención proporcionar un método y aparato para la detección de un fallo de un fusible de protección, lo cual aumenta la fiabilidad de la detección de fallos sin aumentar la complejidad de los circuitos de detección de manera significativa.

Este objeto se consigue según un primer aspecto de la presente invención mediante un método de detección de un fallo de un fusible de protección que comprende las características de la reivindicación 1.

La invención proporciona según un primer aspecto un método para la detección de un fallo de fusible de un fusible de protección utilizado para proteger una carga asociada contra sobrecorriente y/o contra sobrecarga, comprendiendo el método los pasos de:

medir una corriente eléctrica, I_m , que fluye a través del fusible de protección en una trayectoria de corriente hacia dicha carga mediante un elemento sensor de corriente;

determinar uno o más indicadores de fallo, cada uno de ellos adaptado para indicar un posible fallo del fusible de protección en función de la corriente eléctrica medida, I_m ; y

detectar automáticamente un fallo del fusible de protección si el al menos un indicador de fallo determinado indica un posible fallo del fusible de protección y si la corriente eléctrica, I_m , medida por el elemento sensor de corriente ha dejado de fluir ($I_m=0$) a través de dicho fusible de protección o está por debajo de un valor umbral de corriente predefinido ($I_m < I_{mth}$).

La invención proporciona, según otro aspecto, un método para la detección de un fallo de un fusible de protección utilizado para proteger una carga asociada contra sobrecorriente y/o contra sobrecarga, en donde el método comprende los pasos de:

medir una corriente eléctrica que fluye a través del fusible de protección hacia dicha carga mediante un elemento sensor de corriente,

determinar una energía térmica generada en el fusible de protección en función de la corriente eléctrica medida y detectar automáticamente un fallo del fusible de protección si la energía térmica determinada supera un valor umbral predeterminado y si la corriente eléctrica medida por el elemento sensor de corriente ha dejado de fluir a través de dicho fusible de protección.

Por consiguiente, en una realización preferida, puede evaluarse un indicador de fallo que indique que la energía térmica determinada supera un umbral predeterminado para detectar que el fusible de protección ha fallado. Otros indicadores de fallo o combinaciones de indicadores de fallo pueden utilizarse en realizaciones alternativas para detectar un fallo del fusible de protección.

Una ventaja del método según la presente invención es que funciona de forma fiable incluso en un entorno hostil. Otra ventaja del método según la presente invención es que el fallo de un fusible de protección puede detectarse muy rápidamente dentro de un corto tiempo de detección de menos de un milisegundo.

En una posible realización del método según la presente invención, un primer indicador de fallo comprende un valor en Amperios al cuadrado por segundos (I^2t) calculado que indica una energía térmica generada en el fusible de protección que excede un valor umbral predefinido.

En una posible realización del método según la presente invención, un segundo indicador de fallo comprende una amplitud de una corriente eléctrica medida, I_m , que excede una corriente nominal predefinida, I_N , del fusible de protección.

En una posible realización del método según la presente invención, un tercer indicador de fallo comprende un incremento de corriente o una pendiente de corriente (dI/dt) de la corriente eléctrica medida, I_m , que excede un incremento de corriente predefinido (dI/dt_{max}).

En una posible realización del método de la presente invención, cada indicador de fallo comprende un marcador de indicación de fallo que se inicia o reinicia dentro de un ciclo de evaluación predefinido en respuesta a la corriente eléctrica, I_m , medida por el elemento sensor de corriente dentro del ciclo de evaluación predefinido.

En una posible realización del método según la presente invención, los valores lógicos de los marcadores de indicación de fallo de los indicadores de fallo iniciados o reiniciados en un ciclo de evaluación se almacenan en un registro para el siguiente ciclo de evaluación.

En una posible realización del método según la presente invención, los valores lógicos de los marcadores de indicación de fallo de los indicadores de fallo se procesan para calcular un nivel de confianza que indica una probabilidad total de que el fusible de protección haya fallado.

En una posible realización del método según la presente invención se determina un fallo del fusible de protección si el nivel de confianza calculado excede un umbral de nivel de confianza predefinido y si la corriente eléctrica, I_m , medida por el elemento sensor de corriente ha dejado de fluir a través de dicho fusible de protección o está por debajo de un valor umbral de corriente predefinido ($I_m < I_{mth}$).

En una posible realización del método según la presente invención, el nivel de confianza que indica una probabilidad total de que el fusible de protección haya fallado se calcula en función de los valores lógicos de los marcadores de indicación de fallo y/o en función de al menos una señal de estado externa.

- 5 En una posible realización del método según la presente invención, la señal de estado externa comprende una señal de estado de conmutación (SWSS) que indica que la carga asociada no ha sido desconectada externamente por un interruptor de protección.
- 10 En una posible realización del método según la presente invención los indicadores de fallo comprenden indicadores de fallo multinivel.

En una posible realización del método según la presente invención, el primer indicador de fallo y el segundo indicador de fallo se escalan en función de un número, k , de trayectorias de corriente paralelas conectadas a cargas múltiples.
- 15 En una posible realización del método según la presente invención, se calcula una corriente eléctrica media, I_{mavg} , en base a las corrientes eléctricas medidas, I_m , que fluyen a través de trayectorias de corriente paralelas a la carga y se utiliza como umbral de corriente predefinido (I_{mth}).
- 20 En una posible realización del método según la presente invención, si la energía térmica determinada indicada por el valor calculado en Amperios al cuadrado por segundo (I^2t) no supera el valor umbral predefinido, pero la amplitud de la corriente eléctrica medida, I_m , es superior a una corriente nominal predeterminada, I_R , se determina una entrada de energía en dicho fusible de protección causada por una corriente eléctrica que fluye.
- 25 En una posible realización del método según la presente invención, si la entrada de energía determinada en el fusible de protección por la corriente eléctrica excede un valor umbral predeterminado, se genera automáticamente una señal de aviso de fallo por sobrecarga (OFWS) que indica un fallo inminente del fusible de protección debido a una corriente de sobrecarga.
- 30 En una posible realización del método según la presente invención la entrada de energía en el fusible de protección es determinada mediante el cálculo de un balance de transferencia de calor para el fusible de protección como diferencia entre el calor generado por la corriente eléctrica que fluye a través del fusible de protección y el calor disipado por el fusible de protección.
- 35 La invención proporciona según otro aspecto un aparato de detección de fallo de fusible para la detección de un fallo de un fusible de protección utilizado para proteger una carga asociada contra sobrecorriente y/o contra sobrecarga, donde dicho aparato de detección de fallo de fusible comprende:
 - 40 un elemento sensor de corriente adaptado para medir una corriente, I_m , que fluye a través del fusible de protección en una trayectoria de corriente hacia dicha carga;
 - una unidad de determinación adaptada para determinar uno o más indicadores de fallo, F_i , adaptados para indicar un posible fallo del fusible de protección en función de la corriente eléctrica, I_m , medida por dicho elemento sensor de corriente; y
 - 45 una unidad de detección de fallos adaptada para detectar automáticamente un fallo del fusible de protección si el indicador de al menos un fallo determinado, F_i , indica un posible fallo del fusible de protección y si la corriente eléctrica, I_m , medida por el elemento sensor de corriente ha dejado de fluir ($I_m=0$) a través de dicho fusible de protección o está por debajo de un valor umbral de corriente predefinido ($I_m < I_{mth}$).
- 50 En una posible realización del aparato de detección de fallo de fusible según la presente invención el al menos un indicador de fallo comprende
 - un primer indicador de fallo, F_{I1} , que comprende un valor calculado en Amperios al cuadrado por segundo (I^2t) que indica una energía térmica generada en el fusible de protección que supera un valor umbral predefinido,
 - un segundo indicador de fallo, F_{I2} , que comprende una corriente eléctrica medida, I_m , que supera una corriente nominal predefinida, I_R , del fusible de protección; y
 - 55 un tercer indicador de fallo, F_{I3} , que comprende un incremento de corriente (dI/dt) de la corriente eléctrica medida, I_m , que supera un incremento de corriente predefinido (dI/dt_{max}).
- 60 En una posible realización del aparato de detección de fallo de fusible según la presente invención, cada indicador de fallo, F_i , comprende un marcador de indicación de fallo, F_{IF} , que se inicia o reinicia dentro de un ciclo de evaluación predefinido en respuesta a la corriente eléctrica, I_m , medida por el elemento sensor de corriente dentro del ciclo de evaluación predefinido.
- 65 En una posible realización del aparato de detección de fallo de fusible según la presente invención, los marcadores de indicación de fallo, F_{IF} , de los indicadores de fallo, F_i , que se inician o reinician en un ciclo de evaluación, EC , se almacenan en un registro correspondiente para el siguiente ciclo de evaluación.

En una posible realización del aparato de detección de fallo de fusible según la presente invención, dicho aparato comprende además una unidad de cálculo adaptada para procesar los marcadores de indicación de fallo almacenados, FIFs, de los indicadores de fallo para calcular un nivel de confianza que indique una probabilidad total de que el fusible de protección haya fallado.

En una posible realización del aparato de detección de fallo de fusible según la presente invención, se determina un fallo del fusible de protección si el nivel de confianza calculado supera un umbral de nivel de confianza predefinido y si la corriente eléctrica, I_m , medida por el sensor de corriente ha dejado de circular por dicho fusible de protección o está por debajo de un valor umbral de corriente predefinido ($I_m < I_{mth}$).

En una posible realización del aparato de detección de fallo de fusible según la presente invención, el nivel de confianza que indica una probabilidad total de que el fusible de protección haya fallado es calculado por la unidad de cálculo en función del valor lógico de los marcadores de indicación de fallo, FIF, y dependiendo de al menos una señal de estado externa.

En una posible realización del aparato de detección de fallo de fusible según la presente invención, la señal de estado externa comprende una señal de estado de conmutación (SWSS) que indica que la carga asociada no ha sido desconectada externamente por un interruptor de protección.

En una posible realización del aparato de detección de fallo de fusible según la presente invención, los indicadores de fallo comprenden indicadores de fallo multinivel.

En una posible realización del aparato de detección de fallo de fusible según la presente invención, el primer indicador de fallo, FI1, y el segundo indicador de fallo, FI2, se escalan en función de un número, k , de trayectorias de corriente paralelas conectadas a múltiples cargas.

En una posible realización del aparato de detección de fallo de fusible según la presente invención, la unidad de cálculo está adaptada para calcular una corriente eléctrica media, I_{avg} , en base a las corrientes eléctricas medidas, I_m , que fluyen a través de trayectorias de corriente paralelas a la una o más cargas, en donde la corriente eléctrica media calculada, I_{avg} , se utiliza como el umbral de corriente predefinido (I_{mth}).

En una posible realización del aparato de detección de fallo de fusible según la presente invención, la unidad de detección de fallos está adaptada para generar automáticamente una señal de detección de fallo de fusible (FFDS) que indica un fallo probable del fusible de protección debido a un cortocircuito de corriente si el indicador de al menos un fallo indica un posible fallo del fusible de protección y si la corriente eléctrica, I_m , medida por el elemento sensor de corriente ha dejado de fluir a través del fusible de protección ($I_m=0$) o si la corriente eléctrica, I_m , medida por el elemento sensor de corriente está por debajo de un valor umbral de corriente predefinido ($I_m < I_{mth}$).

En una posible realización del aparato de detección de fallo de fusible según la presente invención, la unidad de determinación está adaptada para calcular un valor en Amperios al cuadrado por segundo (I^2t) que representa una energía térmica generada en el fusible de protección en respuesta a la corriente eléctrica, I_m , medida por el elemento sensor de corriente, y donde la unidad de detección de fallos está adaptada para comparar el valor en Amperios al cuadrado por segundo (I^2t) calculado con un valor predeterminado en Amperios al cuadrado por segundo (I^2t) para generar una señal de detección de fallo de fusible (FFDS), si la energía térmica determinada ha superado un valor umbral predeterminado y la corriente eléctrica, I_m , medida por el elemento sensor de corriente ha dejado de fluir a través de dicho fusible de protección y si una señal de estado de conmutación (SWSS) recibida indica que la al menos una carga asociada no ha sido desconectada externamente por un interruptor de protección.

En una posible realización del aparato de detección de fallo de fusible según la presente invención, la unidad de determinación está adaptada además para determinar una entrada de energía en dicho fusible de protección provocada por la corriente eléctrica fluyente, I_m , si la energía térmica determinada no supera el valor umbral predeterminado pero la amplitud de la corriente eléctrica medida, I_m , es superior a una corriente nominal predeterminada (I_R).

En una posible realización del aparato de detección de fallo de fusible según la presente invención, la unidad de detección de fallos está adaptada para generar una señal de aviso de fallo por sobrecarga (OFWS), si la entrada de energía determinada en el fusible de protección por la corriente eléctrica, I , supera un valor umbral predefinido, en donde la señal de aviso de fallo por sobrecarga (OFWS) generada indica un fallo inminente del fusible de protección debido a una corriente de sobrecarga.

En una posible realización del aparato de detección de fallo de fusible según la presente invención, la unidad de determinación está adaptada para determinar una entrada de energía en el fusible de protección calculando un balance de transferencia de calor para el fusible de protección como una diferencia entre el calor generado por la corriente eléctrica, I , que fluye a través del fusible de protección y el calor disipado por el fusible de protección.

En una posible realización del aparato de detección de fallo de fusible según la presente invención, el componente sensor de corriente está adaptado para medir una corriente eléctrica continua y/o está adaptado para medir una corriente eléctrica alterna que fluye a través de la trayectoria de corriente correspondiente.

En una posible realización del aparato de detección de fallo de fusible según la presente invención, el elemento sensor de corriente está conectado en serie al fusible de protección dentro de una trayectoria de suministro de corriente o rama de suministro de corriente de la carga o está unido a la trayectoria o rama de suministro de corriente de la carga.

En una posible realización del aparato de detección de fallo de fusible según la presente invención, la unidad de detección de fallos comprende una interfaz para recibir señales de estado externas, en particular de un interruptor de protección que está conectado en serie con el fusible de protección a lo largo de la trayectoria de suministro de corriente de la carga.

En una posible realización del aparato de detección de fallo de fusible según la presente invención, dicho aparato comprende una interfaz de usuario adaptada para emitir una señal de advertencia de fallo, los estados momentáneos de los indicadores de fallo y de las señales de estado, y para emitir un nivel de confianza que indique una probabilidad total de que el fusible de protección haya fallado, calculada por una unidad de cálculo en función de los valores lógicos de los marcadores de indicación de fallo de los indicadores de fallo y en función de al menos una señal de estado externa.

La invención proporciona según otro aspecto un dispositivo adaptador que comprende un aparato de detección de fallo de fusible según un aspecto de la presente invención.

En una posible realización del método según el primer aspecto de la presente invención, se genera automáticamente una señal de detección de fallo del fusible si la energía térmica determinada ha superado el valor umbral predeterminado y la corriente eléctrica medida por el elemento sensor de corriente ha dejado de fluir a través de dicho fusible de protección. La señal de detección de fallo de fusible generada indica un fallo probable del fusible de protección debido a una corriente de cortocircuito. La determinación del fallo del fusible mediante la comparación de los valores de I^2t también puede abarcar episodios de sobrecarga, en particular si se opta por el enfoque de comparación multinivel mediante varias líneas límite de I^2t .

Esto tiene la ventaja de que la señal de detección de fallo del fusible se puede suministrar a un controlador local o remoto y se puede considerar para controlar las funciones del sistema distribuido, incluida la carga de protección.

