

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 773 478**

51 Int. Cl.:

H02J 3/38 (2006.01)

H02J 3/00 (2006.01)

H02J 3/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.03.2016 E 16158006 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.12.2019 EP 3214718**

54 Título: **Procedimiento y sistema para operar una red de suministro de energía autónoma**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
13.07.2020

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**WERNER, THOMAS;
FRÖHNER, WIEBKE y
REISCHBÖCK, MARKUS**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 773 478 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento y sistema para operar una red de suministro de energía autónoma

5 La presente invención hace referencia a un procedimiento para operar una red de suministro de energía autónoma que presenta un número de generadores de energía y un número de consumidores de energía, donde está proporcionado un dispositivo de control local que está preparado para la activación de los generadores de energía y/o de los consumidores de energía, y donde en el procedimiento se realizan las siguientes etapas: puesta a disposición de datos de modelo de la red de suministro de energía autónoma en una memoria de datos de un dispositivo de ordenador de orden superior con respecto al dispositivo de control local; donde los datos de modelo indican los respectivos generadores de energía, así como sus parámetros de funcionamiento; determinación de un plan de funcionamiento para la red de suministro de energía autónoma con el dispositivo de ordenador, mediante la utilización de los datos de modelo, donde el plan de funcionamiento indica el estado de funcionamiento de la red de suministro de energía autónoma durante un intervalo de tiempo determinado; transmisión del plan de funcionamiento al dispositivo de control local; y activación de los generadores de energía y/o de los consumidores de energía en correspondencia con las especificaciones del plan de funcionamiento, mediante el dispositivo de control local.

15 Un procedimiento de la clase mencionada se conoce por ejemplo por la solicitud US 2014/172182 A1.

20 Como reacción frente a problemas relativos a la seguridad de suministro de redes de suministro de energía y a la cantidad creciente de generadores de energía regenerativos (por ejemplo instalaciones de energía eólica, instalaciones fotovoltaicas), actualmente se utilizan en alto grado redes de suministro de energía autónomas, denominadas a continuación también como "microrredes" (microgrids). Las microrredes de esa clase se tratan de redes de suministro de energía reducidas, con generadores de energía y consumidores de energía. Además, las microrredes de esa clase pueden comprender también acumuladores de energía eléctricos: los acumuladores de energía de esa clase, a continuación, dependiendo de su modo de funcionamiento, se consideran como generadores de energía (el acumulador de energía emite potencia eléctrica) o consumidores de energía (el consumidor de energía obtiene energía eléctrica). Habitualmente una microrred, en cuanto a las capacidades de los consumidores de energía que se encuentran presentes y consumidores de energía, está diseñada de modo que la generación y el consumo eléctrico se compensan, al menos de forma aproximada, de manera que puede hablarse de un funcionamiento autónomo, es decir que se autoabastece.

30 Las microrredes, además, no están conectadas en absoluto a otras redes de suministro de energía (por ejemplo microrredes en islas o en zonas aisladas) o en un punto de conexión de red están acopladas a una red de suministro de energía de orden superior (red de distribución) y pueden obtener de la misma potencia eléctrica o pueden suministrar potencia eléctrica a la misma. En la última variante mencionada existe la posibilidad de una compensación de potencia con la red de suministro de energía de orden superior, mientras que al mismo tiempo está asegurado que, en el caso de fallar la red de suministro de energía de orden superior, mediante el generador de energía propio, pueda mantenerse el suministro de corriente interno de la microrred.

35 El funcionamiento de una microrred puede optimizarse en cuanto a diferentes parámetros. Por ejemplo, la microrred puede operarse con los costes más reducidos posibles o con una emisión de CO₂ lo más reducida posible. De este modo pueden considerarse, modelarse y controlarse tanto generadores de energía convencionales (por ejemplo generadores diesel) o también generadores de energía regenerativos (generadores de energía que generan energía a partir de fuentes renovables, por ejemplo sol, viento), así como eventuales acumuladores de energía. Para diseñar del modo más eficiente posible el funcionamiento de la red, un punto esencial reside en el hecho de pronosticar para la microrred la generación de energía futura, interna de la red, así como el consumo de energía futuro, interno de la red, donde ambas variables, mayormente al menos de forma parcial, dependen del clima, y en el hecho de optimizar la mezcla de muestras de análisis, es decir, la composición de la utilización de los generadores de energía individuales.

45 Las soluciones actualmente disponibles para la automatización de energía en microrredes se basan esencialmente en sistemas de gestión clásicos, como se utilizan también en la automatización de estaciones (por ejemplo Siemens, serie SICAM) o en la técnica de gestión de redes (por ejemplo Spectrum Power-Serie de Siemens). Estos sistemas en principio son muy adecuados para el control y la regulación de microrredes. Sin embargo, sus conceptos de manejo y de modelado apuntan en primer lugar a personal especializado formado en la técnica, lo cual mayormente no se encuentra a disposición para los casos de aplicación antes mencionados, y su utilización implica además costes comparativamente elevados. Además, la relación de costes - utilidad de esas soluciones de automatización no es ventajosa para el orden de magnitud de las microrredes, que habitualmente sólo poseen una potencia de generación de sólo algunos MW. Esto no sólo afecta a los costes del sistema (por tanto componentes y software de la respectiva solución de automatización), sino ante todo a la inversión que se necesita para la parametrización y la puesta en funcionamiento. A este respecto, a saber, en particular el dispositivo de las funciones de modelado matemáticas habitualmente necesarias, genera una inversión manual elevada para el análisis y la parametrización. Además, las soluciones de automatización conocidas presuponen en general una comunicación continua entre las

microrredes y el centro de control. Esto es problemático precisamente cuando las microrredes se utilizan para el suministro de corriente seguro en regiones aisladas o en el caso de una falla de la red de suministro de energía de orden superior (a la cual se asocia también una falla de las comunicaciones en el rango amplio).

5 Por la solicitud de patente norteamericana US 2010/0023174 A1 se conoce además un sistema de control de microrredes, en el cual las microrredes son controladas por dispositivos de control locales respectivamente individuales, y los dispositivos de control locales de las microrredes intercambian entre sí datos de control, para incluir en la optimización también el funcionamiento de una red de suministro de energía de orden superior. También en esta solución existe una inversión elevada en cuanto a la configuración, para los dispositivos de control locales individuales.

10 El objeto de la presente invención consiste en reducir la inversión de parametrización requerida para el funcionamiento de una red de suministro de energía autónoma (microrred), así como la inversión para operar la red de suministro de energía.

15 Este objeto se soluciona mediante el procedimiento descrito en la reivindicación 1. Según esto se prevé que el plan de funcionamiento para el respectivo intervalo de tiempo comprenda un plan de funcionamiento total que indica una potencia eléctrica en un punto de conexión de red de la red de suministro de energía autónoma, y planes de funcionamiento parciales para los generadores de energía y/o los consumidores de energía de la red de suministro de energía autónoma; durante el funcionamiento de la red de suministro de energía autónoma, el dispositivo de control local forme el balance de potencia real de la red de suministro de energía autónoma como diferencia entre la potencia suministrada a la red de suministro de energía autónoma y la potencia extraída desde la misma; que el dispositivo de control local determine una potencia de reserva positiva y una potencia de reserva negativa de la red de suministro de energía autónoma; donde la potencia de reserva positiva se determina como diferencia desde la salida de potencia máxima posible y la salida de potencia real efectiva de todos los generadores de energía activos, y la potencia de reserva negativa se determina como diferencia desde la salida de potencia real efectiva y la salida de potencia mínima posible de todos los generadores de energía activos; que el balance de potencia real se compare con la potencia de reserva positiva y negativa; y que el resultado de la comparación se emplee para activar los generadores de energía.

20 Una ventaja del procedimiento según la invención reside en el hecho de que prácticamente toda la parametrización del dispositivo de control local no se realiza en el lugar, sino mediante el dispositivo de ordenador. Con ello, la compañía operadora de la microrred puede prescindir en el lugar de la utilización de personal capacitado. Además, como dispositivos de control locales pueden utilizarse aparatos relativamente sencillos, a los cuales no deben plantearse exigencias elevadas en cuanto a su potencia de cálculo, ya que los procesos que requieren un gran número de cálculos, en particular la optimización de funcionamiento matemática, se realizan mediante el dispositivo de ordenador.

25 A los datos de modelo proporcionados mediante el dispositivo de ordenador, entre otros, pertenecen el tipo y el lugar de colocación del respectivo generador de energía, una orientación espacial, una denominación, potencias de generación mínimas y máximas de los generadores de energía, curvas características del grado de efectividad, precios del combustible, de un combustible eventualmente utilizado o capacidades de las baterías.

30 Según la invención, se prevé que el plan de funcionamiento para el respectivo intervalo de tiempo comprenda un plan de funcionamiento total que indica una potencia eléctrica en un punto de conexión de red, de la red de suministro de energía autónoma, y comprenda planes de funcionamiento parciales para los generadores de energía y/o los consumidores de energía de la red de suministro de energía autónoma.

35 De este modo, no sólo pueden activarse para el funcionamiento los generadores de energía y/ consumidores de energía individuales de la microrred; también mediante el plan de funcionamiento puede determinarse una potencia eléctrica en el punto de conexión de red. Debido a esto, por ejemplo puede determinarse que la microrred, en el intervalo de tiempo, tenga que consumir o emitir una potencia eléctrica predeterminada, o tenga que funcionar completamente de forma autónoma en el funcionamiento aislado. En las microrredes de esa clase, que de todos modos no presentan un acoplamiento con una red de distribución, la potencia eléctrica en el punto de conexión de red (no existente en este caso) debe fijarse en cero en todo momento.

