

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 614 288**

51 Int. Cl.:

H02J 3/14 (2006.01)

H02J 3/24 (2006.01)

H02J 3/06 (2006.01)

H02J 3/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.02.2014** **E 14154056 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.12.2016** **EP 2765667**

54 Título: **Procedimiento y equipo para operar una red eléctrica**

30 Prioridad:

07.02.2013 DE 102013202005

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

30.05.2017

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Wittelsbacherplatz 2
80333 München, DE**

72 Inventor/es:

**HUBAUER, THOMAS;
GAXIOLA, ENRIQUE, DR.;
HEIDENREICH, ALLA;
HESS, ERWIN, DR.;
KREBS, RAINER, DR.;
LAMPARTER, STEFFEN, DR. y
RUSITSCHKA, SEBNEM**

74 Agente/Representante:

LOZANO GANDIA, José

ES 2 614 288 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).

PROCEDIMIENTO Y EQUIPO PARA OPERAR UNA RED ELÉCTRICA**DESCRIPCIÓN**

- 5 La presente invención se refiere a un procedimiento y a un equipo para operar una red eléctrica que comprende una pluralidad de elementos de red.
- Los fallos de corriente en redes eléctricas, es decir, la interrupción accidental del suministro de electricidad, pueden tener graves repercusiones locales, regionales o nacionales. Se pueden diferenciar al respecto fallos de la corriente de distinta duración y repercusiones diferentes. Breves caídas de tensión, por ejemplo debido a sobrecargas de componentes de la red individuales, se denominan también brown-out (apagón parcial) y pueden ser el precursor de un fallo de la corriente a medio o largo plazo, lo que se denomina black-out (apagón).
- 10 Para evitar fallos de corriente, es posible vigilar (monitoring), proteger (protection) y controlar (control) una red eléctrica en funcionamiento en el marco del procedimiento denominado Wide-Area Monitoring, Protection And Control (WAMPAC, vigilancia, protección y control de área extensa) para redes de transmisión y distribución.
- 15 La vigilancia averigua informaciones estáticas y también dinámicas de la red eléctrica. En el marco de la protección y control se utilizan las informaciones averiguadas para detectar por ejemplo situaciones críticas, es decir, estados críticos de la red eléctrica y tomar contramedidas adecuadas. Si no se toman tales contramedidas, pueden conducir problemas inicialmente menores o locales a cascadas de sucesos, al final de los cuales en el peor de los casos resulta un black-out parcial o total de la red eléctrica.
- 20 No obstante, los sistemas WAMPAC tradicionales proporcionan al personal técnico de un operador de la red eléctrica en todo caso un ligero apoyo con información técnica. La eliminación de tales fallos de la corriente, en particular el restablecimiento completo del suministro eléctrico tras un black-out, es por lo tanto, incluso para personal técnicamente experimentado de un operador de la red eléctrica, compleja y costosa, ya que por ejemplo solamente existen directrices generales para el restablecimiento completo del suministro eléctrico de una red eléctrica después de un black-out. El conocimiento necesario está distribuido por lo general entre una pluralidad de fuentes o bien existe solamente de manera no formalizada. Además es necesaria una costosa comunicación entre distintos operadores de la red eléctrica para acordar a nivel nacional medidas locales y evitar efectos indeseados en la red eléctrica.
- 25 Los equipos de protección conocidos utilizan por lo general solamente informaciones disponibles localmente, como tensión, energía disponible (cantidad y fase) o potencia reactiva, para proteger generadores y consumidores por ejemplo mediante un seccionamiento transitorio de la red eléctrica. No obstante, tales maniobras y medidas locales pueden tener repercusiones considerables sobre la estabilidad de la red eléctrica.
- 30 El documento EP 1 134 867 A1 describe un procedimiento para evaluar la estabilidad de una red eléctrica de suministro de energía.
- 35 El documento DE 10 2011 075 231 A1 describe un procedimiento para operar una instalación, en el que se evalúan informaciones mediante un modelo basado en la lógica, en combinación con un modelo de vigilancia del estado y se vigila o controla la instalación en base a las informaciones evaluadas.
- 40 TAYLOR P C Y COLAB.: "Distributed voltage control (control distribuido de la tensión) 2010 IEEE POWER AND ENERGY SOCIETY GENERAL MEETING: [IEEE PES-GM 2010]; MINNEAPOLIS, MINNESOTA, USA, 25 - 29 JULIO 2010, IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA, 25 julio 2010 (2010-07-25), páginas 1-7, XP031985655, DOI: 10.1109 / PES.2010.5589773, ISBN: 978-1-4244-6549-1 describe un sistema de control de la tensión para un sistema de gestión activo regional autónomo en una generación de electricidad descentralizada, que incluye una técnica Case-Based Reasoning (CBR, razonamiento basado en casos).
- 45 El documento WO 2013/129958 A1 describe un procedimiento para un control asistido por ordenador de una red eléctrica con una pluralidad de nodos.
- 50 Un objetivo de la invención es por lo tanto mejorar la operación de una red eléctrica.
- 55 Este objetivo se logra mediante el procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 y el aparato de acuerdo con la reivindicación 12. Formas de realización preferidas se indican en las reivindicaciones dependientes.
- 60 Una operación de conmutación incluye por ejemplo una conmutación mediante un elemento de red y/o una medición mediante un sensor.
- 65 El procedimiento propuesto posibilita una forma de proceder formalizada para eliminar por ejemplo estados críticos de una red eléctrica y evita un procedimiento según el principio de prueba y error. De esta manera pueden evitarse y/o eliminarse fallos de la corriente en forma de brown-outs o black-outs. En particular se desencadenan maniobras de conmutación adecuadas para eliminar estados críticos de forma automatizada y formalizada, con lo que las maniobras de conmutación tenidas en cuenta ya no dependen del correspondiente personal técnico y del

conocimiento correspondiente formal e informal disponible. Esto asegura que al menos no se pasa por alto ninguna solución conocida.

5 Además se acelera por ejemplo el proceso de arranque de una red eléctrica después de un black-out y resulta transparente para los usuarios, por ejemplo el personal del operador de la red y se mejora la coordinación de las operaciones entre los participantes. Pueden evitarse o corregirse así también decisiones incorrectas, para excluir otras posibles consecuencias no deseadas en la red eléctrica.

10 En unas formas de realización del procedimiento, incluye las instrucciones de las maniobras de conmutación deducidas una indicación óptica de la maniobra de conmutación deducida mediante un dispositivo indicador óptico a un usuario. El dispositivo indicador óptico es por ejemplo parte de un puesto de mando y presenta una pantalla.

15 De esta manera queda asegurado que el usuario, por ejemplo el personal técnico del operador de la red eléctrica, puede elegir a partir de un conjunto correcto de posibles maniobras de conmutación aquéllas que sean adecuadas desde su punto de vista experto para eliminar el estado actual de la red eléctrica. En particular es posible que el usuario se ponga de acuerdo con otros usuarios, por ejemplo personal técnico de otro operador de red, sobre las maniobras de conmutación a ejecutar, antes de la realización práctica.

20 En otras formas de realización del procedimiento incluyen las instrucciones sobre la maniobra de conmutación deducida una ejecución automática de la maniobra de conmutación deducida mediante un equipo de conmutación para el control de la red eléctrica.

25 Esto posibilita una intervención automática eficiente y rápida, para evitar o eliminar respectivamente un estado crítico en ciernes o ya existente en la red eléctrica. La realización automática puede combinarse entonces con las indicaciones ópticas de las maniobras de conmutación deducidas, para hacer posible una intervención manual por parte del personal técnico.

30 En otras formas de realización del procedimiento se realiza una captación de un valor de un parámetro de la red eléctrica, así como una captación del estado de la red eléctrica en función del valor captado para el parámetro de la red eléctrica.