En otra posible realización del método según el primer aspecto de la presente invención, la energía térmica se calcula como un valor en Amperios al cuadrado por segundo y se compara con el valor umbral predeterminado.

Esto tiene la ventaja de que un valor en Amperios al cuadrado por segundo utilizado como valor umbral puede obtenerse de una hoja de datos del fusible de protección.

En otra posible realización del método según el primer aspecto de la presente invención, se detecta un fallo del fusible de protección si, como condición adicional, una señal de estado de conmutación recibida indica que la carga asociada no ha sido desconectada externamente por un interruptor de protección.

Esto tiene la ventaja de que, en un escenario en el que un interruptor de protección conectado en serie con el fusible de protección se haya disparado por una señal de control externa que provoque la detención del flujo de corriente eléctrica a través del fusible de protección, no se genera una señal de detección de fallo del fusible que podría interpretarse erróneamente como un fallo del fusible de protección.

En otra posible realización del método según el primer aspecto de la presente invención, si la energía térmica determinada no supera el valor umbral predeterminado pero la amplitud de la corriente eléctrica medida es superior a una corriente nominal predeterminada, se determina una entrada de energía en dicho fusible de protección causada por una corriente eléctrica fluyente.

En otra posible realización del método según el primer aspecto de la presente invención, si la entrada de energía determinada en el fusible de protección por la corriente eléctrica supera un valor umbral predeterminado, se genera automáticamente una señal de advertencia de fallo por sobrecarga que indica un fallo inminente del fusible de protección debido a una corriente de sobrecarga.

Esto ofrece la importante ventaja de que un fallo inminente del fusible de protección se detecta antes de que se produzca. Esto permite, por ejemplo, realizar un mantenimiento preventivo del sistema distribuido que incluye el fusible de protección. Por ejemplo, si el fusible de protección se ha dañado debido a una sobrecarga de corriente,

se puede prever un posible fallo del fusible de protección e iniciar las contramedidas correspondientes antes de que el fusible de protección falle por completo.

5 En otra posible realización del método según el primer aspecto de la presente invención, la entrada de energía en el fusible de protección se determina calculando un balance de transferencia de calor para el fusible de protección como una diferencia entre el calor generado por la corriente eléctrica que fluye a través del fusible de protección y el calor disipado por el fusible de protección.

10 La invención proporciona según otro aspecto un aparato de detección de fallo de fusible que comprende las características de la reivindicación 8.

15 La invención proporciona según el segundo aspecto un aparato de detección de fallo de fusible provisto para la detección de un fallo de un fusible de protección utilizado para proteger una carga asociada contra sobrecorriente y/o contra sobrecarga, en donde el aparato de detección de fallo de fusible comprende:
un elemento sensor de corriente adaptado para medir una corriente eléctrica que fluye a través del fusible de protección hacia dicha carga,
una unidad de determinación adaptada para determinar una energía térmica generada en el fusible de protección en función de la corriente eléctrica medida por dicho elemento sensor de corriente y
20 una unidad de detección de fallos adaptada para detectar automáticamente un fallo del fusible de protección si la energía térmica determinada supera un valor umbral predeterminado y si la corriente eléctrica medida por dicho elemento sensor de corriente ha dejado de fluir a través de dicho fusible de protección.

25 En una posible realización del aparato de detección de fallo de fusible según el segundo aspecto de la presente invención, la unidad de detección de fallos está adaptada para generar automáticamente una señal de detección de fallo de fusible que indica un posible fallo del fusible de protección debido a un cortocircuito si la energía térmica determinada ha superado el valor umbral predeterminado y si la corriente eléctrica medida por el elemento sensor de corriente ha dejado de fluir a través de dicho fusible de protección.

30 En otra posible realización del aparato de detección de fallo de fusible según el segundo aspecto de la presente invención, la unidad de determinación está adaptada para calcular un valor en Amperios al cuadrado por segundo que representa la energía térmica generada en el fusible de protección en respuesta a la corriente eléctrica medida por el elemento sensor de corriente.

35 En otra posible realización del aparato de detección de fallo de fusible según el segundo aspecto de la presente invención, la unidad de detección de fallos está adaptada para comparar el valor en Amperios al cuadrado por segundo calculado con un valor en Amperios al cuadrado por segundo predeterminado para generar la señal de detección de fallo de fusible, si la energía térmica determinada ha superado el valor umbral predeterminado y la corriente eléctrica medida por el elemento sensor de corriente ha dejado de fluir a través de dicho fusible de protección y si una señal de estado de conmutación recibida indica que la carga asociada no ha sido desconectada externamente por un interruptor de protección.

45 En otra posible realización del aparato de detección de fallo de fusible según el segundo aspecto de la presente invención, la unidad de determinación está adaptada adicionalmente para determinar una entrada de energía en dicho fusible de protección causada por la corriente eléctrica que fluye, si la energía térmica determinada no excede el valor umbral predeterminado pero la amplitud de la corriente eléctrica medida es superior a una corriente nominal predeterminada.

50 En otra posible realización del aparato de detección de fallo de fusible según el segundo aspecto de la presente invención, la unidad de detección de fallos está adaptada para generar una señal de advertencia de fallo por sobrecarga, si la entrada de energía determinada en el fusible de protección por la corriente eléctrica supera un valor umbral predeterminado, en donde la señal de advertencia de fallo por sobrecarga generada indica un inminente fallo del fusible de protección debido a una corriente de sobrecarga.

55 En otra posible realización del aparato de detección de fallo de fusible según el segundo aspecto de la presente invención, la unidad de determinación está adaptada para determinar la entrada de energía en el fusible de protección calculando un balance de transferencia de calor para el fusible de protección como una diferencia entre el calor generado por la corriente eléctrica que fluye a través del fusible de protección y el calor disipado por el fusible de protección.

60 En una posible realización del aparato de detección de fallo de fusible según el segundo aspecto de la presente invención, el componente sensor de corriente está adaptado para medir una corriente eléctrica continua.

65 En otra posible realización alternativa del aparato de detección de fallo de fusible según el segundo aspecto de la presente invención, el componente sensor de corriente está adaptado para medir una corriente eléctrica alterna.

En otra posible realización del aparato de detección de fallo de fusible según el segundo aspecto de la presente invención, el elemento sensor de corriente está conectado en serie al fusible de protección dentro de la trayectoria de suministro de corriente de la carga o está unido a la trayectoria de suministro de corriente de la carga.

5 En una posible implementación, el elemento sensor de corriente unido a la trayectoria de suministro de corriente de la carga también se puede mover a lo largo del cable o de una barra de la trayectoria de suministro de corriente.

10 En otra posible realización del aparato de detección de fallo de fusible según el segundo aspecto de la presente invención, la unidad de detección de fallos comprende una interfaz para recibir una señal de estado de conmutación de un interruptor de protección que está conectado en serie con el fusible de protección a lo largo de la trayectoria de suministro de corriente de la carga.

15 La invención proporciona según otro aspecto un dispositivo adaptador que comprende un aparato de detección de fallo de fusible según el segundo aspecto de la presente invención.

A continuación se describen con más detalle posibles realizaciones de los diferentes aspectos de la presente invención con referencia a las figuras adjuntas.

20 La Fig. 1 muestra un diagrama de bloques para ilustrar una posible realización ejemplar de un aparato de detección de fallo de fusible según un aspecto de la presente invención;

25 la Fig. 2 muestra un diagrama de flujo de los pasos principales de una posible realización ejemplar de un método para detectar un fallo de un fusible de protección de acuerdo con otro aspecto de la presente invención;

30 la Fig. 3 muestra otro diagrama de flujo para ilustrar una posible realización ejemplar de un método de detección de un fallo de un fusible de protección según un aspecto de la presente invención;

las Figs. 4A, 4B muestran diagramas de señales para ilustrar el funcionamiento de un fusible de protección en una condición de cortocircuito;

35 la Fig. 5 muestra un diagrama sencillo para ilustrar las definiciones de un valor en Amperios al cuadrado por segundo utilizado para determinar una energía térmica dentro del fusible de protección mediante el método y el aparato de acuerdo con la presente invención;

40 la Fig. 6 muestra un diagrama para ilustrar un comportamiento de funcionamiento de un fusible de protección utilizado para proporcionar protección contra sobrecarga y/o contra sobrecorriente;

45 la Fig. 7 muestra un diagrama de flujo de los pasos principales de otra posible realización ejemplar de un método para la detección de un fallo de un fusible de protección según la presente invención;

50 la Fig. 8 muestra una posible implementación de un subsistema indicador de desconexión empleado en un método de detección de un fallo de un fusible de protección según la presente invención;

la Fig. 9 muestra otra posible implementación de un subsistema indicador de desconexión con diagnóstico I^2t multinivel empleado por un método para la detección de un fallo de un fusible de protección según la presente invención;

55 la Fig. 10 muestra una posible realización de un subsistema de señal externa empleado por un método para detección de un fallo de un fusible de protección según la presente invención;

60 la Fig. 11 muestra un diagrama de flujo de los pasos de otra posible realización ejemplar de un método para la detección de un fallo de un fusible de protección de acuerdo con la presente invención;

65 la Fig. 12 muestra una posible realización de un subsistema indicador de desconexión para la evaluación de múltiples ramas, tal como se emplea en un método para la detección de un fallo de un fusible de protección según la presente invención.

Como puede verse en el diagrama esquemático de bloques de la Fig. 1, el aparato de detección de fallo de fusible 1 según la presente invención puede comprender tres componentes principales. En la realización ilustrada, el aparato de detección de fallo de fusible 1 comprende un elemento sensor de corriente 2, una unidad de determinación 3 y una unidad de detección de fallos 4. El aparato de detección de fallo de fusible 1 está conectado en serie con el fusible de protección 5, como se ilustra en la Fig. 1. En una posible realización, el aparato de detección de fallo de fusible 1 puede conectarse en serie en una trayectoria de suministro de corriente entre una fuente eléctrica 6 y una carga eléctrica 7, como se muestra en la Fig. 1. En una posible realización, la trayectoria de suministro de corriente también puede incluir un interruptor de protección 8 opcional, como también se ilustra en el diagrama de bloques de la Fig. 1. La carga eléctrica 7 puede comprender una carga resistiva, una carga capacitiva o una carga inductiva.

En una posible realización, el elemento sensor de corriente 2 puede conectarse en serie al fusible de protección 5 dentro de la trayectoria de suministro de corriente de la carga 7. La trayectoria de suministro de corriente puede estar adaptada para transportar una corriente continua o alterna. En una posible realización, el elemento sensor de corriente 2 también puede fijarse a la trayectoria de suministro de corriente de la carga 7. En esta realización, el elemento sensor de corriente 2 puede, por ejemplo, engancharse a un cable eléctrico que transporta la corriente eléctrica que fluye a través del fusible de protección 5 y a través del interruptor de protección 8 hasta la carga 7. La corriente eléctrica provoca un campo magnético que puede ser detectado por el elemento sensor de corriente 2 fijado al cable de transporte de corriente o a la barra colectora de transporte de corriente. Esta realización tiene la ventaja adicional de que el elemento sensor de corriente 2 puede desplazarse a lo largo de la trayectoria de suministro de corriente entre la fuente 6 y la carga 7. Por consiguiente, el elemento sensor de corriente 2 acoplado a la trayectoria de suministro de corriente también puede fijarse manualmente en diferentes ubicaciones del cable de transporte de corriente entre la fuente 6 y la carga 7. Esto proporciona más flexibilidad cuando se amplía un sistema de distribución de energía existente añadiendo un aparato de detección de fallo de fusible 1 de acuerdo con la presente invención al sistema respectivo. En otras palabras, esta realización no requiere interrumpir un cable de transporte de corriente existente entre el fusible de protección 5 y la carga eléctrica 7.

En la realización ilustrada en la Fig. 1, el aparato de detección de fallo de fusible 1 está situado detrás del fusible de protección 5, es decir, en el lado de salida del fusible de protección 5, en su lado orientado hacia la carga. En una realización alternativa, el aparato de detección de fallo de fusible 1 según la presente invención también puede estar situado en el lado del fusible de protección 5 que da a la fuente eléctrica 6.

En una posible realización, el componente sensor de corriente 2 ilustrado en la Fig. 1 puede adaptarse para medir una corriente eléctrica continua proporcionada por la fuente eléctrica 6 y suministrada a la carga eléctrica 7 a través de la trayectoria de suministro de corriente. En una realización alternativa, el elemento sensor de corriente 2 se adapta para medir una corriente eléctrica alterna que fluye desde una fuente de corriente eléctrica alterna 6 a través de la trayectoria de suministro de corriente a la carga eléctrica 7.

El elemento sensor de corriente 2 puede comprender, en una posible implementación, una resistencia shunt que está conectada en serie al fusible de protección 5 dentro de la trayectoria de suministro de corriente de la carga 7. La tensión a lo largo de la resistencia shunt es directamente proporcional a la corriente eléctrica que fluye a través de la resistencia shunt.

En una realización alternativa, el elemento sensor de corriente 2 puede comprender una bobina, en particular una bobina de Rogowski, que está adaptada para medir corrientes eléctricas alternas o impulsos de corriente de alta velocidad. La bobina de Rogowski puede responder a corrientes eléctricas que cambian rápidamente en unos nanosegundos debido a su baja inductancia.

El elemento sensor de corriente 2 también puede comprender otros tipos de elementos sensores de corriente, en particular sensores de corriente de efecto Hall o sensores de magnetorresistencia gigante GMR. Un sensor de efecto Hall está adaptado para medir la magnitud de un campo magnético que puede ser causado por la corriente eléctrica que fluye a lo largo de la trayectoria de suministro de corriente. Por consiguiente, en una posible realización, la fijación de un elemento sensor de corriente 2 a la trayectoria de suministro de corriente no requiere una conexión galvánica. En una realización de este tipo, el aparato de detección de fallo de fusible 1 está aislado galvánicamente de la trayectoria de suministro de corriente entre la fuente 6 y la carga 7. Esto aumenta la fiabilidad operativa del aparato de detección de fallo de fusible 1 en caso de que se produzcan sobrecorrientes de cortocircuito elevadas. Por otra parte, puede facilitarse la ampliación de un sistema de distribución de energía existente, ya que el elemento sensor de corriente 2 sólo está unido mecánicamente a la trayectoria de suministro de corriente para medir el campo magnético sin necesidad de interrumpir la trayectoria de suministro de corriente al montar el aparato de detección de fallo de fusible 1 en el cable de transporte de corriente entre el fusible de protección 5 y la carga 7.

Como puede observarse en el diagrama de bloques de la Fig. 1, el aparato de detección de fallo de fusible 1 no requiere una toma del potencial eléctrico a ambos lados del fusible de protección 5. El aparato de detección de

fallo de fusible 1 de acuerdo con la presente invención se instala en el lado aguas arriba del fusible de protección 5 orientado hacia la fuente eléctrica 6 o en el lado aguas abajo del fusible de protección 5 orientado hacia la carga eléctrica 7.

- 5 El elemento sensor de corriente 2 mide la corriente eléctrica I que fluye a través del fusible de protección 5 y notifica la corriente eléctrica I medida a la unidad de determinación 3 del aparato de detección de fallo de fusible 1, tal como se ilustra en la Fig. 1. La unidad de determinación 3 está adaptada para determinar una energía térmica generada en el fusible de protección 5 en función de la corriente eléctrica I medida por el elemento sensor de corriente 2. En una posible realización, la unidad de determinación 3 está adaptada para calcular un valor en
- 10 Amperios al cuadrado por segundo que representa la energía térmica generada en el fusible de protección 5 en respuesta a la corriente eléctrica I medida por el elemento sensor de corriente 2.

