

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 614 267**

51 Int. Cl.:

H02J 3/00 (2006.01)

H02J 3/14 (2006.01)

H02J 3/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.07.2012 PCT/EP2012/064219**

87 Fecha y número de publicación internacional: **23.01.2014 WO14012595**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.07.2012 E 12743945 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.10.2016 EP 2875560**

54 Título: **Procedimiento para la regulación de la proporción entre la energía eléctrica inyectada y extraída en una red de suministro de energía eléctrica**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
30.05.2017

73 Titular/es:

**EASY SMART GRID GMBH (100.0%)
Dessauerstrasse 15
76139 Karlsruhe, DE**

72 Inventor/es:

WALTER, THOMAS, JOACHIM

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 614 267 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para la regulación de la proporción entre la energía eléctrica inyectada y extraída en una red de suministro de energía eléctrica

5 La invención se refiere a un procedimiento para la regulación de la proporción entre la energía eléctrica inyectada y extraída en una red de suministro de energía eléctrica según el preámbulo de la reivindicación 1. Esta red de suministro de energía comprende un número de usuarios de la red que son seleccionados de un grupo formado por productores, consumidores y acumuladores, debiendo existir al menos dos elementos de este grupo. Como magnitud de regulación para regular la proporción entre la energía eléctrica inyectada y extraída se emplea una variable de estado de la red, cuyo valor depende de la proporción entre la energía eléctrica inyectada y extraída y que puede ser determinada por los usuarios de la red a partir de la red. Además, la invención se refiere a una red de suministro de energía eléctrica según el preámbulo de la reivindicación 7.

El preámbulo de las reivindicaciones independientes es conocido por el documento EP 1 914 420 A1.

15 La invención se basa en el siguiente problema técnico. En las redes de suministro de energía eléctrica con un número de usuarios de la red, la suma de la energía eléctrica inyectada y extraída debe ser aproximadamente cero para poder operar la red de forma estable. Las desviaciones del equilibrio entre la producción y el consumo de energía eléctrica pueden conducir a una sobrecarga de la red de suministro de energía y/o un suministro de energía eléctrica insuficiente de los usuarios de la red. Si las desviaciones son demasiado grandes, esto puede conducir a un colapso de la red. Por tanto, es necesaria una estabilización o regulación activa de la red de suministro de energía eléctrica. Esto es tradicionalmente tarea de los operadores de la red, esto es, de los grandes suministradores de energía.

25 Sin embargo, por el uso creciente de energías renovables ya no puede proporcionarse energía eléctrica centralmente sin más de forma adaptada a las necesidades. A través de formas alternativas de producción de energía, como por ejemplo la energía solar o eólica, la producción de energía depende cada vez más de la estación del año y de la meteorología. Además, a la vista a la situación anterior, la producción de energía se traslada de forma descentralizada a unidades más pequeñas. De esta forma disminuye la influencia de los grandes productores de energía y por tanto de los operadores de red sobre las redes de suministro de energía eléctrica y por tanto sobre la estabilidad de la red.

Por el estado de la técnica son conocidos diferentes métodos para la estabilización de la red.

30 Las redes de suministro de energía eléctrica están organizadas tradicionalmente, de tal manera que en una red de suministro de energía eléctrica están agrupados varios usuarios de la red, entre ellos productores de energía, consumidores de energía y acumuladores de energía. Así, los usuarios individuales de la red, tal como se entiende este término en el marco de la presente invención, pueden actuar tanto como consumidores y/o productores y/o acumuladores o solo como consumidores, productores o acumuladores.

35 Debido al comportamiento individual de usuario de red de los usuarios de la red por separado, en lo que se refiere al consumo de energía, es decir, la extracción de energía eléctrica de la red de suministro de energía, y la producción de energía, es decir, la inyección de energía eléctrica en la red de suministro de energía, se producen en la red de suministro de energía eléctrica desviaciones entre la oferta y la demanda de energía eléctrica. Es deber del operador de la red de suministro de energía eléctrica regular estas desviaciones y de esta forma garantizar la estabilidad de la red de suministro de energía eléctrica. La tarea de evitar un abastecimiento insuficiente de energía eléctrica de la totalidad de los usuarios de la red y una sobrecarga de la red de suministro de energía eléctrica es pues un cometido central de unos pocos grandes productores de energía.