40 En cuanto al funcionamiento de la microrred, según la invención, se prevé además que durante el funcionamiento de la red de suministro de energía autónoma, el dispositivo de control local forme el balance de potencia real de la red de suministro de energía autónoma como diferencia entre la potencia suministrada a la red de suministro de energía autónoma y la potencia extraída desde la misma; que el dispositivo de control local determine una potencia de reserva positiva y una potencia de reserva negativa de la red, de la red de suministro de energía autónoma, que el balance de potencia real se compare con la potencia de reserva positiva y negativa, y que el resultado de la comparación se emplee para activar los generadores de energía.

La potencia de reserva positiva se determina en este caso como diferencia desde la salida de potencia máxima posible y la salida de potencia real efectiva de todos los generadores de energía activos (conectados). De manera correspondiente, la potencia de reserva negativa se determina como diferencia desde la salida de potencia real efectiva y la salida de potencia mínima posible de todos los generadores de energía activos.

- 5 Esto posibilita una regulación del funcionamiento de la microrred mediante sólo pocas variables de medición y cálculos sencillos. Los mismos también pueden realizarse con dispositivos de control comparativamente sencillos, sin que deban plantearse a éstos exigencias de potencia de cálculo demasiado elevadas.

10 En un perfeccionamiento ventajoso del procedimiento según la invención se prevé que para determinar el plan de funcionamiento mediante el dispositivo de ordenador, para el respectivo intervalo de tiempo, se determine la potencia de alimentación probable de los respectivos generadores de energía y que la potencia de alimentación probable de los respectivos generadores de energía se emplee para determinar el plan de funcionamiento.

15 En esa forma de ejecución, de manera ventajosa, los pronósticos de funcionamiento de los respectivos generadores de energía se toman como base para optimizar el funcionamiento. Gracias a esto puede pronosticarse la potencia de alimentación probable de cada generador de energía para sí, de manera que para el intervalo de tiempo en cuestión por ejemplo puede tener lugar un planeamiento de si debe obtenerse potencia eléctrica desde una eventual red de distribución de orden superior, o si la misma debe ser alimentada, por ejemplo para optimizar una ganancia monetaria.

20 A este respecto, en una forma de ejecución ventajosa del procedimiento según la invención se prevé que para el respectivo intervalo de tiempo, mediante el dispositivo de ordenador, se determine un pronóstico del clima para el área de la red de suministro de energía autónoma; y para aquellos generadores de energía, cuya potencia de alimentación depende de las condiciones del clima reales en el área del respectivo generador de energía, utilizando esa información del pronóstico del clima que es relevante para el funcionamiento del respectivo generador de energía, así como al menos una parte de los datos de modelo, se determine la potencia de alimentación probable para el respectivo intervalo de tiempo.

25 En particular aquellos generadores de energía que generan la energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables a corto plazo (energía eólica, radiación solar), dependen ciertamente en alto grado de la respectiva situación climática en el área del respectivo generador. Según la forma de ejecución mencionada en último lugar, ahora el dispositivo de ordenador determina un pronóstico del clima para el área de los respectivos generadores de energía. Puesto que las microrredes con frecuencia presentan una extensión espacial sólo reducida, en casos de
30 esa clase puede ser necesario determinar el estado del clima sólo para el área de la microrred, y utilizar ese estado del clima para todos los generadores de energía que se encuentren presentes. En base al estado del clima o a información que sea relevante para la generación de energía eléctrica del respectivo generador de energía (por ejemplo intensidad del viento, nubosidad, duración de la luz solar y ángulo de incidencia de la luz solar), el dispositivo de ordenador, al conocer datos de modelo determinados para los respectivos generadores de energía
35 (por ejemplo grado de efectividad, lugar de instalación, orientación), puede determinar la potencia de alimentación probable para el intervalo de tiempo en cuestión. De este modo, también para los generadores de energía de esa clase, mediante el dispositivo de ordenador, pueden realizarse suposiciones, sin que deban utilizarse para ello los dispositivos de ordenador locales.

40 Según otra forma de ejecución ventajosa del procedimiento según la invención se prevé que los datos de modelo sean detectados como entradas del usuario, mediante un editor de datos proporcionado por el dispositivo de ordenador o conectado al mismo, y sean almacenados en la memoria de datos del dispositivo de ordenador.

Debido a esto se proporciona una posibilidad sencilla para la detección de los datos de modelo mediante el dispositivo de ordenador. Nuevamente no se necesita un ingreso manual en uno de los dispositivos de control locales.

45 En otra forma de ejecución ventajosa del procedimiento según la invención se prevé además que el dispositivo de ordenador se forme por un dispositivo de procesamiento de datos que está realizado como sistema informático de nube.

50 En esa forma de ejecución, el dispositivo de ordenador está diseñado de forma especialmente flexible. Por un sistema informático de nube debe entenderse aquí una disposición, con uno o con una pluralidad de dispositivos de memoria de datos y uno o una pluralidad de dispositivos de procesamiento de datos que, mediante una programación adecuada, puede estar diseñada para ejecutar cualquier proceso de procesamiento de datos. Los dispositivos de procesamiento de datos representan en general dispositivos de procesamiento de datos universales (por ejemplo servidores) que, en cuanto a su construcción y a su programación, en principio, no presentan un diseño específico de ninguna clase. Sólo mediante una programación efectuada, el dispositivo de procesamiento de datos
55 universal puede volverse más efectivo como para realizar funciones específicas. Si el sistema informático de nube

5 presenta una pluralidad de componentes individuales, los mismos, de manera adecuada, están conectados unos con otros para la comunicación de datos (por ejemplo mediante una red de comunicaciones). A un sistema informático de nube puede suministrarse cualquier dato para el almacenamiento y/o el procesamiento de datos. El sistema informático de nube en sí mismo pone a disposición de otros aparatos, por ejemplo del dispositivo de control local de la microrred y de una estación de trabajo informática conectada al sistema informático de nube (estación de trabajo), los datos almacenados y/o los resultados del procesamiento realizado. Un sistema informático de nube puede proporcionarse por ejemplo mediante un centro de informática o también mediante una pluralidad de centros de informática interconectados. En general, un sistema informático de nube está realizado distanciando de la microrred.

10 El sistema informático de nube, por ejemplo, puede ser operado por la misma compañía operadora que la microrred. Por ejemplo, podría tratarse de una instalación de servidor o de un centro de informática de la misma compañía operadora. Sin embargo, también puede preverse que el sistema informático de nube esté asociado a otra compañía operadora, diferente a la compañía operadora de la microrred. Para la compañía operadora de la microrred, lo mencionado puede presentar la ventaja de que la misma no debe ocuparse por sí sola del funcionamiento y del mantenimiento del sistema informático de nube, sino que esas tareas se han trasladado a la compañía operadora del sistema informático de nube, las que el mismo ofrece como servicio.

15 En cuanto a los planes de funcionamiento parciales, además, en concreto puede preverse que los mismos comprendan una especificación sobre un estado de conexión y un valor objetivo para la salida de potencia o la demanda de potencia del respectivo generador de energía o consumidor de energía.

20 Según otra forma de ejecución, en cuanto a los planes de funcionamiento parciales puede preverse adicionalmente que los mismos comprendan también una especificación sobre los costes que se originan en la generación de energía o en el consumo de energía del respectivo generador de energía o consumidor de energía. Los costes que se originan en la generación de energía son en particular costes operativos (incluyendo eventuales costes de combustible) y costes de abastecimiento de la respectiva instalación. Los costes que se originan en el consumo de energía son por ejemplo los costes operativos y de abastecimiento de un acumulador de energía, pero también pagos que deben efectuarse al superarse un límite de potencia acordado por contrato (por ejemplo con una compañía operadora de una red de distribución). Además, los costes de consumo pueden ser relevantes cuando la compañía operadora de la microrred tiene un contrato de suministro con una compañía operadora de una red de distribución de orden superior.

30 Según otra forma de ejecución ventajosa del procedimiento según la invención, concretamente puede preverse que en el caso de un balance de potencia que sea menor o igual a la potencia de reserva positiva o negativa, los generadores de energía respectivamente conectados se activen de forma correspondiente para la adaptación a su potencia que debe suministrarse; y que en el caso de un balance de potencia que sea mayor que la potencia de reserva positiva o negativa, se modifique el estado de conexión de al menos un generador de energía.

35 En esta forma de ejecución, mediante una instrucción de regulación relativamente sencilla, se posibilita un funcionamiento de la microrred. Esto se realiza en tanto una compensación del balance de potencia, mediante la activación de generadores de energía activos, pueda tener lugar dentro de la potencia de reserva. Cuando la potencia de reserva positiva ya no es suficiente, se pone en funcionamiento otro generador de energía (desconectado hasta el momento). Cuando la potencia de reserva negativa ya no es suficiente (se suministra demasiada potencia a la microrred), se desconecta un generador de energía activo. Estas etapas tienen lugar hasta que se encuentre presente un balance de potencia compensado.

