

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 616 122**

51 Int. Cl.:

H02H 3/00 (2006.01)

G01R 31/327 (2006.01)

H02H 3/04 (2006.01)

H02H 7/26 (2006.01)

G01R 31/40 (2006.01)

H02H 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.02.2013** E 13155926 (2)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.12.2016** EP 2770597

54 Título: **Procedimiento para comprobar varios dispositivos de protección distribuidos en el espacio de una red de suministro de energía, así como sistema de comprobación correspondiente**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
09.06.2017

73 Titular/es:

OMICRON ELECTRONICS GMBH (100.0%)
Oberes Ried 1
6833 Klaus, AT

72 Inventor/es:

HENSLER, THOMAS y
SCHWABE, STEFAN

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 616 122 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para comprobar varios dispositivos de protección distribuidos en el espacio de una red de suministro de energía, así como sistema de comprobación correspondiente

5 La presente invención se refiere a un procedimiento y un sistema de comprobación para ensayar o comprobar varios dispositivos de protección distribuidos en el espacio, que se usan para la protección de una red de suministro de energía (p.ej. de una red de alta tensión).

10 El documento EP 0 935 327 A1 describe un sistema de protección y control para un sistema de tensión eléctrica, usándose dispositivos de control de protección. Se envía un módulo de programa de vigilancia a través de una red de comunicación a los dispositivos de control de protección. Con el módulo de programa de vigilancia se comprueba la cantidad de corriente detectada por cada dispositivo de control, se detecta y evalúa el estado de funcionamiento de un relé de cada dispositivo de control, además de detectarse y evaluarse contenidos anormales de cada dispositivo de control. Los contenidos anormales (de un dispositivo de control) son transmitidos por ejemplo por el
15 módulo de programa de vigilancia a otro dispositivo de control. De este modo, el módulo de programa de vigilancia se transmite a cada dispositivo de control y se ejecuta en el lugar correspondiente, añadiéndose los resultados detectados de forma secuencial a unos conocimientos. El módulo de programa de vigilancia recoge resultados de todos los dispositivos de control de protección para poder observar estos resultados al final con ayuda de un
20 dispositivo de control de visualización.

Los dispositivos de protección para redes de suministro de energía comprenden uno o varios aparatos de protección, que vigilan magnitudes del proceso (p.ej. corriente, tensión, pero también estados de conmutación de p.ej. disyuntores o estados de p.ej. transformadores) de la red de suministro de energía y analizan si presentan fallos. Si el dispositivo de protección detecta mediante este análisis un fallo en un área de protección de la red de suministro de energía que tiene asignado, el dispositivo de protección emite comandos de conmutación, para controlar en particular un disyuntor, con el que se aísla el fallo detectado separándose la parte correspondiente de la red de suministro de energía. Para ello, el disyuntor interrumpe el flujo de energía de la red de suministro de energía, interrumpiendo el disyuntor, p.ej. una línea de la red de suministro de energía o el flujo de energía en un lado de un transformador. Además, algunos dispositivos de protección o aparatos de protección son capaces de emitir tras un determinado tiempo de pausa comandos de conmutación para volver a cerrar el disyuntor anteriormente abierto. Si el fallo ya no existe al cerrar el disyuntor, el dispositivo de protección o el aparato de protección vuelven a la vigilancia normal de la red de suministro de energía. Si en cambio el fallo persiste al cerrar el disyuntor, el dispositivo de protección o el aparato de protección lo detectan, de modo que el dispositivo de protección o el aparato de
35 protección vuelven a abrir el disyuntor inmediatamente.

Por una red de suministro de energía se entiende en particular una red que comprende líneas que presentan tensiones de más de 10 kV entre sí. La red de suministro de energía a la que se hace referencia aquí comprende, por un lado, redes de transmisión de energía con tensiones de más de 10 kV y, por otro lado, llamadas redes de distribución de energía con tensiones de más de 10 kV (p.ej. de 20 kV). Puede tratarse de una tensión alterna (p.ej. 50 Hz) o de una tensión continua. Un disyuntor está configurado para interrumpir una conexión eléctrica activa de una línea de alta tensión de este tipo. Por lo tanto, un disyuntor puede conmutar altas corrientes de sobrecarga y corrientes de cortocircuito (hasta 800 kA) y debe poder mantenerlas durante un intervalo de tiempo predeterminado y debe poder volver a desconectarlas.
45

La comprobación de estos dispositivos de protección se realiza según el estado de la técnica en la mayoría de los casos mediante la comprobación del dispositivo de protección individual en un ensayo aislado. La verificación del comportamiento correcto del sistema, es decir, de la interacción correcta de todos los componentes (en particular de los dispositivos de protección) se realiza según el estado de la técnica por lo general no con una prueba de funcionamiento sino mediante una revisión de los documentos técnicos correspondientes.
50

Por lo tanto, la presente invención tiene el objetivo de mejorar la comprobación de dispositivos de protección distribuidos en el espacio de una red de suministro de energía, de modo que se compruebe también la interacción correcta de los dispositivos de protección distribuidos en el espacio con secuencias de comprobación generadas para este fin.
55

De acuerdo con la invención, este objetivo se consigue mediante un procedimiento para la comprobación de varios dispositivos de protección distribuidos en el espacio de una red de suministro de energía de acuerdo con la reivindicación 1, mediante un sistema de comprobación para la comprobación de varios dispositivos de protección dispuestos en emplazamientos distribuidos en el espacio de una red de suministro de energía de acuerdo con la reivindicación 10, mediante un dispositivo de control de acuerdo con la reivindicación 12 y mediante un producto de programa informático de acuerdo con la reivindicación 13. Las reivindicaciones dependientes definen unas formas de realización preferibles y ventajosas de la presente invención.
60

65 En el marco de la presente invención se pone a disposición un procedimiento para comprobar varios dispositivos de

protección distribuidos en el espacio de una red de suministro de energía. Cada uno de estos dispositivos de protección está configurado para aislar, al detectar un fallo en el área de la red de suministro de energía vigilada por el dispositivo de protección correspondiente, este fallo (en particular, mediante la apertura de un disyuntor asignado). El procedimiento de acuerdo con la invención comprende las siguientes etapas:

5 a) Creación de una secuencia de comprobación inicial, con la que pueden ensayarse o comprobarse uno o varios dispositivos de protección. Cada secuencia de comprobación comprende tanto entradas para el dispositivo de protección a comprobar en forma de magnitudes del proceso de la red de suministro de energía y puede comprender también salidas teóricas (respuestas a la comprobación), que deben ser emitidas por el dispositivo de protección respectivamente comprobado en función de las entradas.

10 b) Emisión o aplicación de la secuencia de comprobación a los dispositivos de protección.

c) Detección de las salidas de los dispositivos de protección comprobados, emitiendo el dispositivo de protección correspondiente estas salidas basándose en la secuencia de comprobación aplicada al dispositivo de protección correspondiente.