45 Para ello, los grandes productores de energía poseen dispositivos de regulación que están provistos de algoritmos que activan medidas para la regulación de la estabilidad de la red. Como medida para la estabilidad de la red es utilizada como magnitud de regulación una variable de estado de la red que está asociada al estado de la red. La variable de estado de la red se mantiene en un intervalo de referencia predeterminado en torno a un valor base. Ejemplos de variables de estado de la red son la frecuencia de la red o la tensión.

En lo que sigue se explicará esto en más detalle con el ejemplo de la frecuencia de la red como magnitud de regulación.

50 El valor base de la frecuencia de la red se sitúa de forma estándar en Europa en 50 Hz y en los Estados Unidos de América en 60 Hz. El valor base es el valor nominal para la frecuencia de la red, de modo que cualquier desviación del valor base señala una necesidad de regulación para la estabilidad de la red. Si existe un exceso de producción de energía en comparación con el consumo de energía, la frecuencia de la red aumenta. Si existe un exceso de consumo de energía en comparación con la producción de energía, la frecuencia de la red disminuye. Si el operador de la red detecta una desviación de la frecuencia del valor base, se realiza una regulación de la carga de la red, es decir, el operador de la red adoptará medidas centrales que conduzcan a una corrección de la desviación y con ello a una estabilización de la red.

En caso de que la frecuencia de la red caiga por debajo del valor base, el operador de la red inyecta más energía eléctrica en la red de suministro de energía eléctrica. Si la frecuencia de la red aumenta por encima del valor base, el operador de la red debe extraer energía eléctrica de la red de suministro de energía eléctrica. Mecanismos de regulación posibles son aquí el uso de pequeñas unidades de centrales de energía flexibles y consumidores adicionales, así como en caso de emergencia la desconexión de zonas de la red o de consumidores individuales. Mediante la conexión de unidades de centrales de energía flexibles en momentos de mayor demanda, cuando la frecuencia de la red cae por debajo del valor base, puede evitarse un suministro insuficiente. Algunos tipos de centrales de energía, como por ejemplo las centrales de energía eólica, pueden ser utilizadas también como consumidores, para así recoger un exceso de oferta de energía (documento DE 10 2005 049 426 A1). Sin embargo, aquí es desfavorable que el exceso de energía en este período se pierda, y por ello son causados altos costes adicionales.

Otra posibilidad para la estabilización de la red son las centrales de acumulación. Las centrales de acumulación recogen el exceso de energía en los períodos de tiempo con un exceso de oferta de energía. Este exceso de energía es almacenado por ejemplo en una central de acumulación por bombeo o en una central de acumulación térmica. En períodos de tiempo con una oferta insuficiente de energía, la energía acumulada puede ser inyectada de nuevo en la red de suministro de energía eléctrica. De esta forma se pueden controlar los picos de suministro de energía que conducen a la sobrecarga de la red de suministro de energía eléctrica, y evitar un suministro insuficiente de energía eléctrica a los usuarios de la red. No obstante, las tecnologías de almacenamiento existentes son incapaces de resolver a largo plazo el problema de la estabilización de la red en relación a los costes, grado de eficacia y vida útil. Sobre todo con respecto al uso cada vez más frecuente de formas de energía renovables que dependen de la estación del año y de la meteorología en unidades de producción descentralizadas, las capacidades de las tecnologías de almacenamiento son alcanzadas rápidamente.

Además, por el estado de la técnica son conocidos conceptos que adaptan el consumo de energía a la energía disponible actualmente, y a la inversa, ajustan la producción de energía a la demanda actual de energía (documento DE 10 2010 030 093 A1). Estos enfoques son conocidos como tecnologías de redes eléctricas inteligentes. Los productores de energía y los consumidores de energía tienen aquí que poder comunicarse entre sí y así intercambiar informaciones sobre el consumo de energía actual y futuro, es decir, la demanda de energía y la energía disponible actualmente en la red de suministro de energía eléctrica. Todos los usuarios de la red están integrados en la comunicación, de modo que en el caso ideal por parte del productor solo es producida tanta energía como sea necesaria por parte del consumidor.