45 El orden en el que se conectan o desconectan los generadores de energía puede determinarse mediante variables de optimización. Por ejemplo, primero pueden conectarse aquellos generadores cuyo funcionamiento produce los costes más reducidos, de manera que siempre se conecte aquel generador de energía inactivo que implique los costes de generación más reducidos. En el caso contrario, en el caso de una desconexión pueden ponerse fuera de servicio primero aquellos generadores de energía con los costes de generación de energía más elevados, etc. Otra variable de optimización puede ser por ejemplo una emisión de CO₂ del respectivo generador de energía.

50 Además, según otra forma de realización ventajosa, para el caso de que en un balance de potencia que sea mayor que la potencia de reserva positiva o negativa, no se encuentre presente ningún otro generador de energía, cuyo estado de conexión pueda modificarse, puede preverse que se modifique el estado de conexión de al menos un consumidor de energía.

En esa forma de ejecución, si ya no es posible otra regulación mediante una conexión o desconexión de generadores de energía, se influye en el lado de carga de la microrred. De este modo, según la necesidad, se conectan o desconectan cargas, para alcanzar un balance de potencia compensado en la microrred.

55 En otra forma de ejecución ventajosa del procedimiento según la invención se prevé además que mediante el dispositivo de control local, durante el funcionamiento de la red de suministro de energía autónoma, se registren

valores de medición que indican un estado de funcionamiento de los generadores de energía y/o consumidores de energía y/o de toda la red de suministro de energía autónoma en un punto de conexión de red, que al menos una parte de los valores de medición y/o valores derivados de los mismos, se transmitan al dispositivo de ordenador; y que el dispositivo de ordenador, mediante la utilización de los valores de medición transmitidos y/o los valores derivados de los mismos, determine un plan de funcionamiento actualizado para el intervalo de tiempo real o un intervalo de tiempo subsiguiente.

De este modo, el funcionamiento de la microrred puede adecuarse de forma adaptativa a modificaciones reales. De este modo, por ejemplo, pueden compensarse divergencias en el pronóstico de la potencia suministrada de forma probable, o puede compensarse la falla de un generador de energía previsto para el funcionamiento de la microrred. La adaptación de los planes de funcionamiento, que relativamente implica un gran número de cálculos, en la que al menos de forma parcial debe recalcularse la optimización, tiene lugar mediante el dispositivo de ordenador, de modo que se quita esa carga a los dispositivos de control locales.

En otra forma de ejecución ventajosa del procedimiento según la invención se prevé además que mediante el dispositivo de ordenador se determinen respectivos planes de funcionamiento para una pluralidad de redes de suministro de energía autónomas, y que los respectivos generadores de energía y/o consumidores de energía de la pluralidad de redes de distribución autónomas, se activen en correspondencia con las especificaciones del respectivo plan de funcionamiento, mediante el respectivo dispositivo de control local.

En esta solución, de este modo, mediante el dispositivo de ordenador se ofrecen servicios para una pluralidad de microrredes. Esas microrredes pueden estar asociadas a las mismas o a diferentes compañías operadoras de la red. En el último caso mencionado, mediante medidas adecuadas, debe procurarse que se garantice la seguridad de los datos en el dispositivo de ordenador.

El objeto antes mencionado se soluciona también mediante un sistema para operar una red de suministro de energía autónoma, donde la red de suministro de energía autónoma presenta un número de generadores de energía y un número de consumidores de energía, con un dispositivo de control local que está preparado para activar los generadores de energía y/o los consumidores de energía; y con un dispositivo ordenador de orden superior con respecto al dispositivo de control local, el cual presenta una memoria de datos para poner a disposición datos de modelo de la red de suministro de energía autónoma, los cuales indican los respectivos generadores de energía, así como sus parámetros de funcionamiento; donde el dispositivo ordenador está preparado para determinar un plan de funcionamiento para la red de suministro de energía autónoma, mediante la utilización de los datos de modelo, y para la transmisión del plan de funcionamiento al dispositivo de control local, donde el plan de funcionamiento indica el estado de funcionamiento de la red de suministro de energía autónoma durante un intervalo de tiempo determinado; y donde el dispositivo de control local está preparado para la activación de los generadores de energía y/o de los consumidores de energía en correspondencia con las especificaciones del plan de funcionamiento.

Según la invención se prevé que el plan de funcionamiento para el respectivo intervalo de tiempo comprenda un plan de funcionamiento total que indica una potencia eléctrica en un punto de conexión de red de la red de suministro de energía autónoma, y planes de funcionamiento parciales para los generadores de energía y/o los consumidores de energía de la red de suministro de energía autónoma; y que el dispositivo de control local, durante el funcionamiento de la red de suministro de energía autónoma, esté preparado para formar el balance de potencia real de la red de suministro de energía autónoma como diferencia entre la potencia suministrada a la red de suministro de energía autónoma y la potencia extraída desde la misma, para determinar una potencia de reserva positiva y una potencia de reserva negativa de la red de suministro de energía autónoma, para comparar el balance de potencia real con la potencia de reserva positiva y negativa, y para emplear el resultado de la comparación para activar los generadores de energía, donde la potencia de reserva positiva se determina como diferencia desde la salida de potencia máxima posible y la salida de potencia real efectiva de todos los generadores de energía activos, y la potencia de reserva negativa se determina como diferencia desde la salida de potencia real efectiva y la salida de potencia mínima posible de todos los generadores de energía activos.

Concretamente, en cuanto al sistema según la invención puede preverse que el sistema esté preparado para operar una pluralidad de redes de suministro de energía autónomas, y que a las respectivas redes de suministro de energía autónomas estén asociados respectivamente dispositivos de control locales propios, que están conectados al dispositivo de ordenador.

En cuanto al sistema según la invención aplican todas las explicaciones relativas al procedimiento según la invención, indicadas anteriormente y a continuación, y de forma inversa de modo correspondiente; en particular el sistema según la invención está preparado para realizar el procedimiento según la invención en cualquier forma de ejecución deseada o en una combinación de formas de ejecución deseadas. También en cuanto a las ventajas del sistema según la invención se remite a las ventajas descritas con relación al procedimiento según la invención.

A continuación, la presente invención se describe en detalle mediante un ejemplo de ejecución. La variante específica del ejemplo del ejemplo de ejecución no debe entenderse en modo alguno de forma limitativa para la realización general del procedimiento según la invención y del sistema según la invención; más bien, las características individuales de la realización del ejemplo de ejecución pueden combinarse entre sí libremente de cualquier modo deseado, y pueden combinarse con las características antes descritas.

Muestran

Figura 1: una vista de conjunto esquemática de un sistema de suministro según la invención con una pluralidad de redes de suministro de energía autónomas (microrredes) conectadas a una red de distribución;

Figura 2: una representación esquemática de dos microrredes que son operadas mediante dispositivos de control locales y un dispositivo de ordenador de orden superior;

Figura 3: una representación esquemática de un dispositivo de control local;

Figura 4: una representación esquemática del dispositivo de ordenador;

Figura 5: un primer diagrama de barras para explicar el modo de funcionamiento de una microrred con el dispositivo de control local;

Figura 6: un segundo diagrama de barras para explicar el modo de funcionamiento de una microrred con el dispositivo de control local; y

Figura 7: un tercer diagrama de barras para explicar el modo de funcionamiento de una microrred con el dispositivo de control local.

La figura 1, en una representación muy esquemática, muestra un sistema de suministro de energía 10, en el cual una pluralidad de redes de suministro de energía autónomas (microrredes) 11a-c, en respectivos puntos de conexión de red 12a-c, están acopladas a una red de distribución 13. A la red de distribución 13 están conectados generadores de energía en forma de centrales eléctricas 14 que aseguran un suministro básico de energía eléctrica.

Las microrredes en sí mismas comprenden un número de generadores de energía 15a-c y consumidores de energía 16a-b que en la figura 1 sólo están indicados de forma ilustrativa. Concretamente pueden estar presentes por ejemplo generadores de energía en forma de instalaciones fotovoltaicas (generadores de energía 15a), pequeñas centrales eléctricas, microturbinas, etc. (generadores de energía 15b) o instalaciones de energía eólica (generadores de energía 15c), así como consumidores de energía en forma de edificios de oficinas o edificios comerciales (consumidores de energía 16a) o viviendas (consumidores de energía 16b). Además pueden estar presentes también los así llamados "prosumidores" 17a-c (composición de productor y consumidor), que dependiendo del modo de funcionamiento pueden tanto generar energía eléctrica, como también pueden consumirla. Entre éstos se encuentran por ejemplo edificios con módulos de generación de corriente propios, por ejemplo viviendas con módulos fotovoltaicos (prosumidor 17a), vehículos eléctricos con acumuladores de energía eléctricos (prosumidor 17b) y acumuladores de energía eléctricos estacionarios, por ejemplo instalaciones de batería (prosumidor 17c). Los prosumidores de esa clase, con relación a esta descripción, según su modo de funcionamiento, se consideran y denominan como generadores de energía o consumidores de energía. De este modo, por ejemplo un acumulador estacionario, mientras libera energía eléctrica, se considera como generador de energía, y mientras consume energía eléctrica, se considera como consumidor de energía.

Los generadores de energía y los consumidores de energía representados solamente deben entenderse como un ejemplo. Naturalmente pueden estar presentes microrredes con cualquier número y composición de generadores y consumidores de energía.

A diferencia de la representación de la figura 1, una red de suministro de energía autónoma/microrred también puede operarse sin acoplamiento a una red de distribución. Eso sucede por ejemplo en el caso de islas o de zonas aisladas.