- El aparato de detección de fallo de fusible 1 comprende además una unidad de detección de fallos 4 adaptada para detectar automáticamente un fallo del fusible de protección 5, si la energía térmica determinada supera un
- 15 valor umbral predeterminado y si la corriente eléctrica medida por el elemento sensor de corriente 2 ha dejado de circular por el fusible de protección 5.

- La unidad de detección de fallos 4 está adaptada para generar automáticamente, en una posible realización, una señal de detección de fallo del fusible FFDS que indique un posible fallo del fusible de protección 5 debido a un cortocircuito, si la energía térmica determinada ha superado el valor umbral predeterminado y si la corriente eléctrica I medida por el elemento sensor de corriente 2 ha dejado de fluir a través del fusible de protección 5. En una posible realización, la unidad de detección de fallos 4 está adaptada para comparar el valor calculado en
- 20 Amperios al cuadrado por segundo con un valor predeterminado en Amperios al cuadrado por segundo para generar la señal de detección de fallo del fusible FFDS, si la energía térmica determinada ha superado el valor umbral predeterminado y si la corriente eléctrica I medida por el elemento sensor de corriente 2 ha dejado de fluir a través del fusible de protección 5.
- 25

- El valor I^2t está relacionado con la cantidad de energía que deja pasar un elemento fusible cuando elimina el fallo eléctrico. Este término se utiliza normalmente en condiciones de cortocircuito y los valores pueden utilizarse para
- 30 realizar la coordinación en redes eléctricas. Los parámetros I^2t pueden obtenerse mediante gráficos en las hojas de datos del fabricante para los distintos tipos de fusibles. Para coordinar el funcionamiento del fusible con dispositivos aguas arriba o aguas abajo, se especifican tanto la I^2t de fusión como la I^2t de eliminación. La I^2t de fusión es proporcional a la cantidad de energía necesaria para iniciar la fusión del elemento fusible. La I^2t de eliminación es proporcional a la energía total que deja pasar el fusible al eliminar un fallo. La energía depende principalmente de la corriente y del tiempo así como del nivel de fallo disponible y la tensión del sistema. Dado que
- 35 el valor I^2t del fusible es proporcional a la energía que deja pasar, es una medida del daño térmico ocasionado por el calor y las fuerzas magnéticas al producirse un fallo.

- En una posible realización, la unidad de detección de fallos 4 genera la señal de detección de fallo de fusible FFDS sólo si se cumple una condición adicional, es decir, si una señal de estado de conmutación SWSS recibida indica que la carga asociada 7 no ha sido desconectada externamente por un interruptor de protección asociado 8 proporcionado dentro de la ruta de suministro de corriente. En esta realización, la unidad de detección de fallos 4 puede incluir una interfaz para recibir una señal de estado de conmutación SWSS del interruptor de protección 8 que está conectado en serie con el fusible de protección 5 a lo largo de la trayectoria de alimentación de corriente
- 40 de la carga 7. El interruptor de protección 8 puede contener un interruptor de protección electromecánico y/o un interruptor de protección semiconductor.
- 45

- En una posible realización, la unidad de detección de fallos 4 está adaptada adicionalmente para generar una señal de aviso de fallo por sobrecarga OFWS si la entrada de energía determinada en el fusible de protección 5 por la corriente eléctrica que fluye a lo largo de la trayectoria de suministro de corriente supera un valor umbral predeterminado. La señal de aviso de fallo por sobrecarga OFWS generada puede indicar un fallo inminente, es decir, futuro, del fusible de protección 5 debido a una corriente de sobrecarga. En una posible realización, la unidad de determinación 3 puede determinar una entrada de energía en el fusible de protección 5 calculando un balance de transferencia de calor para el fusible de protección 5 como una diferencia entre el calor generado por la corriente eléctrica I que fluye a través del fusible de protección 5 y el calor disipado por el fusible de protección 5. Por consiguiente, si la energía térmica determinada no supera el valor umbral predeterminado, pero la intensidad de la corriente eléctrica medida I es superior a una corriente eléctrica nominal predeterminada, puede determinarse una entrada de energía en el fusible de protección 5 causada por la corriente eléctrica I que fluye. Si esta entrada de energía supera un valor umbral predefinido, la unidad de detección de fallos 4 puede generar la señal de aviso de
- 50 fallo por sobrecarga OFWS y emitirla a través de una interfaz del aparato de detección de fallo de fusible 1. En la realización ilustrada de la Fig. 1, el aparato de detección de fallo de fusible 1 comprende una interfaz de datos que se proporciona para dar salida a la señal de detección de fallo de fusible FFDS generada y a la señal de aviso de fallo por sobrecarga OFWS. La señal de detección de fallo de fusible FFDS indica un fallo del fusible de protección 5 debido a una corriente de cortocircuito. En este escenario, el fusible de protección 5 ya se ha roto o fundido debido a la elevada sobrecorriente de cortocircuito. Por el contrario, la señal de aviso de fallo por sobrecarga
- 55
- 60
- 65

OFWS indica un posible fallo futuro del fusible de protección 5 debido a una corriente de sobrecarga que fluye a lo largo de la trayectoria de suministro de corriente.

Tanto la señal de detección de fallo de fusible FFDS como la señal de aviso de fallo por sobrecarga OFWS pueden ser suministradas a un controlador local o remoto para activar automáticamente contramedidas. En caso de que el controlador local o remoto reciba una señal de detección de fallo de fusible FFDS, el fusible de protección 5 que se ha roto debido a la corriente de cortocircuito debe sustituirse. En caso de que el controlador local o remoto reciba la señal de aviso de fallo por sobrecarga OFWS, el fusible de protección 5 sigue operativo, pero puede estar dañado por la corriente de sobrecarga que fluye, por lo que deberá ser sustituido por un operario de mantenimiento en un futuro próximo. La señal de aviso de fallo por sobrecarga OFWS avisa de un posible fallo de funcionamiento del fusible de protección 5 en el futuro y puede, en una posible realización, desencadenar automáticamente una operación de mantenimiento preventivo del sistema distribuido.

En la realización ilustrada, el aparato de detección de fallo de fusible 1 puede comprender una interfaz de control para recibir una señal de estado de conmutación SWSS del interruptor de protección 8 que puede estar conectado en serie al fusible de protección 5 dentro de la trayectoria de suministro de corriente. El interruptor de protección 8 puede ser un elemento separado, en particular un dispositivo semiconductor como un transistor bipolar de puerta aislada IGBT, un transistor de efecto de campo semiconductor de óxido metálico MOSFET u otros dispositivos semiconductores de conmutación como un transistor de unión bipolar BJT o un transistor de efecto de campo de puerta de unión JFET. Otras formas de realización posibles comprenden un tiristor o un tiristor integrado de puerta conmutada IGCT. Tan pronto como el interruptor de protección 8 haya desconectado la carga eléctrica 7, la señal de estado de conmutación SWSS puede ponerse a nivel lógico alto, indicando que la carga asociada 7 ha sido desconectada por el interruptor de protección 8. Mientras la señal de estado de conmutación SWSS sea lógicamente baja e indique que la carga asociada no ha sido desconectada externamente por el interruptor de protección 8, la unidad de detección de fallos 4 puede generar automáticamente la señal de detección de fallo de fusible FFDS, si la energía térmica determinada ha superado el valor umbral predeterminado y la unidad de detección de fallos 4 detecta que la corriente eléctrica medida por el elemento sensor de corriente 2 ha dejado de circular por el fusible de protección 5. En esta realización, la unidad de detección de fallos 4 puede supervisar la amplitud del flujo eléctrico medido por el elemento sensor de corriente 2. Si la amplitud de la corriente eléctrica descende a cero, la unidad de detección de fallos 4 puede determinar que la corriente eléctrica I ha dejado de fluir a través del fusible de protección 5. Por consiguiente, en una realización preferida, la unidad de detección de fallos 4 genera la señal de detección de fallo de fusible FFDS sólo si se cumplen tres condiciones. Una primera condición es que el valor calculado en Amperios al cuadrado por segundo haya superado un valor predeterminado en Amperios al cuadrado por segundo. Una segunda condición es que la corriente eléctrica I que fluye a través del fusible de protección 5 y que mide el elemento sensor de corriente 2 haya dejado de fluir. Una tercera condición es que la señal de estado de conmutación SWSS recibida indique que el interruptor de protección 8 no ha realizado ninguna desconexión, es decir, que la señal de estado de conmutación SWSS recibida sea lógicamente baja.

En una posible realización del aparato de detección de fallo de fusible 1, el elemento sensor de corriente 2, la unidad de determinación 3 y la unidad de detección de fallos 4 pueden integrarse en una carcasa de un dispositivo correspondiente. En una realización alternativa, las diferentes unidades del aparato de detección de fallo de fusible 1, en particular la unidad de determinación 3 y la unidad de detección de fallos 4, pueden distribuirse en diferentes ubicaciones dentro del sistema de distribución de energía. En otra posible realización, la carcasa del aparato de detección de fallo de fusible 1 también puede incluir el interruptor de protección 8, como se ilustra en el diagrama de bloques de la Fig. 1.

La Fig. 2 muestra un diagrama de flujo para ilustrar una posible realización ejemplar de un método para la detección de un fallo de un fusible de protección como el fusible de protección 5 ilustrado en el diagrama de bloques de la Fig. 1. En la realización ilustrada, el método comprende tres pasos principales S_A , S_B , S_C .

La invención proporciona según un aspecto un método para la detección de un fallo de fusible de un fusible de protección 5 utilizado para proteger al menos una carga asociada 7 contra sobrecorriente y/o contra sobrecarga, comprendiendo el método los pasos de:

medir en el paso S_A una corriente eléctrica, I_m , que fluye a través del fusible de protección 5 en una trayectoria de corriente hacia dicha carga 7 por medio de un elemento sensor de corriente 2;
determinar en el paso S_B uno o varios indicadores de fallo F_{is} cada uno adaptado para indicar un posible fallo del fusible de protección 5 en base a la corriente eléctrica medida, I_m ;
y detectar en el paso S_C automáticamente un fallo del fusible de protección 5 si el al menos un indicador de fallo F_I determinado indica un posible fallo del fusible de protección 5 y si la corriente eléctrica, I_m , medida por el elemento sensor de corriente 2 ha dejado de fluir ($I_m=0$) a través de dicho fusible de protección 5 o está por debajo de un valor umbral de corriente predefinido ($I_m < I_{mth}$).

Una ventaja del método según la presente invención es que funciona de forma fiable incluso en entornos difíciles. La posibilidad de aislamiento galvánico proporciona aquí una gran ventaja. En consecuencia, el nivel de tensión y

episodios de sobretensión pueden mantenerse separados del usuario y del equipo lógico. Además, el circuito de evaluación puede mantenerse a salvo de condiciones ambientales extremas.

5 Otra ventaja del método según la presente invención es que el fallo de un fusible de protección 5 puede detectarse muy rápidamente dentro de un corto tiempo de detección de menos de un milisegundo.

10 En una posible realización del método según la presente invención, un primer indicador de fallo FI1 comprende un valor calculado en Amperios al cuadrado por segundo (I^2t) que indica una energía térmica generada en el fusible de protección 5 que excede un valor umbral predefinido.

15 En una posible realización del método según la presente invención, un segundo indicador de fallo FI2 comprende una corriente eléctrica medida, I_m , que excede una corriente nominal predefinida, I_R , del fusible de protección 5.

20 En una posible realización del método según la presente invención, un tercer indicador de fallo FI3 comprende un aumento de corriente o una pendiente de corriente (dI/dt) de la corriente eléctrica medida, I_m , que excede un aumento de corriente predefinido (dI/dt_{max}).

25 En una posible realización del método según la presente invención, cada indicador de fallo FI comprende un marcador de indicación de fallo FIF que se inicia o reinicia dentro de un ciclo de evaluación predefinido EC en respuesta a la corriente eléctrica, I_m , medida por el elemento sensor de corriente 2 dentro del ciclo de evaluación predefinido EC. En una posible realización del método según la presente invención, los valores lógicos de los marcadores de indicación de fallo FIF de los indicadores de fallo FI iniciados o reiniciados en un ciclo de evaluación EC se almacenan en un registro para el siguiente ciclo de evaluación.

30 En una posible realización del método según la presente invención, los valores lógicos de los marcadores de indicación de fallo FIF de los indicadores de fallo Fis son procesados por una unidad de cálculo del aparato de detección de fallo de fusible 1 para calcular un nivel de confianza CONF-LEV que indica una probabilidad total de que el fusible de protección 5 haya fallado. En una posible realización del método según la presente invención, el fallo del fusible de protección 5 se determina mediante la unidad de determinación 3 del aparato de detección de fallo de fusible 1, si el nivel de confianza CONF-LEV calculado supera un umbral de nivel de confianza predefinido y si la corriente eléctrica rent, I_m , medida por el elemento sensor de corriente 2 ha dejado de fluir a través de dicho fusible de protección 5 o está por debajo de un valor umbral de corriente predefinido ($I_m < I_{mth}$).

35 En una posible realización del método según la presente invención, el nivel de confianza CONF-LEV, que indica una probabilidad máxima de que el fusible de protección 5 haya fallado, se calcula en función de los valores lógicos de los marcadores de indicación de fallo FIF y/o en función de al menos una señal de estado externa. También la amplitud de la tensión de entrada es una posible señal externa que se puede monitorizar.

40 En una posible realización del método según la presente invención, la señal de estado externa comprende una señal de estado de conmutación (SWSS) que indica que la carga asociada 7 no ha sido desconectada externamente por un interruptor de protección 8.

45 En una posible realización del método según la presente invención, los indicadores de fallo Fis comprenden indicadores de fallo multi-nivel.

50 En una posible realización del método según la presente invención, el primer indicador de fallo FI1 y el segundo indicador de fallo FI2 se escalan en función de un número, k , de trayectorias de corriente paralelas conectadas a múltiples cargas 7. La idea es supervisar k ramas fusionadas, es decir, trayectorias de suministro de corriente con una sola unidad de supervisión 1 según la presente invención.

55 En una posible realización del método según la presente invención, una corriente eléctrica media, I_{mavg} , es calculada por la unidad de cálculo en base a las corrientes eléctricas medidas, I_m , que fluyen a través de trayectorias de corriente paralelas a la carga 7 y se utiliza como un umbral de corriente predefinido (I_{mth}).

60 En una posible realización del método según la presente invención, si la energía térmica determinada indicada por el valor calculado en Amperios al cuadrado por segundo (I^2t) no excede el valor umbral predefinido, pero la amplitud de la corriente eléctrica medida, I_m , es superior a una corriente nominal predeterminada, I_R , se detecta una entrada de energía en dicho fusible de protección 5 causada por una corriente eléctrica fluyente.

En una posible realización del método según la presente invención, si la entrada de energía determinada en el fusible de protección 5 por la corriente eléctrica supera un valor umbral predeterminado, se genera automáticamente una señal de aviso de fallo por sobrecarga (OFWS) que indica un fallo inminente del fusible de protección 5 debido a una corriente de sobrecarga.

En una posible realización del método según la presente invención, la entrada de energía en el fusible de protección 5 se determina calculando un balance de transferencia de calor para el fusible de protección 5 como diferencia entre el calor generado por la corriente eléctrica que fluye a través del fusible de protección 5 y el calor disipado por el fusible de protección 5.

