

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 992 701**

51 Int. Cl.:

H02J 3/00 (2006.01)

H02J 3/46 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **31.05.2022** **PCT/EP2022/064734**

87 Fecha y número de publicación internacional: **09.03.2023** **WO23030705**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.05.2022** **E 22734171 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.10.2024** **EP 4256666**

54 Título: **Método y sistema de regulación de un suministro eléctrico a través de una red local de suministro eléctrico**

30 Prioridad:

31.08.2021 EP 21194117

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
17.12.2024

73 Titular/es:

FRONIUS INTERNATIONAL GMBH (100.0%)
Froniusstraße 1
4643 Pettenbach, AT

72 Inventor/es:

DANMAYR, JOACHIM y
WOSKI, MICHAEL

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 992 701 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

5 Método y sistema de regulación de un suministro eléctrico a través de una red local de suministro eléctrico

La invención se refiere a un método y un sistema para regular una fuente de alimentación mediante una red local de suministro eléctrico, en particular un local de suministro eléctrico para proporcionar una infraestructura de carga para vehículos eléctricos.

10 El documento US 11,056,912 B1 describe un método de planificación para optimizar un sistema de suministro de energía con varios sistemas de suministro de energía dispuestos jerárquicamente en cúmulos o clústeres. Los clústeres pueden encontrarse en distintos niveles de tensión y, además de cargas eléctricas, pueden incluir dispositivos de almacenamiento de energía eléctrica y fuentes de energía eléctrica.

15 Una red local de suministro eléctrico puede utilizarse para cargar cargas regulables. Estas cargas regulables pueden ser vehículos eléctricos de una flota de vehículos, por ejemplo. Si la red local de suministro eléctrico carga un gran número de vehículos eléctricos al mismo tiempo, pueden producirse picos de carga elevados. Por este motivo, las redes locales de suministro eléctrico convencionales como infraestructuras de carga para vehículos eléctricos están diseñadas para una carga máxima, en particular para evitar la activación de fusibles de sobrecarga o un posible incendio del cable. Esto conlleva unos costes comparativamente elevados para proporcionar la infraestructura necesaria, especialmente si se tienen en cuenta los periodos de tiempo relativamente cortos durante los que se produce realmente la utilización de la capacidad máxima. En las redes de suministro eléctrico locales convencionales, es necesario diseñar la infraestructura de carga para los picos de carga máxima, ya que las vías de control no pueden determinarse claramente y las distintas cargas no tienen características de carga uniformes. En el caso de cargas regulables convencionales, en particular baterías de vehículos eléctricos, los tiempos de respuesta, de control y de regulación difieren considerablemente, sobre todo en función del fabricante del vehículo correspondiente. Además, la infraestructura de carga debe diseñarse de tal manera que también pueda cargar de forma fiable una mezcla no homogénea e imprevisible de diferentes vehículos eléctricos con diferentes características de carga. Otro factor que complica la situación es que en cualquier momento un vehículo eléctrico adicional puede conectarse a la infraestructura de carga o un vehículo puede ser retirado de ella. Además de los vehículos eléctricos como cargas, también hay otras cargas no regulables o unidades de consumo en varios puntos de medición, que también pueden variar según sea necesario con respecto a la potencia eléctrica que consuman.

35 En consecuencia, es tarea de la presente invención proporcionar un método y un sistema correspondiente para regular un suministro de energía a través de una red local de suministro eléctrico, que evite las desventajas antes mencionadas y garantice un suministro de energía fiable incluso con un gran número de cargas dinámicas heterogéneas con diferentes características de carga y/o consumo.

40 Según la invención, esta tarea se resuelve mediante un método para regular un suministro de energía a través de una red local de suministro eléctrico local con las características especificadas en la reivindicación 1.

45 De acuerdo con ello, la invención proporciona un método para regular un suministro eléctrico a través de una red local de suministro eléctrico, en donde la red local de suministro eléctrico tiene un nodo raíz y nodos finales que están interconectados jerárquicamente en una estructura de árbol, en donde, partiendo del nodo raíz de la estructura de árbol, corrientes eléctricas que fluyen entre un nodo de distribución de orden superior situado en un nivel jerárquico de la red local de suministro eléctrico a través de líneas eléctricas de la red local de suministro eléctrico y uno o más nodos de orden inferior situados en un nivel jerárquico de la red local de suministro eléctrico inmediatamente inferior al nodo raíz se ajustan iterativamente a lo largo de todos los niveles jerárquicos de la red local de suministro eléctrico hasta los nodos finales de la red local de suministro eléctrico, hasta que la suma de las corrientes medidas que fluyen entre el respectivo nodo de distribución de nivel superior de la red local de suministro eléctrico y sus nodos de orden inferior se encuentre dentro de los valores límite de corriente admisibles del correspondiente nodo de distribución de orden superior y los nodos finales.

55 Los nodos finales de la red local de suministro eléctrico pueden ser cargas dinámicas, como las baterías de vehículos eléctricos, que consumen electricidad, o generadores, como sistemas fotovoltaicos, que generan electricidad y la inyectan en la red local de suministro eléctrico.

60 La red local de suministro eléctrico es una red local de suministro eléctrico de un hogar privado o una empresa que es independiente de un proveedor de electricidad convencional. Por ejemplo, una empresa tiene una flota de

vehículos eléctricos con baterías recargables que se cargan utilizando la red local de suministro eléctrico de la empresa. La red local de suministro eléctrico puede tener sus propios generadores de energía o unidades de generación de energía, por ejemplo mediante un sistema fotovoltaico disponible localmente.

5 La red local de suministro eléctrico puede funcionar independientemente de la red de suministro eléctrico pública. En una posible realización, la red local de suministro eléctrico también puede estar conectada a la red pública de suministro eléctrico en un punto de acoplamiento y puede intercambiar energía o electricidad con la red pública de suministro eléctrico.

10 El método según la invención ofrece la ventaja de que puede cargar de forma fiable un gran número de baterías o vehículos eléctricos diferentes que tienen características de carga distintas, con lo que se evitan los picos de carga. El método y el sistema según la invención son así capaces de controlar y suministrar energía de forma fiable a un gran número de cargas diferentes con características de carga o consumo dinámicas. Las cargas regulables conectadas a la red local de suministro eléctrico y/o las unidades de generación de energía regulables pueden ser
15 conectadas o desconectadas por personas durante el funcionamiento de la red local de suministro eléctrico.

El método según la invención también es adecuado para la distribución homogénea de flujos de carga o de consumo. El método según la invención también es adecuado para un sistema que comprende varias
20 infraestructuras de carga en cascada, que pueden existir tanto jerárquicamente como en un nivel. Dependiendo de la interconexión de los nodos, se garantiza que la energía disponible se divide en porciones iguales o en porciones predefinidas para todos los puntos de conexión de la red local de suministro eléctrico y que esta división se mantiene incluso en caso de una regulación a la baja de la potencia correspondiente. Además, el método según la invención garantiza que una potencia de carga se mantenga al mismo nivel cuando se anule o retire una carga regulable sin provocar una sobrecarga ni dejar de utilizar de forma óptima las capacidades disponibles en la red.
25 Pero no tiene por qué tratarse necesariamente de una sobrecarga. También puede tratarse de una limitación de la potencia adquirida al proveedor de energía (precio de la potencia), es decir, el procedimiento ofrece protección contra costes excesivos, por así decirlo. Además, el método puede utilizarse con alimentación cero, es decir, sin necesidad de inyectar electricidad a la red.