Para controlar el funcionamiento de las microrredes están proporcionados dispositivos de control locales 18a-c, que en la figura 1 sólo se indican de forma simbólica. Con esos dispositivos de control locales, en correspondencia con un plan de funcionamiento que respectivamente por un intervalo de tiempo determinado (por ejemplo de una duración de 15 minutos) predetermina un estado de funcionamiento, los generadores y/o consumidores de energía que se encuentran presentes en la microrred, se activan de modo que el funcionamiento de la microrred corresponde a una estrategia de regulación determinada. Por ejemplo, la estrategia de regulación puede consistir en producir un modo de funcionamiento de la microrred, optimizado en cuanto a los costes. De este modo, deben

considerarse los respectivos costes de generación de energía, que están asociados a los respectivos generadores de energía (por ejemplo precios reales del combustible, costes operativos de una instalación de energía eólica), así como un eventual precio de corriente, en el caso de un drenaje de corriente o desde la alimentación de corriente hacia la red de distribución 13. Otra estrategia de regulación puede apuntar a un modo de funcionamiento con la emisión de CO₂ más reducida posible o a un modo de funcionamiento completamente autónomo (funcionamiento de isla).

Para el planeamiento y la optimización del funcionamiento de una microrred se necesita un pronóstico de la potencia eléctrica generada en la microrred y extraída desde la microrred, respectivamente en el intervalo de tiempo considerado. Para ello deben tener lugar un trabajo de diseño y una parametrización, así como una modelación de los generadores y consumidores de energía que respectivamente se encuentren presentes. Esos procesos requieren un entendimiento técnico elevado y dispositivos de procesamiento de datos con una capacidad de cálculo elevada. Ninguno de estos dos puntos, en cuanto a la relación de costes - utilidad, es conveniente para el funcionamiento local singular de una microrred.

Por lo tanto, en este caso, para el funcionamiento de la microrred se propone separar en dos la solución de automatización, como se indica esquemáticamente en la figura 2. La figura 2 muestra a este respecto una subárea del sistema de suministro de energía 10 de la figura 1 con las microrredes 11a y 11b, que en puntos de conexión de red 12a,b están acopladas a la red de distribución, no mostrada en la figura 2. El dispositivo de control local 18a,b de la respectiva microrred 11a,b; por una parte, se encuentra conectado de forma adecuada a los generadores y consumidores de energía de la respectiva microrred 11a,b; así como por otra parte, a un dispositivo de ordenador 20 de orden superior.

La conexión con los generadores o los consumidores de energía se utiliza para enviar señales de control a los respectivos generadores o consumidores de energía, para adaptar su estado de funcionamiento en correspondencia con el plan de funcionamiento para el respectivo intervalo de tiempo. Además, el respectivo dispositivo de control local 18a, b está conectado a sensores de medición que se utilizan para medir la alimentación o la obtención de energía eléctrica mediante el respectivo generador o consumidor de energía, así como en el área de medición del punto de conexión de red 12a, b. De ese modo, los datos de funcionamiento respectivamente reales de la microrred se ponen a disposición del dispositivo de control local. Para garantizar una mayor claridad, en la figura 2 se indica una conexión del dispositivo de control local 18a, b con el generador de energía 15a, sólo de forma ilustrativa, a modo de una representación. De este modo, la conexión comprende una primera conexión a un módulo de control 21 del generador de energía 21, para influir en el estado de funcionamiento del generador de energía mediante señales de control, así como una segunda conexión con un sensor de medición 22, sólo indicado de forma esquemática, para detectar la potencia suministrada al generador de energía 15a (por ejemplo mediante una medición adecuada de la tensión y la corriente en el punto de medición del sensor de medición). Se muestra además una conexión hacia otro sensor de medición 23, con el cual se mide la potencia en el área del punto de conexión de red 12a,b. Las conexiones entre el respectivo dispositivo de control local 18a, b y los generadores o consumidores de energía individuales pueden estar realizadas de cualquier forma adecuada (por ejemplo de forma inalámbrica o con una conexión por cables) y pueden basarse en uno o en una pluralidad de protocolos de comunicaciones (por ejemplo conforme a IEC 61850, IEC 61870-5-104, DNP3(i), XMPP, Modbus TCP/RTU).

Las funciones de cálculo, así como el trabajo de diseño y la parametrización de la respectiva microrred, están concentradas en el dispositivo de ordenador 20, el cual por ejemplo puede tratarse de un sistema informático de nube. Para la entrada de parámetros y datos de modelo, el dispositivo de ordenador 20 está conectado a un editor de datos 24 que puede estar realizado como un dispositivo de procesamiento de datos separado (por ejemplo una estación de trabajo) o como parte integral del propio dispositivo de ordenador 20.

Al dividir en dos el sistema de automatización, procesos que requieren un conocimiento experto elevado, una gran inversión manual y/o una capacidad de cálculo elevada, se trasladan desde el respectivo dispositivo de control local 18a,b al dispositivo de ordenador 20, aumentando con ello la eficiencia del sistema en su totalidad. De este modo, como dispositivos de control locales 18a,b pueden utilizarse aparatos más sencillos y, con ello, más convenientes en cuanto a los costes; además resulta una inversión de personal local marcadamente menor para la configuración y el funcionamiento de la respectiva microrred. La conexión entre el respectivo dispositivo de control 18a, b y el dispositivo de ordenador 20 puede estar realizada de cualquier forma, por ejemplo como conexión de Ethernet conectada por cables. Puede utilizarse cualquier protocolo de comunicaciones, por ejemplo un protocolo definido en el estándar IEC 61850.

El dispositivo de ordenador 20 puede estar asociado igualmente a una o a todas las microrredes 11a,b. De manera alternativa con respecto a ello, sin embargo, el dispositivo de ordenador 20 también puede ser operado por un proveedor de servicios que dispone de conocimiento experto en el área del control de microrredes y ofrece como servicio la parametrización y el cálculo de los respectivos planes de funcionamiento optimizados, para la respectiva compañía operadora de una microrred.

Concretamente, el sistema para operar una microrred está estructurado del siguiente modo y puede funcionar del siguiente modo: Del modo antes descrito, el dispositivo de control local 18a, b; del modo antes descrito, por una parte se encarga de la comunicación hacia uno de los respectivos generadores o consumidores de energía, y por otra parte, de una comunicación con el dispositivo de ordenador 20.

5 Para ello, como se muestra en la figura 3, el dispositivo de control local 18 comprende una primera interfaz de comunicaciones 31 para una comunicación con el dispositivo de ordenador 20, así como una segunda interfaz de comunicaciones 32 para la transmisión de señales de control hacia los respectivos generadores o consumidores de energía. Además, una interfaz de entrada/salida 33 se utiliza para detectar valores de medición de los respectivos
10 sensores de medición. De este modo, los valores de medición pueden transmitirse por cableado fijo a la interfaz de entrada/salida 33 del dispositivo de control 18, o en un proceso intermedio, transformados en un mensaje y como contenido de mensaje, pueden transmitirse a la interfaz de entrada/salida 33. La interfaz de entrada/salida 33, de modo correspondiente, puede diseñarse como dispositivo de detección de valores de medición o como dispositivo de comunicaciones. Además, el dispositivo de control 18 comprende un módulo de controlador que realiza las funciones necesarias para la activación de los generadores o consumidores de energía. El módulo de controlador
15 puede tratarse por ejemplo de un microprocesador, de un ASIC, de un FPGA o similares.

El dispositivo de ordenador 20, en base a heurística o a procedimientos de optimización matemáticos, crea planes de funcionamiento para los generadores o consumidores de energía de la respectiva microrred, los cuales garantizan un estado del sistema estable de la microrred. El dispositivo de ordenador 20 está diseñado como se muestra en la figura 4. Según la figura 4, el dispositivo de ordenador 20 comprende una interfaz 41 para el
20 intercambio de datos con el editor de datos 24 (véase la figura 2), así como una interfaz de comunicaciones 42 para la conexión con uno o con una pluralidad de dispositivos de control locales 18. Además, el dispositivo de ordenador presenta un controlador 43 que está preparado para la realización de módulos de función 44a-d.

La representación del dispositivo de ordenador 20 en la figura 4 debe considerarse de forma estrictamente funcional; del modo antes mencionado, el dispositivo de ordenador puede tratarse de un dispositivo de procesamiento de datos
25 individual o de un grupo de ordenadores, por ejemplo en forma de un sistema informático de nube, el cual proporciona los elementos y las funciones mostradas en la figura 2.

Mediante el editor de datos conectado a la interfaz 41 pueden parametrizarse los datos de modelo esenciales de los generadores o consumidores de energía. Entre esos datos de modelo se encuentran los generadores o consumidores de energía y datos que indican sus parámetros de funcionamiento, por ejemplo potencias de
30 generación mínimas y máximas de los generadores de energía, curvas características del grado de efectividad, precios del combustible o capacidades de las baterías. Esos datos de modelo se almacenan en el módulo de función 44a, que se trata de un módulo de memoria de datos del dispositivo de ordenador 20; un subconjunto relevante para el respectivo dispositivo de control local se transfiere al dispositivo de control local 18 y se almacena en un módulo de memoria de datos local 35 (véase la figura 3).

35 El módulo de función 44b se trata de un módulo para proporcionar pronósticos climáticos, el cual, dependiendo del lugar de disposición de la microrred, consulta a servicios meteorológicos adecuados para obtener pronósticos locales de variables climáticas, como velocidad del viento, dirección del viento, radiación solar, etc. Los servicios meteorológicos consultados pueden ser proporcionados por el propio dispositivo de ordenador 20, o por proveedores externos (proveedores de servicio meteorológico).