La invención proporciona según otro aspecto un aparato de detección de fallo de fusible 1 previsto para la detección de un fallo de un fusible de protección 5 utilizado para proteger una carga asociada 7 contra sobrecorriente y/o contra sobrecarga como se ilustra en el diagrama de bloques de la Fig. 1. El aparato de detección de fallo de fusible 1 comprende un elemento sensor de corriente 2 adaptado para medir una corriente eléctrica, I_m , que fluye a través del fusible de protección 5 en una trayectoria de corriente hacia dicha carga 7. El aparato de detección de fallo de fusible 1 también comprende una unidad de determinación 3 adaptada para determinar uno o más indicadores de fallo F_{is} , que están adaptados para indicar un posible fallo del fusible de protección 5 en base a la corriente eléctrica, I_m , medida por el elemento sensor de corriente 2. El aparato de detección de fallo de fusible 1 comprende además una unidad de detección de fallos 4 adaptada para detectar automáticamente un fallo del fusible de protección 5 si el al menos un indicador de fallo FI determinado indica un posible fallo del fusible de protección 5 y si la corriente eléctrica, I_m , medida por el elemento sensor de corriente 2 ha dejado de fluir ($I_m=0$) a través de dicho fusible de protección 5 o está por debajo de un valor umbral de corriente predefinido ($I_m < I_{mth}$).

En una posible realización del aparato de detección de fallo de fusible 1 según la presente invención, tal como se muestra en la Fig.1, el al menos un indicador de fallo FI comprende un primer indicador de fallo FI1 que comprende un valor calculado en Amperios al cuadrado por segundo (I^2t) que indica una energía térmica generada en el fusible de protección 5 que supera un valor umbral predefinido, un segundo indicador de fallo FI2 que comprende una corriente eléctrica medida, I_m , que supera una corriente nominal predefinida, I_R , del fusible de protección 5; y un tercer indicador de fallo FI3 que comprende un incremento de corriente (dI/dt) de la corriente eléctrica medida, I_m , que supera un incremento de corriente predefinido (dI/dt_{max}).

En una posible realización del aparato de detección de fallo de fusible 1 según la presente invención, cada indicador de fallo FI comprende un marcador de indicación de fallo FIF que se inicia o se reinicia dentro de un ciclo de evaluación predefinido EC en respuesta a la corriente eléctrica, I_m , medida por el elemento sensor de corriente 2 dentro del ciclo de evaluación predefinido EC. El ciclo de evaluación mínimo comprende dos muestras del sistema ADC. El ciclo de evaluación máximo puede comprender múltiples periodos de red. Por ejemplo, en una posible realización se realiza una evaluación cada 10 ms (medio periodo de red en sistemas de 50 Hz). Además, en otra posible realización se puede realizar una autoadaptación del ciclo de evaluación. Cuanto más alto sea el nivel de estrés, más corto será el ciclo de evaluación EC que se puede ajustar.

En una posible realización del aparato de detección de fallo de fusible 1 según la presente invención, los marcadores de indicación de fallo FIF de los indicadores de fallo FI que se inician o reinician en un ciclo de evaluación EC se almacenan en un registro correspondiente para el siguiente ciclo de evaluación.

En una posible realización del aparato de detección de fallo de fusible 1 según la presente invención, dicho aparato incorpora adicionalmente una unidad de cálculo adaptada para procesar los marcadores de indicación de fallo almacenados FIF de los indicadores de fallo FI para calcular un nivel de confianza CONF-LEV que indica una probabilidad total de que el fusible de protección 5 haya fallado.

En una posible realización del aparato de detección de fallo de fusible 1 según la presente invención, se determina un fallo del fusible de protección 5 si el nivel de confianza calculado CONF-LEV supera un umbral de nivel de confianza predefinido y si la corriente eléctrica, I_m , medida por el elemento sensor de corriente 2 ha dejado de fluir a través de dicho protective fuse 5 o está por debajo de un valor umbral de corriente predefinido ($I_m < I_{mth}$).

En una posible realización del aparato de detección de fallo de fusible 1 según la presente invención, el nivel de confianza CONF-LEV que indica una probabilidad total de que el fusible de protección 5 haya fallado es calculado por la unidad de cálculo en función del valor lógico de los marcadores de indicación de fallo FIF y en función de al menos una señal de estado externa.

En una posible realización del aparato de detección de fallo de fusible 1 según la presente invención, la señal de estado externa comprende una señal de estado de conmutación (SWSS) que indica que la carga asociada 7 no ha sido desconectada externamente por un interruptor de protección 8.

En una posible realización del aparato de detección de fallo de fusible 1 según la presente invención, los indicadores de fallos F_{is} comprenden indicadores de fallos multinivel.

En una posible realización del aparato de detección de fallo de fusible 1 según la presente invención, el primer indicador de fallos FI1 y el segundo indicador de fallos FI2 se escalan en función de un número, k , de trayectorias de corriente paralelas conectadas a múltiples cargas 7.

En una posible realización del aparato de detección de fallo de fusible 1 según la presente invención, la unidad de cálculo está adaptada para calcular una corriente eléctrica media, I_{mavg} , en base a las corrientes eléctricas medidas, I_m , que fluyen a través de trayectorias de corriente paralelas a la carga 7, en donde la corriente eléctrica media calculada, I_{mavg} , se utiliza como umbral de corriente predefinido (I_{mth}).

En una posible realización del aparato de detección de fallo de fusible 1 según la presente invención, la unidad de detección de fallos 4 está adaptada para generar automáticamente una señal de detección de fallo de fusible (FFDS) que indica un fallo probable del fusible de protección 5 debido a una corriente de cortocircuito si el al menos un indicador de fallo FI indica un posible fallo del fusible de protección 5 y si la corriente eléctrica, I_m , medida por el elemento sensor de corriente 2 deja de circular por el fusible de protección 5 ($I_m=0$) o si la corriente eléctrica, I_m , medida por el elemento sensor de corriente 2 está por debajo de un valor umbral de corriente predefinido ($I_m < I_{mth}$).

En una posible realización del aparato de detección de fallo de fusible 1 según la presente invención, la unidad de determinación 3 está adaptada para calcular un valor en Amperios al cuadrado por segundo (I^2t) que representa una energía térmica generada en el fusible de protección 5 en respuesta a la corriente eléctrica, I_m , medida por el elemento sensor de corriente 2, y en donde la unidad de detección de fallos 4 está adaptada para comparar el valor en Amperios al cuadrado por segundo (I^2t) calculado con un valor predeterminado en Amperios al cuadrado por segundo (I^2t) para generar una señal de detección de fallo de fusible (FFDS), si la energía térmica determinada ha superado un valor umbral predeterminado y la corriente eléctrica, I_m , medida por el elemento sensor de corriente 2 ha dejado de fluir a través de dicho fusible de protección 5 y si una señal de estado de conmutación (SWSS) recibida indica que la carga asociada 7 no ha sido desconectada externamente por el interruptor de protección 8.

En una posible realización del aparato de detección de fallo de fusible 1 según la presente invención, la unidad de determinación 3 está adaptada además para determinar una entrada de energía en dicho fusible de protección 5 causada por la corriente eléctrica que fluye, I_m , si la energía térmica determinada no supera el valor umbral predeterminado pero la amplitud de la corriente eléctrica medida, I_m , es superior a una corriente nominal (I_R) predeterminada.

En una posible realización del aparato de detección de fallo de fusible 1 según la presente invención, la unidad de detección de fallos 4 está adaptada para generar una señal de aviso de fallo por sobrecarga (OFWS), si la entrada de energía determinada en el fusible de protección 5 por la corriente eléctrica, I , supera un valor umbral predeterminado, en donde la señal de aviso de fallo por sobrecarga (OFWS) generada indica un fallo inminente del fusible de protección 5 debido a una corriente de sobrecarga.

En una posible realización del aparato de detección de fallo de fusible 1 según la presente invención, la unidad de determinación 3 está adaptada para determinar una entrada de energía en el fusible de protección 5 mediante el cálculo de un balance de transferencia de calor para el fusible de protección 5 como una diferencia entre el calor generado por la corriente eléctrica, I , que fluye a través del fusible de protección 5 y el calor disipado por el fusible de protección 5.

En una posible realización del aparato de detección de fallo de fusible 1 según la presente invención, el componente sensor de corriente 2 está adaptado para medir una corriente eléctrica continua y/o está adaptado para medir una corriente eléctrica alterna que fluye a través de la trayectoria de corriente correspondiente.

En una posible realización del aparato de detección de fallo de fusible 1 según la presente invención, el elemento sensor de corriente 2 está conectado en serie al fusible de protección 5 dentro de una trayectoria de suministro de corriente de la carga 7 o está unido a la trayectoria de suministro de corriente de la carga 7.

En una posible realización del aparato de detección de fallo de fusible 1 según la presente invención, la unidad de detección de fallos 4 comprende una interfaz para recibir señales de estado externas, en particular de un interruptor de protección 8 que está conectado en serie con el fusible de protección 5 a lo largo de la trayectoria de suministro de corriente de la carga 7, como se muestra en la Fig. 1.

En una posible realización del aparato de detección de fallo de fusible 1 según la presente invención, dicho aparato comprende una interfaz de usuario UI adaptada para emitir una señal de advertencia de fallo, estados momentáneos de los indicadores de fallo Fis y de las señales de estado y para emitir un nivel de confianza CONF-LEV que indica una probabilidad total de que el fusible de protección 5 haya fallado, calculada por una unidad de cálculo en función de los valores lógicos de los marcadores de indicación de fallo FIF de los indicadores de fallo Fis y en función de al menos una señal de estado externa.

La invención proporciona según otro aspecto un dispositivo adaptador que comprende un aparato de detección de fallo de fusible 1 según un aspecto de la actual invención como se ilustra en el diagrama de bloque de la Fig.1.

La invención proporciona, según otro aspecto, un método para la detección de un fallo de un fusible de protección utilizado para proteger una carga asociada 7 contra sobrecorriente y/o contra sobrecarga, donde el método comprende los pasos de:

medir en un paso S_A una corriente eléctrica que fluye a través del fusible de protección 5 hacia dicha carga 7 por medio de un elemento sensor de corriente 2;

determinar en un paso S_B una energía térmica generada en el fusible de protección 5 en función de la corriente eléctrica medida y

detectar en un paso S_C automáticamente un fallo del fusible de protección 5 si la energía térmica determinada supera un valor umbral predeterminado y si la corriente eléctrica medida por el elemento sensor de corriente 2 ha dejado de fluir a través de dicho fusible de protección 5.

En consecuencia, el indicador de fallo utilizado FI puede ser que la energía térmica determinada supere un umbral predeterminado.

En el primer paso S_A , se detecta una corriente eléctrica que fluye a través del fusible de protección 5 hacia la carga 7 por medio de un elemento sensor de corriente 2. El elemento sensor de corriente 2 puede estar integrado en la carcasa de un aparato de detección de fallo de fusible 1, tal como se ilustra en el diagrama de bloques de la Fig. 1. El elemento sensor de corriente 2 también puede ser un elemento separado conectado a la unidad de determinación 3 y a la unidad de detección de fallos 4 a una línea de señal del sensor. La corriente eléctrica medida I puede comprender una corriente continua y/o una corriente alterna.

En otro paso S_B , se determina la energía térmica generada en el fusible de protección 5 en función de la corriente eléctrica medida. En una posible realización, la energía térmica puede calcularse como un valor en Amperios al cuadrado por segundo y compararse con un valor umbral predefinido.

En un paso adicional S_C , se detecta automáticamente un fallo del fusible de protección 5, si la energía térmica determinada en el paso S_B alcanza el valor umbral predefinido y si, como segunda condición, la corriente eléctrica I medida por el elemento sensor de corriente 2 en el paso S_A ha dejado de fluir a través del fusible de protección 5. Si se detecta tal fallo puede generarse una señal de detección de fallo de fusible FFDS que indica un probable fallo del fusible de protección 5 debido a una corriente de cortocircuito.

La Fig. 3 muestra un diagrama de flujo de una posible realización del método de un fallo de un fusible de protección 5.

El proceso comienza en el paso S_0 . En otro paso S_1 , se determina si puede detectarse un flujo de corriente. Se detecta un flujo de corriente si la amplitud de la corriente eléctrica I medida por el componente sensor de corriente 2 supera un valor umbral predeterminado durante un intervalo de tiempo mínimo predeterminado. Si se ha detectado un flujo de corriente en el paso S_1 , se puede calcular un valor en Amperios al cuadrado por segundo de la corriente eléctrica I medida y se puede comparar en el paso S_2 con un valor umbral en Amperios al cuadrado por segundo predefinido. Este valor umbral en Amperios al cuadrado por segundo predefinido comprende un parámetro que puede establecerse durante la inicialización en una memoria de configuración de la unidad de determinación 3. En una posible implementación, el valor umbral en Amperios al cuadrado por segundo almacenado en la memoria de configuración también puede ser ajustado por un usuario u operador mediante una interfaz de usuario o ajustado por un controlador externo a través de una interfaz de datos del aparato de detección de fallo de fusible 1. Un parámetro adicional que puede ajustarse en la memoria de configuración es el valor umbral de Amperios al cuadrado por segundo. Otro parámetro que puede ajustarse en el registro de configuración o en la memoria de configuración puede ser la corriente eléctrica nominal visible para la carga 7 o la corriente nominal del tipo de fusible utilizado. La comparación del valor en Amperios al cuadrado por segundo calculado y el valor umbral en Amperios al cuadrado por segundo predefinido puede realizarse en una posible implementación mediante un comparador de la unidad de detección de fallos 4. Éste puede ser un comparador de hardware o una representación lógica dentro del código de programa de un controlador. En una posible implementación, el valor en Amperio al cuadrado por segundo puede calcularse basándose en la corriente medida en una posible realización por cada diez milisegundos. Este periodo de tiempo puede variar dependiendo del caso de uso. En una posible realización el periodo de tiempo para el cálculo del valor en Amperios al cuadrado por segundo es ajustable. Si el valor en Amperios al cuadrado por segundo no supera el valor umbral predefinido, se realiza otra comparación en el paso S_3 , como se ilustra en el diagrama de flujo de la Fig. 3. En el paso S_3 se determina si la corriente eléctrica medida excede una corriente eléctrica nominal predefinida que puede leerse en la memoria de configuración del aparato de detección de fallo de fusible 1. Si éste no es el caso, el fusible de protección 5 todavía se encuentra en la franja de funcionamiento normal y no se ha producido ninguna situación crítica. Por el contrario, si la corriente eléctrica medida supera la corriente nominal predefinida, en el paso S_4 puede calcularse o determinarse una entrada de energía en el fusible de protección 5 causada por la corriente eléctrica I que fluye. En una posible realización, la unidad de determinación 3 determina en el paso S_4 una entrada de energía en el fusible de protección 5 mediante el cálculo de un balance de transferencia de calor para el fusible de protección 5. El balance de transferencia de calor comprende una diferencia entre el calor generado por la corriente eléctrica I que fluye a través del fusible de protección 5 y el calor disipado por el fusible de protección 5. Si la entrada de energía en el

fusible de protección 5 por la corriente eléctrica I supera un valor umbral predefinido, en una realización preferida, la unidad de detección de fallos 4 puede generar en el paso S4 una señal de aviso de fallo por sobrecarga OFWS que indica un posible fallo inminente del fusible de protección 5 debido a una corriente de sobrecarga.

En consecuencia, la señal de aviso de fallo por sobrecarga OFWS se genera en una situación en la que la energía térmica representada por el valor calculado en Amperios al cuadrado por segundo no supera un umbral predefinido, pero la corriente eléctrica que circula por el fusible de protección 5 es superior a una corriente eléctrica nominal predefinida, es decir, en una situación de sobrecarga de corriente. En una realización preferida, la señal de aviso de fallo por sobrecarga OFWS se genera automáticamente, si el balance de transferencia de calor calculado indica una entrada de energía crítica en el fusible de protección 5 que pueda causar un daño probable al fusible de protección 5.