30 El método según la invención para regular un suministro eléctrico a través de una red local de suministro eléctrico permite regular la potencia de carga o de consumo para un gran número de cargas regulables diferentes de tal manera que no se supere una carga de potencia máxima a través de un punto de referencia de red de la red local de suministro eléctrico. En una posible realización, el método según la invención utiliza un algoritmo de control que permite cartografiar virtualmente puntos de medición en cascada y, mediante la reducción selectiva de la potencia
35 eléctrica de las cargas conectadas al respectivo punto de referencia de red, regularlas de tal manera que la carga de corriente máxima no supere unos valores límite predeterminados correspondientes y, al mismo tiempo, distribuir toda la potencia eléctrica permitida a los puntos de carga disponibles de las cargas regulables.

40 En una posible realización del método según la invención, los nodos finales de la red local de suministro eléctrico tienen cargas regulables o no regulables que se alimentan o cargan con corriente eléctrica a través de la red local de suministro eléctrico.

En otra posible realización del método según la invención, los nodos finales de la red local de suministro eléctrico también comprenden generadores de energía regulables o no regulables, que alimentan de electricidad la red local
45 de suministro eléctrico. Estos generadores de energía pueden ser, por ejemplo, generadores fotovoltaicos.

En otra posible realización del método según la invención, cada nodo de la red local de suministro eléctrico recibe corrientes eléctricas de nodos de distribución de nivel superior de la red local de suministro eléctrico a través de una o más primeras conexiones de alimentación del nodo respectivo.
50

Además, cada nodo de distribución puede suministrar corrientes eléctricas a través de una o más segundas conexiones de alimentación del nodo de distribución respectivo a sus nodos subordinados o de orden inferior dentro de la red local de suministro eléctrico.

55 Si los nodos finales subordinados, que están conectados directa o indirectamente a través de otros nodos de distribución a un nodo de distribución de nivel superior, generan corrientes, el nodo de distribución de nivel superior también puede obtener o recibir las corrientes eléctricas generadas en los correspondientes nodos subordinados a través de segundas conexiones de alimentación asociadas.

En otra posible realización del método según la invención, las corrientes eléctricas que fluyen entre un nodo de distribución de nivel superior de la red local de suministro eléctrico y sus nodos de orden inferior se miden mediante sensores de corriente o módulos de medición de corriente proporcionados en los nodos.

5 En otra posible realización del método según la invención, los valores actuales de las corrientes medidas por los sensores de corriente se transmiten mediante conexiones de comunicación a una unidad de control central de la red local de suministro eléctrico, que calcula un valor de corriente suma de todas las corrientes eléctricas medidas para un nodo basándose en los valores de corriente transmitidos por los sensores de corriente de este nodo.

10 En otra posible realización del método según la invención, la unidad de control central de la red local de suministro eléctrico calcula para cada nodo de distribución un valor de corriente excedente como la diferencia entre la corriente eléctrica actual suministrada por el respectivo nodo de distribución de nivel superior a sus nodos subordinados y un valor límite de corriente del respectivo nodo de distribución de nivel superior.

15 En otra posible realización del método según la invención, la unidad de control central de la red local de suministro eléctrico divide el valor excedente de corriente calculado para cada nodo de distribución de nivel superior de la red local de suministro eléctrico por el valor de corriente suma calculado de todas las corrientes eléctricas suministradas por el respectivo nodo de distribución de nivel superior a sus nodos subordinados para calcular un factor de distribución para el respectivo nodo de distribución de nivel superior.

20 En otra posible realización del método según la invención, los valores límite de corriente de la red local de suministro eléctrico son actualizados por la unidad de control central de la red local de suministro eléctrico en función del factor de distribución calculado para sus nodos de distribución superiores.

25 En otra posible realización del método según la invención, la potencia eléctrica de una carga regulable de un nodo final de la red local de suministro eléctrico es ajustada por un controlador de potencia del nodo final de acuerdo con el valor límite de corriente actualizado del nodo final, en donde el controlador de potencia del nodo final recibe el valor límite de corriente actualizado de la unidad de control central de la red local de suministro eléctrico a través de una conexión de comunicación asociada.

30 En otra posible realización del método según la invención, las cargas regulables de la red local de suministro eléctrico comprenden vehículos eléctricos con baterías para vehículos que se cargan a través de la red local de suministro eléctrico.

35 En otra posible realización del método según la invención, los valores límite de corriente de los nodos de la red local de suministro eléctrico se incrementan iterativamente, empezando por el nodo raíz de la red local de suministro eléctrico, a través de todos los niveles jerárquicos de la red local de suministro eléctrico hasta los nodos finales, con el fin de incrementar la potencia eléctrica de las cargas regulables de la red local de suministro eléctrico.

40 Esto permite, cuando se retiran las cargas, volver a aumentar la capacidad de carga en la misma medida, pero sin provocar una sobrecarga ni dejar de utilizar de forma óptima las capacidades disponibles de la red local de suministro eléctrico.

45 Según otro aspecto, la invención también proporciona una red local de suministro eléctrico para suministrar corriente eléctrica a cargas con las características especificadas en la reivindicación 12.

En consecuencia, la invención proporciona una red local de suministro eléctrico para abastecer de electricidad a las cargas,

50 en donde la red local de suministro eléctrico comprende un nodo raíz y nodos finales que están interconectados jerárquicamente en una estructura de árbol,

en donde mediante una unidad de control central de la red local de suministro eléctrico, partiendo del nodo raíz de la estructura de árbol, corrientes eléctricas que se distribuyen entre un nodo de distribución de nivel superior situado en un nivel jerárquico de la red local de suministro eléctrico a través de líneas eléctricas de la red local de suministro eléctrico y uno o varios nodos de orden inferior situados en un nivel jerárquico inmediatamente inferior de la red

55 local de suministro eléctrico pueden ajustarse iterativamente en todos los niveles jerárquicos de la red local de suministro eléctrico hasta llegar a los nodos finales de la red local de suministro eléctrico, hasta que la suma de los valores de corriente de las corrientes eléctricas medidas que fluyen entre el respectivo nodo de distribución de nivel superior de la red local de suministro eléctrico y sus nodos de nivel inferior estén dentro de los límites de corriente admisibles del respectivo nodo de distribución de nivel superior y los nodos finales.

60

En una posible realización de la red local de suministro eléctrico según la invención, la unidad de control central de la red local de suministro eléctrico comprende una memoria de datos que almacena los valores límite de corriente de los nodos de la red local de suministro eléctrico y los valores actuales de las corrientes eléctricas que fluyen entre los nodos de la red local de suministro eléctrico medidas mediante sensores de corriente.