40 El módulo de función 44c se trata de un módulo para calcular potencias de alimentación probables de aquellos generadores de energía cuya potencia de generación de energía depende de la situación climática respectivamente real (por ejemplo instalaciones fotovoltaicas, instalaciones de energía eólica, etc.). Para calcular la potencia de alimentación probable se utilizan al menos partes relevantes de la información meteorológica proporcionada por el módulo de función 44b, así como al menos partes de los datos de modelo almacenados en el módulo de función 44a
45 (por ejemplo curvas características del grado de efectividad).

El módulo de función 44d se trata de un módulo para calcular planes de funcionamiento de las microrredes individuales. De este modo, los planes de funcionamiento para el respectivo intervalo de tiempo, por una parte, pueden comprender planes de funcionamiento parciales de los generadores de energía individuales y, por otra parte, un plan de funcionamiento total, que indica el flujo de potencia en el punto de conexión de red. El módulo de función
50 44d utiliza una optimización de utilización matemática, por ejemplo en base a la programación lineal mixta-entera y optimiza el funcionamiento de la microrred en cuanto a parámetros predeterminados, por ejemplo el intercambio de potencia de la microrred con la red de distribución, los costes operativos o la emisión de CO₂.

El dispositivo de ordenador 20 y el dispositivo de control local 18 de la respectiva microrred funcionan juntos del siguiente modo.

5 Antes de la puesta en funcionamiento de la microrred tiene lugar una entrada de datos para el trabajo de diseño y la parametrización de la respectiva microrred. Para ello, el usuario ingresa primero los datos de modelo de la microrred, mediante el editor de datos 24. El editor de datos 24, en base a los datos ingresados, genera modelos de datos para la optimización matemática de la utilización. Los datos de modelo, así como los modelos de datos derivados de ellos, se almacenan en el módulo de función 44a.

El dispositivo de ordenador 20, además, envía datos de modelo relevantes al respectivo dispositivo de control local. Como datos de modelo relevantes de esa clase se consideran aquellos que sean necesarios o ventajosos para el funcionamiento de la respectiva microrred 11, mediante el dispositivo de control 18, y que se refieren a los generadores o consumidores de energía que se encuentran presentes en la respectiva microrred 11.

10 Durante el funcionamiento, el dispositivo de ordenador 20, a intervalos cíclicos, por ejemplo una vez por día, solicita pronósticos climáticos reales a los servicios meteorológicos y los almacena en el módulo de función 44b. Con la ayuda de esos pronósticos climáticos, el módulo de función 44c calcula la potencia de energía probable para cada generador de energía dentro del intervalo de tiempo que debe considerarse, transmite esa información al módulo de función 44d que, mediante esa información, calcula un plan de funcionamiento para la respectiva microrred, y/o la
15 envía directamente al dispositivo de control local. Para ello tiene lugar una optimización correspondiente del funcionamiento de la microrred, en correspondencia con las especificaciones de la optimización. De este modo, con el módulo de función 44d se calculan planes de funcionamiento respectivamente para intervalos de tiempo consecutivos, de por ejemplo 15 minutos de duración.

20 Por último, el dispositivo de ordenador 20 envía el plan de funcionamiento para el respectivo intervalo de tiempo, al dispositivo de control local correspondiente. El plan de funcionamiento comprende un plan de funcionamiento total (flujo de la línea en el punto de conexión de red, en el caso de redes aisladas el mismo siempre es cero), así como los planes de funcionamiento parciales de los respectivos generadores de energía.

Esos planes de funcionamiento parciales contienen la siguiente información para cada intervalo de tiempo:

- estado de conexión del generador de energía (encendido/apagado);
- 25 - valor objetivo de la salida de potencia;
- eventualmente precios sombra para generación/consumo.

Esos precios sombra, por ejemplo mediante el módulo de función 44, se determinan del siguiente modo:

- en instalaciones de generación, como relación de las variaciones de los costes operativos, con respecto a las variaciones de potencia alrededor del punto de trabajo;
- 30 - en acumuladores de energía, como costes de generación promedio para aquella energía eléctrica que ha sido utilizada durante la carga del acumulador;
- en consumidores, como precio supuesto de forma ficticia que predetermina la prioridad en el caso de una desconexión (los consumidores con el precio más elevado se desconectan primero, aquellos con el precio más reducido se desconectan en último lugar; los precios pueden ser determinados por la compañía operadora según
35 criterios determinados, por ejemplo la importancia del consumidor).

El dispositivo de control local 18, mediante la utilización de los planes de funcionamiento transferidos para el respectivo intervalo de tiempo, controla los generadores de energía, como se explica a continuación.

40 El dispositivo de control local, del modo antes descrito, detecta valores de medición que describen la respectiva alimentación de potencia de los generadores de energía o el consumo de potencia de los consumidores de energía, formando en base a ello el balance de potencia de la microrred, en forma de la diferencia entre alimentación y consumo. De manera alternativa también puede medirse el flujo de potencia en el punto de conexión de red que corresponde al balance de potencia.

45 Además, el dispositivo de control local determina una potencia de reserva positiva y una potencia de reserva negativa. La potencia de reserva positiva R_{pos} se determina en este caso como diferencia desde la salida de potencia máxima posible y la salida de potencia real efectiva de todos los generadores de energía activos (conectados). De manera correspondiente, la potencia de reserva negativa R_{neg} se determina como diferencia desde la salida de potencia real efectiva y la salida de potencia mínima posible de todos los generadores de energía activos.

Mediante las variables "balance de potencia", "potencia de reserva positiva" y "potencia de reserva negativa", así como mediante las especificaciones desde el plan de funcionamiento, tiene lugar una regulación en tiempo real de la microrred. De este modo pueden considerarse fácilmente desviaciones del plan de funcionamiento, que por ejemplo resultan de desviaciones con respecto a los datos del clima pronosticados y, con ello, cantidades de alimentación.

5 En correspondencia con las especificaciones desde el plan de funcionamiento se conectan o desconectan los respectivos generadores de energía cuando el estado de conexión, conforme al plan de funcionamiento, es encendido o apagado en el intervalo de tiempo apropiado con respecto al horario real; además, eventualmente el valor objetivo de la salida de potencia se transmite como especificación de regulación al respectivo generador de energía.

10 Cuando en el funcionamiento de la microrred, realizado en correspondencia con el plan de funcionamiento, el balance de potencia es más reducido que el valor de la potencia de reserva positiva/negativa, la salida de potencia de los generadores de energía se regula conforme a la frecuencia de la red exigida. Esto se explica mediante el ejemplo de la figura 5. La figura 5 muestra un diagrama de barras con el cual el contingente de potencia de los generadores de energía realmente conectados se muestra en dos momentos de regulación t_1 , t_2 diferentes. En el momento t_1 , una primera columna parcial 51 representa un contingente de potencia de un primer generador de energía conectado, una segunda columna parcial 52, de manera correspondiente, representa el contingente de potencia de un segundo generador de energía.

20 Con una línea 53 se indica la salida de potencia real, regulada conforme al plan de funcionamiento, de los dos generadores de energía. Puede apreciarse que el primer generador de energía está utilizándose a la máxima capacidad, el segundo, de forma parcial. Con una línea discontinua 54 se indica el valor medido o calculado del balance de potencia; puede apreciarse que en el momento t_1 se necesita más potencia que la que se suministra mediante la especificación real del plan de funcionamiento. Al estar presente un acoplamiento con la red de distribución, esa potencia se compensa por ejemplo mediante una adquisición adicional. Para continuar operando la microrred del modo más autónomo y eficiente posible, el dispositivo de control local, como reacción ante la diferencia entre el balance de potencia y la alimentación efectiva, activa el segundo generador de energía para la salida de una potencia más elevada. Esto se muestra en la figura 5 mediante la flecha 55. En el momento de regulación t_2 , la salida de potencia se alcanza de modo correspondiente (véase la línea 56), y la microrred puede seguir funcionando en ese estado de funcionamiento, sin poner en funcionamiento un generador de energía adicional. Esto es posible porque el balance de potencia, aunque presenta una desviación positiva en el estado real, es sin embargo más reducida que la potencia de reserva positiva R_{pos} , la cual está marcada a modo de ejemplo en la figura 5 (en la figura 5 también está marcada la potencia de reserva negativa R_{neg} , sólo a modo de ejemplo).

30 En la figura 6 se representa otra situación, a modo de ejemplo. En este caso, el balance de potencia (línea 61) se ubica por encima de la potencia de reserva positiva R_{pos} , que resulta del estado de funcionamiento real (línea 62) y de los contingentes de potencia de los generadores de energía conectados. Para la adaptación, el dispositivo de control pone en funcionamiento otro generador de energía, cuyo contingente de potencia está representado como columna parcial 63 en el momento de regulación t_2 . En la selección de los generadores de energía que deben conectarse, a modo de ejemplo, pueden considerarse sus precios sombra. De este modo, siempre se ponen en funcionamiento primero los generadores de energía con los costes de generación más convenientes y sólo después, en caso necesario, aquellos con los costes de generación de energía más elevados.