15 d) Análisis de las salidas y generación de entradas para los dispositivos de protección en función de las salidas. Cuando las salidas de un dispositivo de protección (por ejemplo un comando de conmutación para la apertura de un disyuntor) conducen a cambios de las magnitudes del proceso de otros dispositivos de protección, se generan en función de estas salidas entradas (en forma de las magnitudes del proceso cambiadas) para estos otros dispositivos de protección.

20 Cuando estas entradas generadas (nuevamente) aún no forman parte de la secuencia de comprobación, la secuencia de comprobación se amplía lo que corresponde a las entradas correspondientes generadas (nuevamente) y el procedimiento vuelve a la etapa b o prosigue con la etapa b.

Si en cambio las entradas generadas (nuevamente) ya forman parte de la secuencia de comprobación, el procedimiento prosigue con la siguiente etapa e.

25 e) Evaluación de las salidas de los dispositivos de protección. A más tardar en esta etapa se comprueba si las salidas generadas en el marco de la comprobación de los dispositivos de protección corresponden a las salidas teóricas que, por ejemplo, pueden formar parte de la secuencia de comprobación. Una salida teórica define, en particular, lo que ha de emitir el dispositivo de protección correspondiente (por ejemplo en forma de datos binarios) y cuando el dispositivo de protección correspondiente ha de emitir la salida teórica (p.ej. después de un primer intervalo de tiempo y antes de terminar un segundo intervalo de tiempo, que comienzan ambos con la aplicación de la secuencia de comprobación). El resultado de la evaluación de todas las salidas de los dispositivos de protección indica si los dispositivos de protección han ejecutado la secuencia de comprobación correctamente o no.

35 Las etapas b) y c) se realizan aquí en particular de forma sincronizada en el tiempo, de modo que la secuencia de comprobación de todos los dispositivos de comprobación se aplica de forma sincronizada en el tiempo a los dispositivos de protección recibiendo las salidas simultáneas en el tiempo el mismo sello de tiempo. Esto se consigue mediante relojes de alta precisión en los dispositivos de comprobación, que se sincronizan p.ej. mediante GPS. De este modo también pueden tenerse en cuenta los momentos en los que se detectan salidas determinadas de los dispositivos de protección en el análisis en la etapa d) o en la evaluación en la etapa e).

40 A diferencia del estado de la técnica, se comprueba de forma ventajosa también la interacción de diferentes dispositivos de protección, aunque estos dispositivos de protección estén distribuidos en el espacio. Por dispositivos de protección distribuidos en el espacio se entiende que al menos dos de estos dispositivos de protección están dispuestos a una distancia de al menos 1 km uno de otro. No obstante, también es posible que al menos dos de estos dispositivos de protección estén dispuestos a una distancia de varios 10 km, varios 100 km o también varios 1000 km.

45 Las salidas del dispositivo de protección en cuestión pueden comprender tanto un comando de apertura del conmutador, con el que se abre un disyuntor, como un comando de reconexión, con el que vuelve a cerrarse el disyuntor.

50 Cuando las entradas para los dispositivos de protección son corrientes o tensiones, estas pueden definirse mediante la indicación de amplitudes fijas, ángulos de fase fijos y/o frecuencias fijas. No obstante, estas entradas pueden definirse además también en forma de una rampa, aumentando o disminuyendo la amplitud de una tensión o de una corriente en un intervalo de tiempo determinado de un primer valor a un segundo valor.

55 Teniéndose en cuenta en la comprobación de los dispositivos de protección tanto la apertura como el posterior cierre de disyuntores, se comprueba de forma ventajosa la interacción del sistema, que comprende además de los dispositivos de protección distribuidos en el espacio a comprobar la red de suministro de energía. Puesto que los comandos de conmutación observados (para los disyuntores) se reflejan en las magnitudes del proceso, la apertura y el cierre posterior de los disyuntores se simula de forma ventajosa en la comprobación de acuerdo con la invención de los dispositivos de protección.

60 La generación de nuevas entradas en función de las salidas detectadas (p.ej. comandos de conmutación) de los

dispositivos de protección se realiza en particular con ayuda de un modelo de la red de suministro de energía protegida por los dispositivos de protección. Partiendo de las salidas detectadas, con ayuda de este modelo se determinan cambios de las magnitudes del proceso de la red de suministro de energía, a partir de los cuales se derivan a continuación las entradas para los dispositivos de protección a comprobar.

5 Gracias al uso del modelo de la red de suministro de energía puede determinarse o simularse de forma ventajosa el comportamiento en el tiempo de magnitudes del proceso de la red de suministro de energía en un primer emplazamiento (es decir, para un primer dispositivo de protección), cuando se cierra un disyuntor en un segundo emplazamiento (por ejemplo mediante un comando de conmutación de un segundo dispositivo de protección). Dicho
10 de otro modo, mediante el modelo de la red de suministro de energía pueden simularse mediante el modelo de la red de suministro de energía las consecuencias de salidas (p.ej. comandos de conmutación) del segundo dispositivo de protección en las magnitudes del proceso detectadas por el primer dispositivo de protección, aunque los dos dispositivos de protección estén dispuestos a una distancia de muchos kilómetros uno de otro.

15 De acuerdo con la invención, este modelo puede ser un modelo estático, dinámico o transitorio.

El modelo estático representa el estado estabilizado de la red de suministro de energía, mientras que el modelo dinámico puede representar adicionalmente procesos de conmutación, p.ej. de disyuntores. El modelo transitorio es el más exacto de los tres modelos, puesto que el modelo transitorio representa las magnitudes del proceso de la red
20 de suministro de energía también en procesos de conmutación con un comportamiento exacto en el tiempo.

El dispositivo de protección protege la red de suministro de energía o más exactamente el área de la red de suministro de energía asignada al dispositivo de protección, emitiendo el dispositivo de protección un comando de conmutación al detectar un fallo en la red de suministro de energía. El comando de conmutación se transmite a un
25 disyuntor asignado al dispositivo de protección, que al recibir este comando de conmutación interrumpe una línea de alta tensión o una parte de la red de suministro de energía para proteger de este modo el área de la red de suministro de energía protegida por el dispositivo de protección de las consecuencias del fallo.

Para la vigilancia de la red de suministro de energía, el dispositivo de protección detecta las magnitudes del proceso de la red de suministro de energía, como por ejemplo una corriente que fluye en una línea de alta tensión o una alta
30 tensión que existe entre dos líneas de alta tensión. Para ello, se transforma la tensión o la corriente de forma ventajosa con ayuda de un transformador conectado con la red de suministro de energía del dispositivo de protección correspondiente, de modo que el dispositivo de protección puede vigilar las magnitudes del proceso en forma de una tensión comparativamente baja (p.ej. 100 V) y/o en forma de una corriente comparativamente baja
35 (p.ej. 1 A). Además, existen transformadores alternativos (p.ej. transformador de Rogowski), que transforman la alta tensión y/o la corriente de alta intensidad directamente en señales de bajo nivel (orden de mV) o en señales digitales, que son vigiladas a continuación por el dispositivo de protección conectado. En función de las magnitudes del proceso transformadas de este modo, el dispositivo de protección determina si hay un fallo en la red de suministro de energía. Hay por ejemplo un fallo cuando la corriente sube más allá de un valor umbral de corriente o
40 cuando la tensión cae por debajo de un valor umbral de tensión.