5

En otra posible realización de la red local de suministro eléctrico según la invención, nodos finales pueden conectarse a nodos de distribución de la red local de suministro eléctrico o pueden desacoplarse de nodos de distribución de la red local de suministro eléctrico.

10 A continuación, se describen en detalle posibles realizaciones del método según la invención y de la red local de suministro eléctrico según la invención con referencia a las figuras adjuntas.

La fig. 1 muestra un ejemplo de una realización de una red local de suministro eléctrico según la presente invención;

15

la fig. 2 muestra un diagrama de bloques de un nodo en la red local de suministro eléctrico según la presente invención;

la fig. 3 muestra un diagrama de bloques de una carga dinámica presente en la red local de suministro eléctrico según la presente invención;

20

la fig. 4 muestra un diagrama de flujo para la representación de una realización típica de un método según la presente invención para regular un suministro eléctrico a través de una red local de suministro eléctrico;

25

las figuras 5, 6 muestran un diagramas de flujo para la representación de subrutinas del proceso que se muestra en la fig. 4.

La fig. 1 muestra una realización ejemplar de una red local de suministro eléctrico 1, en la que puede implementarse un método para regular un suministro de energía de acuerdo con un aspecto de la presente invención. El sistema mostrado en la fig. 1 es, en una posible realización, una red local de suministro eléctrico de una empresa o un proveedor de servicios. La red local de suministro eléctrico 1 puede funcionar independientemente de una red pública de suministro. En una posible realización, la red local de suministro eléctrico 1 puede estar conectada a una red pública de suministro eléctrico SVN a través de un punto de conexión e intercambiar electricidad o energía con esta red según sea necesario. La red local de suministro eléctrico 1 tiene nodos interconectados jerárquicamente en una estructura de árbol, como se muestra en la fig. 1 a modo de ejemplo. La estructura de la red local de suministro eléctrico 1 puede representarse mediante un grafo acíclico no dirigido. Los distintos nodos de la red local de suministro eléctrico 1 están conectados entre sí mediante líneas de alimentación 6, que se muestran como líneas continuas en la fig. 1. La red local de suministro eléctrico 1 tiene nodos 2 para la distribución de energía y nodos finales 3, 4. Los nodos finales 3 tienen su propia conexión de comunicación 7 con una unidad de control central 5 de la red local de suministro eléctrico 1, mientras que los nodos finales 4 no tienen dicha conexión de comunicación 7 con la unidad de control central 5 y, por lo tanto, la unidad de control central 5 desconoce su comportamiento operativo. El nodo final 4 también puede ser una carga completamente desconocida, es decir, la unidad de control central 5 no conoce el comportamiento operativo del nodo final 4 y el nodo final 4 no puede controlarse ni regularse. Los nodos finales 3, 4 pueden ser cargas regulables o no regulables a las que la red local de suministro eléctrico 1 puede suministrar energía. La corriente eléctrica suministrada puede utilizarse, por ejemplo, para cargar baterías dentro de los nodos finales 3, 4. Los nodos finales 3, 4 no tienen nodos subordinados, es decir, no redistribuyen ninguna corriente eléctrica recibida de un nodo de distribución de nivel superior 2.

30

35

40

45

50

La red local de suministro eléctrico 1 consta de un (único) nodo raíz, nodos de distribución y nodos finales. El nodo raíz constituye el punto de partida, es decir, el nodo más alto de la jerarquía. Cada nodo de distribución está unido a un nodo jerárquicamente superior y está conectado a otros nodos jerárquicamente subordinados. Un nodo final es un nodo que a su vez no tiene más nodos subordinados.

55

Además, los nodos finales 3, 4 de la red local de suministro eléctrico 1 también pueden ser generadores de energía regulables o no regulables, que inyectan corrientes eléctricas I en la red local de suministro eléctrico 1. Estos generadores de energía incluyen, por ejemplo, módulos fotovoltaicos o sistemas fotovoltaicos.

La red local de suministro eléctrico 1 tiene un nodo raíz 2-0 en el nivel jerárquico superior de la estructura de árbol ($j=0$) y varios nodos finales 3, 4, en el nivel jerárquico inferior ($j>0$), que están interconectados jerárquicamente según la estructura de árbol mostrada en la fig. 1. Como se aprecia, la red local de suministro eléctrico 1 tiene varios niveles jerárquicos j , en los que el nodo de distribución 2 y los nodos finales 3, 4 están conectados cada uno a un nodo de distribución de nivel superior 2 dentro de la jerarquía mediante una o varias líneas de alimentación 6.

La red local de suministro eléctrico 1 dispone de una unidad de control central 5, que está conectada a los nodos de distribución 2 de la red local de suministro eléctrico 1 mediante conexiones de comunicación 7 inalámbricas o por cable, tal como se indica esquemáticamente mediante las líneas discontinuas en la fig. 1. Además, los nodos finales 3, en particular las cargas dinámicas, también pueden estar conectados a la unidad de control central 5 mediante conexiones de comunicación 7, como se muestra en la fig. 1 a modo de ejemplo. Otros nodos finales 4 incluyen, por ejemplo, cargas dinámicas con características de carga o consumo desconocidas, en particular los nodos finales 4, que no disponen de una conexión de comunicación 7 con la unidad de control central 5.

Cada nodo dentro de la red local de suministro eléctrico 1 es un nodo de un tipo específico i dentro de un nivel jerárquico j y forma el k -ésimo nodo de este tipo dentro del nivel jerárquico respectivo j . Por consiguiente, un nodo ijk es un nodo de tipo i ($i=2$ ó 3 ó 4) en el nivel jerárquico j y forma el k -ésimo nodo de este tipo dentro del nivel jerárquico j en cuestión. Por ejemplo, el nodo de distribución 2-1-1 forma un nodo de suministro o de nivel superior dentro del nivel jerárquico 1 ($j=1$) y es el único nodo de este tipo dentro de este primer nivel jerárquico. Los restantes nodos 3-1-1, 3-1-2 y 4-1-1 forman los nodos finales 3, que no están conectados a otros nodos subordinados mediante líneas de alimentación 6. Los nodos 3-1-1, 3-1-2 forman cargas dinámicas que consumen energía y están conectadas a la unidad de control central 5 de la red local de suministro eléctrico 1 a través de una conexión de comunicación 7, por lo que la unidad de control central 5 conoce su comportamiento. Hay dos nodos de este tipo en el primer nivel jerárquico ($j=1$), a saber, el primer ($k=1$) nodo final 3-1-1 y el segundo ($k=2$) nodo final 3-1-2. Además, hay un nodo final 4 en el primer nivel jerárquico ($j=1$), cuyo comportamiento dinámico de carga se desconoce y que no tiene conexión de comunicación 7 con la unidad de control central 5, a saber, el nodo 4-1-1.