40 En la figura 7 se representa otra situación, a modo de ejemplo. En este caso, el balance de potencia (línea 71) se ubica por debajo de la potencia de reserva negativa R_{neg} , que resulta del estado de funcionamiento real (línea 72) y de los contingentes de potencia de los generadores de energía conectados. Para la adaptación, el dispositivo de control pone fuera de servicio uno de los generadores de energía activos en el momento t_1 , de manera que tan sólo permanece conectado un generador de energía con un contingente de potencia, que está representado como columna parcial 73 en el momento de regulación t_2 . En la selección de los generadores de energía que deben conectarse, a modo de ejemplo, pueden considerarse sus precios sombra. En la selección de los generadores de energía que deben desconectarse, a modo de ejemplo, pueden considerarse igualmente por ejemplo sus precios sombra. De este modo, siempre se ponen fuera de servicio primero los generadores de energía con los costes de generación más elevados y sólo después, en caso necesario, aquellos con los costes de generación de energía reducidos.

55 En el caso de que finalmente el balance de potencia determinado sea mayor que la potencia de reserva positiva o negativa, y de que el vacío de generación calculado tampoco pueda terminarse mediante la conexión o la desconexión de generadores de energía, la microrred pasa a un funcionamiento de emergencia. De este modo, cuando la diferencia entre la potencia suministrada y la potencia consumida es positiva, se desconectan las instalaciones de generación / baterías con los precios sombra más elevados, hasta que la diferencia se ubique nuevamente en la banda de regulación, así como se conectan consumidores cuando eso es posible. Cuando la diferencia entre la potencia suministrada y la potencia consumida es negativa, se desconectan los consumidores / baterías con los precios sombra más reducidos, hasta que la diferencia se ubique nuevamente en la banda de regulación.

5 Los valores de medición de los generadores de energía, así como en el punto de conexión de red, se envían en intervalos cíclicos, por ejemplo cada hora, al dispositivo de ordenador, y se archivan allí. De manera adicional se inicia una nueva optimización de la utilización, que inicia un nuevo cálculo para el periodo restante del periodo de optimización y/o para otros periodos. Con ello se logra cumplir mejor con condiciones de contorno integrales en cuanto al tiempo y a las cantidades.

Con el concepto de automatización propuesto para el funcionamiento de microrredes resultan, entre otras, las siguientes ventajas:

10 - a diferencia de la modelación local, compleja en la actualidad, se reducen marcadamente las inversiones para la microrred individual, así como para los generadores de energía individuales, puesto que ya no deben detectarse datos de modelo de gran volumen.

- el dispositivo de control local puede mantenerse de forma muy sencilla; no requiere una técnica costosa ni una puesta en funcionamiento compleja.

- la parametrización necesaria en el lugar se reduce a una dimensión mínima.

15 - debido al volumen de modelación reducido, las instalaciones pueden ponerse en funcionamiento más rápido y sin personal experto especial.

- la solución, debido al concepto de regulación simple, es compatible con todas las formas de generadores de energía para la utilización en microrredes.

- el dispositivo de control local sólo debe comunicarse esporádicamente con el dispositivo de ordenador.

20 Si bien la invención anteriormente ha sido ilustrada y descrita en detalle mediante ejemplos de ejecución preferentes, la invención no está limitada por los ejemplos descritos, y el experto puede derivar de éstos otras variaciones, sin abandonar el alcance de protección de las siguientes reivindicaciones, donde el alcance de protección de la invención se define mediante las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para operar una red de suministro de energía autónoma (11) que presenta un número de generadores de energía (15) y un número de consumidores de energía (16), donde está proporcionado un dispositivo de control local (18) que está preparado para activar los generadores de energía (15) y/o los consumidores de energía (16), y donde en el procedimiento se realizan las siguientes etapas:
- 5 - puesta a disposición de datos de modelo de la red de suministro de energía autónoma (11) en una memoria de datos de un dispositivo de ordenador (20) de orden superior con respecto al dispositivo de control local (18), donde los datos de modelo indican los respectivos generadores de energía (15), así como sus parámetros de funcionamiento;
- 10 - determinación de un plan de funcionamiento para la red suministro de energía autónoma (11) con el dispositivo de ordenador (20), mediante la utilización de los datos de modelo, donde el plan de funcionamiento indica el estado de funcionamiento de la red de suministro de energía autónoma (11) durante un intervalo de tiempo determinado;
- transmisión del plan de funcionamiento al dispositivo de control local (18); y
- 15 - activación de los generadores de energía (15) y/o de los consumidores de energía (16) en correspondencia con las especificaciones del plan de funcionamiento, mediante el dispositivo de control local (18),
- caracterizado porque
- el plan de funcionamiento para el respectivo intervalo de tiempo comprende un plan de funcionamiento total que indica una potencia eléctrica en un punto de conexión de red (12) de la red de suministro de energía autónoma (11), y planes de funcionamiento parciales para los generadores de energía (15) y/o los consumidores de energía (16) de la red de suministro de energía autónoma (11); y
- 20 - durante el funcionamiento de la red de suministro de energía autónoma (11), el dispositivo de control local (18) forma el balance de potencia real de la red de suministro de energía autónoma (11) como diferencia entre la potencia suministrada a la red de suministro de energía autónoma (11) y la potencia extraída desde la misma;
- el dispositivo de control local (18) determina una potencia de reserva positiva y una potencia de reserva negativa de la red de suministro de energía autónoma (11);
- 25 donde la potencia de reserva positiva se determina como diferencia desde la salida de potencia máxima posible y la salida de potencia real efectiva de todos los generadores de energía activos, y la potencia de reserva negativa se determina como diferencia desde la salida de potencia real efectiva y la salida de potencia mínima posible de todos los generadores de energía activos;
- 30 - el balance de potencia real se compara con la potencia de reserva positiva y negativa; y
- el resultado de la comparación se emplea para activar los generadores de energía (15).
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque
- para determinar el plan de funcionamiento mediante el dispositivo de ordenador (20), para el respectivo intervalo de tiempo, se determina una potencia de alimentación probable de los respectivos generadores de energía (15); y
- 35 - la potencia de alimentación probable de los respectivos generadores de energía (15) se emplea para determinar el plan de funcionamiento.
3. Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado porque
- para el respectivo intervalo de tiempo, mediante el dispositivo de ordenador (20), se determina un pronóstico del clima para el área de la red de suministro de energía autónoma (11); y
- 40 - para aquellos generadores de energía (15), cuya potencia de alimentación depende de las condiciones del clima reales en el área del respectivo generador de energía (15), utilizando esa información del pronóstico del clima que es relevante para el funcionamiento del respectivo generador de energía (15), así como al menos una parte de los datos de modelo, se determina la potencia de alimentación probable para el respectivo intervalo de tiempo.

4. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque

- los datos de modelo son detectados como entradas del usuario, mediante un editor de datos (24) proporcionado por el dispositivo de ordenador (20) o conectado al mismo, y son almacenados en la memoria de datos del dispositivo de ordenador (20).

5 5. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque

- el dispositivo de ordenador (20) se forma por un dispositivo de procesamiento de datos que está diseñado como sistema informático de nube.

6. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque

10 - los planes de funcionamiento parciales comprenden al menos respectivamente una especificación sobre un estado de conexión y un valor objetivo para la salida de potencia o la demanda de potencia del respectivo generador de energía (15) o consumidor de energía (16).

7. Procedimiento según la reivindicación 6, caracterizado porque

15 - los planes de funcionamiento parciales comprenden también una especificación sobre los costes que se originan durante la generación de energía o el consumo de energía del respectivo generador de energía (15) o consumidor de energía (16).

8. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque

- en el caso de un balance de potencia que es menor o igual a la potencia de reserva positiva o negativa, los generadores de energía (15) respectivamente conectados se activan de forma correspondiente para la adaptación a su potencia que debe suministrarse; y

20 - en el caso de un balance de potencia que es mayor que la potencia de reserva positiva o negativa, se modifica el estado de conexión de al menos un generador de energía (15).

9. Procedimiento según la reivindicación 8, caracterizado porque

25 - para el caso de que en un balance de potencia que es mayor que la potencia de reserva positiva o negativa, no se encuentre presente ningún otro generador de energía (15), cuyo estado de conexión pueda modificarse, se modifica el estado de conexión de al menos un consumidor de energía (16).

10. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque

30 - mediante el dispositivo de control local (18), durante el funcionamiento de la red de suministro de energía autónoma (11), se registran valores de medición que indican un estado de funcionamiento de los generadores de energía (15) y/o consumidores de energía (16) y/o de toda la red de suministro de energía autónoma (11) en un punto de conexión de red (12);

- al menos una parte de los valores de medición y/o valores derivados de los mismos, se transmiten al dispositivo de ordenador (20); y

35 - el dispositivo de ordenador (20), mediante la utilización de los valores de medición transmitidos y/o los valores derivados de los mismos, determina un plan de funcionamiento actualizado para el intervalo de tiempo real o un intervalo de tiempo subsiguiente.

11. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque

- mediante el dispositivo de ordenador (20) se determinan respectivos planes de funcionamiento para un pluralidad de redes de suministro de energía autónomas (11); y

40 - los respectivos generadores de energía (15) y/o los consumidores de energía (16) de la pluralidad de redes de suministro de energía autónomas (11), en correspondencia con las especificaciones del respectivo plan de funcionamiento, son activados mediante el respectivo dispositivo de control local (18).