Los conceptos de redes eléctricas inteligentes prevén para ello el uso de una arquitectura de ordenadores en red, que deben llevar a cabo los procesos de coordinación necesarios y las correspondientes influencias de los productores de energía y los consumidores de energía.

Sin embargo, esto es al mismo tiempo el inconveniente en el uso de los conceptos de redes eléctricas inteligentes con respecto a fiabilidad y viabilidad, ya que debe ser establecida una red de comunicación que se extienda a la red eléctrica. Además, es necesario un control central y la coordinación de los procesos de extracción de energía e inyección de energía descentralizados.

El problema técnico de mantener estable una red de suministro de energía eléctrica no ha sido resuelto hasta ahora de forma satisfactoria teniendo en cuenta la disminución de la influencia de los grandes productores de energía y la cada vez mayor cantidad de energía eléctrica generada de forma descentralizada y sus fluctuaciones.

En este contexto, la presente invención tiene por objeto proponer un procedimiento para regular la proporción entre la energía eléctrica inyectada y extraída, una red de suministro de energía eléctrica, así como usuarios para tal red y un procedimiento para regular el comportamiento del usuario de la red junto con módulos de control y software, con cuya o cuyas ayuda(s) la estabilización de la red no sea una tarea solo de los grandes productores, sino que sea distribuida entre una pluralidad de usuarios de la red, pero sin tener que operar una red de comunicación paralela con los correspondientes gastos energéticos y administrativos.

Este objeto se consigue según la invención mediante un procedimiento con las características de la reivindicación 1, una red de suministro de energía eléctrica con las características de la reivindicación 11, un usuario de la red con las características de la reivindicación 12, un módulo de control con las características de la reivindicación 19 y un software con las características de la reivindicación 20. Perfeccionamientos ventajosos de la invención son el contenido de las reivindicaciones subordinadas. El texto de las reivindicaciones es incorporado aquí por referencia expresa en la descripción.

Con la presente invención, además de los grandes productores responsables hasta ahora de la estabilidad de la red, a una pluralidad de otros usuarios de la red se les coloca en la situación de participar de forma descentralizada en la estabilización de la red, sin que esto presuponga una reconstrucción completa de la red de suministro de energía eléctrica o la construcción de estructuras adicionales. Más bien, la presente invención puede ser empleada en estructuras ya existentes, y las estructuras pueden ser configuradas gradualmente de acuerdo con la invención. En particular, para los consumidores como usuarios de la red no es necesario, sino únicamente facultativo, reemplazar o reequipar los aparatos que consumen energía.

En el procedimiento según la invención para regular la proporción entre la energía eléctrica inyectada y extraída en una red de suministro de energía eléctrica con un número de usuarios de la red, como es conocido en sí, se emplea como magnitud de regulación además una variable de estado de la red cuyo valor depende de la proporción entre la energía eléctrica inyectada y extraída de la red de suministro de energía eléctrica.

- 5 Lo que nuevo ahora es que un número de usuarios de la red determina la variable de estado de la red de forma descentralizada a partir de la red y la utiliza al menos indirectamente para el control de su propio comportamiento específico de usuario de la red.

10 La invención se basa además en el reconocimiento de que la transferencia de la tarea de la estabilización de la red de los operadores de la red de suministro de energía a usuarios individuales de la red es posible de forma óptima solo por la aplicación descentralizada de las leyes del mercado para un número de usuarios de la red de una red de suministro de energía. El comportamiento individual específico de usuario de la red de cada usuario de la red, en combinación con el comportamiento individual específico de usuario de la red de otros usuarios de la red, contribuye en conjunto a la estabilización de la red de suministro de energía eléctrica.

15 Según la invención no se abre el camino a una regulación automática directa centralizada o descentralizada de los usuarios de la red. Pues esto, en el caso de una pluralidad de usuarios de la red tendría el inconveniente de que no pueden tenerse en cuenta ni la demanda individual, ni modos de funcionamiento técnicamente óptimos por ejemplo en cuanto a un grado de eficacia óptima. El número de usuarios de la red que puede ser controlado sin el uso de las leyes del mercado directamente en base a una magnitud de regulación determinada es limitado y el presente objeto no puede ser llevado a cabo en la totalidad.