La secuencia de comprobación del dispositivo de protección a comprobar puede alimentarse o predeterminarse en forma de señales de bajo nivel, señales digitales (p.ej. mediante una conexión de red (p.ej. LAN)) (según IEC 61850-
45 9-2). No obstante, también es posible que la secuencia de comprobación se predetermine en forma de las señales analógicas clásicas (orden de voltios).

Además, es posible que uno de los dispositivos de protección tenga una conexión de comunicación con otro de los dispositivos de protección mediante un canal de comunicación con un tiempo de latencia corto (por ejemplo mediante un cable de fibra óptica llevado en la línea de alta tensión). De este modo, estos dos dispositivos de
50 protección pueden detectar informaciones (p.ej. magnitudes del proceso, estados de fallo o comandos de conmutación (inminentes)) del otro dispositivo de protección, respectivamente, casi en tiempo real. En función de estas informaciones, el dispositivo de protección correspondiente puede decidir si al aparecer o presentarse un fallo en la red de suministro de energía el fallo es aislado o no por el dispositivo de protección correspondiente.

55 Cuando un dispositivo de protección detecta por ejemplo un fallo con ayuda de las magnitudes del proceso detectadas por el mismo y se da cuenta al mismo tiempo con ayuda de las informaciones transmitidas a través del canal de comunicación de que este fallo ha sido detectado también por otro dispositivo de protección, el dispositivo de protección puede retardar por ejemplo la apertura del disyuntor que tiene asignado, para esperar si el fallo puede ser aislado por el otro dispositivo de protección.

60 La presente invención también puede comprender una comprobación en la que el canal de comunicación anteriormente descrito entre los dispositivos de protección se interrumpe intencionadamente, para comprobar el llamado comportamiento *backup* o la protección de reserva (es decir, el comportamiento de protección sin canal de comunicación) de los dispositivos de protección.

65

De forma ventajosa, el procedimiento de acuerdo con la invención es ejecutado automáticamente por un dispositivo de protección central, que tiene por ejemplo una conexión de comunicación mediante dispositivos de comprobación con cada uno de los dispositivos de protección a comprobar.

5 Teniendo los dispositivos de comprobación distribuidos en el espacio respectivamente una conexión de comunicación con el dispositivo de control central, por un lado, el dispositivo de control puede controlar y mandar de forma ventajosa cada dispositivo de comprobación, lo que representa una ventaja. Por otro lado, los resultados de comprobación de todos los dispositivos de protección, que son detectados por el dispositivo de comprobación correspondiente, están disponibles de forma central en el dispositivo de control.

10 Según otra forma de realización de acuerdo con la invención puede predeterminarse una secuencia de etapas de salida. Cada una de estas etapas de salida define o comprende una o varias entradas o magnitudes a comprobar. Por entrada o magnitud a comprobar se entiende al menos un elemento del siguiente grupo:

- 15 • Una entrada en forma de magnitudes del proceso (p.ej. corriente, tensión) de la red de suministro de energía para un dispositivo de protección.
- Un estado (p.ej. estado de conmutación) de un disyuntor, un estado (p.ej. estado de conmutación) de un seccionador u otra magnitud del proceso binaria conectada con una entrada binaria del dispositivo de protección.
- 20 • Informaciones o datos que son enviados por un dispositivo de protección a través de un canal de comunicación a otro dispositivo de protección.

Las etapas de salida se emiten como secuencia de comprobación a los dispositivos de protección. Un orden en el que se emiten las etapas de salida a los dispositivos de protección es determinado por llamados eventos de disparo. Dicho de otro modo, el orden en el que se producen los eventos de disparo determina el orden en el que se emiten las etapas de salida como secuencia de comprobación a los dispositivos de protección. Cada uno de los eventos de disparo puede estar formado en función de al menos un evento de un grupo de eventos, comprendiendo el grupo de eventos los siguientes eventos:

- 30 • Un evento que se produce después de haber transcurrido un intervalo de tiempo predeterminado.
- Un evento que se produce al llegar un dato determinado, que es enviado por un dispositivo de protección a través de un canal de comunicación a otro dispositivo de protección.
- Un evento que se produce cuando se abre un disyuntor determinado.
- Un evento que se produce cuando se cierra un disyuntor determinado.
- 35 • Otro evento que se produce (p.ej. en caso de un cambio predefinido de una magnitud del proceso) y que puede ser detectado por el dispositivo de comprobación mediante la evaluación de las entradas binarias.

El hecho de producirse un evento de disparo determinado puede conducir a la interrupción inmediata de la etapa de salida actual o a una interrupción retardada de la etapa de salida actual. Después de la interrupción de la etapa de salida actual, se activa una etapa de salida que depende del evento de disparo correspondiente. También es posible que las etapas de salida presenten un orden predefinido y que después de la interrupción de la etapa de salida actual se active la etapa de salida que sigue según este orden, si no queda definida otra etapa de salida por el evento de disparo inicial. La etapa de salida que sigue a la etapa de salida actual puede depender solo de la etapa de salida actual (en este caso, un evento de disparo determina el momento de la transición de la etapa de salida actual a la siguiente), solo del evento de disparo que se presenta o tanto de la etapa de salida actual como del evento de disparo que se presenta.

Dicho de otro modo, al producirse un evento de disparo determinado, las magnitudes del proceso o las entradas que se conectan a los dispositivos de protección según la etapa de salida actual, son sustituidas de forma inmediata o retardada por las magnitudes a comprobar o entradas que son definidas por la siguiente etapa de salida, que sigue en función del evento de disparo que se presenta a la etapa de salida interrumpida.

Puede presentarse un evento de disparo cuando se presenta exactamente un evento del grupo de eventos arriba indicado. Puede producirse por ejemplo un evento de disparo cuando se cierra un disyuntor, mientras que puede producirse otro evento de disparo cuando se abre el mismo disyuntor. No obstante, también es posible que un evento de disparo determinado quede definido por la vinculación lógica de varios eventos. Puede presentarse por ejemplo un evento de disparo cuando se cierran respectivamente dos (o más) disyuntores (Y lógico), mientras que puede presentarse otro evento de disparo cuando se cierra al menos uno de dos (o más) disyuntores (O lógico).

Según otra forma de realización, las entradas para los dispositivos de protección se generan en particular no solo en función de las salidas de los dispositivos de protección sino que las entradas también pueden variar después de haber transcurrido un intervalo de tiempo predeterminado (independientemente de las salidas).

En la otra forma de realización aquí descrita, la generación de las entradas para los dispositivos de protección se realiza en función de las salidas de los dispositivos de protección con ayuda de las etapas de salida predeterminadas, mientras que las entradas en las formas de realización anteriormente descritas son determinadas

por ejemplo con ayuda de un modelo de la red de suministro de energía en función de las salidas. De este modo, en esta otra forma de realización, a diferencia de la generación de entradas basada en una simulación de la red (es decir, en el modelo de la red de suministro de energía) también es posible un cambio de estado que no se produciría en la realidad. Esto abre de forma ventajosa posibilidades adicionales, pudiendo comprobarse escenarios de fallos determinados de una forma relativamente sencilla, que en la realidad solo pueden generarse de forma muy difícil (en caso de ser posible generarlos).