35 Un parámetro de la red eléctrica es por ejemplo una tensión eléctrica, una energía disponible (cantidad y fase), una capacidad o una potencia reactiva de un elemento de red o de una sección de la red eléctrica. De esta manera pueden captarse estados muy diversos de la red eléctrica en función de diversos valores que pueden captarse de distintos parámetros de la red eléctrica.

La captación de un valor correspondiente a un parámetro de la red eléctrica es posible por ejemplo mediante una medición por medio de un sensor o mediante una introducción manual por parte de un usuario.

40 La posibilidad de realizar un usuario una introducción manual permite por ejemplo al personal técnico del operador de la red arrancar el proceso selectivamente con un determinado estado, sin que tengan que captarse primeramente uno o varios valores de medida.

45 En otras formas de realización del procedimiento se realiza la captación del estado de al menos uno de la pluralidad de elementos de red, así como una captación del valor del parámetro de la red eléctrica en función del estado captado de al menos un elemento de red.

50 Así es posible captar el estado global de la red eléctrica en función de los estados de la pluralidad de elementos de red y con ello consultar estados locales por ejemplo de uno o varios elementos de red que constituyen secciones de red para deducir maniobras de conmutación adecuadas.

55 En otras formas de realización del procedimiento se realiza la captación de un valor correspondiente a un parámetro de un elemento de red, así como la captación del estado del elemento de red en función del valor captado para el parámetro del elemento de red.

60 Un parámetro de un elemento de red es por ejemplo una tensión eléctrica, una energía disponible (cantidad y fase), una capacidad o una potencia reactiva de un elemento de red. De esta manera pueden captarse estados muy diversos de un elemento de la red considerado en función de diversos valores que pueden captarse de distintos parámetros del elemento de la red.

La captación de un valor correspondiente a un parámetro de un elemento de la red eléctrica es posible por ejemplo mediante una medición por medio de un sensor o mediante una introducción manual por parte de un usuario.

65 En otras formas de realización del procedimiento se realiza la captación del estado de la red eléctrica continuamente. La deducción de una maniobra de conmutación se realiza cuando el valor del parámetro de la red eléctrica se desvía en al menos una magnitud predeterminada de un valor de consigna prescrito para el parámetro de la red eléctrica y/o cuando el valor del parámetro del elemento de la red eléctrica se desvía en al menos una magnitud predeterminada de un valor de consigna prescrito para parámetro del elemento de red.

- 5 Mediante la captación continua del estado de la red eléctrica, puede observarse la red eléctrica durante el funcionamiento, para poder intervenir rápida y eficientemente en averías en ciernes o que se presentan de forma aguda o bien estados críticos. La deducción de maniobras de conmutación adecuadas sólo se realiza cuando el estado de la red eléctrica varía tal que se abandonan predeterminadas bandas de valores en un valor de consigna prescrito para parámetros de la red eléctrica y/o de elementos de la red.
- 10 En otras formas de realización del procedimiento se capta el estado de la red eléctrica utilizando un modelo de red que modeliza la red eléctrica y que describe los elementos de la red.
- 15 El modelo de red incluye entonces en particular la topología de la red eléctrica, así como datos estáticos relativos a los elementos de red de la red eléctrica, como por ejemplo su capacidad o potencia reactiva.
- 20 La utilización del modelo de red para captar el estado de la red eléctrica permite por ejemplo modelizar y tener en cuenta interdependencias de los elementos de red incluidos en la red eléctrica.
- 25 En otras formas de realización del procedimiento se realiza la deducción de las maniobras de conmutación, de las que al menos hay una, para eliminar el estado captado de la red eléctrica utilizando un modelo de acción que abarca procesos de conmutación que dependen del correspondiente estado de la red eléctrica y/o utilizando el modelo de red.
- 30 El modelo de acción incluye entonces en particular acciones que dependen del correspondiente estado de la red eléctrica, es decir, procesos de conmutación que son adecuados para modificar o eliminar el correspondiente estado de la red eléctrica. Los procesos de conmutación se basan en el conocimiento previamente formalizado a partir de manuales, directrices, protocolos de comunicación, acuerdos entre distintos operadores de red y/u de otras fuentes.
- 35 Así se dispone del conocimiento previamente formalizado como conjunto de posibles maniobras de conmutación que dependen del estado de la red eléctrica, con lo que es posible una eliminación eficiente y rápida del estado, por ejemplo durante una situación crítica en la red eléctrica.
- 40 La utilización adicional del modelo de red para deducir las posibles maniobras de conmutación posibilita a su vez que se tengan en cuenta interdependencias de los distintos elementos de red o secciones de red.
- 45 En otras formas de realización del procedimiento se proporcionan el modelo de red y/o el modelo de acción en forma de una ontología basada en la lógica.
- 50 Una ontología pone en relación entre sí los elementos de la red eléctrica y formula por ejemplo sus relaciones e interdependencias. Una posible implementación de una ontología es una base de regulación. De esta manera pueden formularse por ejemplo también condiciones lógicas, que hacen posible entre otros comprobar las maniobras de conmutación deducidas en cuanto a consistencia y plausibilidad.
- 55 Tales ontologías hacen posible aplicar procedimientos eficientes para llegar a conclusiones lógicas (reasoning) para, en función del estado de la red eléctrica detectado, deducir acciones adecuadas, es decir, maniobras de conmutación para eliminar el estado.
- 60 Además pueden probarse ontologías formalmente en cuanto a si son correctas, es decir, en cuanto a la ausencia de contradicciones, con lo que puede validarse el conocimiento de expertos formalizado en las mismas.
- 65 También es posible representar una ontología gráficamente, para permitir así al personal técnico de uno o varios operadores de red que cooperan, así como a otros participantes, un formato adecuado, común, para representar el conocimiento formalizado.
- Otra ventaja más de las ontologías es la facilidad de modificación de una ontología existente, por ejemplo para ampliar o corregir la base de conocimiento representada por la ontología.
- Las ontologías hacen posible además generar nuevas entidades mediante la utilización de métodos automáticos basados en la lógica a partir de clases o tipos conocidos de fuentes de conocimiento existentes, es decir, deducir situaciones especiales o estados desconocidos hasta ahora de la red eléctrica a partir de situaciones generales conocidas o estados de la red eléctrica.
- La utilización de ontologías basadas en la lógica permite formalizar conocimiento a partir de una pluralidad de las fuentes de conocimiento más diversas y reunirlos en una base de conocimiento. Además pueden utilizarse muchas otras fuentes de información, por ejemplo el sistema del European Energy Exchange (EEX, intercambio de energía europeo), el sistema de la Federación de Operadores Europeos de Redes de Transmisión (ENTSO-E), sistemas de geoinformación, satélites, datos de medida de sensores o datos de simulación.
- Puesto que una ontología correspondiente incluye el conocimiento de expertos existente y puesto que este conocimiento también puede validarse, se dispone con la ontología de todas las soluciones posibles para situaciones críticas conocidas y desconocidas, es decir, estados de la red eléctrica. De esta manera se acelera considerablemente el proceso de decisión sobre qué maniobras de conmutación deben ejecutarse realmente. El

proceso completo se configura transparente para los participantes. Además se simplifica la cooperación entre los participantes, ya que cada participante dispone del mismo conocimiento formalizado y puede acceder de manera sencilla a ese conocimiento.

5 En función de qué mecanismo de inferencia se utilice para las conclusiones lógicas, por ejemplo conclusiones abductivas, deductivas o basadas en casos, puede utilizarse también una ontología para detectar situaciones o estados de la red eléctrica que aún no son críticos, pero que en breve pueden extenderse hasta una situación crítica. En estos casos, un sistema basado en una tal ontología puede generar avisos, para indicar maniobras de conmutación para eliminar el estado de la red eléctrica antes de que se presenten en la realidad tales situaciones críticas.

10 Además es posible, mediante la formulación lógica de conflictos entre distintas acciones, es decir, distintas maniobras de conmutación, así como entre distintas acciones y determinados estados de la red eléctrica, evitar decisiones incorrectas o bien corregirlas a posteriori, para evitar efectos indeseados en la red eléctrica.