20 Para que los usuarios de la red contribuyan de forma descentralizada a la estabilización de la red, en el marco de la presente invención preferiblemente se establecen incentivos que son ventajosos para cada usuario de la red individualmente. Estos incentivos individuales deben establecerse de tal manera que en el conjunto de todos los usuarios de la red conduzcan a la estabilización de la red. Para ello, los usuarios de la red deben ser colocados en la situación de poder cambiar por su cuenta las leyes del mercado, lo que se consigue mediante otro aspecto de la presente invención.

25 En una red de suministro de energía eléctrica con un número de usuarios de la red, constituido por generadores y/o consumidores y/o acumuladores, sirve como magnitud de regulación una variable de estado de la red, cuyo valor depende de la proporción entre la energía eléctrica inyectada y extraída. Esta variable de estado de la red puede ser determinada al menos por una parte de los usuarios de la red de suministro de energía y puede ser por ejemplo la frecuencia de la red. Asimismo, la variable de estado de la red es asociada a una variable de evaluación. En caso de una proporción óptima entre la energía eléctrica inyectada y extraída, la variable de evaluación presenta un valor base. En caso de una desviación de esta proporción óptima, la variable de evaluación presenta un valor que difiere del valor base. La desviación de las variables de evaluación del valor base está configurada, de manera que en caso de un exceso de energía eléctrica inyectada, la inyección de energía eléctrica en la red es dotada de un valor de penalización para el usuario de la red y la extracción de energía eléctrica de la red es dotada de un valor de bonificación para el usuario de la red. Análogamente a ello, la desviación de la variable de evaluación del valor base en caso de un exceso de energía eléctrica extraída está configurada de tal manera que la inyección de energía eléctrica en la red es dotada de un valor de bonificación para el usuario de la red y la extracción de energía eléctrica de la red es dotada de un valor de penalización para el usuario de la red.

30 El usuario de la red determina la variable de estado de la red y/o la desviación de las variables de estado de la red del valor base de forma descentralizada a partir de la red de suministro de energía y usa estas al menos indirectamente para el control de su propio comportamiento específico de usuario de la red. El propio comportamiento específico de usuario de la red es controlado así individualmente por cada usuario de la red configurado según la invención de manera que sean generados, respectivamente, los menos valores de penalización posibles y/o los más valores de bonificación posibles.

35 Ventajosamente, la optimización del comportamiento propio específico de usuario de la red de cada usuario de la red contribuye en su conjunto a la estabilización de toda la red de suministro de energía eléctrica. Así, el usuario individual de la red no tiene como objetivo la estabilización de la red de suministro de energía eléctrica, sino la optimización de su propio comportamiento específico de inyección y extracción. Debido a la pluralidad de usuarios de la red, la optimización del comportamiento individual de usuario de la red contribuye implícitamente a la estabilización de la red de suministro de energía eléctrica. Asimismo, el procedimiento según la invención no requiere dispositivos de comunicación adicionales. Las informaciones necesarias pueden ser determinadas por el usuario de la red de forma descentralizada a través de la variable de estado de la red directamente a partir de la red de suministro de energía eléctrica.

50 Según la invención, sin embargo, siempre se puede hacer que el comportamiento específico de usuario de la red dependa de las propias necesidades del usuario de red, que eventualmente proceden de una estabilización de la red. Al mismo tiempo, los usuarios de la red pueden mantenerse invariables en la red, aunque no determinen la variable de estado de la red y no puedan regular su comportamiento de usuario de la red en función de la variable de estado de la red. La invención es así ventajosamente retrocompatible.

En una forma de realización preferida, la variable de estado de la red y, por tanto, la variable de evaluación está acoplada directamente al precio de una unidad de energía. Una variable de evaluación alta implica un precio alto para una unidad de energía, una variable de evaluación baja implica un precio bajo para una unidad de energía.

5 En otra forma de realización preferida, la variable de estado de la red es determinada en ciertos intervalos de tiempo, en particular preferiblemente de forma continua, de manera descentralizada en al menos una parte de los usuarios de la red y adaptado dinámicamente el comportamiento específico de usuario de la red.