En el paso S5, se determina si la corriente eléctrica I que fluye a través del fusible de protección 5 y que mide el elemento sensor de corriente 2 se ha detenido o no. Si la corriente eléctrica I sigue fluyendo, el procedimiento vuelve al paso S2, como se muestra en el diagrama de flujo de la Fig. 3. Por el contrario, si la corriente eléctrica I monitorizada ha dejado de fluir, en el paso S6 se decide si la interrupción de la corriente eléctrica I ha sido causada por un interruptor de protección externo, como el interruptor de protección 8 ilustrado en el diagrama de bloques de la Fig. 1. En una posible realización, la señal de estado de conmutación SWSS recibida se evalúa para decidir si se ha realizado una desconexión externa. Si la señal de estado de conmutación SWSS recibida indica una desconexión externa, el proceso vuelve al paso S1 como se ilustra en el diagrama de flujo de la Fig. 3. Sin embargo, si la señal de estado de conmutación SWSS indica que no se ha realizado ninguna desconexión externa, se concluye en el paso S7 que el fusible de protección 5 se ha roto debido a una corriente de cortocircuito elevada. En este caso, la unidad de detección de fallos 4 puede generar automáticamente en el paso S7 una señal de detección de fallo de fusible FFDS indicando un posible fallo del fusible de protección 5 debido a una corriente de cortocircuito.

Como puede verse en la Fig. 3, hay dos parámetros que pueden ajustarse externamente, a saber, el valor umbral predeterminado en Amperios al cuadrado por segundo I^2t_{max} y la corriente nominal I_n . En una posible implementación, ambos parámetros pueden configurarse en una fase de inicialización. En otra realización, los parámetros también pueden ajustarse durante el funcionamiento del aparato de protección contra fallo de fusible 1 a través de una interfaz de usuario o de datos. La interfaz de datos puede conectar el aparato de detección de fallo de fusible 1 con un controlador remoto o local que puede ajustar los parámetros durante el funcionamiento del sistema de alimentación distribuida. Además, la corriente nominal I_n puede adaptarse en función de la carga 7 a proteger por el fusible de protección 5. En una posible implementación, se puede leer una corriente nominal admisible I_R de una base de datos o de una memoria local integrada en la carga 7 a proteger.

El fusible de protección 5 incluye elementos fusibles. Estos elementos fusibles dentro del fusible de protección 5 pueden fundirse para proteger la carga aguas abajo a la que está conectado el fusible de protección 5. El fusible de protección puede denominarse también como un dispositivo sacrificial en el circuito. Los elementos fusibles del fusible de protección 5 están especialmente diseñados para soportar una cantidad específica de corriente eléctrica de forma continua sin abrirse. Esto se denomina corriente nominal I_n del fusible de protección 5. Si la corriente eléctrica I fluye a través de estos puentes de elementos o restricciones del fusible eléctrico 5, se genera calor. Hasta que se equilibra la transferencia de calor, los elementos fusibles siguen transportando la corriente eléctrica según lo previsto. Se alcanza un equilibrio en la transferencia de calor cuando el calor generado es igual al calor disipado.

Por el contrario, si se produce un desequilibrio en la transferencia de calor debido a condiciones de sobrecorriente como una sobrecarga o un cortocircuito, la cantidad de calor generado es mayor que el calor disipado. Esto, a su vez, provoca un aumento de la temperatura en los elementos fusibles del fusible de protección 5 realizado por restricciones o puntos débiles. Si el aumento de temperatura alcanza el punto de fusión de los elementos fusibles (por ejemplo, 1085°C para el cobre o 962°C para la plata), los puentes de elementos del fusible de protección 5 empiezan a fundirse y romperse, lo que provoca una interrupción de la corriente eléctrica I que fluye a través del fusible de protección 5 hacia la carga protegida 7. En caso de cortocircuito, los elementos fusibles del fusible de protección 5 comienzan a fundirse y separan en unos pocos milisegundos la carga de protección 7 de la fuente eléctrica 6. Durante este período de tiempo, un arco eléctrico puede ser generado dentro del fusible 5 como también se ilustra en los diagramas de señal de las Figs. 4A, 4B.

La energía térmica generada durante la interrupción de una corriente de fallo por el fusible de protección 5 puede expresarse en julios y se denomina comúnmente Amperio al cuadrado por segundo. La energía térmica es proporcional al cuadrado de la corriente eléctrica I durante el tiempo de funcionamiento t .

La energía térmica generada puede representarse como un valor de fusión en Amperios al cuadrado por segundo, un valor de arco en Amperios al cuadrado por segundo y un valor de eliminación en Amperios al cuadrado por segundo.

El valor de fusión en Amperios al cuadrado por segundo I^2t es la energía térmica que pasa a través del fusible de protección 5 después de que se produzca una sobrecorriente y hasta que se funde el elemento fusible.

5 El valor de arco en Amperios al cuadrado por segundo es la energía calorífica que pasa por el fusible de protección 5 durante su tiempo de arco.

El valor de eliminación en Amperios al cuadrado por segundo es la suma del valor de fusión en Amperios al cuadrado por segundo más el valor de arco en Amperios al cuadrado por segundo.

10 La Fig. 5 ilustra el cálculo de un valor en Amperios al cuadrado por segundo. Hay un tiempo de fusión (t_{Melt}) y un tiempo de arco (t_{Arc}). El tiempo de fusión comprende un intervalo de tiempo desde el inicio de la condición de sobrecorriente hasta el instante en que comienza el arco en el interior del fusible de protección 5. Le sigue el tiempo de arco, es decir, el lapso de tiempo entre la fusión de una conexión fusible y la interrupción de la sobrecorriente eléctrica. Si se ha alcanzado un punto de no retorno, el fusible de protección 5 se funde e interrumpe la trayectoria del suministro eléctrico.

15 La Fig. 6 ilustra el funcionamiento de un fusible de protección 5 utilizado para la protección contra cortocircuitos de sobrecorriente y sobrecargas.

20 Una sobrecorriente es cualquier corriente eléctrica superior a la que una carga, equipo o dispositivo conectado puede soportar en condiciones específicas. A menos que la sobrecorriente se elimine a tiempo, incluso las sobrecorrientes moderadas pueden sobrecalentar rápidamente los componentes del sistema.

25 Una condición de fallo por sobrecarga comprende una sobrecorriente que se limita a una trayectoria de corriente normal. Normalmente, las sobrecorrientes inferiores al 600% de la corriente eléctrica nominal I_n de la carga protegida 7 o de la aplicación se denominan corrientes de fallo por sobrecarga. Las condiciones de sobrecarga surgen a menudo en aplicaciones o sistemas cuando persisten sobrecorrientes temporales en el sistema, por ejemplo debido a una obstrucción mecánica o al atasco de un equipo.

30 Normalmente, las sobrecorrientes superiores al 600% de la corriente nominal I_n del dispositivo protegido o de la carga se denominan corrientes de fallo de cortocircuito. Una situación de cortocircuito puede producirse debido a un suceso como accidentes, aplicaciones incorrectas o averías de la insulación.

35 La Fig. 6 ilustra un diagrama que muestra una curva característica de un fusible de protección 5. Hay tres zonas principales de funcionamiento del fusible de protección 5. Mientras la corriente eléctrica medida I esté por debajo de la corriente nominal I_n , el funcionamiento es normal y el fusible de protección 5 no se ve afectado. Si la corriente eléctrica I sobrepasa la corriente nominal predefinida I_R , en una posible realización, el plomo que se proporciona en las restricciones o puentes que están hechos de cobre puede difundirse en los elementos puente reduciendo así la temperatura de fusión del elemento puente fusible. La temperatura de fusión reducida puede ser, por ejemplo, 170°C. Por consiguiente, una corriente de sobrecarga que provoque la difusión de una sustancia en los elementos puente conectados puede, con el tiempo, provocar la reducción de la temperatura de fusión y, finalmente, la rotura del elemento puente. En caso de cortocircuito, las corrientes eléctricas muy elevadas provocan casi instantáneamente la interrupción de los elementos puente hechos de cobre, ya que se alcanza rápidamente la temperatura de fusión inicial del cobre, de unos 1083°C.

45 La unidad de determinación 3 del aparato de detección de fallo de fusible 1 puede determinar de forma continua la energía térmica generada en el fusible de protección 5 en función de la corriente eléctrica medida por el elemento sensor de corriente 2. Mientras el fusible de protección 5 se encuentre en el rango de funcionamiento normal, no se generará ninguna señal de detección o advertencia. Un escenario de sobrecarga puede detectarse monitorizando continuamente un balance de transferencia de calor calculado.

50 El balance de transferencia de calor indica la diferencia entre el calor de entrada y el calor disipado por el fusible de protección 5.

55 La entrada de calor puede calcularse como $\Delta Q_+ = R \cdot I^2 \cdot \Delta t$.

El calor disipado puede calcularse como $\Delta Q_- = \lambda (T_n - T_o) \cdot \Delta t$,
donde Δt es una unidad de tiempo incremental,
 T_o es la temperatura ambiente de, por ejemplo, 35 °C,
60 T_n es la temperatura extrapolada,
 R es la resistencia en el elemento fusible y
 I es la corriente eléctrica.

65 $T_{n+1} = T_n + \Delta T$,
donde ΔT es la diferencia de temperatura y puede calcularse como sigue:

$\Delta T = (AQ+ - AQ-) \cdot C \cdot \Delta t$,
siendo C la capacidad calorífica.

5 El cálculo de la entrada de calor puede realizarse por separado para los elementos fusibles principales y restringidos del fusible de protección 5. El cálculo puede realizarse mediante una unidad de cálculo, es decir, un procesador o microprocesador.

10 En una posible realización, el aparato de detección de fallo de fusible 1 tal como se ilustra en la Fig. 1 puede comprender además al menos un elemento sensor de temperatura adaptado para medir una temperatura momentánea T en el fusible de protección 5. La temperatura medida puede utilizarse para verificar la temperatura extrapolada calculada o con fines de calibración.

15 En una posible realización, el aparato de detección de fallo de fusible 1 puede integrarse en otros dispositivos. En una posible realización, el aparato de detección de fallo de fusible 1 puede integrarse en un dispositivo adaptador. Este dispositivo adaptador puede utilizarse para conectar una carga eléctrica o un dispositivo de control de carga eléctrica a un cable o una barra colectora de un sistema de suministro de energía. En una posible realización, este dispositivo adaptador también puede incluir un interruptor de protección 8 y el fusible de protección 5.

20 En otra posible realización, el aparato de protección contra fallo de fusible 1 también puede incluir una interfaz de usuario con una unidad de visualización gráfica. En esta realización, la señal de detección de fallo de fusible FFDS y/o la señal de aviso de fallo por sobrecarga OFWS pueden mostrarse a un operador del sistema de suministro de energía para ayudarle a realizar las contramedidas necesarias, si se le muestra la señal de detección de fallo de fusible FFDS o la señal de aviso de fallo por sobrecarga OFWS. La unidad de visualización de la interfaz de usuario
25 también puede mostrar los parámetros establecidos para el aparato de detección de fallo de fusible 1, en particular la corriente nominal I_n y el valor umbral predefinido en Amperios al cuadrado por segundo. El método de acuerdo con la presente invención, tal como se ilustra en los diagramas de flujo ejemplares de las Figs. 2, 3, puede ser ejecutado en una posible realización por un procesador o FPGA integrado en el aparato de detección de fallo de fusible 1. El aparato de detección de fallo de fusible 1 puede ser un aparato móvil manual 1 con un elemento sensor
30 de corriente 2 integrado que puede engancharse a un cable o barra colectora de la trayectoria de suministro de corriente de la carga 7.

La Fig. 7 muestra un diagrama de flujo de los pasos principales de una realización ejemplar de un método para la detección de un fallo de un fusible de protección 5 según un aspecto de la presente invención. La Fig. 7 muestra
35 una variante generalizada del diagrama de flujo ilustrado en la Fig. 3 con evaluación del nivel de confianza. Como se muestra en la Fig. 7, el proceso comienza en el paso S0. En un primer paso S1, la corriente eléctrica I_m que fluye a través del fusible de protección 5 en el trayecto de corriente hacia al menos una carga 7 se adquiere por medio de un elemento sensor de corriente 2. En otro paso S2 del diagrama de flujo ilustrado en la Fig. 7, se comprueba si en un ciclo de evaluación anterior EC se ha establecido algún marcador de indicación de fallo FIF como verdadero. Si éste es el caso y se encuentra que la amplitud de la corriente eléctrica medida I_m es cero en
40 el paso S3 del diagrama de flujo de la Fig. 7, entonces, en una posible realización, las señales de estado externas que predicen que la corriente medida I_m es cero pueden evaluarse en el paso S5. Si no hay marcadores de indicación de fallo FIFs establecidos como verdaderas en el ciclo de evaluación anterior EC, las condiciones de desconexión pueden evaluarse en el paso S4 en base a la corriente eléctrica medida I_m para este ciclo de evaluación EC y los marcadores de indicación de fallo FIFs resultantes pueden almacenarse para el siguiente ciclo de evaluación EC. Los marcadores de indicación de fallo también se reevalúan si la corriente eléctrica medida I_m no es cero en el paso S3. Esto es importante para que siempre haya una actualización para el siguiente ciclo EC mientras la corriente eléctrica I_m siga fluyendo.

50 Como se ilustra en el diagrama de flujo de la Fig. 7, los marcadores de indicación de fallo FIF pueden procesarse en el paso S6a para calcular un nivel de confianza CONF-LEV que indique una probabilidad total de que un fusible de protección 5 haya fallado. El nivel de confianza calculado puede indicar a un usuario qué condiciones se han cumplido independientemente de la desconexión real del fusible. El nivel de confianza que indica la probabilidad total de que el fusible de protección 5 ha fallado puede calcularse en función de los valores lógicos (H/L) de los
55 marcadores de indicación de fallo FIF y en función de al menos una señal de estado externa, tal como se ilustra también en la Fig. 7. La señal de estado externa puede comprender en una posible realización una señal de estado de conmutación SWSS que indica que la carga asociada 7 no ha sido desconectada externamente por un interruptor de protección 8.

60 El nivel de confianza CONF-LEV también puede reflejar un historial de los indicadores específicos a lo largo de varios ciclos de evaluación CE (tal vez ajustables). Esto proporciona información sobre el estrés eléctrico que ha sufrido el sistema a lo largo del tiempo.

65 La provisión de una estructura paralela dentro del subsistema indicador de desconexión permite distinguir entre diferentes niveles de confianza. De este modo, la indicación de un fusible roto es más fiable. Cuantos más

marcadores de indicación de fallo FIF se hayan ajustado, más probable será que el fusible de protección 5 se haya roto o disparado.

La elección del tiempo de cuantificación, es decir, la duración del ciclo de evaluación EC, puede depender de la implementación del sistema de conversión analógico-digital. Típicamente, un fusible de protección 5 actúa en un rango de algunos milisegundos. La elección de un reloj ADC de 10 a 100 veces más rápido que las constantes de tiempo del sistema es un enfoque factible. Esto conduce a una demanda bastante baja en el sitio ADC que permite implementar el sistema ADC fácilmente. La evaluación propuesta puede basarse en puntos de muestra reales o en valores RMS precalculados.