12. Sistema para operar una red de suministro de energía autónoma (11), donde la red de suministro de energía autónoma (11) presenta un número de generadores de energía (15) y un número de consumidores de energía (16), con

5 - un dispositivo de control local (18) que está preparado para activar los generadores de energía (15) y/o los consumidores de energía (16); y

- un dispositivo ordenador (20) de orden superior con respecto al dispositivo de control local (18), el cual presenta una memoria de datos para poner a disposición datos de modelo de la red de suministro de energía autónoma (11), los cuales indican los respectivos generadores de energía (15), así como sus parámetros de funcionamiento;

donde

10 - el dispositivo ordenador (20) está preparado para determinar un plan de funcionamiento para la red de suministro de energía autónoma (11), mediante la utilización de los datos de modelo, y para la transmisión del plan de funcionamiento al dispositivo de control local (18),

donde el plan de funcionamiento indica el estado de funcionamiento de la red de suministro de energía autónoma (11) durante un intervalo de tiempo determinado; y donde

15 -el dispositivo de control local (18) está preparado para la activación de los generadores de energía (15) y/o de los consumidores de energía (16) en correspondencia con las especificaciones del plan de funcionamiento;

caracterizado porque

20 - el plan de funcionamiento para el respectivo intervalo de tiempo comprende un plan de funcionamiento total que indica una potencia eléctrica en un punto de conexión de red (12) de la red de suministro de energía autónoma (11), y planes de funcionamiento parciales para los generadores de energía (15) y/o los consumidores de energía (16) de la red de suministro de energía autónoma (11); y

25 - el dispositivo de control local (18), durante el funcionamiento de la red de suministro de energía autónoma (11), está preparado para formar el balance de potencia actual de la red de suministro de energía autónoma (11) como diferencia entre la potencia suministrada a la red de suministro de energía autónoma (11) y la potencia extraída desde la misma, para determinar una potencia de reserva positiva y una potencia de reserva negativa de la red de suministro de energía autónoma (11), para comparar el balance de potencia real con la potencia de reserva positiva y negativa, y para emplear el resultado de la comparación para activar los generadores de energía (15), donde la potencia de reserva positiva se determina como diferencia desde la salida de potencia máxima posible y la salida de potencia real efectiva de todos los generadores de energía activos, y la potencia de reserva negativa se determina como diferencia desde la salida de potencia real efectiva y la salida de potencia mínima posible de todos los generadores de energía activos.

30

13. Sistema según la reivindicación 12, caracterizado porque

- el sistema está preparado para operar una pluralidad de redes de suministro de energía autónomas (11); y

35 - a las respectivas redes de suministro de energía autónomas (11) están asociados respectivamente dispositivos de control locales (18) propios, que están conectados al dispositivo ordenador (20).