15 En conjunto las ontologías basadas en lógica son por lo tanto especialmente adecuadas para evitar o eliminar con total efectividad brown-outs y/o black-outs.

20 En el procedimiento se deduce una pluralidad de maniobras de conmutación del estado captado de la red eléctrica. A continuación se realiza un filtrado de la pluralidad de maniobras de conmutación deducidas hasta una cierta cantidad de maniobras de conmutación deducidas, así como una instrucción relativa a la cantidad de maniobras de conmutación deducidas para eliminar el estado detectado de la red eléctrica.

25 Así es posible deducir varias maniobras de conmutación del estado actual de la red eléctrica que pueden servir para eliminar el estado. Al respecto es posible que se trate de maniobras de conmutación alternativas para eliminar el estado y/o que se trate de secuencias de maniobras de conmutación, en las que sólo la secuencia completa de maniobras de conmutación conduciría a eliminar el estado.

30 El filtrado incluye una comprobación de consistencia, para detectar inconsistencias o una eliminación por filtrado (lógica) de instrucciones de conmutación contradictorias.

35 Ventajosamente es menor la cantidad de maniobras de conmutación deducidas tras el filtrado que la pluralidad de posibles maniobras de conmutación deducidas del estado detectado de la red eléctrica. De esta manera es más sencillo llegar a la decisión relativa a las maniobras de conmutación a aplicar realmente y el proceso se acelera.

En el procedimiento incluye el filtrado un cálculo de efectos físicos en la red eléctrica para la pluralidad de maniobras de conmutación deducidas.

40 El cálculo de los efectos físicos se basa entonces por ejemplo en el modelo de red y/o en un modelo de simulación electromecánico de la red eléctrica. En este caso se eliminan por filtrado aquellas maniobras de conmutación que de por sí o en combinación con otras maniobras de conmutación conduciría a efectos físicos indeseados en la red eléctrica, como por ejemplo una sobrecarga de elementos de red individuales, oscilaciones de la tensión o desconexiones o seccionamientos innecesarios de elementos de red. También pueden calcularse de antemano y tenerse en cuenta efectos dinámicos por ejemplo en el rearranque completo de la red eléctrica para restablecer la alimentación eléctrica tras un black-out.

45 Así se realiza el filtrado tal que se evita que se presenten efectos técnicos colaterales. El filtrado puede realizarse según determinados criterios específicos del dominio, como por ejemplo pérdida absoluta de energía (total loss of power).

50 En otras formas de realización del procedimiento incluye el filtrado una evaluación y/o un ranking de cada una del conjunto de maniobras de conmutación deducidas.

55 La evaluación o bien el ranking posibilitan clasificar los procesos de conmutación posibles en cuanto a criterios determinados, específicos del dominio. Un usuario puede así detectar rápidamente en cuál de las alternativas de posibles maniobras de conmutación se dan soluciones muy prometedoras. A la vez es posible ejecutar una maniobra de conmutación con una evaluación más baja cuando por ejemplo otros factores desconocidos para el sistema hablan a favor de preferir la correspondiente maniobra de conmutación a una maniobra de conmutación con una evaluación más alta.

60 La evaluación y/o el ranking pueden entonces realizarse en particular teniendo en cuenta los resultados calculados mediante el modelo de red y/o el modelo de simulación electromecánico de la red eléctrica.

65 Además se propone un producto de programa de ordenador que delega en un equipo controlado por programa, por ejemplo un ordenador, la ejecución del correspondiente procedimiento.

Un producto de programa de ordenador como un medio de programa de ordenador puede aportarse o suministrarse por ejemplo como medio de memoria, como tarjeta de memoria, lápiz USB, CD-ROM, DVD o también en forma de archivo descargado de un servidor en una red. Esto puede realizarse por ejemplo en una red de comunicación

inalámbrica mediante la transmisión del correspondiente fichero con el producto de programa de ordenador o con el medio del programa de ordenador. Como equipo controlado por programa procede en particular un equipo como el antes descrito.

5 Por lo demás se propone un soporte de datos con un programa de ordenador memorizado con órdenes, que delega la ejecución del correspondiente procedimiento en un equipo controlado por programa.

Además se propone un equipo para operar una red eléctrica que incluye una pluralidad de elementos de red con las características de la reivindicación 12.

10 El equipo propuesto posibilita una forma de proceder formalizada para eliminar por ejemplo estados críticos de una red eléctrica y evita un procedimiento de prueba y error. De esta manera pueden evitarse o eliminarse fallos de corriente en forma de brown-outs o black-outs.

15 Las formas de realización del dispositivo incluyen un medio de comunicación para la comunicación con otro equipo del tipo antes citado.

20 El medio de comunicación para la comunicación hace posible por ejemplo un intercambio de maniobras de comunicación deducidas localmente y posibilita así el ajuste de las maniobras de conmutación deducidas a aplicar entre los participantes, por ejemplo entre varios operadores de red. De esta manera puede eliminarse o evitarse un brown-out o black-out de manera eficiente y eficaz, sin que resulten efectos colaterales indeseados en la red eléctrica que pudieran conducir a otras situaciones críticas.

25 Al respecto muestran:

figura 1 un diagrama secuencial de un primer ejemplo de realización de un procedimiento para operar una red eléctrica que incluye una pluralidad de elementos de red;

figura 2 un diagrama de bloques de circuitos de un ejemplo de realización de un equipo para operar una red eléctrica que incluye una pluralidad de elementos de red;

30 figura 3 un diagrama secuencial de un segundo ejemplo de realización de un procedimiento para operar una red eléctrica que incluye una pluralidad de elementos de red;

figura 4 un diagrama secuencial de un tercer ejemplo de realización de un procedimiento para operar una red eléctrica que incluye una pluralidad de elementos de red y

35 figura 5 una ontología para un ejemplo de realización de un procedimiento para operar una red eléctrica que incluye una pluralidad de elementos de red.

En las figuras se han dotado los mismos elementos o elementos que tienen la misma función de las mismas referencias, siempre que no se indique otra cosa.

40 La figura 1 muestra un diagrama secuencial de un ejemplo de realización de un procedimiento para operar una red eléctrica que incluye una pluralidad de elementos de red.

En una primera etapa S101 se realiza la captación del estado de la red eléctrica.

45 En una segunda etapa S102 se realiza la deducción de al menos una maniobra de conexión para al menos un elemento de red del estado detectado de la red eléctrica, para eliminar el estado detectado de la red eléctrica.

En una tercera etapa S103 se realiza la asignación de la maniobra de conmutación deducida, de las que al menos hay una, para el elemento de red, de los que al menos hay uno, para eliminar el estado detectado de la red eléctrica.

50 En una cuarta etapa S104 se realiza la indicación óptica de la maniobra de conmutación deducida mediante un indicador óptico para un usuario. El usuario es por ejemplo personal técnico de un operador de red, que opera la red eléctrica. El personal técnico puede así decidir si la maniobra de conmutación indicada debe ejecutarse.

55 Alternativamente se realiza en la cuarta etapa S104 la ejecución automática de la maniobra de conmutación deducida mediante un equipo de conmutación para controlar la red eléctrica. No obstante, el personal técnico puede entonces dado el caso intervenir para controlar, si sucede que la maniobra de conmutación deducida por ejemplo no parece plausible o no debiera ejecutarse por otras razones.

60 La figura 2 muestra un diagrama de bloques de circuitos de un ejemplo de realización de un equipo 20 para operar una red eléctrica, que incluye una pluralidad de elementos de red.

65 El equipo 20 es parte de un elemento de la red no representado en la figura 2 para mayor claridad e incluye un elemento detector 210 para captar el estado de la red eléctrica, un elemento de deducción 220 para deducir al menos una maniobra de conmutación para al menos un elemento de red del estado detectado para la red eléctrica, para eliminar el estado detectado en la red eléctrica, así como un elemento de asignación 230 para asignar la maniobra de conmutación deducida, de las que al menos hay una, para el elemento de red, de los que al menos hay uno, para eliminar el estado detectado para la red.