La Fig. 8 ilustra una posible implementación de un subsistema indicador de desconexión tal como se realiza en el paso S4 del diagrama de flujo ilustrado en la Fig. 7. Tal como se ilustra en la Fig. 8, pueden utilizarse varios indicadores de fallo. Para cada indicador de fallo FI, se puede proporcionar un marcador de indicación de fallo FIF asociado. En la realización ilustrada de la Fig. 8, un primer indicador de fallo comprende un valor I^2t en Amperios al cuadrado por segundo calculados que indica o representa una energía térmica generada en el fusible de protección 5 que supera un valor umbral predefinido. Si el valor I^2t en Amperios al cuadrado por segundo calculado es superior a un valor umbral predefinido, se activa el marcador de indicación I^2t FIF1 correspondiente, tal como se ilustra en la Fig. 8. Si el valor de I^2t en Amperios al cuadrado por segundo calculado es inferior al valor umbral predefinido, se restablece el marcador de indicación I^2t FIF1 correspondiente, tal como se muestra en la Fig. 8.

Un segundo indicador de fallo FI2 puede indicar que la amplitud de la corriente eléctrica medida I_m supera una corriente nominal predefinida I_R del fusible de protección 5. Si la corriente eléctrica medida I_m supera una corriente nominal predefinida I_R , se activa el correspondiente marcador de indicación I_R FIF2, como se muestra en la Fig. 8. Por el contrario, si la corriente eléctrica medida I_m no sobrepasa una corriente nominal predefinida I_R , el correspondiente marcador de indicación I_R FIF2 se reinicia, como se muestra en la Fig. 8.

Un tercer indicador de fallo FI3 puede comprender un aumento de corriente o una pendiente de corriente dI/dt de la corriente eléctrica medida I_m que supere un aumento de corriente predefinido. Si la pendiente de corriente de la corriente eléctrica medida I_m supera un incremento de corriente predefinido dI/dt_{max} , se inicia el correspondiente marcador de indicación de fallo dI/dt FIF3, tal como se muestra en la Fig. 8. Por el contrario, si la pendiente de corriente de la corriente eléctrica medida I_m no supera un incremento de corriente predefinido, se reinicia el correspondiente marcador de indicación de fallo dI/dt FIF3, como se muestra en la Fig. 8.

La Fig. 9 muestra otra variante de un subsistema indicador de desconexión con diagnóstico I^2t multinivel.

El subsistema ilustrado tiene en cuenta que un fusible de protección 5 típico puede tener un valor I^2t no constante en función del tiempo y la amplitud de la corriente eléctrica I_m aplicada al fusible de protección 5. Cuanto menor sea la amplitud de la corriente eléctrica medida I_m , mayor será el valor I^2t para disparar el fusible de protección 5. Si la amplitud de la corriente eléctrica I_m es inferior a la corriente nominal I_R , el valor I^2t puede llegar a infinito y el fusible de protección 5 nunca se dispara. Por consiguiente, puede conseguirse una predicción más precisa si se proporcionan al subsistema indicador de desconexión múltiples valores I^2t (I_1, t_1); I^2t (I_2, t_2); I^2t (I_n, t_n). Estos valores múltiples pueden seleccionarse normalmente a partir de una hoja de datos del fabricante del fusible de protección 5. Se puede aplicar una interpolación entre los puntos de datos disponibles siempre que éstos no estén situados demasiado lejos unos de otros. El bloque de evaluación I^2t puede ahora ajustar su valor de comparación I^2t (I_n, t_n) a la corriente eléctrica real I_m o a una corriente media calculada sobre las últimas n muestras de evaluación. Además de un fusible de fusión clásico, las características de un disyuntor electromecánico/biometálico también pueden cubrirse con la técnica ilustrada en el diagrama de flujo de la Fig. 9.

La Fig. 10 ilustra otra variante de un subsistema de señal externa aplicado en el paso S5 del diagrama de flujo ilustrado en la Fig. 7. En esta realización, puede lograrse una mejora adicional supervisando también la tensión de entrada U_{in} en el lado de la red del fusible de protección 5. Este valor suele ser fácilmente accesible, ya que un dispositivo de medición que evalúa la corriente eléctrica del fusible puede conectarse a una barra colectora de un sistema de distribución eléctrica que suministra a múltiples circuitos con fusibles. Por consiguiente, no se puede malinterpretar un posible apagado de la red de alimentación, ya que esto también podría dar lugar a una corriente de carga nula. A través de la monitorización también de la tensión de entrada U_{in} en el lado de la red de alimentación del fusible de protección 5, se puede evitar una falsa interpretación de un fallo del fusible. Si la tensión de entrada U_{in} en el lado de la red eléctrica del fusible de protección 5 es inferior a una tensión mínima U_{min} predefinida, se activa un indicador correspondiente que representa la tensión de entrada U_{in} , tal como se muestra en la Fig. 10. También se pueden utilizar otras señales de estado externas, como el estado de un interruptor de alimentación, como se muestra en la figura 10. Si un interruptor de alimentación está abierto, puede activarse el indicador de interruptor de alimentación correspondiente, tal y como se muestra en la Fig. 10.

Además, se puede calcular un nivel de confianza que indique una probabilidad total de que el fusible de protección 5 haya fallado, en función del valor lógico de los marcadores de indicación de fallo, pero también en función de las señales de estado externas ilustradas en el diagrama de flujo de la Fig. 10, incluida la señal de estado que

representa la tensión de entrada U_{in} en el lado de la red de alimentación del fusible de protección 5, los estados del interruptor de carga y un estado del interruptor de alimentación. Además, cualquier conocimiento sobre los estados de los interruptores externos puede ser útil para evitar cualquier tipo de falsa interpretación de los valores lógicos de los marcadores de indicación de fallo FIF.

5

La Fig. 11 muestra otro diagrama de flujo para ilustrar un sistema general mejorado de supervisión de varias ramas o multi-rama.

10

Después de adquirir una amplitud de la corriente eléctrica medida en el paso S1a, puede calcularse y almacenarse una corriente media con correlación a los estados del interruptor de carga determinados en el paso S1b, como se muestra en la Fig. 11.

15

Si la amplitud de la corriente medida es menor que el valor de la corriente media calculada en el paso S3 y las señales de estado externas predicen que la corriente medida es menor que la corriente media en el paso S5, se determina que el fusible de protección 5 se ha roto en el paso S6b, como se muestra en la Fig. 11.

20

Una evaluación multi-rama como la ilustrada en la Fig. 11 funciona mejor si la carga 7 es bastante constante o está sometida a una dinámica lenta. Adicionalmente, se puede realizar una evaluación multi-rama, en particular si los valores nominales de los fusibles de cada rama son iguales. Además, la evaluación multi-rama es más precisa si se dispone de menos ramas eléctricas. Si las cargas se conmutan mediante unidades de conmutación, el estado de conmutación de las unidades de conmutación correspondientes se aplicará a la unidad de evaluación. El valor calculado en Amperios al cuadrado por segundo I^2t y la amplitud medida de la corriente eléctrica I_m representan valores sumados/integrados de todo el sistema. Sin embargo, un valor elevado de la pendiente de la corriente dI/dt es independiente del número de ramas. En consecuencia, este indicador de fallo FI es el mejor indicador para una evaluación multi-rama. Adicionalmente, la rama individual de un fusible de protección 5 disparado puede ser desconocida. Sin embargo, la rama puede detectarse abriendo todos los interruptores de carga y comprobando la corriente eléctrica I_m correspondiente.

25

30

La Fig. 12 muestra otra posible realización de un subsistema indicador de desconexión mejorado para la evaluación de múltiples ramas, tal como se realiza en el paso S4 del diagrama de flujo ilustrado en la Fig. 7. En la realización ilustrada, el primer indicador de fallo FI1, es decir, un valor calculado en Amperios al cuadrado por segundo I^2t , y el segundo indicador de fallo FI2, es decir, la amplitud de la corriente eléctrica medida I_m , pueden escalarse en función de un número k de trayectorias de corriente paralelas o ramas conectadas a múltiples cargas 7. En el caso de una evaluación de varias ramas, se pueden monitorizar varias trayectorias de corriente paralelas, es decir, ramas. En consecuencia, la evaluación I^2t y la comparación I_m/I_R se escalan por el número k de ramas paralelas. En cambio, la pendiente de la corriente, es decir, el valor dI/dt , es independiente del número de ramas paralelas. Esto puede ser útil para detectar eventos de desconexión. La idea de añadir una supervisión I^2t multinivel también es aplicable en la realización ilustrada en el diagrama de flujo de la Fig. 12.

35

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un método para la detección de un fallo de fusible de un fusible de protección (5) utilizado para proteger una carga asociada (7) contra sobrecorriente y/o contra sobrecarga, el método comprendiendo los pasos de:
 10 medir (S_A) la corriente eléctrica, I_m , que circula por el fusible de protección (5) en un trayecto de corriente hacia dicha carga (7) por medio de un elemento sensor de corriente (2);
 10 determinar (S_B) uno o varios indicadores de fallo, F_{is} , cada uno de ellos adaptado para indicar un posible fallo del fusible de protección (5) en función de la corriente eléctrica medida, I_m , donde el método se caracteriza por
 15 detectar (S_C) automáticamente un fallo del fusible de protección (5) si el al menos un indicador de fallo determinado, F_I , indica un posible fallo del fusible de protección (5) y si la corriente eléctrica medida, I_m , por el elemento sensor de corriente (2) ha dejado de circular ($I_m = 0$) por dicho fusible de protección (5) o está por debajo de un valor umbral de corriente predefinido ($I_m < I_{mth}$).
2. El método según la reivindicación 1, en donde un primer indicador de fallo, F_{I1} , comprende un valor calculado en Amperios al cuadrado por segundo (I^2t) que indica una energía térmica generada en el fusible de protección (5) que supera un valor umbral predefinido.
- 20 3. El método según la reivindicación 1 ó 2, en donde un segundo indicador de fallo, F_{I2} , comprende una corriente eléctrica medida, I_m , que excede una corriente nominal predefinida, I_n , del fusible de protección (5).
- 25 4. El método según la reivindicación 1, en donde un tercer indicador de fallo, F_{I3} , comprende un incremento de corriente o una pendiente de corriente (dI/dt) de la corriente eléctrica medida, I_m , que excede un incremento de corriente predefinido (dI/dt_{max}).
- 30 5. El método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes 1 a 4 en donde cada indicador de fallo, F_I , comprende un marcador de indicación de fallo, F_{IF} , que se inicia o reinicia dentro de un ciclo de evaluación predefinido, EC , en respuesta a la corriente eléctrica, I_m , medida por el elemento sensor de corriente (2) dentro del ciclo de evaluación predefinido.
- 35 6. El método según la reivindicación 5, en donde los valores lógicos de los marcadores indicadores de fallo, F_{IF} , de los indicadores de fallo, F_{is} , iniciados o reiniciados en un ciclo de evaluación, EC , se almacenan en un registro para el siguiente ciclo de evaluación.
- 40 7. El método según la reivindicación 6, en donde los valores lógicos momentáneos e históricos de los marcadores indicadores de fallo (F_{IF}) de los indicadores de fallo (F_I) se procesan para calcular un nivel de confianza que indica una probabilidad total de que el fusible de protección (5) haya fallado.
- 45 8. El método según la reivindicación 7, en donde se determina un fallo del fusible de protección (5) si el nivel de confianza calculado supera un umbral de nivel de confianza predefinido y si la corriente eléctrica, I_m , medida por el elemento sensor de corriente (2) ha dejado de fluir a través de dicho fusible de protección (5) o está por debajo de un valor umbral de corriente predefinido ($I_m < I_{mth}$).
- 50 9. El método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes 7 u 8, en donde el nivel de confianza que indica una probabilidad total de que el fusible de protección (5) haya fallado se calcula en función de los valores lógicos de los marcadores indicadores de fallo y/o en función de al menos una señal de estado externa que comprende una tensión de entrada en un lado de entrada del fusible de protección (5), un estado de conmutación de carga y/o un estado de conmutación de alimentación.
- 55 10. El método según la reivindicación 9, en donde la señal de estado externa comprende una señal de estado de conmutación ($SWSS$) que indica que la carga asociada (7) no ha sido desconectada externamente por un interruptor de protección (8).
- 60 11. El método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde los indicadores de fallo, F_{is} , comprenden indicadores de fallo multinivel.
12. El método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes 2 a 11, en donde el primer indicador de fallo, F_{I1} , y el segundo indicador de fallo, F_{I2} , se escalan en función de un número, k , de trayectorias de corriente paralelas conectadas a cargas múltiples (7).
- 65 13. El método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde una corriente eléctrica media, I_{avg} , se calcula a partir de las corrientes eléctricas medidas, I_m , que fluyen a través de trayectorias de corriente paralelas a la carga (7) y se utiliza como umbral de corriente predefinido (I_{mth}).

14. El método según la reivindicación 2, en donde si la energía térmica determinada indicada por el valor en Amperios al cuadrado por segundo (I^2t) no excede el valor umbral predefinido pero la amplitud de la corriente eléctrica medida, I_m , es superior a una corriente nominal predeterminada, I_n , se determina una entrada de energía en dicho fusible de protección (5) causada por una corriente eléctrica fluyente.

15. El método según la reivindicación 14, en donde si la entrada de energía determinada en el fusible de protección (5) por la corriente eléctrica supera un valor umbral predeterminado, se genera automáticamente una señal de aviso de fallo por sobrecarga (OFWS) que indica un fallo inminente del fusible de protección (5) debido a una corriente de sobrecarga.

16. El método según la reivindicación 15, en donde la entrada de energía en el fusible de protección (5) se determina calculando un balance de transferencia de calor para el fusible de protección (5) como diferencia entre el calor generado por la corriente eléctrica que fluye a través del fusible de protección (5) y el calor disipado por el fusible de protección (5).

17. Aparato de detección de fallo de fusible (1) para detectar el fallo de un fusible de protección (5) utilizado para proteger una carga asociada (7) contra sobrecorriente y/o sobrecarga, donde dicho aparato de detección de fallo de fusible (1) comprende:

un elemento sensor de corriente (2) adaptado para medir una corriente eléctrica, I_m , que circula por el fusible de protección (5) en un trayecto de corriente hacia dicha carga (7);

una unidad de determinación (3) adaptada para determinar uno o varios indicadores de fallo adaptados para señalar un posible fallo del fusible de protección (5) en base a la corriente eléctrica, I_m , medida por dicho elemento sensor de corriente (2), en donde el aparato de detección de fallo de fusible se caracteriza por

una unidad de detección de fallos (4) adaptada para detectar automáticamente un fallo del fusible de protección (5) si el al menos un indicador de fallo determinado indica un posible fallo del fusible de protección (5) y si la corriente eléctrica, I_m , medida por el elemento sensor de corriente (2) ha dejado de fluir ($I_m = 0$) a través de dicho fusible de protección (5) o está por debajo de un valor umbral de corriente predefinido ($I_m < I_{mth}$).

18. El aparato de detección de fallo de fusible según la reivindicación 17, en donde el al menos un indicador de fallo, FI, comprende

un primer indicador de fallo, FI1, que comprende un valor calculado en Amperios al cuadrado por segundo (I^2t) que indica una energía térmica generada en el fusible de protección (5) que excede un valor umbral predefinido,

un segundo indicador de fallo, FI2, que comprende una corriente eléctrica medida, I_m , que excede una corriente nominal predefinida, I_n , del fusible de protección (5); y

un tercer indicador de fallo, FI3, que comprende un aumento de corriente (dI/dt) de la corriente eléctrica medida, I_m , superior a un aumento de corriente predefinido (dI/dt_{max}).