FIG 1

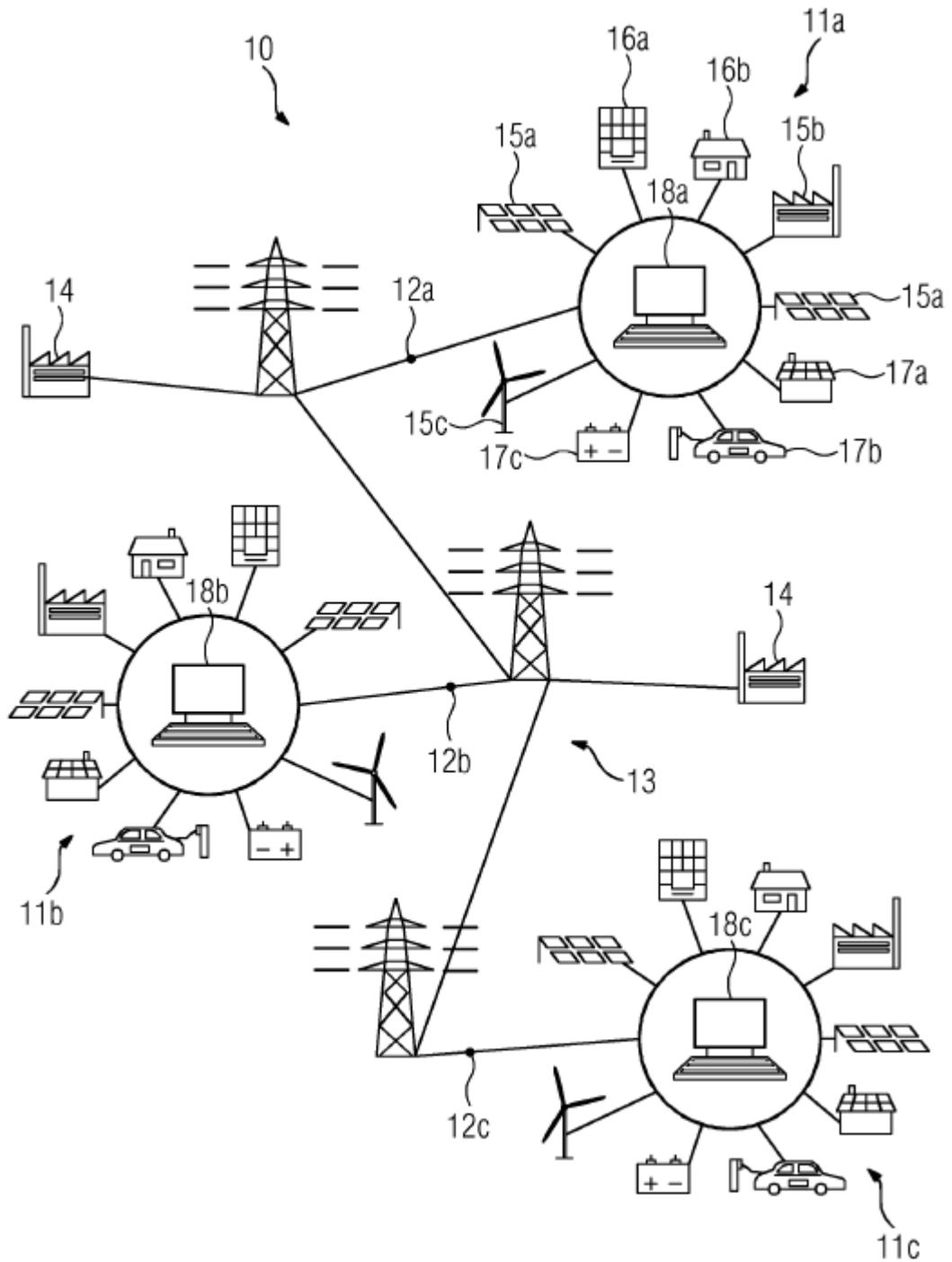


FIG 2

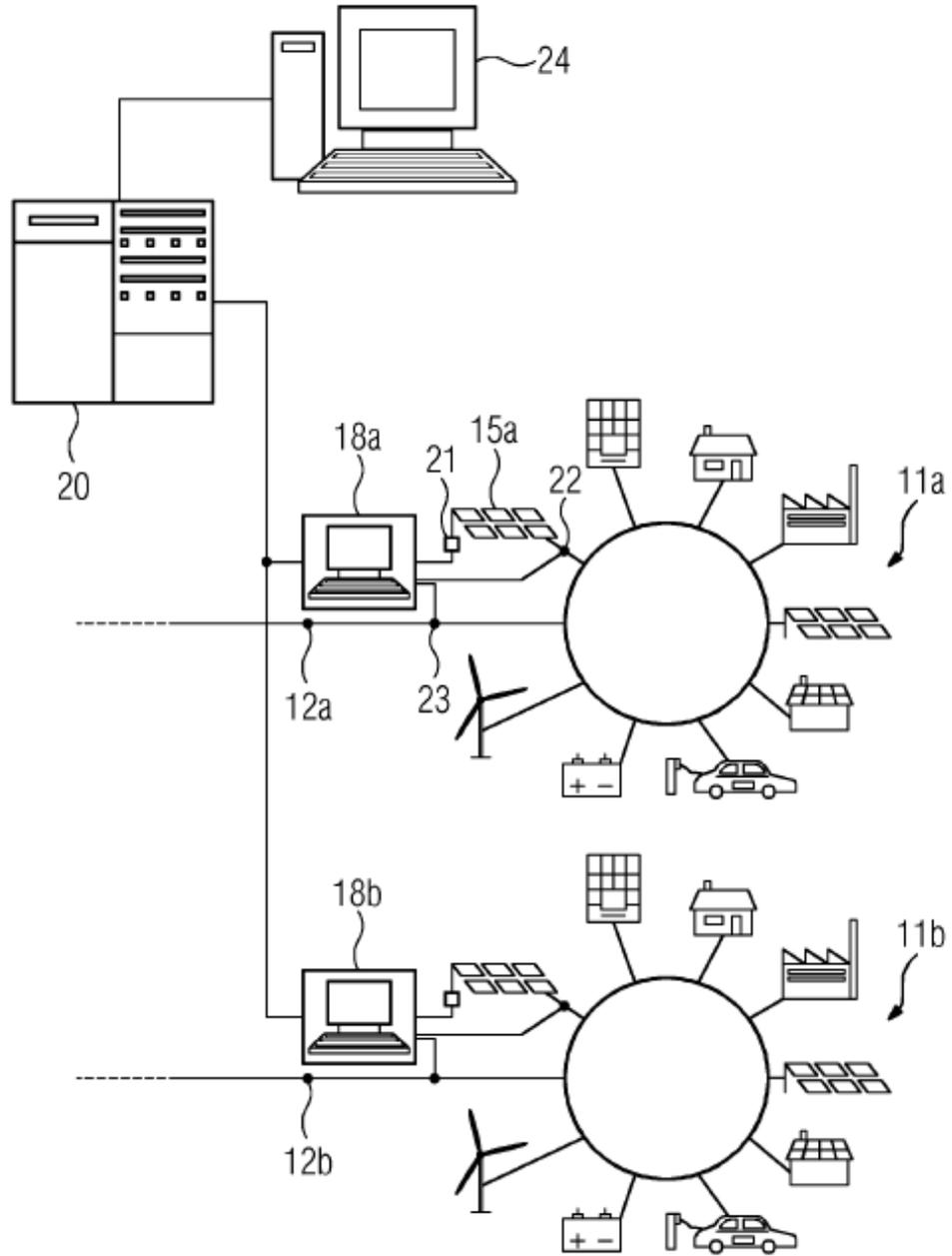


FIG 3

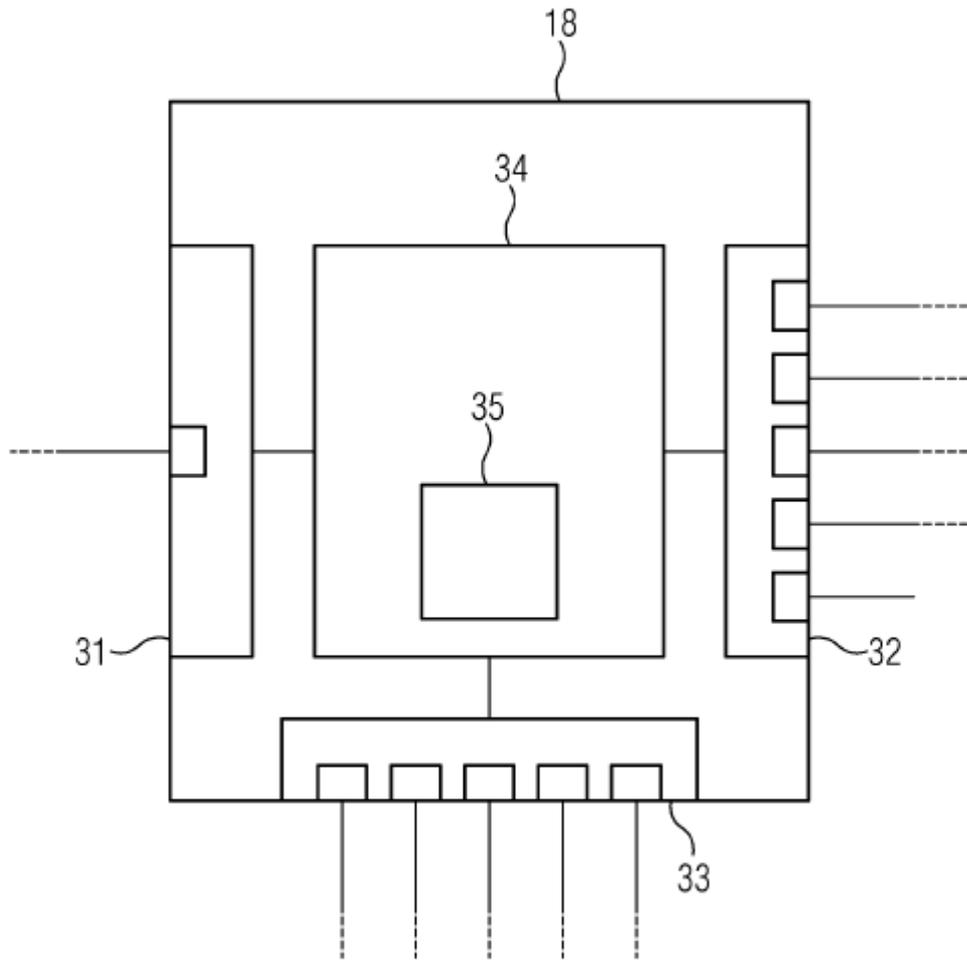


FIG 4

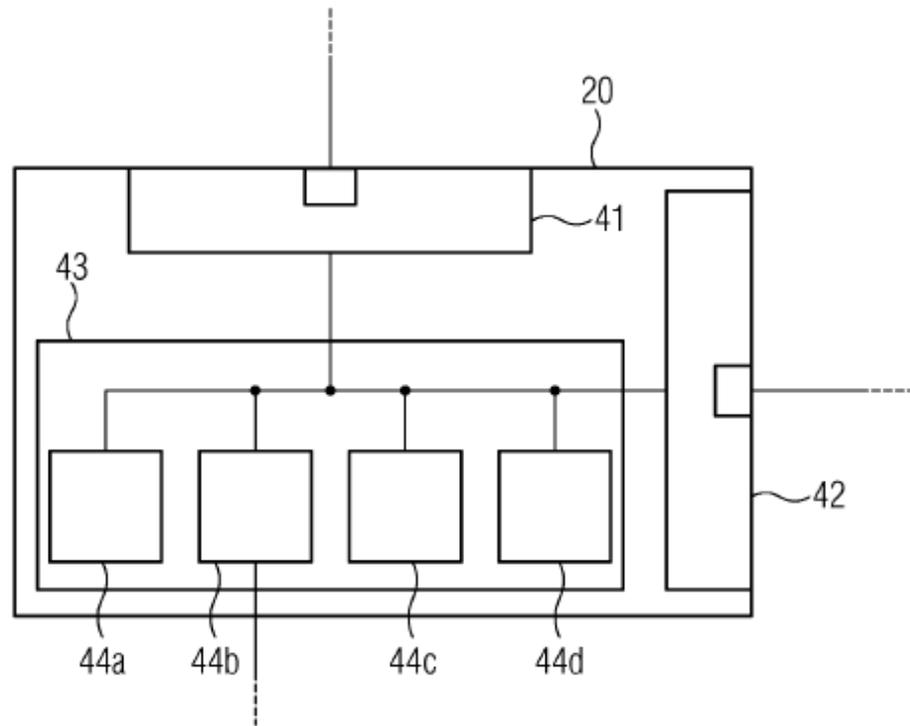


FIG 5

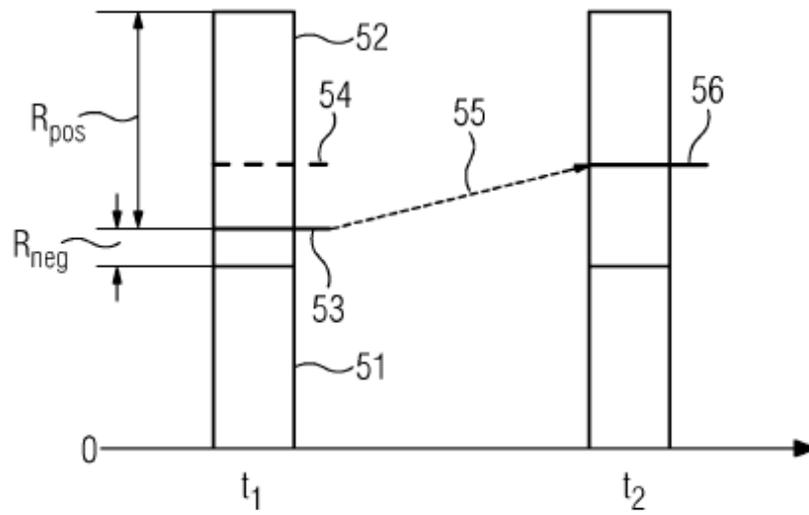


FIG 6

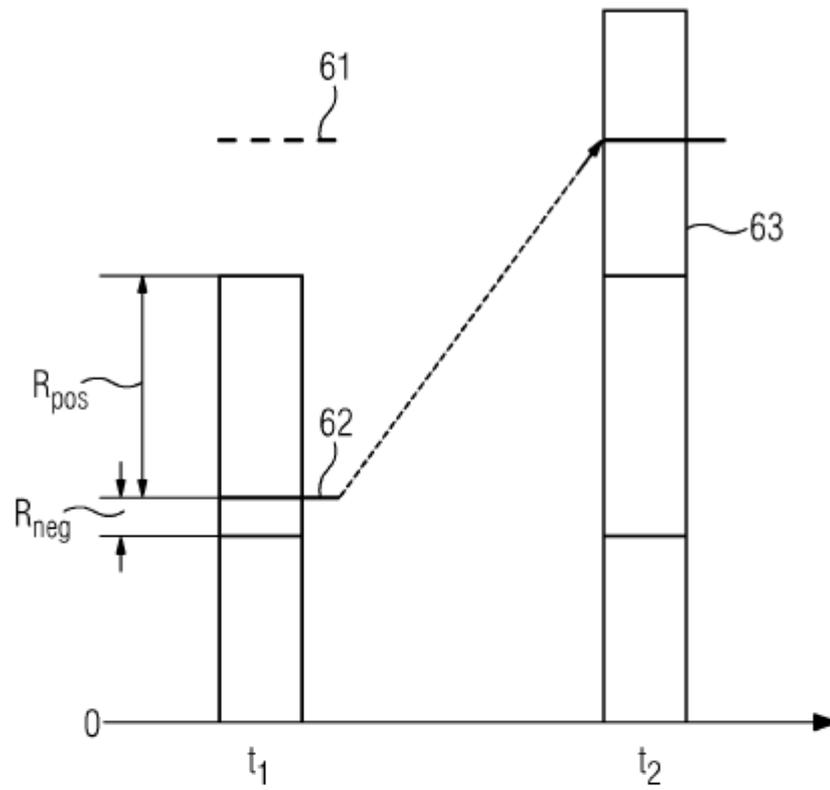


FIG 7