Además incluye el equipo 20 un elemento de comunicación 240 para la comunicación con otro equipo correspondiente. De esta manera es posible intercambiar informaciones respecto al estado de la red eléctrica, así como respecto a la maniobra de conmutación deducida con otros elementos de red.

5 La figura 3 muestra un diagrama secuencial de otro ejemplo de realización de un procedimiento para operar una red eléctrica que incluye una pluralidad de elementos de red.

10 La situación de partida para el ejemplo de realización que se presenta a continuación es un black-out precedente y con ello un fallo parcial o total de la red eléctrica. Mediante el procedimiento propuesto, puede restablecerse el suministro de corriente en el marco de un plan de restablecimiento ejecutado de manera controlada. Para la planificación y ejecución del plan de restablecimiento se combinan, según el procedimiento propuesto, procedimientos de validación formales matemáticos y lógicos con un modelo de simulación electromecánico de la red eléctrica. De esta manera aporta el procedimiento ayudas a la decisión para el o los operador/es de red.

15 En escenarios offline puede utilizarse el procedimiento para validar planes de restablecimiento genéricos. En escenarios online, es decir, por ejemplo tras un fallo de corriente, puede utilizarse el procedimiento para elegir el plan de restablecimiento más adecuado de todos. Al respecto se basa el procedimiento en planes de restablecimiento generados manual o automáticamente, directrices del operador de la red, manuales y/o

20 informaciones sobre el estado de la red eléctrica y/o sobre el fallo de la corriente.
Se propone así combinar un modelo formal lógico de la red eléctrica con un modelo de simulación electromecánico de la red eléctrica, para validar un plan de restablecimiento dado, generado manual o automáticamente, para la red eléctrica tras un fallo de la corriente, dado el caso adaptarlo y ejecutar a continuación las etapas del plan de restablecimiento.

25 El procedimiento propuesto necesita las siguientes entradas:

- 30 a) un plan de restablecimiento concreto, que defina las etapas posibles, es decir, en particular maniobras de conmutación para estados posibles de la red eléctrica para eliminar el correspondiente estado. El plan de restablecimiento puede haberse confeccionado manualmente o bien haberse generado automáticamente mediante un algoritmo implementado por ordenador.
- 35 b) Directrices para el restablecimiento del suministro eléctrico tras un fallo de la corriente, así como acuerdos a tener en cuenta, por ejemplo en cuanto a protocolos de comunicación, prioridades de generadores o de cargas o acuerdos bilaterales entre operadores de la red de transmisión.
- 40 c) Informaciones relativas al fallo de la corriente, informaciones relativas al estado de la red eléctrica, por ejemplo relativas a líneas que han caído, generadores aún disponibles, layout y frecuencias de redes en isla (Islands).
- d) Un conjunto de condiciones de consistencia definidas por los operadores de red, como por ejemplo la prescripción de que dos redes en isla no deben conectarse entre sí cuando su correspondiente frecuencia y/o fase sean distintas entre sí en más de un valor de umbral predeterminado.
- e) Un modelo de simulación electromecánico al menos de partes de la red eléctrica para la predicción de flujos de energía y/o comportamientos del sistema de la red eléctrica.

45 El procedimiento propuesto aporta las siguientes salidas:

- a) Indicaciones relativas a posibles infracciones de operaciones planificadas mediante el plan de restablecimiento contra directrices o condiciones de consistencia.
- 50 b) Recomendaciones relativas a las operaciones admisibles más adecuadas para restablecer la alimentación eléctrica para cada etapa del plan de restablecimiento.
- c) Activación automática de las operaciones admisibles más adecuadas para restablecer la alimentación eléctrica para cada etapa del plan de restablecimiento.

55 El procedimiento propuesto se representa en la figura 3 como diagrama secuencial esquemático y se describirá a continuación más en detalle.

60 Puesto que los planes de restablecimiento tradicionales por lo general se basan en el lenguaje natural, es posible en tales casos una etapa de formalización inicial S300 opcional. La etapa de formalización S300 puede apoyarse mediante herramientas técnicas de información, que transforman una sintaxis determinada en una descripción formal. En el caso de que no sea posible una transformación automática al menos para determinadas partes de un plan de restablecimiento, por ejemplo en base a ambigüedades o posibles interpretaciones distintas de conceptos, es posible una intervención manual para lograr la resolución.

La etapa S300, se ejecuta mediante el componente C301 para especificar el plan de restablecimiento.

65 En la etapa S301 se realiza una formalización semiautomática del proceso. La entrada 301 para la etapa S301 es una descripción informal del plan de restablecimiento. El objetivo de la etapa S301 es generar una descripción formalizada 302 del plan de restablecimiento. La descripción formalizada 302 incluye todas las secuencias de trabajo y maniobras del plan de restablecimiento con la ayuda de una sintaxis legible por máquina, así como semánticas bien definidas, que se basan en lógica matemática. Pueden utilizarse diversos formalismos lógicos, para describir las

secuencias de trabajo y operaciones, por ejemplo redes de Petri, álgebras de proceso o autómatas de tiempo real (Timed Automata).

5 En la etapa S302 se realiza una validación de la descripción formalizada 302 del plan de restablecimiento. Entonces se comprueba la descripción formalizada 302 del plan de restablecimiento automáticamente en cuanto a puntos muertos o atascos (deadlocks) o inconsistencias. Esto se realiza por ejemplo mediante procedimientos conocidos para conclusiones lógicas o algoritmos de inferencia. Como entrada para la etapa S302 sirven por ejemplo informaciones 307 sobre el estado de la red eléctrica. Las informaciones 307 sobre el estado de la red eléctrica son parte del componente de adquisición de datos C304.

10 De esta manera se comprueba y valida la descripción formalizada 302 del plan de restablecimiento en cuanto a consistencia formal con las directrices, condiciones de consistencia e informaciones 307 que sirven de base en relación con el estado de la red eléctrica.

15 Para la validación en la etapa S302 pueden utilizarse los siguientes principios:

20 a) Condiciones, por ejemplo directrices 303 y condiciones de consistencia 304, se formulan como consultas (queries) en un lenguaje de consulta y a continuación se ejecutan sobre el modelo formalizado, es decir, sobre la descripción formalizada 302. De esta manera puede comprobarse por ejemplo mediante una consulta adecuada dirigida al correspondiente algoritmo de interferencia (semantic reasoner) si (teóricamente) existe una secuencia para el restablecimiento de la alimentación eléctrica que conduzca la red eléctrica desde el estado actual hasta un estado completamente interconectado y completamente apto para el funcionamiento.

25 b) Condiciones, por ejemplo directrices 303 y condiciones de consistencia 304 se formulan como conocimiento del proceso, que se añade al modelo de proceso para el restablecimiento, es decir, la descripción formalizada 302 del plan de restablecimiento. El modelo complementado se comprueba a continuación en cuanto a consistencia, por ejemplo mediante una comprobación de una contradicción lógica en el modelo.

30 En el caso de que la ejecución de la etapa S302 conduzca a detectar un problema en la descripción formalizada 302 del plan de restablecimiento, se señala el problema junto con una explicación 311 al operador de la red.

35 En la etapa S303 se realiza un cálculo de estrategias de restablecimiento en base a la descripción formalizada 302 validada en la etapa S302. Puesto que por lo general existen varias posibilidades para restablecer el suministro eléctrico, es decir, que son posibles varias maniobras de conmutación o secuencias de maniobras de conmutación, pueden determinarse en la etapa S303 distintas estrategias para el restablecimiento, calculándose las posibles rutas de ejecución desde el estado actual de la red eléctrica hasta un estado deseado. Las informaciones 307 sobre el estado de la red eléctrica pueden utilizarse como entrada para la etapa S303.

40 Una estrategia para el restablecimiento se define entonces como secuencia de operaciones, es decir, en particular maniobras de conmutación, que se ejecutan para conducir la red eléctrica desde un estado dado a un estado-objetivo. Todas las conducciones posibles de un estado a otro están contenidas en la descripción formalizada 302 dada del plan de restablecimiento.