También en esta forma de realización la reacción de un dispositivo de protección individual o de varios dispositivos de protección influye en la generación de la secuencia de comprobación definitiva. Además, posibles tiempos de latencia en la conexión de comunicación entre los dispositivos de comprobación impiden una generación convencional de la secuencia de comprobación definitiva sin recursión. Dicho de otro modo, la presente invención se necesita también para la generación de la secuencia de comprobación definitiva y por lo tanto para la comprobación de varios dispositivos de protección distribuidos en el espacio, cuando las entradas para los dispositivos de protección se obtienen con ayuda de las etapas de salida predeterminadas en función de las salidas de los dispositivos de protección (como describe la otra forma de realización).

En particular, se emite la secuencia de comprobación inicial según la otra forma de realización sin eventos o eventos de disparo (es decir, sin reacciones de conmutación de disyuntores) a los dispositivos de protección. A continuación, se evalúan las reacciones de los dispositivos de protección a la secuencia de comprobación (inicial) y se calculan los eventos de disparo correspondientes, con los que se generan a continuación otras entradas para los dispositivos de protección, por lo que se amplía la secuencia de comprobación. Esta secuencia de comprobación ampliada vuelve a emitirse a los dispositivos de protección, lo que puede conducir a otros eventos de disparo. Este bucle se repite hasta que ya no se detecten otras salidas relevantes de los dispositivos de protección, que conducirían a otra adaptación de la secuencia de comprobación.

En el marco de la presente invención también se pone a disposición un sistema de comprobación, con el que pueden comprobarse o ensayarse varios dispositivos de protección dispuestos en emplazamientos distribuidos en el espacio (p.ej. estaciones transformadoras) de una red de suministro de energía. El sistema de comprobación comprende un dispositivo de control y varios dispositivos de comprobación. En cada emplazamiento de los dispositivos de protección está presente al menos uno de los dispositivos de comprobación. El dispositivo de control tiene para cada uno de estos dispositivos de comprobación una conexión de comunicación. El dispositivo de comprobación correspondiente está configurado para comprobar uno o varios dispositivos de protección, que están dispuestos en el mismo emplazamiento que el dispositivo de comprobación correspondiente. Además, el sistema de comprobación está configurado para la ejecución del procedimiento de acuerdo con la invención.

Las ventajas del sistema de comprobación de acuerdo con la invención corresponden a las ventajas del procedimiento de acuerdo con la invención, que se han explicado anteriormente de forma detallada, de modo que se renuncia aquí a una repetición.

El dispositivo de control puede estar integrado con uno de los dispositivos de comprobación de tal modo que el dispositivo de control y el dispositivo de comprobación correspondiente estén integrados en el mismo dispositivo.

Además, se pone a disposición un dispositivo de control para un sistema de comprobación para la comprobación de varios dispositivos de protección distribuidos en el espacio de una red de suministro de energía. El dispositivo de control está configurado para poder comunicar con varios dispositivos de comprobación mediante conexiones de comunicación correspondientes (p.ej. Internet, red telefónica), que están asignadas respectivamente a uno o varios dispositivos de protección. Cada uno de estos dispositivos de comprobación está configurado para comprobar uno o varios dispositivos de protección. El dispositivo de control propiamente dicho está configurado para ejecutar el procedimiento de acuerdo con la invención.

La conexión de comunicación, con la que comunican los dispositivos de comprobación con el dispositivo de control, también puede ser una conexión lenta con un tiempo de latencia largo (por ejemplo una red de telefonía móvil, UMTS), puesto que, de forma ventajosa, la presente invención no exige requisitos de tiempo real respecto a esta conexión de comunicación.

Además, la presente invención describe un producto de programa informático, en particular un programa informático o un software, que puede cargarse en una memoria de un dispositivo de control programable o un ordenador. Con este producto de programa informático pueden ejecutarse todas o diferentes formas de realización anteriormente descritas del procedimiento de acuerdo con la invención, cuando el producto de programa informático se está ejecutando en el dispositivo de control o en el ordenador. El producto de programa informático requiere eventualmente medios de programa, p.ej. bibliotecas y funciones auxiliares para realizar las formas de realización correspondientes de los procedimientos. Dicho de otro modo, con la reivindicación que se refiere al producto de programa informático debe protegerse en particular un programa informático o un software con el que puede ejecutarse una de las formas de realización anteriormente descritas del procedimiento de acuerdo con la invención o que ejecuta esta forma de realización. El software puede ser un código fuente (p.ej. C++) que aún debe ser

compilado (traducido) y enlazado o que solo debe ser interpretado o puede ser un código software ejecutable, que para la ejecución solo ha de cargarse en la unidad de procesamiento (el ordenador) correspondiente.

A continuación, la presente invención se describirá desde otro punto de vista.

5 La presente invención ensaya o comprueba varios dispositivos de protección distribuidos en el espacio de una red de suministro de energía. En particular, se calculan mediante un modelo correspondiente de la red de suministro de energía magnitudes del proceso en los lugares de montaje de los dispositivos de protección a comprobar y se predeterminan con ayuda de los dispositivos de comprobación a los dispositivos de protección para realizar los ensayos. Por lo tanto, se representan o simulan el funcionamiento normal, estados de fallo y estados de desconexión, de modo que los dispositivos de protección se comprueban en distintos estados de funcionamiento y estados del sistema (red de suministro de energía incluidos los dispositivos de protección). El modelo usado para el cálculo de las magnitudes del proceso influye, por un lado, en los valores exactos de las magnitudes del proceso y, por otro lado, influye en el desarrollo de las magnitudes del proceso, como se presentan por ejemplo al producirse un fallo o al conmutar un disyuntor.

15 Para ello hay que resolver el siguiente problema. Los tiempos de retardo que se producen en una transmisión de un proceso de conmutación para un disyuntor a través de la red de comunicación (p.ej. Internet, red telefónica), mediante la cual los dispositivos de comprobación están conectados con el dispositivo de control, rebasan largamente la velocidad de propagación de las consecuencias del proceso de conmutación a través de la red de suministro de energía. La presente invención resuelve este problema estableciéndose o ampliándose la secuencia de comprobación paso por paso. Se parte de la premisa de que el dispositivo de protección correspondiente se comporta de forma determinista, de modo que el dispositivo de protección correspondiente (incluido el disyuntor asignado) muestra un comportamiento idéntico (por ejemplo al emitir comandos de conmutación) al aplicar repetidas veces las mismas magnitudes a comprobar dentro de unas tolerancias determinadas.

25 Para la realización de la presente invención, los dispositivos de comprobación alimentan magnitudes a comprobar o entradas correspondientes, en particular a las entradas analógicas de corriente/tensión de los dispositivos de protección. Para la comprobación también puede ser útil que se alimenten magnitudes a comprobar o entradas correspondientes a determinadas entradas binarias de los dispositivos de protección, con las que se señalizan por ejemplo posiciones de conmutación de disyuntores.