En el segundo nivel jerárquico ($j=2$) hay cuatro nodos, de los cuales dos nodos 2-2-1 y 2-2-2 son nodos de suministro o distribución que están conectados a otros nodos subordinados dentro de la estructura jerárquica de árbol a través de líneas de alimentación 6. También hay un nodo final 3 en el segundo nivel jerárquico ($j=2$), cuyo comportamiento de carga o consumo es conocido y que está conectado a la unidad de control central 5 a través de una conexión de comunicación 7, a saber, el nodo 3-2-1. Un cuarto nodo dentro del segundo nivel jerárquico ($j=2$), a saber, el nodo final 4-2-1, tiene un comportamiento de carga o consumo desconocido, ya que no hay conexión de comunicación 7 con la unidad de control central 5.

En el nivel jerárquico más bajo, es decir, el tercero ($j=3$) de la red local de suministro eléctrico 1 representada en la figura 1, sólo hay nodos finales 3. En el ejemplo representado, cada uno de estos nodos finales 3 está conectado a la unidad de control central 5 de la red local de suministro eléctrico 1 a través de conexiones de comunicación 7, por lo que también puede detectarse o controlarse su comportamiento de carga o consumo.

El nodo raíz 2-0 se encuentra en el nivel jerárquico superior ($j=0$) de la red local de suministro eléctrico 1, y está conectado a los nodos 2-1-1, 3-1-1, 3-1-2 y 4-1-1 del nivel jerárquico inmediatamente inferior ($j=1$) a través de las líneas de alimentación 6. El nodo raíz 2-0 también está conectado a la unidad de control central 5 a través de una conexión de comunicación 7, como se muestra en la fig. 1. De este modo, la red local de suministro eléctrico 1 tiene un único nodo raíz 2-0 y varios nodos finales 3, 4, que están interconectados jerárquicamente en uno o varios niveles jerárquicos en una estructura de árbol. Los nodos 2, 3, 4 de los distintos niveles jerárquicos están interconectados o conectados mediante líneas de alimentación 6. Por las líneas de alimentación 6 de la red local de suministro eléctrico 1 circula una corriente continua (CC) o alterna (CA).

Los nodos finales 3, 4 de la red local de suministro eléctrico 1 pueden tener cargas regulables o no regulables que se alimentan o cargan de electricidad a través de la red local de suministro eléctrico 1. Además, los nodos finales 3, 4 de la red local de suministro eléctrico 1, que forman hojas dentro de la estructura de árbol de la red local de suministro eléctrico 1, también pueden tener generadores de energía regulables o no regulables que alimentan de corriente eléctrica a la red local de suministro eléctrico 1.

Cada nodo 2, 3, 4 de la red local de suministro eléctrico 1, es decir, cada nodo de distribución 2 y cada nodo final 3, 4 puede tener una o más primeras conexiones de alimentación, a través de las cuales el respectivo nodo 2, 3, 4 recibe corrientes eléctricas I de nodos de distribución de nivel superior 2 de la red local de suministro eléctrico 1 o las suministra a éstos. Además, cada nodo de distribución 2 de la red local de suministro eléctrico 1 también

puede tener una o más segundas conexiones de alimentación y suministrar corrientes eléctricas I a través de estas segundas conexiones de alimentación a sus nodos subordinados 2,3,4 dentro de la red local de suministro eléctrico 1, siempre que éstos comprendan cargas o unidades de consumo. Si los nodos finales 3,4 tienen generadores de electricidad, su nodo de distribución de nivel superior 2 puede recibir la electricidad allí generada a través de sus segundas conexiones alimentación.

Las corrientes eléctricas I que fluyen en ambas direcciones entre un nodo de distribución de nivel superior 2 de la red local de suministro eléctrico 1 y sus nodos subordinados 2, 3, 4 pueden medirse, en una posible realización, mediante sensores de corriente instalados en los respectivos nodos, y los valores de corriente medidos son comunicados por los nodos de distribución 2 y los nodos finales 3 a la unidad de control central 5 de la red local de suministro eléctrico 1 a través de las conexiones de comunicación 7 asociadas.

En el método según la invención, partiendo del nodo raíz 2-0 de la estructura de árbol, las corrientes eléctricas que fluyen entre un nodo de nivel superior situado en un nivel jerárquico específico j de la red local de suministro eléctrico 1 a través de las líneas de alimentación 6 de la red local de suministro eléctrico 1 y uno o más nodos de nivel inferior situados en un nivel jerárquico directamente subyacente (j+1) de la red local de suministro eléctrico 1 se ajustan iterativamente a través de todos los niveles jerárquicos de la red local de suministro eléctrico 1 incluyendo a los nodos finales 3,4 de la red local de suministro eléctrico 1, hasta que la suma de las corrientes que circulan entre el respectivo nodo de distribución de nivel superior 2 de la red local de suministro eléctrico 1 y sus nodos subordinados 2,3,4 esté dentro de los límites de corriente admisibles del respectivo nodo de distribución de nivel superior 2 y los nodos extremos 3,4.

Este método implementado por ordenador para regular el suministro eléctrico a través de la red local de suministro eléctrico 1 es ejecutado preferentemente en tiempo real por un procesador de la unidad de control central 5 de la red local de suministro eléctrico 1. Los valores de las corrientes medidas por los sensores de corriente se transmiten a la unidad de control central 5 de la red de alimentación local 1 a través de las conexiones de comunicación 7. A partir de los valores de corriente transmitidos por los sensores de corriente de un nodo 2, 3, 4, la unidad de control central 5 calcula para el nodo respectivo, en una posible realización, un valor de corriente suma de las corrientes eléctricas medidas allí. En una posible realización, la unidad de control central 5 de la red local de suministro eléctrico 1 puede calcular un valor de corriente excedente para cada nodo de distribución de nivel superior 2 como la diferencia entre las corrientes eléctricas suministradas en ese momento por el respectivo nodo de distribución de nivel superior 2-j situado en un nivel jerárquico j a sus nodos subordinados 2-(j+1)-k, 3-(j+1)-k, 4-(j+1)-k y un valor límite de corriente del respectivo nodo de distribución de nivel superior 2. Además, para cada nodo de distribución de nivel superior 2-j de la red local de suministro eléctrico 1, la unidad de control central 5 divide el valor de corriente excedente calculado para el nodo de distribución de nivel superior 2-j de la red local de suministro eléctrico 1 entre el valor de corriente suma calculado de todas las corrientes suministradas por el respectivo nodo de distribución de nivel superior 2-j del nivel jerárquico j a sus nodos subordinados 2, 3, 4 del nivel jerárquico j+1 para calcular un factor de distribución AF. A continuación, la unidad de control central 5 de la red local de suministro eléctrico 1 actualiza o establece automáticamente los valores límite actuales de los nodos subordinados 2, 3, 4, que se encuentran en el nivel jerárquico subyacente j+1, en función del factor de distribución AF calculado para el nodo de distribución de nivel superior 2-j. En otra posible realización del método según la invención, la potencia eléctrica P de una carga regulable de un nodo final 3 de la red local de suministro eléctrico 1 es ajustada por un controlador de potencia 3C dentro del nodo final 3 de acuerdo con el valor límite de corriente actualizado del nodo final 3. El controlador de potencia 3C dentro del nodo final 3 recibe el valor límite de corriente actualizado de la unidad de control central 5 a través de una conexión de comunicación 7.