45 La salida de la etapa S303 es un conjunto de estrategias posibles 305 para restablecer el suministro eléctrico.

Las etapas S301 – S303 son ejecutadas por el componente de validación C302.

50 El conjunto de estrategias posibles 305 para restablecer el suministro eléctrico sirve como entrada para la etapa S304, para la evaluación y para el ranking del conjunto de estrategias posibles 305.

55 Al respecto se utiliza una implementación de un principio Top-k, que combina una heurística de resultado (performance) para las estrategias posibles 305 con una evaluación basada en simulación de las estrategias posibles 305. La heurística de resultado estima la calidad de las estrategias posibles 305 basándose en características estructurales de la correspondiente estrategia posible. Ejemplos de características estructurales de una tal heurística de resultado son combinaciones ponderadas de indicadores como las siguientes:

- cantidad de operaciones necesarias, es decir, en particular de maniobras de conmutación necesarias, o bien
- suma de las pérdidas de carga y/o de generadores para todas las redes en isla.

60 La heurística de resultado se utiliza para generar un ranking inicial de las estrategias posibles 305 en cuanto a su calidad estimada. Un algoritmo correspondiente puede implementarse por ejemplo como sigue:

65 Etapa 1: Determinación del conjunto de estrategias posibles 305

Etapa 2: Estimación de un valor para la calidad de cada una del conjunto de estrategias posibles 305 utilizando la heurística de resultado dada.

- 5 Etapa 3: Para las estrategias Top-k 309 de las estrategias posibles 305: determinación de un valor para el resultado de cada una de las estrategias Top-k 309 utilizando una simulación de flujo de energía S308 de la red eléctrica y evaluación de la validez de cada una de las estrategias Top-k 309. La simulación del flujo de energía S308 de la red eléctrica se basa en las informaciones de estado 307 de la red eléctrica, así como en un modelo de simulación electromecánico que sirve como base de la red eléctrica 308 y puede realizarse repetidamente. El resultado de la simulación del flujo de energía S308 de la red eléctrica es una evaluación detallada 310 de las estrategias Top-k 309. La simulación del flujo de energía S308 de la red eléctrica así como el modelo electromecánico de simulación de la red eléctrica que sirve como base 308, son parte integrante del componente de simulación de la red eléctrica C305.
- 10 Etapa 4: En el caso de que la estrategia peor valorada de las estrategias Top-k 309 sea mejor que el valor heurístico de la siguiente estrategia mejor Top-k+1: finalizar el algoritmo y emitir a la salida la estrategia Top-k 309 mejor valorada; caso contrario: evaluar la estrategia Top-k+1 utilizando la simulación de flujo de energía S308 de la red eléctrica y repetición de la etapa 4 con $k = k+1$.
- 15 La salida del algoritmo antes presentado es la salida de la etapa S304 del diagrama secuencial representado en la figura 3 y sirve como entrada para la etapa S305. La etapa S305 sirve para afinar la evaluación realizada en la etapa S304 y el ranking del conjunto de estrategias posibles 305. Basándose en los resultados de las realizaciones de la simulación del flujo de energía S308 de la red eléctrica, puede actualizarse en la etapa S305 la parametrización de la heurística de resultado aplicada en la etapa 3 del algoritmo. Así pueden por ejemplo adaptarse las combinaciones ponderadas de indicadores antes citadas, para aproximar paso a paso uno a otro los resultados de la heurística de resultado y los resultados de la simulación del flujo de energía S308 de la red eléctrica. Este procedimiento de una adaptación paso a paso se denomina también Matching.
- 20 Las etapas S304 y S305 pueden así realizarse varias veces, para mejorar la evaluación y el ranking del conjunto de las estrategias posibles 305.
- 25 Las etapas S304 y S305 se ejecutan mediante el componente C303 para elegir una estrategia.
- 30 El resultado y la salida de la etapa S304 o bien de la ejecución una tras otra de las etapas S304 y S305, es una lista ordenada en función de su evaluación de las estrategias posibles 306. La lista de estrategias posibles 306 ordenadas en función de su evaluación se indica en la etapa S306, es decir, se muestran por ejemplo a un usuario para su utilización posterior. Entonces se recomienda por ejemplo la mejor estrategia determinada en la etapa 3 del algoritmo antes presentado.
- 35 La etapa 3 del algoritmo antes presentado puede implementarse también como algoritmo de tiempo real, que mejora las estrategias Top-k paso a paso a lo largo del tiempo. Al usuario le resulta por lo tanto posible decidir en función de la situación si debe utilizar la estrategia inicialmente valorada como la mejor o si dado el caso dispone de tiempo para cálculos adicionales y con ello para una estrategia optimizada.
- 40 En casos en los que no se desea una interacción del usuario o bien no es posible, se realiza la ejecución de la estrategia mejor valorada automáticamente en la etapa S307. Entonces se transfiere a una unidad de ejecución la estrategia mejor valorada, es decir, una secuencia de operaciones, en particular maniobras de conmutación, que han de ejecutarse para trasladar la red eléctrica de un estado dado a un estado-objetivo. La unidad de ejecución es al respecto parte de un software de control para controlar la red eléctrica. La ejecución de las correspondientes maniobras de conmutación y las respectivas funciones de control puede realizarse localmente mediante un controlador centralizado o distribuido utilizando varios controladores locales que cooperan.
- 45 Las etapas S306 y S307, así como el anuncio de un problema junto con una explicación 311 al operador de la red, son parte integrante del componente de la recomendación C306.
- 50 Los correspondientes componentes C301 a C306 pueden estar implementados en técnica de hardware y/o también en técnica de software. En una implementación en técnica de hardware puede estar configurado el correspondiente componente como equipo o como parte de un equipo, por ejemplo como ordenador o como microprocesador. En una implementación en técnica de software puede estar configurado el correspondiente componente como producto de programa de ordenador, como una función, como una rutina, como parte de un código de programa o como objeto que puede ejecutarse.
- 55 El procedimiento propuesto, así como el equipo propuesto, sirven para reducir el trabajo manual necesario por parte del personal técnico de un operador de la red eléctrica mediante una validación de un plan de restablecimiento dado mediante el componente de validación C302, así como mediante una simulación de flujo de energía S308 de la red eléctrica. Esta última sirve en particular para evitar un proceder costoso en tiempo según el principio de prueba y error.
- 60 Además reducen el procedimiento propuesto, así como el equipo propuesto, la tasa de errores durante la ejecución de un plan de restablecimiento, ya que por ejemplo se eliminan por filtrado operaciones erróneas o contradictorias, que chocan con directrices o acuerdos y no se proponen estrategias no óptimas al usuario.
- 65

El procedimiento propuesto, así como el equipo propuesto, pueden utilizarse para infraestructuras actuales de la red eléctrica y a la vez están abiertos para redes eléctricas inteligentes futuras (smart grids), que pueden ofrecer una aportación mejorada de datos en tiempo real mediante mediciones de elementos de la red eléctrica (Power Management Units, unidades de gestión de la energía). En particular pueden optimizarse la evaluación y el ranking de las estrategias posibles, así como la simulación del flujo de energía de la red eléctrica, en base a tales datos mejorados.

Mediante la utilización de la simulación del flujo de energía de la red eléctrica durante el proceso de decisión en relación con la estrategia a utilizar para restablecer el suministro de corriente, es posible además tener en cuenta efectos dinámicos de una estrategia considerada sobre la red eléctrica, antes de ejecutar efectivamente en la red las maniobras de conmutación de la correspondiente estrategia.

La figura 4 muestra un diagrama secuencial de otro ejemplo de ejecución de un procedimiento para operar una red eléctrica que incluye una pluralidad de elementos de red.