En comparación con el estado de la técnica, la presente invención presenta las siguientes ventajas:

- 35 • Los resultados de los ensayos de todos los dispositivos de protección están disponibles en particular en el dispositivo de control central, por lo que pueden ser evaluados de forma central.
- Puesto que también se tiene en cuenta la reacción de la red de suministro de energía a los comandos de conmutación en la comprobación de los dispositivos de protección, se realiza en particular una retroalimentación entre el sistema a comprobar (red de suministro de energía con dispositivos de protección) y el modelo del sistema usado para la comprobación.
- 40 • En la comprobación pueden tenerse en cuenta todas las salidas de los dispositivos de protección, en particular también comandos de reconexión para disyuntores).
- La comprobación de acuerdo con la invención comprueba también un comportamiento correcto del sistema respecto a ciclos de apertura y posterior cierre de disyuntores, de modo que en la comprobación se tienen en cuenta discrepancias y un comportamiento del sistema no sincrónico que se producen por ajustes incorrectos de los distintos dispositivos de protección y que conducen dado el caso a un resultado negativo de la comprobación.

50 La presente invención es adecuada para la realización de ensayos de dispositivos de protección con los que se protege una red de suministro de energía. Por supuesto, la presente invención no está limitada a este campo de aplicación preferible, puesto que con la presente invención también pueden comprobarse dispositivos de protección que se acaban de fabricar o en los que se acaban de realizar trabajos de mantenimiento.

A continuación, la presente invención se explicará más detalladamente haciéndose referencia a los dibujos adjuntos con ayuda de unas formas de realización preferibles de acuerdo con la invención.

55 En la Figura 1 está representado un sistema de comprobación de acuerdo con la invención junto con una red de suministro de energía, que es protegida por dos dispositivos de protección.

60 La Figura 2 muestra un diagrama de flujo de un procedimiento de acuerdo con la invención.

En la Figura 1 está representada una red de suministro de energía en forma de una línea eléctrica aérea 3 individual. De acuerdo con la invención, una red de suministro de energía puede presentar varias líneas eléctricas aéreas, otras líneas de alta tensión, líneas paralelas y transformadores, que están conectados a modo de red. La línea eléctrica aérea 3 termina en los dos extremos respectivamente en una barra colectora SS₁, SS₂ en diferentes estaciones transformadoras UW₁, UW₂ diferentes. En el interior de la estación transformadora en cuestión hay respectivamente

un disyuntor, con el que puede interrumpirse la conexión eléctrica entre la parte de la línea eléctrica aérea 3 que conecta las dos estaciones transformadoras UW_1 , UW_2 y la barra colectora SS_1 , SS_2 correspondiente. Además, en el interior de la estación transformadora UW_1 , UW_2 en cuestión hay respectivamente un transformador, con el que se transforman una corriente de alta intensidad (corriente de fase) conducida por la línea eléctrica aérea 3 y una alta tensión conectada a la línea eléctrica aérea 3, alimentándose el resultado de esta transformación en forma de una corriente y de una tensión de menor amplitud (p.ej. 1 A y 100 V) como magnitudes del proceso al dispositivo de protección en cuestión. Con ayuda de estas magnitudes del proceso, el dispositivo de protección en cuestión vigila la red de suministro de energía o la línea eléctrica aérea 3. El lugar en el que se encuentran el disyuntor en cuestión y el transformador en cuestión se denomina en la Figura 1 K_1 o K_2 .

Al aparecer un fallo 5 (por ejemplo un cortocircuito) de la línea eléctrica aérea 3, el dispositivo de protección SE_1 ; SE_2 correspondiente detecta este fallo 5 con ayuda de las magnitudes del proceso, aumentando por ejemplo la corriente por encima de un valor umbral de corriente o bajando la tensión por debajo de un valor umbral de tensión. En cuanto el dispositivo de protección SE_1 ; SE_2 correspondiente detecte el fallo 5, emite un comando de conmutación al disyuntor que tiene asignado, para interrumpir la conexión eléctrica y aislar de este modo el fallo 5. Después de un tiempo de pausa predeterminado tras la detección del fallo 5, el dispositivo de protección SE_1 ; SE_2 correspondiente emite un comando de conmutación al disyuntor que tiene asignado, para restablecer la conexión eléctrica. Si el fallo 5 aún existe en este momento, el dispositivo de protección SE_1 ; SE_2 en cuestión lo detecta con ayuda de las magnitudes del proceso de la línea eléctrica aérea 3 que se alimentan al mismo y emite otro comando de conmutación para volver a interrumpir la conexión eléctrica con el disyuntor que tiene asignado.

Además, los dos dispositivos de protección están conectados desde el punto de la vista de la técnica de comunicación a través de un canal de comunicación 2. A través de este canal de comunicación 2, los dos dispositivos de protección SE_1 , SE_2 pueden transmitirse determinadas informaciones (p.ej. magnitudes del proceso, comandos de conmutación) casi en tiempo real.

Para comprobar los dispositivos de protección SE_1 , SE_2 , en cada estación transformadora UW_1 , UW_2 existe un dispositivo de comprobación PE_1 , PE_2 estando conectado el dispositivo de comprobación PE_1 , PE_2 correspondiente mediante una línea de comprobación PL_1 , PL_2 con el dispositivo de protección SE_1 ; SE_2 dispuesto en la misma estación transformadora UW_1 , UW_2 . Además, existe un dispositivo de control central 1, que está conectado mediante una línea de comunicación 6 y una conexión de comunicación WAN 4 con los dos dispositivos de comprobación PE_1 , PE_2 .

Los dispositivos de comprobación PE_1 , PE_2 están equipados respectivamente con un reloj que funciona con mucha precisión, sincronizándose los relojes de los dispositivos de comprobación PE_1 , PE_2 en la mayoría de los casos mediante GPS, para presentar exactamente la misma hora. Los relojes sincronizados en cuanto a la hora tienen gran importancia al aplicar la secuencia de comprobación y al detectar las salidas de los distintos dispositivos de protección SE_1 , SE_2 .

Para la comprobación de los dispositivos de protección SE_1 , SE_2 , los dispositivos de protección SE_1 , SE_2 se separan de la red de suministro de energía 3, interrumpiéndose las líneas piloto SL_1 , SL_2 . Durante la comprobación, los dispositivos de protección SE_1 ; SE_2 reciben las magnitudes del proceso detectadas por los mismos normalmente mediante el transformador a través de la línea de comprobación PL_1 ; PL_2 correspondiente y emiten los comandos de conmutación emitidas en el funcionamiento normal a través de la línea piloto SL_1 , SL_2 a través de esta línea de comprobación PL_1 ; PL_2 . Por lo tanto, la red de suministro de energía no queda protegida durante la comprobación de los dispositivos de protección SE_1 , SE_2 , pero tampoco es perturbada por los comandos de conmutación iniciados por la comprobación.