10 En otra forma de realización preferida, el comportamiento propio específico de usuario de la red es controlado en función de las variables de estado de la red y/o de una variable de evaluación. Ventajosamente se utiliza como variable de evaluación un precio variable para una unidad de energía eléctrica. En caso de exceso de oferta de energía, el precio por unidad de energía disminuye y por tanto también la variable de evaluación. Los consumidores de energía o los acumuladores de energía, que en este periodo de tiempo extraen energía de la red de suministro de energía, pagan por tanto el precio más bajo. Los productores de energía o los acumuladores de energía, que en este periodo de tiempo inyectan energía en la red de suministro de energía, ingresan en cambio un precio más bajo por unidad de energía. Los consumidores de energía o los acumuladores de energía que controlan su comportamiento de usuario de la red en base a las variables de evaluación, en este periodo de tiempo también preferiblemente extraen energía para por ejemplo poder desarrollar procesos no críticos en el tiempo o llenar acumuladores de energía. De este modo, los productores de energía o los acumuladores de energía que controlan su comportamiento de usuario de la red en base a las variables de evaluación en este periodo de tiempo inyectan en la red de suministro de energía eléctrica tan poca energía como sea posible. Así pues, el comportamiento de usuario de la red 20 contrarresta la desviación de las variables de evaluación del valor base. El resultado es una auto estabilización automática de la red de suministro de energía eléctrica.

25 En caso de una escasez de energía, la variable de estado de la red cambia y por tanto también la variable de evaluación. El precio por unidad de energía sube. Los consumidores de energía o los acumuladores de energía, que en este periodo de tiempo extraen energía de la red de suministro de energía, pagan por tanto el precio más alto. Los productores de energía o los acumuladores de energía, que en este periodo de tiempo inyectan energía en la red de suministro de energía, ingresan en cambio un precio más alto por unidad de energía. De manera análoga a la situación descrita anteriormente cambiará el comportamiento individual de los usuarios de la red: los consumidores de energía o los acumuladores de energía que controlan su comportamiento de usuario de la red en base a las variables de evaluación extraen en este periodo de tiempo tan poca energía como sea posible y aplazan, por ejemplo, los procesos no críticos en el tiempo. Los productores de energía o los acumuladores de energía que controlan su comportamiento de usuario de la red en base a las variables de evaluación en este periodo de tiempo inyectan tanta energía como sea posible en la red de suministro de energía eléctrica para ingresar un precio lo más alto posible por unidad de energía. De esta forma, el comportamiento individual de usuario de la red contrarresta aquí también la desviación de las variables de evaluación del valor base. Una vez más, el resultado es una autoestabilización automática de la red. 35

40 Por la asociación de las variables de evaluación al precio por unidad de energía se dan incentivos a los usuarios individuales de la red para extraer energía de la red de suministro de energía preferentemente en los periodos de tiempo con exceso de oferta e inyectar energía preferentemente en los periodos de tiempo con una oferta de energía escasa. Como consecuencia de ello, la optimización del comportamiento propio específico de usuario de la red, es decir, la búsqueda de los intereses individuales de los usuarios de la red, tiene en su conjunto un efecto estabilizador sobre la red de suministro de energía eléctrica.

45 Con la presente invención puede ahora también ser implementado el llamado concepto de corriente de enjambre hasta ahora no resuelto técnicamente de forma satisfactoria. Se trata en este caso de una pluralidad de pequeñas centrales de cogeneración de energía eléctrica y calor (μ BHKW) que por ejemplo a partir de combustibles fósiles generan tanto energía eléctrica como energía térmica útil y debido al grado de eficacia global que se produce con ello implementan un potencial de ahorro de energía muy alto. Las microcentrales de cogeneración de energía eléctrica y calor individuales están alojadas de forma descentralizada en casas unifamiliares o multifamiliares, donde la energía térmica producida puede ser utilizada en el lugar, sin tener que recorrer rutas de transporte que conllevan pérdidas. La energía eléctrica que se produce durante el funcionamiento de las plantas de cogeneración de energía eléctrica y calor es inyectada directamente en la red de suministro de energía eléctrica. La energía térmica puede ser almacenada sin problemas y de forma mucho más rentable en comparación con la energía eléctrica, por lo que el "enjambre" de una pluralidad de pequeñas centrales y microcentrales de cogeneración de energía eléctrica y calor puede ser operado para producir corriente, esto es, esencialmente funciona cuando la demanda de energía eléctrica en la red es alta. 50