Se propone proporcionar el modelo de red y/o el modelo de acción en forma de una ontología basada en lógica, para mediante conclusiones basadas en lógica en base a la ontología, clasificar también faltas o perturbaciones de la red hasta ahora desconocidas en base a características observadas. De esta manera resulta posible un control dinámico preventivo de la red eléctrica, que evita cascadas de eventos al cabo de los cuales caso contrario y en el peor de los casos podría aparecer un black-out de la red total o parcial.

Esto se logra utilizando procedimientos semánticos, es decir, basados en la lógica, para una determinación automática de la información y/o interpretación, generación y validación de planes de defensa frente a perturbaciones de la red, así como el intercambio de informaciones relevantes entre todos los participantes, por ejemplo diversos operadores de la red eléctrica.

El procedimiento propuesto puede entonces tener en cuenta también resultados de una simulación electromecánica y basada en el mercado, para evaluar diversos planes de defensa disponibles frente a perturbaciones de la red. El procedimiento incluye al menos los siguientes componentes:

- una modelización basada en la ontología de clases de falta, así como las correspondientes manifestaciones observadas en elementos de red de la red eléctrica;
- procedimientos de inferencia para llegar a conclusiones lógicas, por ejemplo conclusiones deductivas, conclusiones abductivas o conclusiones basadas en casos, para clasificar situaciones desconocidas hasta ahora, para determinar por ejemplo una clase de falta conocida que sea igual a la situación actual y asociar la situación desconocida a esta clase de falta determinada;
- una modelización basada en ontología de conexiones entre clases de falta y posibles contramedidas, de interdependencias entre diversas contramedidas y de interdependencias entre contramedidas y estados de la red;
- modelos basados en ontología para la comunicación de manifestaciones observadas, faltas detectadas o bien clases de falta y operaciones que se pretenden, en particular maniobras de conmutación, entre los participantes;
- procedimientos de inferencia para identificar operaciones posibles compatibles e incompatibles, en particular maniobras de conmutación, teniendo en cuenta distintos participantes y/o el estado de la red eléctrica;
- simulaciones electromecánicas para la evaluación y para el ranking de posibles operaciones con el objetivo de proporcionar a un operador de la red eléctrica recomendaciones concretas para operaciones;
- una implementación de uno o varios planes de defensa deducidos teniendo en cuenta datos actuales que dependen de la situación, como por ejemplo valores de fase, consumo, etc., por ejemplo mediante conclusiones basadas en casos;
- una ejecución automática de las posibles operaciones, en particular maniobras de conmutación, para eliminar la situación actual en la red eléctrica, siempre que parezca adecuada la ejecución automática.

El procedimiento se representa en el diagrama secuencial mostrado en la figura 4 y se ejecuta iterativamente, calculándose de nuevo una solución recomendada para la situación actual, es decir, una o varias operaciones, en particular maniobras de conmutación, continuamente teniendo en cuenta nuevas observaciones, en particular informaciones relativas al estado de la red eléctrica y adaptándose en función del nuevo cálculo.

En la etapa S401 se realiza una captación continua del estado de la red eléctrica. Entonces se averiguan en particular valores de medida de elementos de la red eléctrica.

En la etapa S402 se realiza una clasificación del estado actual de la red eléctrica, es decir, de la situación actual, teniendo en cuenta uno o varios modelos ontológicos 401 del tipo antes señalado.

En la etapa S403 se realiza una diferenciación por casos. En el caso de que para la situación detectada en ese momento se conozcan una o varias soluciones, continúa el procedimiento con la etapa S404.

En la etapa S404 se realiza un filtrado basado en lógica de las soluciones posibles determinadas, de nuevo basándose en uno o en los varios modelos ontológicos 401 del tipo antes indicado.

En el caso de que no se conozca ninguna solución para la situación detectada en ese momento, salta el proceso a la etapa S411.

5 A la etapa S404 le sigue en la etapa S405 un filtrado basado en simulación de las soluciones posibles determinadas, basándose en una o varias simulaciones electromecánicas 402 del tipo antes designado para la evaluación y para el ranking de posibles operaciones de las soluciones posibles determinadas.

10 En la etapa S406 se realiza otra diferenciación por casos. En el caso de que tras las etapas de filtrado S404 y S405 hayan quedado aún una o varias soluciones posibles, se realiza en la etapa S407 una evaluación de las soluciones posibles que quedan. La evaluación sirve entonces en particular para un ranking de las soluciones posibles que quedan y se realiza a base del o de los varios modelo/s ontológico/s 401, así como de las simulaciones electromecánicas 402.

15 En el caso de que tras el filtrado no haya quedado ninguna solución para la situación detectada en ese momento, salta el proceso a la etapa S411.

20 En la etapa S408 se instancian las soluciones posibles que quedan. Las soluciones deducidas lógicamente, que existen formalizadas, se transforman entonces en instrucciones de operaciones concretas, es decir, instrucciones de maniobras de conmutación.

En la etapa S409 se realiza una diferenciación por casos en relación con la realización automática de las soluciones posibles determinadas o bien con las maniobras de conmutación incluidas en las soluciones posibles determinadas, para eliminar la situación actual, es decir, el estado actual de la red eléctrica.

25 En el caso de que deba realizarse una ejecución automática, se aplica en la etapa S410 la mejor de las soluciones determinadas. Es decir, se dan las instrucciones relativas a las maniobras de conmutación incluidas en las mejores de las soluciones determinadas para su ejecución mediante elementos de red y con ello se ejecutan.

30 En el caso de que no deba realizarse una ejecución automática, se indican ópticamente en la etapa S411 las soluciones mejores determinadas para eliminar la situación actual. Con ello puede ejecutar el personal técnico de manera rápida y efectiva una de las mejores soluciones determinadas.

El procedimiento se ejecuta progresivamente y salta así de nuevo a la etapa S401.

35 La figura 5 muestra una ontología para un ejemplo de ejecución de un procedimiento para operar una red eléctrica que incluye una pluralidad de elementos de red. Los componentes representados tienen entonces las siguientes denominaciones:

- 501: FaultMode (modo de falta)
- 40 R501: hasRemedy (tiene remedio)
- 502: Solution (solución)
- R502: IsIncompatibleWith (es incompatible con)
- 503: Component (componente)
- R503: isInMode (está en el modo)
- 45 R504: shows (muestra)
- R505: hasCounterIndication (tiene contraindicación)
- 504: Manifestation (manifestación)
- 505: derived manifestation (manifestación deducida) Mi
- 506: Generator (generador)
- 50 507: Consumer (consumidor)
- 508: Gas Turbine (turbina de gas)

55 Un FaultMode 501 es una clase de falta. Un componente 503 puede estar en un tal FaultMode y está por lo tanto conectado mediante la relación isinMode R503 con la clase FaultMode 501.

Además una clase de falta 501 puede tener una solución y está conectada por lo tanto mediante la relación R501, hasRemedy, con la clase 502, Solution. Una instancia o entidad de la clase 502, Solution, puede marcarse entonces mediante la relación R502, isIncompatibleWith, con otra entidad de la clase 502 como incompatible con esta otra entidad de la clase 502.

60 Un componente 503 tiene determinadas manifestaciones en la red eléctrica y está conectado por lo tanto mediante la relación R504, shows, con la clase 504, Manifestation. De la clase 504, Manifestation, se ha deducido la clase 505 como manifestación especial Mi.

Las clases 506, Generator y 507, Consumer, son componentes especiales y por lo tanto deducidos de la clase 503, Component.

5 Un Generator 506 especial es una turbina de gas, que por lo tanto, como clase 508, se ha deducido de la clase 506.

La correspondiente formalización para la ontología representada en la figura 5 de una red eléctrica mediante lógica descriptiva se da en lo siguiente:

10 GasTurbine \sqsubseteq Generator
 Generator \sqsubseteq Component
 Component \sqsubseteq \exists shows.Manifestation
 \exists hasRemedy.Solution \sqsubseteq FaultMode
 Solution1 \sqsubseteq BisIncompatibleWith.Solution2
 Solution1 \sqsubseteq \exists hasCounterIndication.Mn
 15 Component \sqsubseteq \exists isInMode.FM1 \sqsubseteq \exists shows.M1 \sqcap ... \sqcap \exists shows.Mn

20 El procedimiento propuesto hace posible una interpretación automática, basada en ontología, de las informaciones existentes en una situación caracterizada por un determinado estado de la red eléctrica. La cantidad de informaciones que tiene que tener en cuenta el personal técnico de un operador de la red eléctrica para eliminar el estado actual de la red eléctrica se reduce poniendo a disposición del personal técnico un resumen preelaborado de todas las informaciones disponibles relativas al estado actual de la red eléctrica.