Los diversos nodos finales 3, 4 de la red local de suministro eléctrico 1, como se muestra a modo de ejemplo en la fig. 1, pueden contener, en una posible realización, cargas regulables. En una posible realización, estas cargas regulables tienen baterías para vehículos eléctricos, que se cargan con una corriente de carga a través de la red local de suministro eléctrico 1. En otra posible realización de la red local de suministro eléctrico 1 según la invención, además de las baterías de los vehículos también se puede suministrar energía a otros tipos de cargas, en particular a otras unidades consumidoras. Por ejemplo, las cargas dinámicas 3, 4 también pueden comprender motores eléctricos o máquinas eléctricas de una empresa que carga adicionalmente las baterías de los vehículos eléctricos de su flota de vehículos eléctricos a través de su red local de suministro eléctrico 1.

Las figuras 2 y 3 muestran realizaciones de nodos dentro de la red local de suministro eléctrico 1. La fig. 2 muestra esquemáticamente un nodo de suministro de energía o nodo de distribución de energía 2 dentro de la red local de suministro eléctrico 1. Como se muestra en la fig. 2, el nodo 2 comprende uno o varios sensores de corriente 2A así como un módulo de comunicación 2B para establecer una conexión de comunicación inalámbrica o por cable a través de las conexiones de comunicación 7 con la unidad de control central 5 de la red local de suministro

eléctrico 1. El nodo de distribución 2 en un nivel jerárquico j dispone de una o varias entradas de corriente para la conexión con nodos de distribución superiores de un nivel jerárquico superior j-1 así como de una o varias salidas de corriente para la conexión a otros nodos subordinados de diferentes tipos 2, 3, 4 dentro del siguiente nivel jerárquico subordinado j+1 de la red local de suministro eléctrico 1. Los valores de las corrientes I que circulan por las entradas y salidas de corriente del nodo de distribución 2 pueden monitorizarse mediante los sensores de corriente 2A asociados del nodo de distribución 2, por lo que en una posible realización los valores de corriente se almacenan inicialmente de forma local. y, a continuación, se transmiten a la unidad de control central 5 en tiempo real a través de la conexión de comunicación 7 asociada.

La fig. 3 muestra esquemáticamente un ejemplo de realización de un nodo final 3 dentro de la red local de suministro eléctrico 1. El nodo final 3 también tiene uno o más sensores de corriente 3A y un módulo de comunicación 3B para establecer una conexión de comunicación 7 con la unidad de control central 5 de la red local de suministro eléctrico 1. Además, el nodo final 3 comprende un controlador de potencia integrado 3C, como se muestra en la fig. 3. En una posible realización, el nodo final 3 puede incluir una carga regulable dinámica con la que el controlador de potencia 3C controla el consumo eléctrico o la carga. La potencia eléctrica P de la carga regulable del nodo final 3 es preferentemente establecida por el controlador de potencia 3C del nodo final 3 de acuerdo con un valor límite de corriente actualizado del nodo final 3. El controlador de potencia 3C del nodo final 3 recibe este valor límite de corriente actualizado de la unidad de control central 5 de la red local de suministro eléctrico 1 a través de su módulo de comunicación 3B y la conexión de comunicación 7 asociada de la unidad de control central 5. La carga dinámica del nodo final 3 comprende, por ejemplo, una o más baterías de vehículo para un vehículo eléctrico que se carga mediante la red local de suministro eléctrico 1.

Los otros nodos finales 4, como se muestra esquemáticamente en la fig. 1, no tienen ningún módulo de comunicación 3B para intercambiar datos con la unidad de control central 5.

Con el método según la invención, la potencia de carga P de una flota de cargas regulables, en particular vehículos eléctricos, puede regularse de manera que no se supere una carga de corriente máxima en un punto de referencia de la red. Para ello, un procesador de la unidad de control central 5 ejecuta un algoritmo de control que permite cartografiar virtualmente los puntos de medición en cascada y alcanzar una corriente máxima dentro de los respectivos valores límite de los puntos de medición mediante la reducción iterativa selectiva de la potencia de carga de las cargas regulables conectadas a estos puntos de medición, y al mismo tiempo permite distribuir toda la potencia eléctrica permitida a los puntos de carga disponibles.

La fig. 4 muestra un diagrama de flujo que ilustra un ejemplo de un método implementado por ordenador para regular un suministro eléctrico a través de una red local de suministro eléctrico 1 según la invención. El algoritmo de control mostrado en la fig. 4 puede ser ejecutado periódicamente por un procesador dentro de la unidad de control central 5 a intervalos de tiempo regulares, por ejemplo una vez por segundo. El algoritmo de control también puede ser activado por un acontecimiento, por ejemplo cuando un vehículo eléctrico se conecta a la red local de suministro eléctrico 1 o cuando un vehículo eléctrico se desacopla de la red local de suministro eléctrico 1.

En un primer paso S1, se calcula el valor de la corriente que fluye en un nodo subordinado para cada nodo dentro de la red local de suministro eléctrico 1:

$$I_{SUM} = \sum_{n=1}^N I_n \quad (1)$$

donde I es la corriente que circula por el nodo subordinado n y N es el número de nodos subordinados.

En otro paso S2, se calcula la corriente eléctrica que debe reducirse para el nodo respectivo:

$$I_{diff} = \begin{cases} I_{act} - I_{limit} & I_{act} - I_{limit} > 0 \\ 0 & I_{act} - I_{limit} \leq 0 \end{cases} \quad (2)$$

La unidad de control central 5 de la red local de suministro eléctrico 1 calcula así un valor excedente de corriente para cada nodo de nivel superior como la diferencia I_{diff} entre la corriente actual I_{act} que fluye desde el respectivo nodo de nivel superior y su nodo subordinado y un valor límite de corriente I_{limit} del respectivo nodo de nivel superior.

- 5 En otro paso S3, se calcula un valor límite de corriente ponderado para el nodo n:

$$I_{limit\ n} = I_n - \frac{I_n \cdot I_{diff}}{I_{sum}} \quad (3)$$

- 10 La unidad de control central 5 de la red local de suministro eléctrico 1 divide así el valor excedente de corriente I_{diff} calculado para cada nodo de nivel superior de la red local de suministro eléctrico 1 por el valor de corriente suma calculado I_{sum} de todas las corrientes eléctricas suministradas por el respectivo nodo de nivel superior a sus nodos subordinados para calcular un factor de distribución

$$AF = \frac{I_{diff}}{I_{sum}}$$

El valor límite de corriente para el nodo subordinado n respectivo se reduce en consecuencia en un paso S4, como se indica en la ecuación (3).