En la Figura 2 está representado un diagrama de flujo de un procedimiento de acuerdo con la invención para la comprobación de varios dispositivos de protección SE_1 , SE_2 distribuidos en el espacio de una red de suministro de energía.

En la etapa S1 se genera una secuencia de comprobación para uno, varios o todos los dispositivos de protección SE_1 , SE_2 a comprobar. Con esta secuencia de comprobación debe comprobarse si el dispositivo de protección SE_1 ; SE_2 correspondiente presenta un comportamiento correcto en la transición del funcionamiento normal a un estado de fallo (es decir, el dispositivo de protección SE_1 ; SE_2 correspondiente detecta un fallo en la red de suministro de energía). Para ello, se alimentan a través de la línea de comprobación PL_1 ; PL_2 magnitudes del proceso a los dispositivos de protección SE_1 , SE_2 correspondientes, que en caso de un fallo serían detectados por la red de suministro de energía o por la línea eléctrica aérea 3.

En la etapa S2, la secuencia de comprobación es distribuida por el dispositivo de control 1 entre los dispositivos de comprobación PE_1 , PE_2 y es emitida por estos dispositivos de comprobación PE_1 , PE_2 en exactamente el mismo momento a los dispositivos de protección SE_1 , SE_2 correspondientes, alimentándose a través de la línea de comprobación PL_1 ; PL_2 correspondiente patrones de ensayo correspondientes al dispositivo de protección SE_1 ; SE_2 correspondiente. La reacción de los dispositivos de protección SE_1 , SE_2 a estos patrones de ensayo se detecta en la

etapa S3, detectándose las salidas del dispositivo de protección SE₁; SE₂ correspondiente mediante el dispositivo de comprobación PE₁, PE₂ correspondiente en la línea de comprobación PL₁, PL₂ correspondiente y siendo provistas de un sello de tiempo muy exacto. Estas salidas comprenden por ejemplo comandos de conmutación para el disyuntor asignado al dispositivo de protección SE₁; SE₂ correspondiente.

5
 10 En la etapa S4 se analizan las salidas detectadas en la etapa S3 anterior (en particular, comandos de conmutación). En este análisis se comprueba si una salida de un dispositivo de protección SE₁, SE₂ cambia las magnitudes del proceso de la red de suministro de energía 3, lo que es el caso, por ejemplo, cuando las salidas comprenden un comando de conmutación para la apertura de un disyuntor actualmente cerrado. Con ayuda de un modelo de la red de suministro de energía 3 se simulan en este caso partiendo de los comandos de conmutación detectados en la etapa S3 las magnitudes del proceso en todos aquellos lugares K₁, K₂ de la red de suministro de energía 3 en los que se toman las magnitudes del proceso en el funcionamiento normal (funcionamiento en el que no tiene lugar una comprobación) mediante los dispositivos de protección SE₁, SE₂. A partir de las magnitudes del proceso así simuladas resultan las entradas correspondientes para los dispositivos de protección SE₁, SE₂. (Un comando de conmutación del dispositivo de protección SE₁ conduce por ejemplo a la apertura del disyuntor en K₁ y, por lo tanto, a un cambio de las magnitudes del proceso en el lugar K₂, lo que conduce a su vez al cambio de las entradas del dispositivo de protección SE₂ alimentadas a través de la línea de comprobación PL₂.)

20 Cuando la etapa S5 se realiza al menos por segunda vez, se comprueba en la etapa S5 si las salidas actuales coinciden dentro de unas tolerancias determinadas (de forma determinista) con las salidas del ciclo anterior. Un resultado negativo de la etapa S5 no conduce forzosamente a un resultado negativo de la comprobación. Normalmente, en caso de un resultado negativo de la etapa S5, se repite el procedimiento, aumentándose dado el caso las tolerancias. La evaluación del resultado de la etapa S5 también puede realizarse manualmente. En este caso, después de un resultado negativo el procedimiento se repite solo si el técnico que vigila la comprobación da su consentimiento a ello.

30 En la etapa S6 se comprueba si las entradas generadas en la etapa S4 anterior ya están contenidas en la secuencia de comprobación. La primera vez que se realiza la etapa S6, esto por regla general no será el caso, si se han detectado comandos de conmutación en la etapa S3. Si existen entradas que aún no están contenidas en la secuencia de comprobación, estas entradas se incluyen en la etapa S7 en la secuencia de comprobación. A continuación, el procedimiento de acuerdo con la invención prosigue con la etapa S2. Por lo tanto, se trata de un procedimiento recursivo.

35 Al volver a realizar las etapas S2 a S6, se comprueba con la secuencia de comprobación modificada en la última etapa S7 la transición del funcionamiento normal al estado de fallo y desde allí al estado de procesos de conmutación iniciados por los dispositivos de protección SE₁, SE₂. En la etapa S6 vuelve a comprobarse si en la etapa S4 anterior se presentan salidas (en particular, comandos de conmutación), que no se presentaban aún en el ciclo anterior. Esto es el caso, por ejemplo, cuando uno de los dispositivos de protección SE₁, SE₂ emite un comando de conmutación para volver a cerrar el disyuntor que tiene asignado.

45 El procedimiento realiza las etapas S2 a S6 hasta que los dispositivos de protección SE₁, SE₂ ya no emitan otras salidas o nuevas salidas (en particular, comandos de conmutación). Si esto es el caso, el procedimiento se ramifica hasta la etapa S8, en la que se evalúan las salidas de los dispositivos de protección SE₁, SE₂ que han sido detectadas por los dispositivos de comprobación correspondientes, para elaborar un resultado de comprobación.

50 Por regla general, la inclusión de otras entradas en la secuencia de comprobación también comprende la inclusión de salidas teóricas, que han de ser emitidas por los dispositivos de protección SE₁, SE₂ por las entradas nuevamente incluidas. También por esta razón es posible que se compruebe por ejemplo en la etapa S4 respectivamente en el análisis de las salidas si son correctas las salidas de los dispositivos de protección SE₁, SE₂ detectadas respectivamente por los dispositivos de comprobación PE₁, PE₂ o si ya se ha detectado un comportamiento incorrecto de los dispositivos de protección SE₁, SE₂, lo que podría conducir a un resultado negativo de la comprobación y, por lo tanto, a una interrupción prematura de la comprobación.

55 Además, cada vez que vuelven a realizarse las etapas S2 a S6 puede verificarse si las salidas de los dispositivos de protección SE₁, SE₂ corresponden a las salidas del dispositivo de protección SE₁, SE₂ en el ciclo respectivamente anterior, es decir, en particular si se han emitido respectivamente los mismos comandos de conmutación. Si esto no es el caso, la comprobación también puede terminarse con un resultado negativo.