19. El aparato de detección de fallo de fusible según las reivindicaciones 17 ó 18, en donde cada indicador de fallo, FI, comprende un marcador de indicación de fallo, FIF, que se inicia o reinicia dentro de un ciclo de evaluación predefinido, EC, en respuesta a la corriente eléctrica, I_m , medida por el elemento sensor de corriente (2) dentro del ciclo de evaluación predefinido.

20. El aparato de detección de fallo de fusible según la reivindicación 19, en donde los marcadores de indicación de fallo, FIF, de los indicadores de fallo, FI, que se inician o reinician en un ciclo de evaluación, EC, se almacenan en un registro correspondiente para el siguiente ciclo de evaluación.

21. El aparato de detección de fallo de fusible según cualquiera de las reivindicaciones precedentes 17 a 20, que comprende adicionalmente una unidad de cálculo adaptada para procesar los marcadores de indicación de fallo, FIF, almacenados de los indicadores de fallo, Fis, para calcular un nivel de confianza que indique una probabilidad total de que el fusible de protección (5) haya fallado.

22. El aparato de detección de fallo de fusible según la reivindicación 21, en donde se determina un fallo del fusible de protección (5) si el nivel de confianza calculado excede un umbral de nivel de confianza predefinido y si la corriente eléctrica, I_m , medida por el elemento sensor de corriente (2) ha dejado de fluir a través de dicho fusible de protección (5) o está por debajo de un valor umbral de corriente predefinido ($I_m < I_{mth}$).

23. El aparato de detección de fallo de fusible según la reivindicación 21 o la reivindicación 22, en donde el nivel de confianza que indica una probabilidad total de que el fusible de protección (5) haya fallado es calculado por la unidad de cálculo en función del valor lógico de los marcadores de indicación de fallo, FIF y dependiendo de al menos una señal de estado externa.

24. El aparato de detección de fallo de fusible según la reivindicación 23, en donde la señal de estado externa comprende una señal de estado de conmutación (SWSS) que indica que la carga asociada (7) no ha sido desconectada externamente por un interruptor de protección (8).

25. El aparato de detección de fallo de fusible según cualquiera de las reivindicaciones precedentes 17 a 24, en donde los indicadores de fallo, Fis, comprenden indicadores de fallo multinivel.

5 26. El aparato de detección de fallo de fusible según la reivindicación 18, en donde el primer indicador de fallo, FI1, y el segundo indicador de fallo, FI2, se escalan en función de un número, k, de trayectorias de corriente paralelas conectadas a cargas múltiples (7).

10 27. El aparato de detección de fallo de fusible según cualquiera de las reivindicaciones precedentes 21 a 26, en donde la unidad de cálculo está adaptada para calcular una corriente eléctrica media, Imavg, en base a las corrientes eléctricas medidas, Im, que fluyen a través de trayectorias de corriente paralelas a la carga (7), en donde la corriente eléctrica media calculada, Imavg, se utiliza como umbral de corriente predefinido (Imth).

15 28. El aparato de detección de fallo de fusible según cualquiera de las reivindicaciones precedentes 17 a 27, en donde la unidad de detección de fallos (4) está adaptada para generar automáticamente una señal de detección de fallo de fusible (FFDS) que indica un fallo probable del fusible de protección (5) debido a una corriente de cortocircuito si el al menos un indicador de fallo, FI, indica un posible fallo del fusible de protección (5) y si la corriente eléctrica, Im, medida por el elemento sensor de corriente (2) deja de fluir a través del fusible de protección (5) ($I_m = 0$) o si la corriente eléctrica, Im, medida por el elemento sensor de corriente (2) está por debajo de un valor umbral de corriente predefinido ($I_m < I_{mth}$).

20 29. El aparato de detección de fallo de fusible según cualquiera de las reivindicaciones precedentes 17 a 28, en donde la unidad de determinación (3) está adaptada para calcular un valor en Amperios al cuadrado por segundo (I^2t) que representa una energía térmica generada en el fusible de protección (5) en respuesta a la corriente eléctrica, Im, medida por el elemento sensor de corriente (2), y donde la unidad de detección de fallos (4) está adaptada para comparar el valor calculado en Amperios al cuadrado por segundo (I^2t) con un valor en Amperios al cuadrado por segundo (I^2t) predeterminado para generar una señal de detección de fallo de fusible (FFDS), si la energía térmica determinada ha superado un valor umbral predeterminado y la corriente eléctrica, Im, medida por el elemento sensor de corriente (2) ha dejado de fluir a través de dicho fusible de protección (5), y si una señal de estado de conmutación (SWSS) recibida indica que la carga asociada (7) no ha sido desconectada externamente por un interruptor de protección (8).

25 30. El aparato de detección de fallo de fusible según la reivindicación 29, en donde la unidad de determinación (3) está adaptada adicionalmente para determinar una entrada de energía en dicho fusible de protección (5) causada por la corriente eléctrica fluyente, Im, si la energía térmica determinada no excede el valor umbral predeterminado pero la amplitud de la corriente eléctrica medida, Im, es superior a una corriente nominal predeterminada (I_n).

30 31. El aparato de detección de fallo de fusible según cualquiera de las reivindicaciones precedentes 18 a 30, en donde la unidad de detección de fallos (4) está adaptada para generar una señal de aviso de fallo por sobrecarga (OFWS), si la entrada de energía determinada en el fusible de protección (5) por la corriente eléctrica, I, excede un valor umbral predeterminado, en donde la señal de aviso de fallo por sobrecarga (OFWS) generada indica un fallo inminente del fusible de protección (5) debido a una corriente de sobrecarga.

35 32. El aparato de detección de fallo de fusible según cualquiera de las reivindicaciones precedentes 17 a 31, en donde la unidad de determinación (3) está adaptada para determinar una entrada de energía en el fusible de protección (5) calculando un balance de transferencia de calor para el fusible de protección (5) como diferencia entre el calor generado por la corriente eléctrica, I, que fluye a través del fusible de protección (5) y el calor disipado por el fusible de protección (5).

40 33. El aparato de detección de fallo de fusible según cualquiera de las reivindicaciones precedentes 17 a 32, en donde el componente sensor de corriente (2) está adaptado para medir una corriente eléctrica continua y/o está adaptado para medir una corriente eléctrica alterna que fluye a través de la trayectoria de corriente correspondiente.

45 34. El aparato de detección de fallo de fusible según cualquiera de las reivindicaciones precedentes 17 a 33, en donde el elemento sensor de corriente (2) está conectado en serie al fusible de protección (5) dentro de una trayectoria de suministro de corriente de la carga (7) o está conectado a la vía de alimentación de corriente de la carga (7).

50 35. Aparato de detección de fallo de fusible según cualquiera de las reivindicaciones precedentes 17 a 34, en donde la unidad de detección de fallos (4) comprende una interfaz para recibir señales de estado externas, en particular de un interruptor de protección (8) que está conectado en serie con el fusible de protección (5) a lo largo de la trayectoria de alimentación de corriente de la carga (7).

55 36. El aparato de detección de fallo de fusible según cualquiera de las reivindicaciones precedentes 17 a 35, que comprende una interfaz de usuario adaptada para emitir una señal de aviso de fallo, estados momentáneos de los

indicadores de fallo, Fis, y de las señales de estado, y para emitir un nivel de confianza que indique una probabilidad total de que el fusible de protección (5) haya fallado, calculada por una unidad de cálculo en función de los valores lógicos de los marcadores de indicación de fallo, FIFs, de los indicadores de fallo, Fis, y en función de al menos una señal de estado externa.

5

37. Dispositivo adaptador que comprende un aparato de detección de fallo de fusible (1) según cualquiera de las reivindicaciones precedentes 17 a 36.