25 El compendio de informaciones relativas a contramedidas, relaciones mutuas o contradicciones entre distintas maniobras de conmutación hace posible así indicar o emitir sólo una cantidad abarcable de soluciones posibles validadas, en lugar de una gran cantidad de soluciones no ordenadas y no comprobadas, a partir de las que tendría que elegirse manualmente una solución adecuada.

30 La inclusión de simulaciones electromecánicas de la red eléctrica reduce aún más la cantidad de soluciones posibles y significa además un medio para la evaluación y/o para el ranking de las soluciones posibles correspondientes a criterios de calidad específicos del dominio.

35 Además posibilita la representación formal de las informaciones un intercambio de información sencillo y eficiente entre los participantes y hace posible una coordinación de las contramedidas a tomar. Esto puede realizarse mediante indicación óptica de las soluciones determinadas o bien automáticamente, cuando está asegurado que durante la validación se excluyen por ejemplo soluciones contradictorias.

El procedimiento puede aplicarse tanto globalmente a la red eléctrica como también como un llamado Special Protection Scheme (esquema de protección especial) en puntos críticos previamente definidos de la red eléctrica.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para operar una red eléctrica que comprende una pluralidad de elementos de red, con las etapas:
 10 captación (S101) de un estado de la red eléctrica,
 deducción (S102) de un conjunto de maniobras de conmutación para al menos un elemento de red del estado
 captado de la red eléctrica para eliminar el estado captado de la red eléctrica,
 filtrado del conjunto de maniobras de conmutación deducidas hasta una cierta cantidad de maniobras de
 conmutación deducidas y
 15 asignación (S103) de la cantidad de maniobras de conmutación deducidas para el elemento de red, de los que al
 menos hay uno, para eliminar el estado de la red captado,
 en el que el filtrado incluye un cálculo de efectos físicos en la red eléctrica para la pluralidad de maniobras de
 conmutación deducidas,
caracterizado porque el filtrado incluye además una comprobación de consistencia, para detectar
 inconsistencias o una eliminación por filtrado lógica de instrucciones de conmutación contradictorias.
- 20 2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1,
caracterizado porque las instrucciones de la cantidad de maniobras de conmutación deducidas incluye una
 indicación óptica (S104) de la cantidad de maniobras de conmutación deducidas mediante un dispositivo
 indicador óptico a un usuario.
- 25 3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2,
caracterizado porque las instrucciones (S103) sobre la cantidad de maniobras de conmutación deducidas
 incluye una ejecución automática (S104) de la cantidad de maniobras de conmutación deducidas mediante un
 equipo de conmutación para el control de la red eléctrica.
- 30 4. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes,
caracterizado por:
 captación de un valor de un parámetro de la red eléctrica y
 captación del estado de la red eléctrica en función del valor captado para el parámetro de la red eléctrica.
- 35 5. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 4,
caracterizado por:
 captación de un estado de al menos uno de la pluralidad de elementos de red y
 captación del valor del parámetro de la red eléctrica en función del valor captado del elemento de red, de los que
 al menos hay uno.
- 40 6. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 5,
caracterizado por:
 captación de un valor de un parámetro de un elemento de red y captación del estado del elemento de red en
 función del valor captado para el parámetro del elemento de red.
- 45 7. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 4-6,
caracterizado porque:
 la captación (S101) del estado de la red eléctrica se realiza continuamente y
 la deducción (S102) del conjunto de maniobras de conmutación se realiza cuando el valor del parámetro de la
 red eléctrica se desvía en al menos una magnitud predeterminada de un valor de consigna prescrito para el
 parámetro de la red eléctrica y/o cuando el valor del parámetro del elemento de la red se desvía en al menos una
 magnitud predeterminada de un valor de consigna prescrito para parámetro del elemento de red.
- 50 8. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes,
caracterizado porque la captación (S101) del estado de la red eléctrica se realiza utilizando un modelo de red
 que modeliza la red eléctrica y que incluye los elementos de la red.
- 55 9. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 8,
caracterizado porque la deducción (S102) del conjunto de maniobras para eliminar el estado captado de la red
 eléctrica se realiza utilizando un modelo de acción que incluye procesos de conmutación que dependen del
 correspondiente estado de la red eléctrica y/o utilizando el modelo de red.
- 60 10. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 9 ó 9,
caracterizado porque el modelo de red y/o el modelo de acción se proporcionan en forma de una ontología
 basada en la lógica.
- 65 11. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1,
caracterizado porque el filtrado incluye una evaluación y/o un ranking de cada una del conjunto de maniobras
 de conmutación deducidas.
12. Equipo (20) para operar una red eléctrica que incluye una pluralidad de elementos de red, con:
 elementos detectores (210) para captar (S101) un estado de la red eléctrica,

- 5 elementos de deducción (220) para deducir (S102) un conjunto de maniobras de conmutación para al menos un elemento de red del estado detectado para la red eléctrica, para eliminar el estado detectado en la red eléctrica,
elementos de filtro para filtrar el conjunto de maniobras de conmutación deducidas a un cierto número de maniobras de conmutación deducidas y
elementos de asignación (230) para asignar (S103) el conjunto de maniobras de conmutación deducidas para el elemento de red, de los que al menos hay uno, para eliminar el estado detectado para la red, en el que el filtrado incluye un cálculo de efectos físicos en la red eléctrica para el conjunto de maniobras de conmutación deducidas,
- 10 **caracterizado porque** el filtrado incluye además una comprobación de consistencia, para detectar inconsistencias o una eliminación por filtrado lógica de instrucciones de conmutación contradictorias.
13. Equipo según la reivindicación 12,
15 **caracterizado** por medios de comunicación (240) para la comunicación con otro equipo (20) según la reivindicación 12.