- 15 En un paso posterior S5, el sistema comprueba si se ha realizado o no el cálculo para todos los nodos subordinados del nodo en cuestión. Si hay otros nodos subordinados, el proceso regresa del paso S5 al paso S3, como se muestra en la fig. 4. Los pasos S1 a S5 se utilizan para calcular un valor límite de corriente para el nodo en cuestión dentro de la red local de suministro eléctrico 1.
- 20 En otro paso S6, se determina si el número de cargas dinámicas dentro de n nodos es mayor o no. Si hay cargas dinámicas, en un paso S7 se realiza un cálculo del valor actual de la corriente de las cargas dinámicas del nodo correspondiente:

$$I_{sum\ dyn} = \sum_{x=1}^x I_x \quad (4)$$

En otro paso S8, se calcula un valor límite de corriente ponderado para el nodo de carga dinámica x:

25

$$I_{limit\ x} = I_x - \frac{I_x \cdot I_{diff}}{I_{sum\ dyn}} \quad (5)$$

El valor límite de corriente calculado se transfiere entonces al controlador de potencia 3C dentro del nodo de carga dinámica o nodo final 3 en un paso S9.

- 30 En un paso S10 se comprueba si existen otros nodos de carga dinámicos. En caso afirmativo, se realiza el cálculo correspondiente para estos nodos de carga adicionales en los pasos S8, S9. Si no hay más nodos de carga dinámicos, se sale del bucle y se realiza una subrutina de aumento de corriente para todos los nodos de distribución o nodos subordinados en un paso S11.
- 35 Como puede verse en la fig. 4, el algoritmo de control, a partir de un límite de corriente o valor límite de corriente de un nodo, para una corriente eléctrica que está fluyendo actualmente, calcula un posible valor de reducción de corriente para reducir la corriente eléctrica en el nodo en cuestión. Este valor de corriente indica preferentemente en cuántos amperios debe reducirse la corriente respectiva en los nodos de distribución o nodos subordinados y cargas para que ya no se supere un valor límite de corriente en el nodo superior correspondiente. A continuación,
- 40 se puede realizar una distribución paritaria de la corriente en función de las corrientes que fluyen actualmente. En

otras realizaciones, dicha división de paridad también puede sustituirse por otras funciones de ponderación en otras realizaciones, siempre que la suma de las corrientes reducidas corresponda al valor de reducción de corriente calculado.

- 5 El valor actual ponderado calculado para el nodo subordinado respectivo puede asignarse al nodo subordinado como un nuevo límite o valor límite. El nodo subordinado sólo acepta un nuevo valor límite de corriente si este valor es inferior al valor límite de corriente anterior. De este modo se garantiza que la corriente sólo se regule a la baja y que no se supere un límite global o un valor límite total para la red local de suministro eléctrico 1.
- 10 El algoritmo de control mostrado esquemáticamente en la fig. 4 puede ejecutarse rápidamente en una posible realización, aunque los tiempos de respuesta sean diferentes, ya que en el algoritmo de control según la invención, el estado actual de la red local de suministro eléctrico 1 se reevalúa con cada iteración y, por lo tanto, cualquier requisito de reducción de corriente que ya se haya ejecutado se incluye en la siguiente evaluación y, en consecuencia, se pondera menos. En el caso de que aún no se haya realizado ninguna regulación, el algoritmo
- 15 puede proporcionar como resultado los mismos valores que en el último paso de iteración.

Las figuras 5 y 6 muestran otras secuencias que pueden realizarse en paralelo a la secuencia mostrada en la figura 4. La fig. 5 muestra una secuencia en la que un valor de corriente se incrementa periódicamente, por ejemplo cada dos segundos.

- 20 La fig. 6 muestra una secuencia en la que el flujo de carga dinámico de un nodo final se incrementa periódicamente, por ejemplo cada cinco segundos. Las secuencias mostradas en las figuras 5 y 6 se utilizan para volver a aumentar uniformemente la potencia en la red local de suministro eléctrico 1 si las capacidades de la red vuelven a estar disponibles. Estas secuencias se ejecutan generalmente un cierto factor más despacio que el algoritmo de reducción mostrado en la fig. 4.

En la secuencia mostrada en la fig. 5, el valor límite de corriente de un nodo subordinado n se determina primero en un paso S51.

- 30 En otro paso S52, se determina un nuevo valor límite de corriente para el nodo subordinado, por ejemplo incrementando la corriente anterior en un valor de corriente predefinido de 10 amperios, por ejemplo. Posteriormente, n se incrementa para aumentar la corriente del siguiente nodo después de la siguiente iteración $n++$. Si $n > N$, entonces n se ajusta al valor 1, $n = 1$.

- 35 A continuación, en un paso S53, se ejecuta la función para aumentar la corriente de todos los nodos subordinados.

En la secuencia mostrada en la fig. 6, el primer valor límite de corriente se determina primero para cada nodo de carga dinámica en el paso S61.

- 40 A continuación, en el paso S62, se calcula un nuevo valor límite de corriente para la carga dinámica x :

$$I_{\text{limit } x} = I_x + 3A$$

En este ejemplo, el valor límite de corriente se incrementa en 3 amperios, por ejemplo.

- 45 El valor límite de corriente calculado se transfiere entonces al controlador de potencia del nodo de carga dinámica en el paso S63.

En el paso subsiguiente S64, el valor x se incrementa y en la siguiente iteración la corriente del siguiente nodo de carga dinámica se incrementa.

- 50 Si $x > X$, entonces $x = 1$.

En otro paso S65, se puede ejecutar una función para aumentar la corriente de carga dinámica de todos los nodos subordinados involucrados.

- 55 En los procesos mostrados en las figuras 5 y 6, la potencia para el nodo respectivo se incrementa aumentando el valor límite de corriente de un nodo subordinado en un factor determinado. Un nodo subordinado transmitirá a su vez este aumento a sus nodos subordinados hasta que, finalmente, las cargas proporcionadas en los nodos finales 3, 4, realicen físicamente la solicitud de aumento. Si como consecuencia de ello se supera el valor límite de

corriente total, el algoritmo de control mostrado en la fig. 4 puede volver a reducir inmediatamente la potencia eléctrica en un paso de iteración posterior y proporcionar así una protección de sobrecarga segura. Por el contrario, si todas las capacidades de la red estuvieran libres, el aumento de potencia se mantiene y el proceso de aumento de potencia prosigue con el siguiente nodo. De este modo, puede garantizarse que todos los nodos de un nodo de nivel superior aumenten su potencia eléctrica en la misma medida, uno tras otro, hasta su respectivo valor límite de potencia máxima o hasta la siguiente solicitud de reducción de potencia.

Debido a la constante reevaluación y la respectiva referencia a la corriente actual que fluye, con la ayuda del algoritmo de control según la invención se garantiza que tiempos de regulación con diferente celeridad no influyan en el resultado final. Con el algoritmo de control según la invención también es posible asignar virtualmente puntos de medida en cascada y, mediante el aumento selectivo de la potencia de carga de las cargas regulables conectadas a estos puntos de medida, en particular baterías de vehículo eléctrico, mantener una corriente máxima en el valor límite de corriente respectivo de los puntos de medida y, al mismo tiempo, asignar toda la potencia eléctrica permitida a los puntos de carga disponibles.