FIG 1

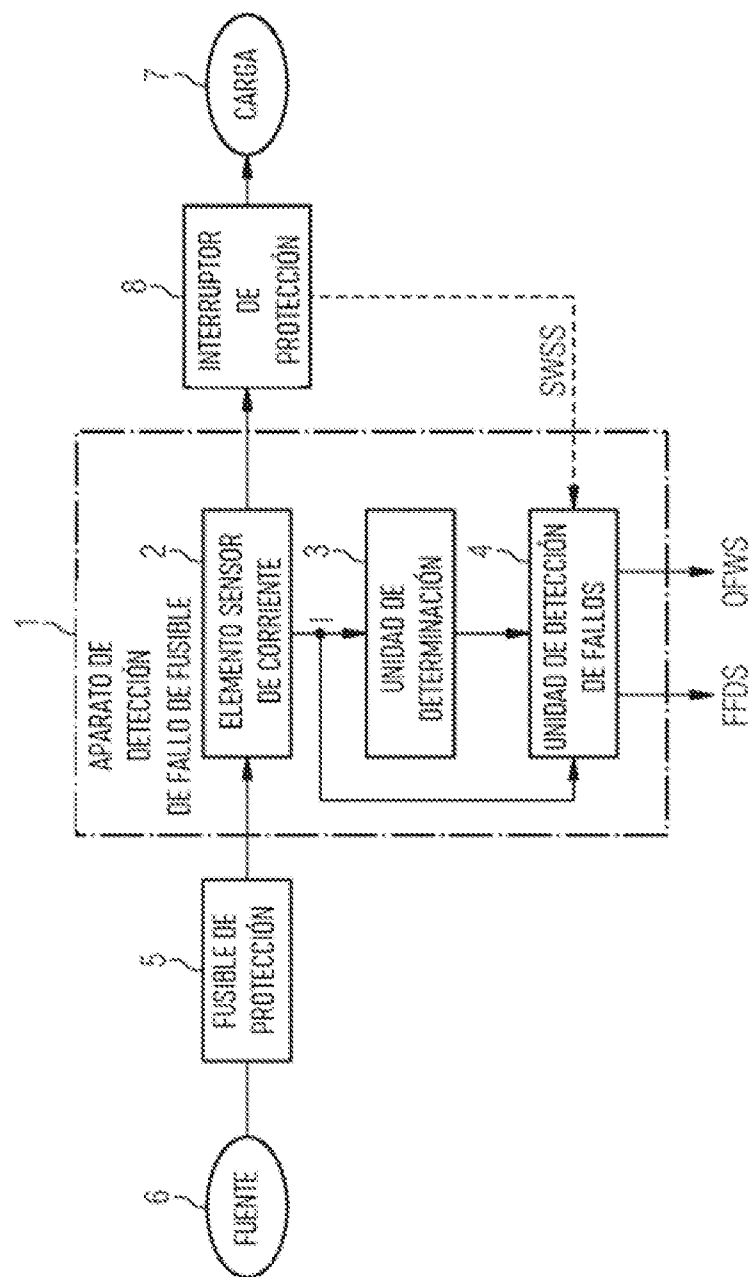


FIG 2

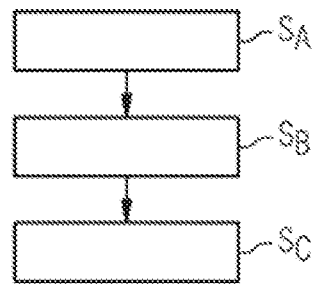


FIG 3

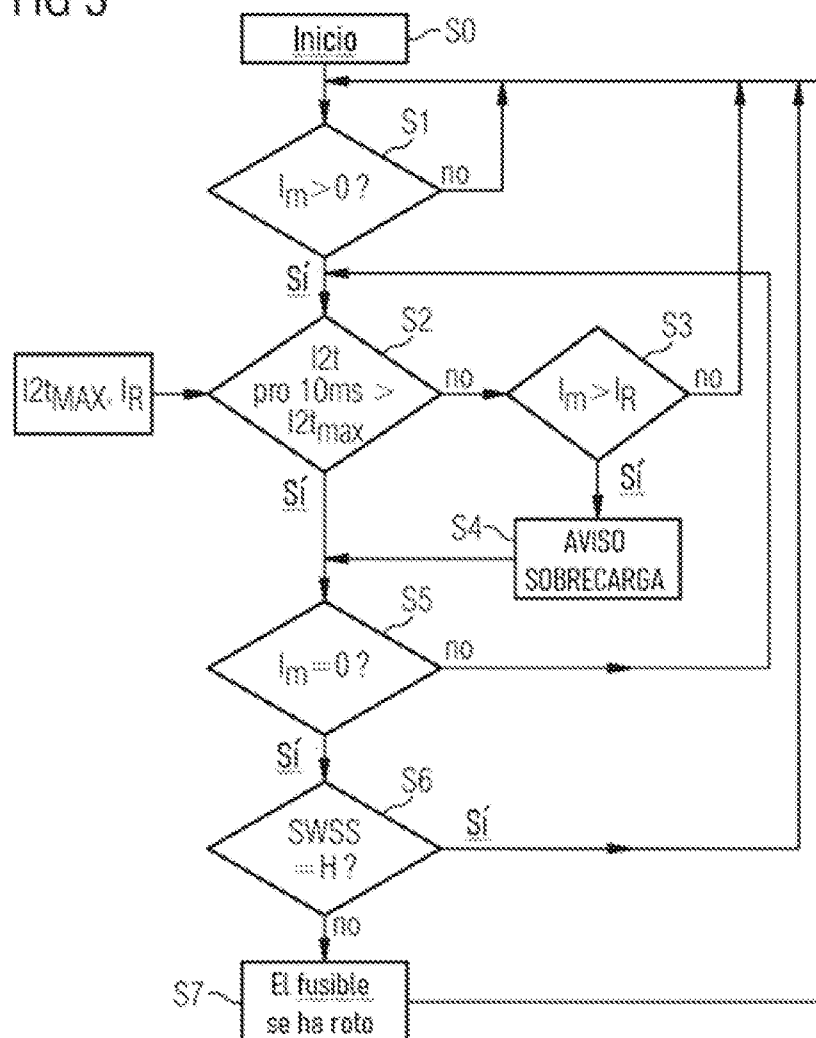


FIG 4A

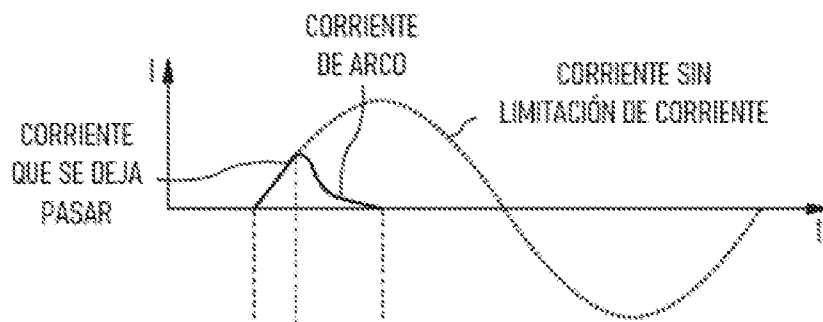


FIG 4B

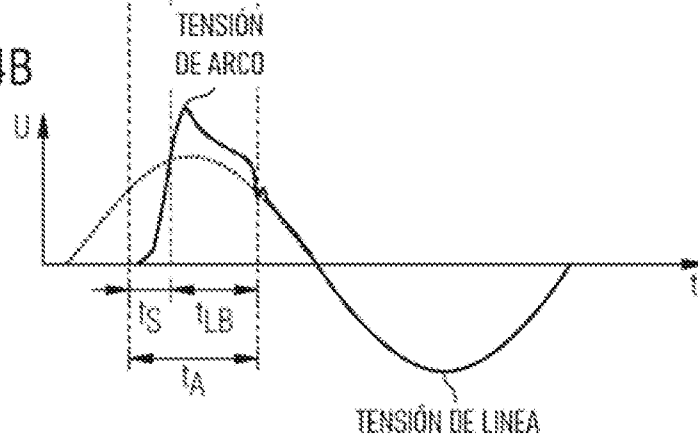


FIG 5

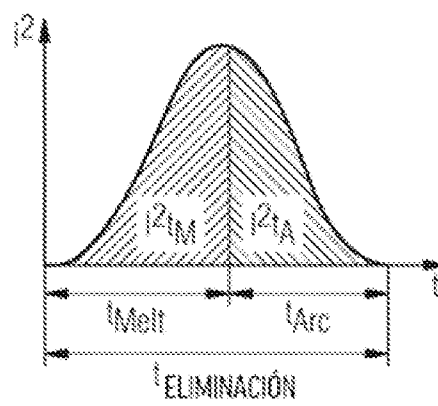


FIG 6

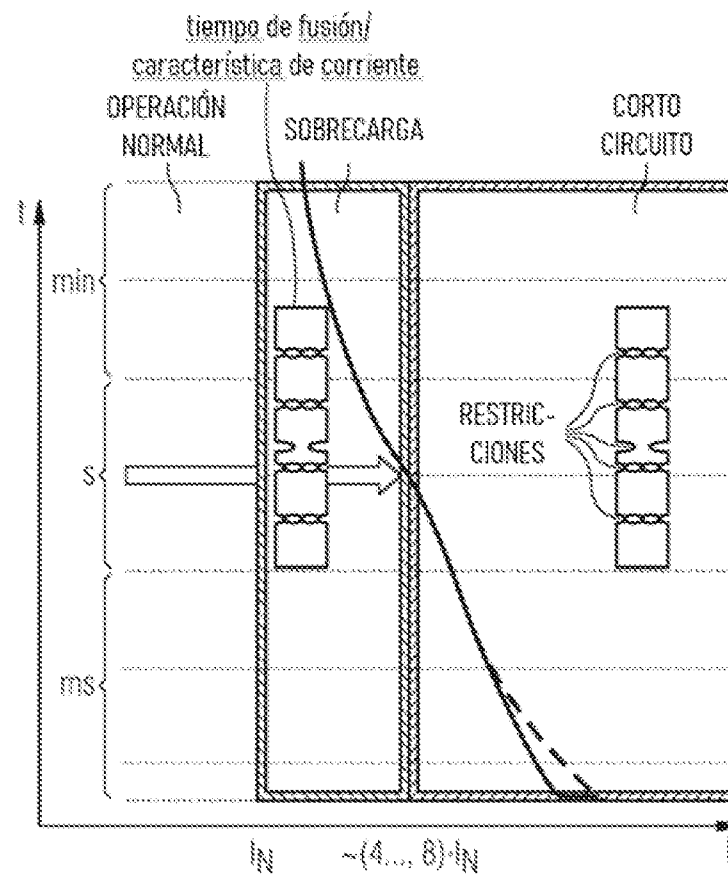


FIG 7

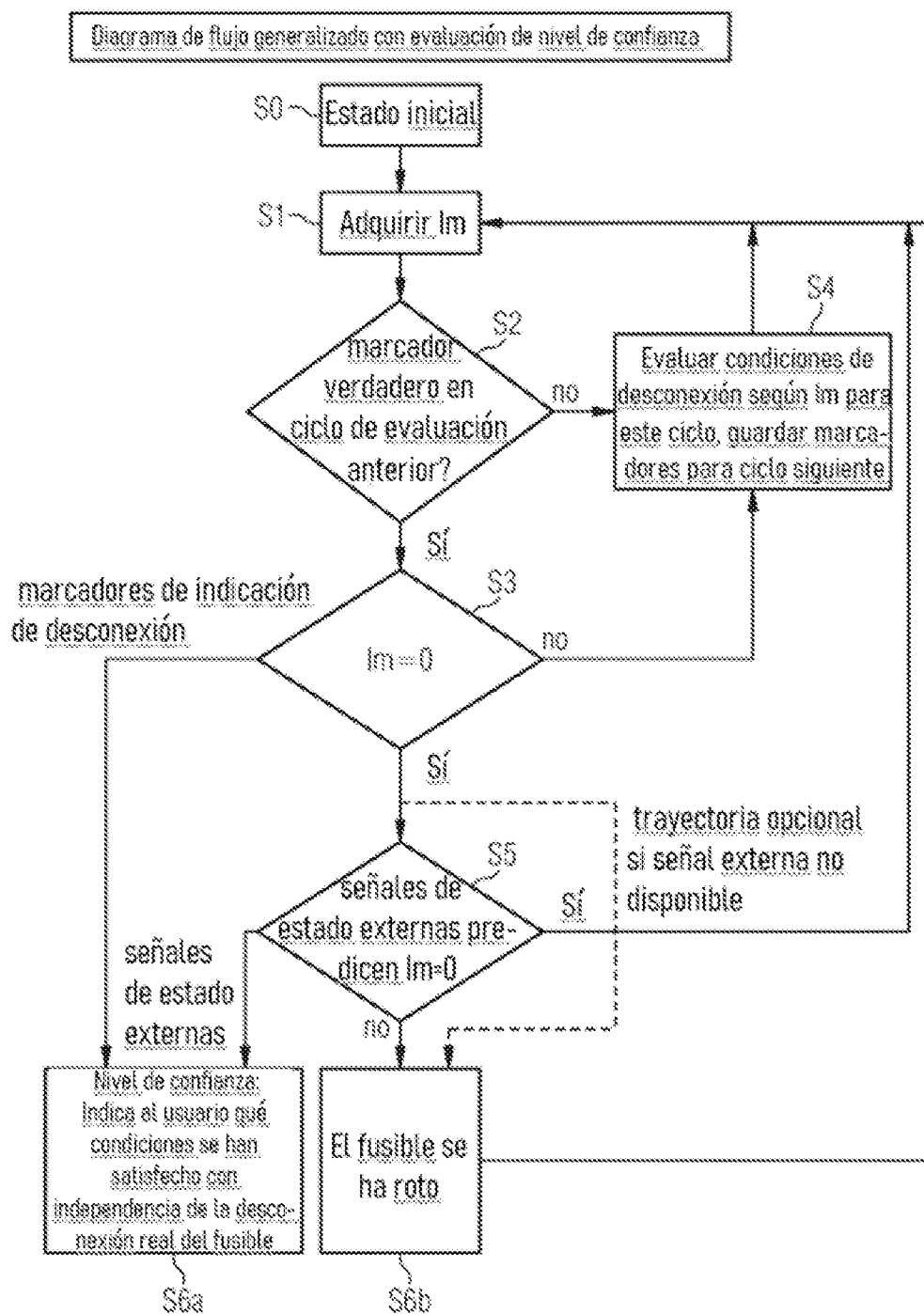


FIG 8

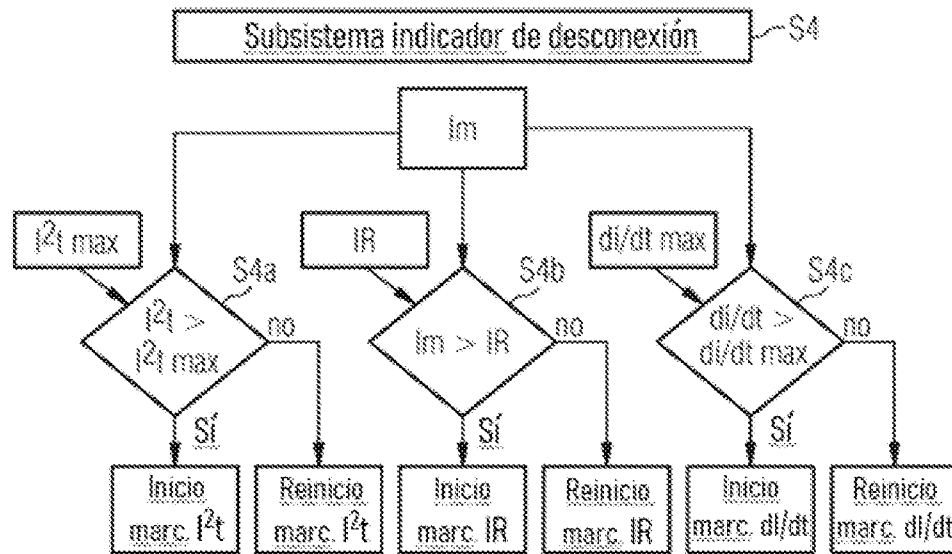


FIG 9

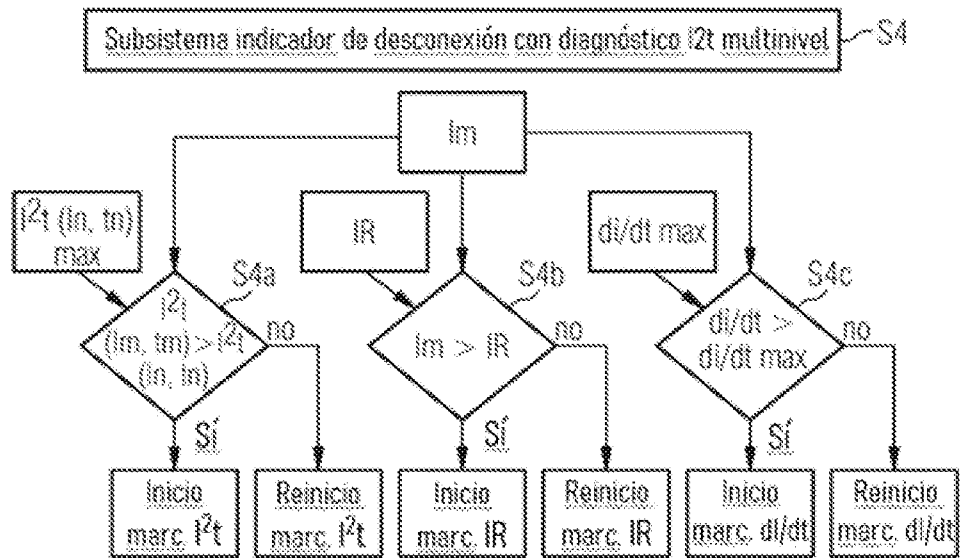


FIG 10

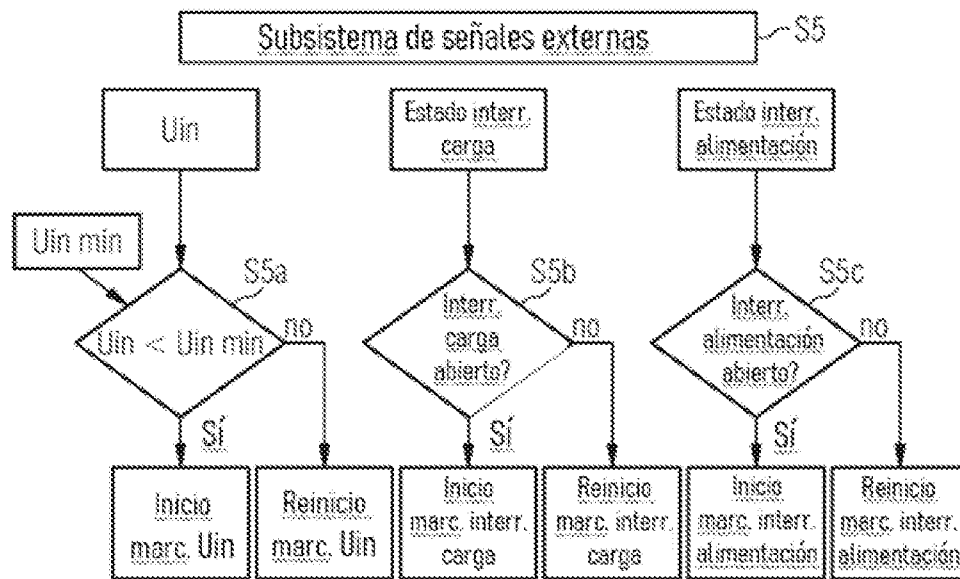


FIG 11

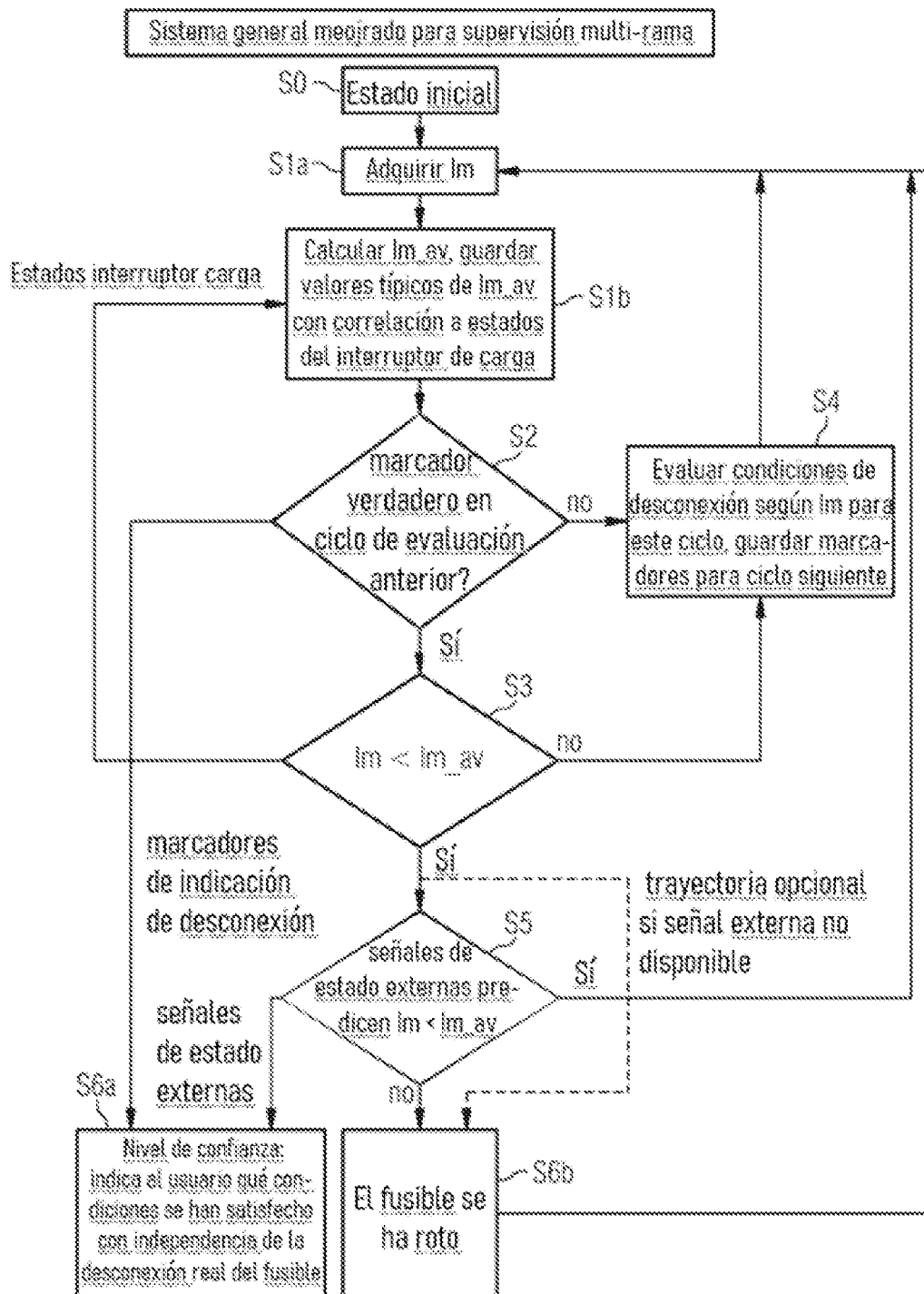


FIG 12