60 Lista de símbolos de referencia

- 1 Dispositivo de control
- 2 Canal de comunicación
- 3 Línea eléctrica aérea
- 65 4 Conexión de comunicación WAN

5	Fallo
6	Línea de comunicación
K ₁ , K ₂	Nodos (disyuntor y transformador)
PE ₁ , PE ₂	Dispositivo de comprobación
5 PL ₁ , PL ₂	Línea de comprobación
SL ₁ , SL ₂	Línea piloto
S1-S8	Etapas del procedimiento
SS ₁ , SS ₂	Barra colectora
10 USW ₁ , USW ₂	Estación transformadora

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para comprobar varios dispositivos de protección (SE_1 , SE_2) distribuidos en el espacio de una red de suministro de energía (3),
 5 estando configurado cada uno de los dispositivos de protección (SE_1 , SE_2) para, en caso de aparecer un fallo (5) en la red de suministro de energía (3), aislar el fallo (5) en la red de suministro de energía (3), comprendiendo el procedimiento las siguientes etapas en un dispositivo de control:
- 10 a: creación de una secuencia de comprobación inicial,
 b: emisión de la secuencia de comprobación a los dispositivos de protección (SE_1 , SE_2),
 c: detección de las salidas de los dispositivos de protección (SE_1 , SE_2) que emiten los dispositivos de protección (SE_1 , SE_2) basándose en la secuencia de comprobación,
 d: análisis de las salidas y generación de entradas para los dispositivos de protección (SE_1 , SE_2) en función de las salidas,
 15 incluyéndose las entradas, cuando no forman parte de la secuencia de comprobación, en la secuencia de comprobación y prosiguiéndose con la etapa b, mientras que de lo contrario se prosigue con la etapa e, y
 e: evaluación de todas las salidas de los dispositivos de protección (SE_1 , SE_2),
- 20 comprendiendo la secuencia de comprobación entradas en forma de magnitudes del proceso de la red de suministro de energía (3) para al menos uno de los dispositivos de protección (SE_1 , SE_2) y salidas teóricas, que deben ser emitidas por el dispositivo de protección (SE_1 , SE_2) correspondiente comprobado en función de las entradas.
2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que
 25 las salidas del al menos uno de los dispositivos de protección (SE_1 , SE_2) comprenden un comando de apertura de conmutador, con el que se abre un disyuntor para el aislamiento del fallo (5), y/o un comando de reconexión, con el que se vuelve a anular un aislamiento de un fallo (5) mediante el cierre de un disyuntor.
3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que
 30 la generación de las entradas se realiza en función de las salidas, determinándose cambios de las magnitudes del proceso de la red de suministro de energía (3) a partir de las salidas con ayuda de un modelo de la red de suministro de energía (3).
- 35 4. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3, caracterizado por que el modelo es un modelo estático, uno dinámico o uno transitorio.
5. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que,
 40 en caso de aparecer un fallo (5) en la red de suministro de energía (3), cada dispositivo de protección (SE_1 , SE_2) emite un comando para la apertura de un disyuntor para aislar el fallo (5).
6. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que,
 45 para cada uno de los dispositivos de protección (SE_1 , SE_2) se detectan las magnitudes del proceso de la red de suministro de energía (3) mediante un transformador conectado con la red de suministro de energía (3) y por que en función de las magnitudes del proceso se determina si hay un fallo (5) en la red de suministro de energía (3).
- 50 7. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que uno de los dispositivos de protección (SE_1 , SE_2) está conectado mediante un canal de comunicación (2) con otro de los dispositivos de protección (SE_1 , SE_2),
 55 por que el dispositivo de protección (SE_1 , SE_2) detecta mediante el canal de comunicación (2) informaciones del otro dispositivo de protección (SE_1 , SE_2) y por que se decide en función de las informaciones si, en caso de la aparición de un fallo (5) en la red de suministro de energía (3), el fallo (5) es aislado por los dispositivos de protección (SE_1 , SE_2).
- 60 8. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el procedimiento es ejecutado automáticamente por un dispositivo de control (1) central.
- 65 9. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que

se especifican etapas de salida,

por que cada una de las etapas de salida comprende al menos una entrada, y

por que las etapas de salida se emiten como la secuencia de comprobación a los dispositivos de protección (SE₁, SE₂) en un orden que depende de eventos de disparo, dependiendo cada evento de disparo de al menos un evento de un grupo de eventos, comprendiendo el grupo de eventos:

- el transcurso de un intervalo de tiempo predeterminado,
- la llegada de un dato determinado de uno de los dispositivos de protección a través de un canal de comunicación a otro de los dispositivos de protección, y
- el cambio de posición de conmutación de un disyuntor.

10. Sistema de comprobación para la comprobación de varios dispositivos de protección (SE₁, SE₂) dispuestos en emplazamientos distribuidos en el espacio de una red de suministro de energía (3),

comprendiendo el sistema de comprobación un dispositivo de control (1) y varios dispositivos de comprobación (PE₁, PE₂),

estando presente en cada emplazamiento (USW₁; USW₂) de los dispositivos de protección (SE₁, SE₂) al menos uno de los dispositivos de comprobación (PE₁, PE₂),

presentando el dispositivo de control (1) una conexión de comunicación (4; 6) con cada uno de los dispositivos de comprobación (PE₁, PE₂),

estando configurado cada uno de los dispositivos de comprobación (PE₁, PE₂) para la comprobación de al menos uno de los dispositivos de protección (SE₁, SE₂) que está presente en el mismo emplazamiento (USW₁; USW₂) que el dispositivo de comprobación (PE₁, PE₂) correspondiente y

estando configurado el sistema de comprobación (1, PE₁, PE₂) para ejecutar el procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores.

11. Sistema de comprobación de acuerdo con la reivindicación 10,

caracterizado por que

el dispositivo de control (1) está integrado en uno de los dispositivos de comprobación (PE₁, PE₂).

12. Dispositivo de control (1) para un sistema de comprobación para la comprobación de varios dispositivos de protección (SE₁, SE₂) distribuidos en el espacio de una red de suministro de energía (3),

estando configurado el dispositivo de control (1) para la comunicación con varios dispositivos de comprobación (PE₁, PE₂) asignados respectivamente a los dispositivos de protección (SE₁, SE₂),

estando configurado cada dispositivo de comprobación (PE₁, PE₂) para la comprobación de al menos uno de los dispositivos de protección (SE₁, SE₂),

estando configurado el dispositivo de control (1) para la ejecución del procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 9.

13. Producto de programa informático con instrucciones legibles por ordenador almacenadas en el mismo, que están configuradas de tal modo que en caso de ejecución de estas instrucciones por parte de un ordenador se ejecuta el procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 9.