El método implementado por ordenador según la invención para regular un suministro eléctrico a través de una red local de suministro eléctrico 1 es adecuado para cualesquiera cargas regulables y generadores de energía regulables que estén conectados a los nodos finales de una red local de suministro eléctrico 1 organizada jerárquicamente en una estructura de árbol. El método implementado por ordenador según la invención es especialmente adecuado para crear una infraestructura de carga para baterías de vehículos de una flota de vehículos eléctricos de una empresa. La red local de suministro eléctrico 1 se utiliza para la carga eficiente de cargas regulables y evita picos de carga no deseados.

REIVINDICACIONES

1. Método para regular un suministro eléctrico mediante una red local de suministro eléctrico (1), en donde la red local de suministro eléctrico (1) tiene un nodo raíz (2-0) y nodos finales (3, 4) que están interconectados jerárquicamente en una estructura de árbol, en donde, partiendo del nodo raíz (2-0) de la estructura de árbol, corrientes eléctricas que fluyen entre un nodo de distribución de orden superior (2) situado en un nivel jerárquico de la red local de suministro eléctrico (1) a través de líneas de alimentación (6) de la red local de suministro eléctrico (1) y uno o más nodos de orden inferior (2, 3, 4) situados en un nivel jerárquico de la red local de suministro eléctrico (1) directamente inferior al nodo raíz (2-0) se ajustan iterativamente a lo largo de todos los niveles jerárquicos de la red local de suministro eléctrico (1) hasta los nodos finales (3, 4) de la red local de suministro eléctrico (1), hasta que la suma de las corrientes medidas que fluyen entre el respectivo nodo de distribución de nivel superior (2) de la red local de suministro eléctrico (1) y sus nodos de orden inferior (2, 3, 4) se encuentre dentro de los valores límite de corriente admisibles del correspondiente nodo de distribución de orden superior (2) y los nodos finales (3, 4).
2. Método según la reivindicación 1, en donde los nodos finales (3, 4) de la red local de suministro local (1) tienen cargas regulables o no regulables que se alimentan o cargan de electricidad a través de la red local de suministro eléctrico (1), y generadores de energía regulables o no regulables que alimentan de electricidad la red local de suministro eléctrico (1).
3. Método según las reivindicaciones 1 ó 2, en donde cada nodo (2,3,4) de la red local de suministro eléctrico (1) recibe corrientes eléctricas procedentes de nodos de distribución de nivel superior (2) de la red local de suministro eléctrico (1) a través de una o varias primeras conexiones de alimentación del nodo respectivo (2, 3, 4) o las envía al nodo de distribución de nivel superior (2) y en donde las corrientes eléctricas se suministran a través de una o más conexiones de alimentación de un nodo de distribución (2) a sus nodos de orden inferior (2, 3, 4) dentro de la red local de suministro eléctrico (1) o son recibidas por los nodos de orden inferior (2, 3, 4).
4. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1 a 3, en donde las corrientes eléctricas que fluyen entre un nodo de distribución de nivel superior (2) de la red local de suministro eléctrico (1) y sus nodos de orden inferior (2, 3, 4) se miden mediante sensores de corriente instalados en los nodos (2, 3, 4).
5. Método según la reivindicación 4, en donde los valores de la corriente medida por los sensores de corriente se transmiten a través de conexiones de comunicación (7) a una unidad de control central (5) de la red local de suministro eléctrico (1), que en función de los valores de corriente transmitidos por los sensores de corriente de un nodo (2, 3, 4) calcula para dicho nodo (2,3,4) un valor de corriente suma, I_{SUM} , de todas las corrientes eléctricas medidas.
6. Método según la reivindicación 5, en donde mediante la unidad de control central (5) de la red local de suministro eléctrico (1) se calcula un valor de corriente excedente para cada nodo de distribución de nivel superior (2) como la diferencia, I_{diff} , entre la corriente eléctrica actual, I_{act} , suministrada por el respectivo nodo de distribución de nivel superior (2) a sus nodos de orden inferior (2, 3, 4) y un valor límite de corriente, I_{limit} , del respectivo nodo de distribución de nivel superior (2).
7. Método según la reivindicación 6, en donde mediante la unidad de control central (5) de la red local de suministro eléctrico (1), para cada nodo de distribución de nivel superior (2) de la red local de suministro eléctrico (1), el valor de corriente excedente, I_{diff} , calculado para el nodo de distribución de nivel superior (2) de la red local de suministro eléctrico (1) se divide por el valor de corriente suma calculado, I_{SUM} , de todas las corrientes eléctricas suministradas por el respectivo nodo de distribución de nivel superior (2) a sus nodos de orden inferior (2, 3, 4) para calcular un factor de distribución, AF, para el respectivo nodo de distribución de nivel superior (2).
8. Método según la reivindicación 7,

en donde mediante la unidad de control central (5) de la red local de suministro eléctrico (1), los valores límite, I_{limit} , de los nodos de orden inferior (2, 3, 4) se actualizan en función del factor de distribución, AF, calculado para su nodo de distribución de nivel superior (2).

- 5 9. Método según la reivindicación 8,
en donde la potencia eléctrica de una carga regulable de un nodo final (3) de la red local de suministro eléctrico (1) es ajustada por un controlador de potencia (3C) del nodo final (3) de acuerdo con el valor límite de corriente actualizado del nodo final (3), en donde el controlador de potencia (3C) del nodo final (3) recibe el valor límite de corriente actualizado de la unidad de control central (5) de la red local de suministro eléctrico (1) a través de una conexión de comunicación (7) asociada.
- 10 10. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores 2 a 9,
en donde las cargas regulables de la red local de suministro eléctrico (1) comprenden vehículos eléctricos con baterías para vehículos que se cargan a través de la red local de suministro eléctrico (1).
- 15 11. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
en donde para aumentar la potencia eléctrica de las cargas regulables de la red local de suministro eléctrico (1) a partir de su nodo raíz (2-0) y a través de todos los niveles jerárquicos de la red local de suministro eléctrico (1) hasta los nodos finales (3, 4), los valores límite de corriente de los nodos de la red local de suministro eléctrico (1) se incrementan de forma iterativa.
- 20 12. Red local de suministro eléctrico (1) para el suministro de corriente eléctrica a cargas,
en donde la red local de suministro eléctrico (1) comprende un nodo raíz (2-0) y nodos finales (3, 4) que están interconectados jerárquicamente en una estructura de árbol,
en donde mediante una unidad de control central (5) de la red local de suministro eléctrico (1), partiendo del nodo raíz (2-0) de la estructura de árbol, corrientes eléctricas que se distribuyen entre un nodo de distribución de nivel superior (2) situado en un nivel jerárquico de la red local de suministro eléctrico (1) a través de líneas de alimentación (6) de la red local de suministro eléctrico (1) y uno o varios nodos de orden inferior (2, 3, 4) situados en un nivel jerárquico directamente inferior de la red local de suministro eléctrico (1) pueden ajustarse iterativamente en todos los niveles jerárquicos de la red local de suministro eléctrico (1) hasta los nodos finales (3, 4) de la red local de suministro eléctrico (1), hasta que la suma de los valores de corriente de las corrientes eléctricas medidas que fluyen entre el respectivo nodo de distribución de nivel superior (2) de la red local de suministro eléctrico (1) y sus nodos de nivel inferior (2, 3, 4) estén dentro de los límites de corriente admisibles del respectivo nodo de distribución de nivel superior (2) y los nodos finales (3, 4).
- 25 30 35 13. Red local de suministro eléctrico según la reivindicación 12,
en donde la unidad de control central (5) de la red local de suministro eléctrico (1) comprende una memoria de datos que almacena los valores límite de corriente de los nodos (2, 3, 4) de la red local de suministro eléctrico (1) y los valores de corriente medidos por sensores de corriente de las corrientes eléctricas que circulan entre los nodos (2, 3, 4) de la red local de suministro eléctrico (1).
- 40 14. Red local de suministro eléctrico según la reivindicación 12 ó 13,
en donde nodos finales (3, 4) pueden conectarse a nodos de distribución (2) de la red local de suministro eléctrico (1) o pueden desacoplarse de nodos de distribución (2) de la red local de suministro eléctrico (1).
- 45 50 15. Red local de suministro eléctrico según cualquiera de las reivindicaciones 12-14,
en donde los nodos finales (3, 4) comprenden cargas que consumen corriente eléctrica y/o comprenden generadores de corriente que generan corriente eléctrica.