FIG 1

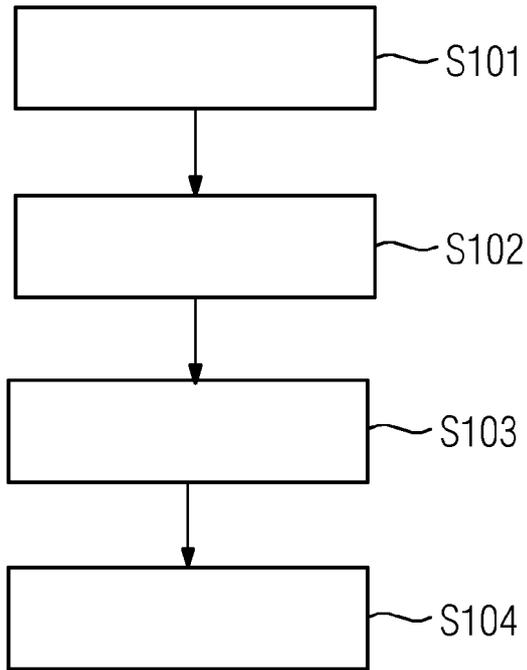


FIG 2

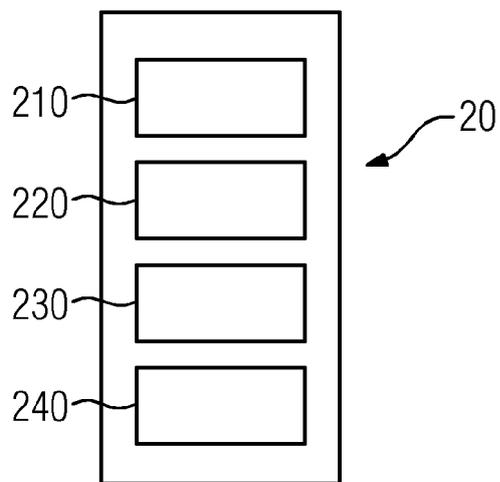


FIG 3

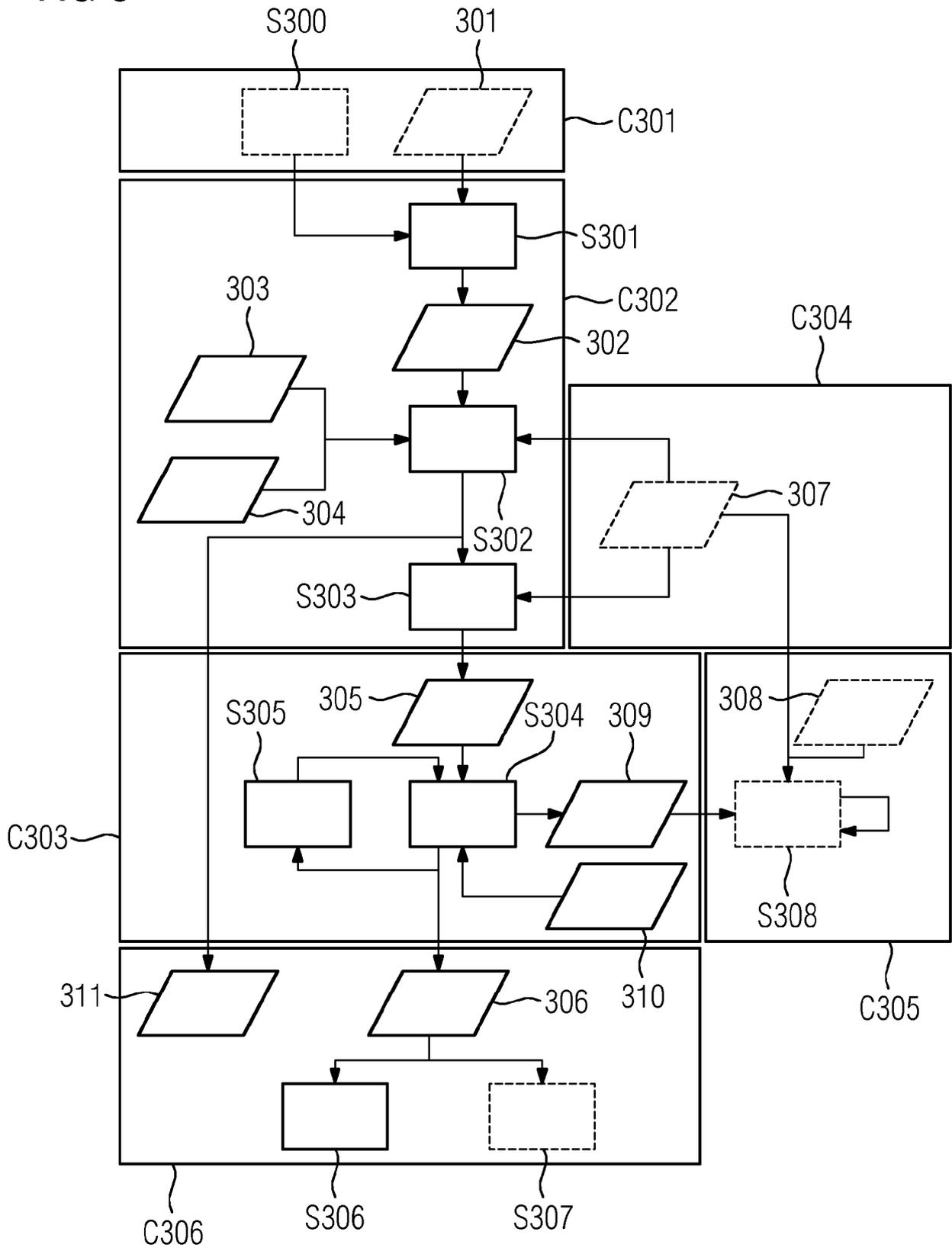


FIG 4

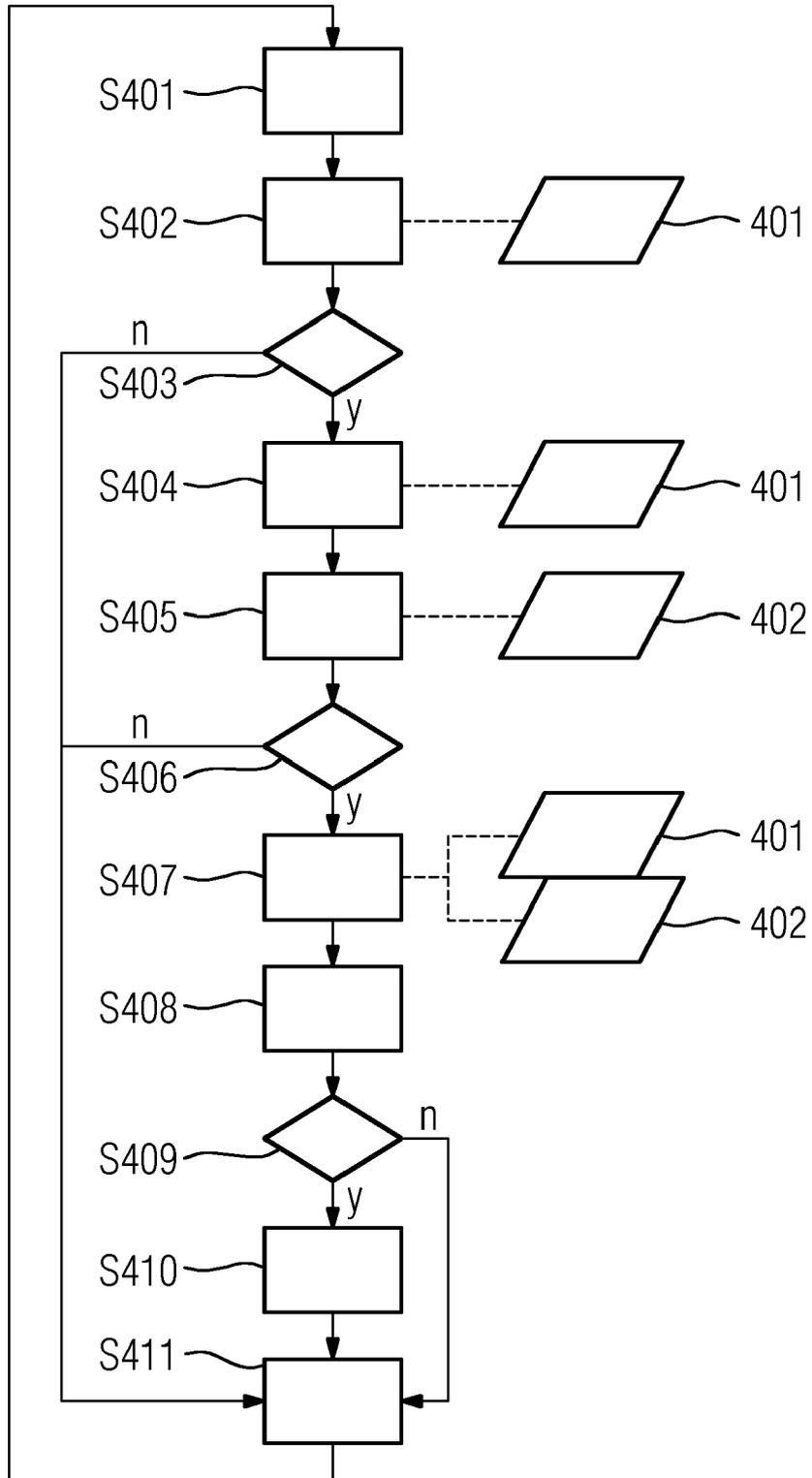


FIG 5