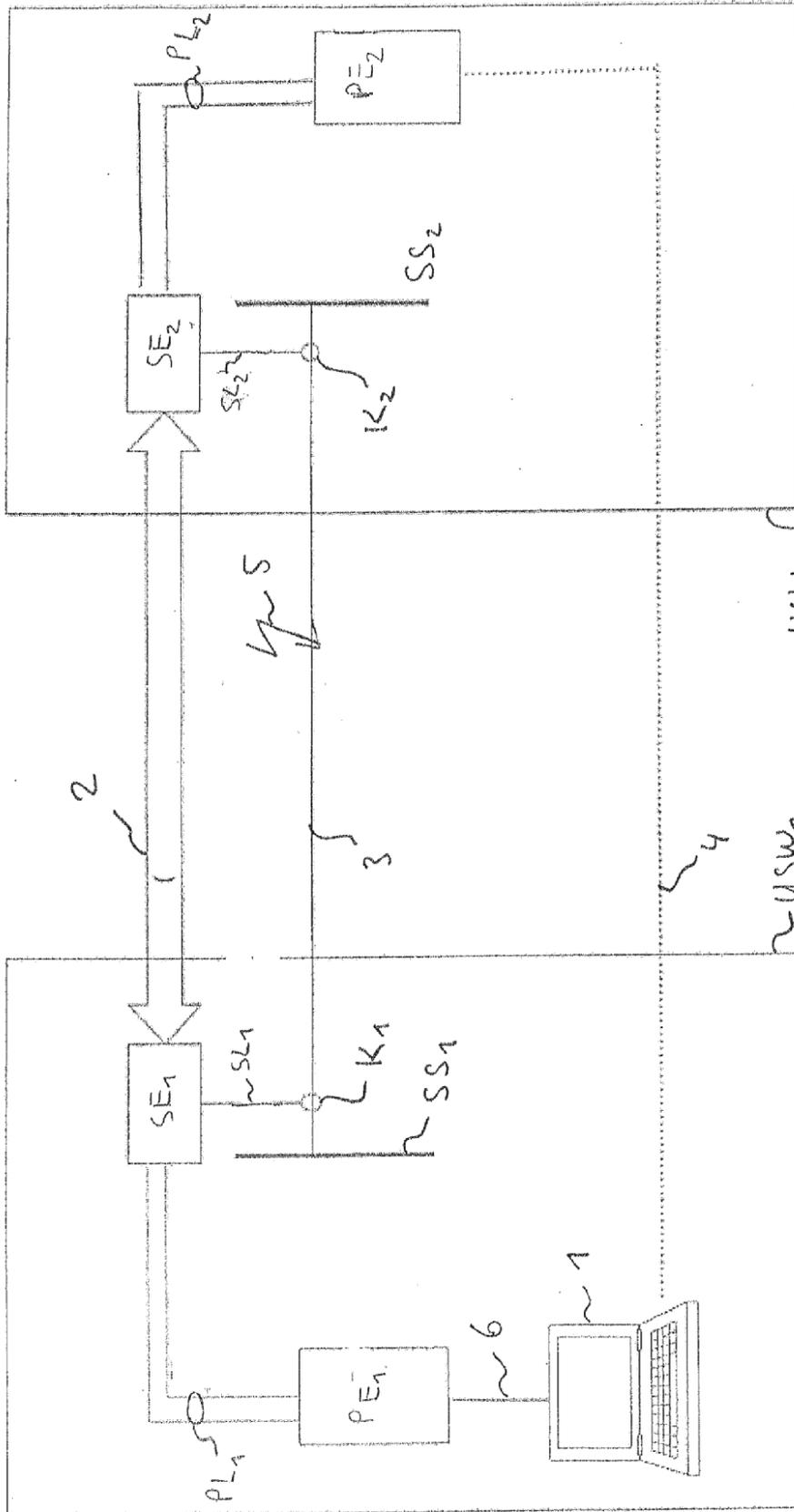


Fig. 1

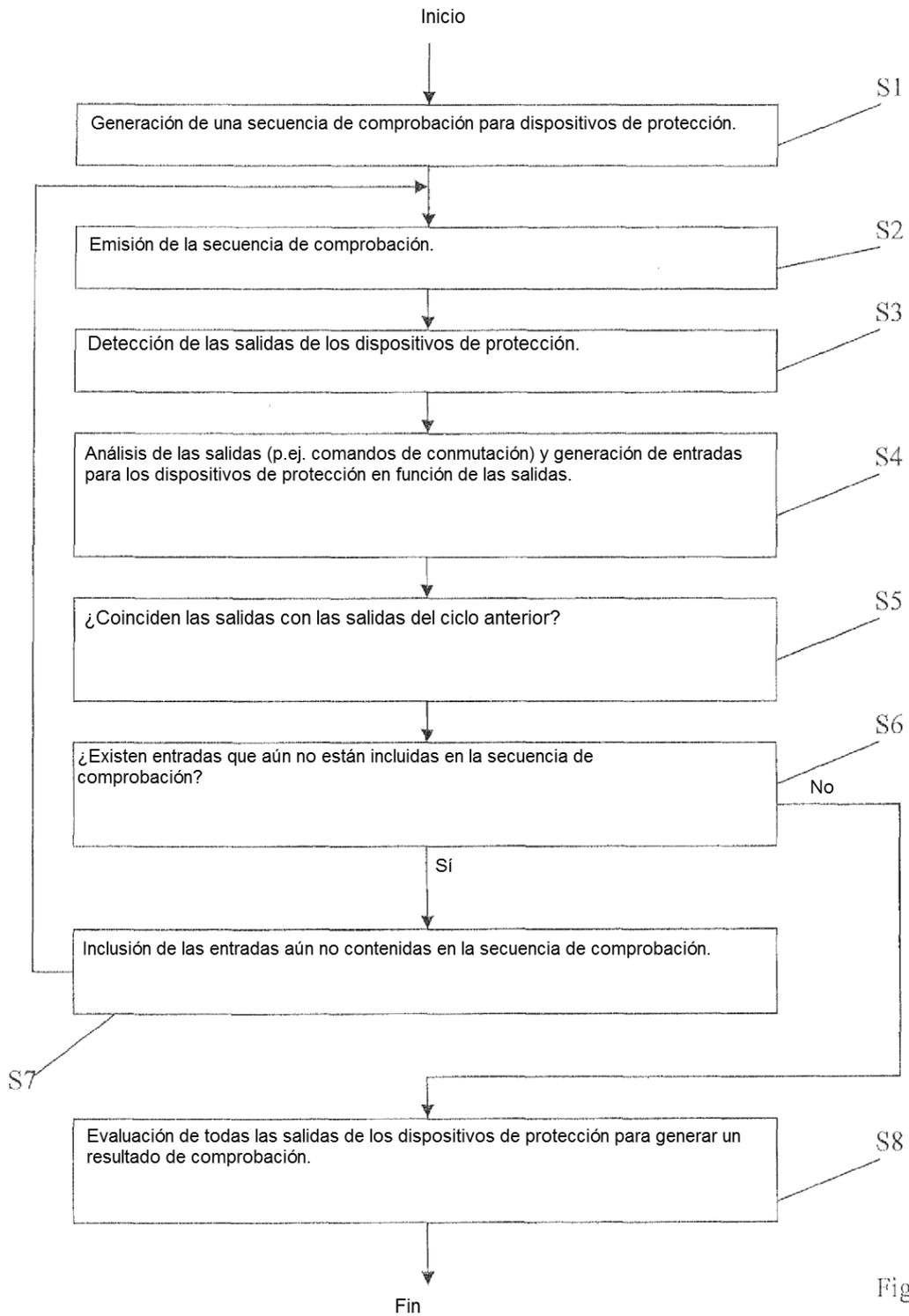


Fig. 2