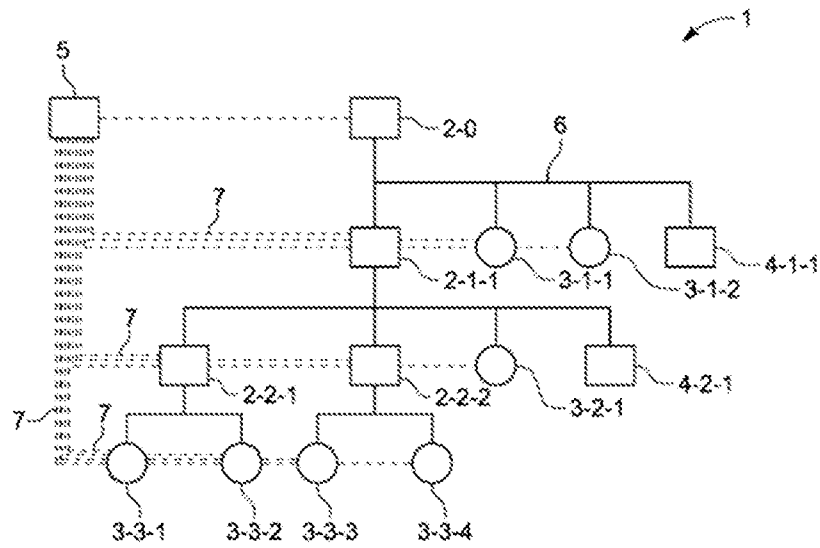


FIG. 1

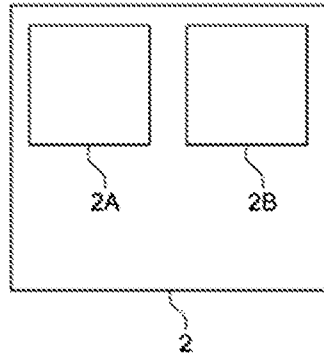


FIG. 2

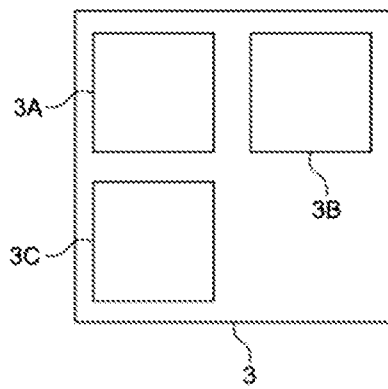


FIG. 3

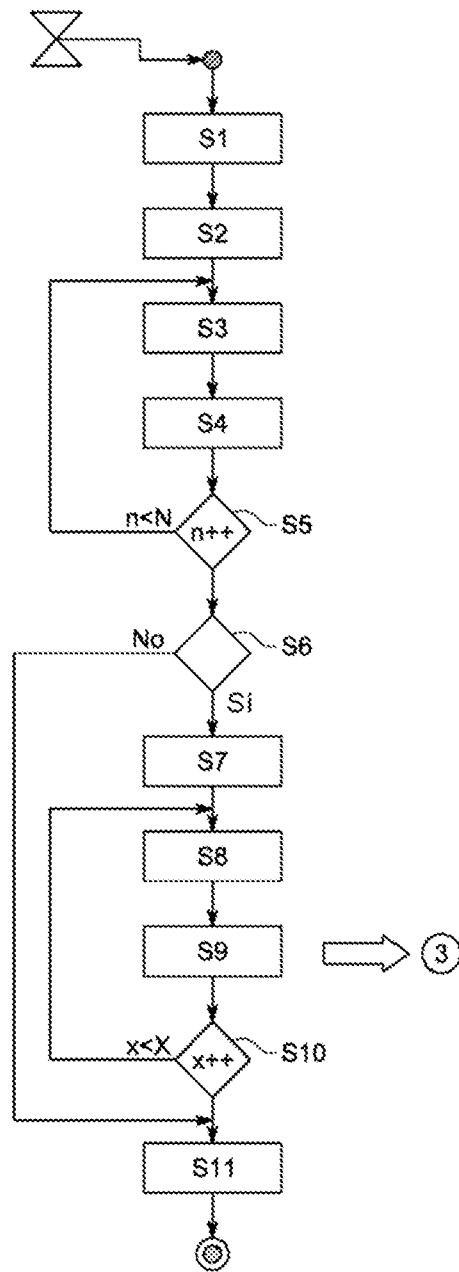


FIG. 4

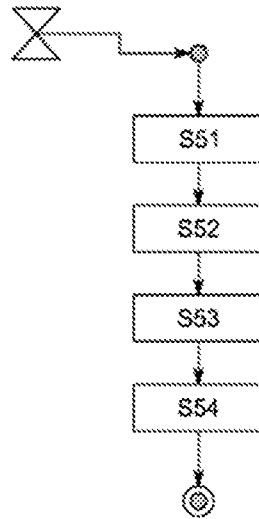


FIG. 5

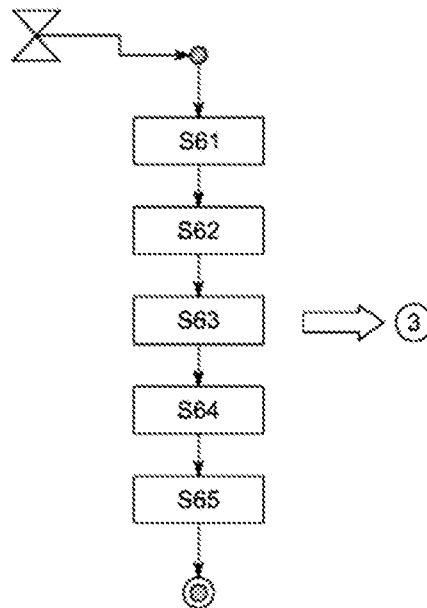


FIG. 6