55 Puesto que las plantas de cogeneración de energía eléctrica y calor mencionadas están configuradas según la invención, determinan las variables de estado de la red de forma descentralizada a partir de la red y por tanto ellas mismas reconocen cuando en la red existe demanda de energía eléctrica inyectada. Dependiendo del estado del acumulador térmico y/o de la demanda actual de energía térmica, cada central de cogeneración de energía eléctrica y calor individual del enjambre se regula de forma autónoma, de manera que sea inyectada energía eléctrica a la red lo más posible solo cuando exista demanda de ella. En el conjunto del "enjambre" de plantas de cogeneración de 60

energía eléctrica y calor, esto conduce a una producción o inyección de energía eléctrica eficiente y controlada en función de la demanda, incluso cuando las plantas de cogeneración de energía eléctrica y calor individuales del enjambre ventajosamente no están acopladas rígidamente a la demanda de la red eléctrica, sino que tienen en cuenta, respectivamente, las situaciones de demanda individuales.

5 En el marco de la presente invención puede ser implementado pues sin problemas tal concepto de enjambre con una pluralidad de pequeñas centrales y microcentrales de cogeneración de energía eléctrica y calor sin, como hasta ahora se intentó, tener que instalar y operar una tecnología de transmisión y automatización potente para un control centralizado de las centrales de cogeneración de energía eléctrica y calor.

10 En el marco de la presente invención, ahora también es posible convertir a los usuarios de la red en un modelo de negocio con el que de la red de suministro de energía solo sea extraída energía eléctrica para luego inyectarla de nuevo en otro momento en el que el precio por unidad de energía sea más alto. Resultan así usuarios de la red que ellos mismos acumulan energía, que contribuyen además a la estabilización de la red. Productores de energía descentralizados, como por ejemplo los propietarios de instalaciones fotovoltaicas, obtienen en el marco de la presente invención incentivos adicionales para instalar recursos de almacenamiento para almacenar la energía eléctrica producida en un acumulador intermedio, de modo que esta no es inyectada hasta momentos de mayor demanda. De esta forma son compensadas las fluctuaciones problemáticas en la producción de energía eléctrica mediante energías renovables.

15 En otra forma de realización preferida, la variable de estado de la red se mantiene entre un valor máximo y un valor mínimo en torno al valor base. Si la variable de estado de la red abandona el intervalo entre el valor máximo y el valor mínimo, el operador de la red adopta medidas de regulación centrales que mantienen la variable de estado de la red en el intervalo nominal entre el valor máximo y mínimo. Entre ellas se encuentran, por ejemplo, en caso de emergencia la desconexión de partes de la red.

20 Ventajosamente, la variable de estado de la red y por tanto la variable de evaluación durante un periodo de tiempo determinado, preferiblemente de 24 horas, son mantenidas constantes en promedio en el valor base por medidas de control centrales adicionales. Los usuarios de la red que no llevan a cabo ningún control de su comportamiento de extracción y/o inyección en función de las variables de estado de la red, pagar por tanto en promedio por unidad de energía el valor asociado al valor base.

25 En otra forma de realización ventajosa, el comportamiento propio específico de usuario de la red es controlado por medio de un algoritmo específico que tiene en cuenta una función de demanda específica dependiente del tiempo. Este algoritmo puede ser configurado individualmente por cada usuario de la red.

Preferiblemente, la función de demanda contiene valores límite para la desviación de las variables de estado de la red del valor base. Al alcanzarse los valores límite cambia el comportamiento específico de usuario de la red. En particular preferiblemente los valores límite de la función de demanda están configurados variables.

30 En otra forma de realización ventajosa, la función de demanda específica dependiente del tiempo tiene en cuenta parámetros, tales como la duración de tiempo hasta la siguiente utilización de un consumidor, el estado de carga de un acumulador y el comportamiento de riesgo del usuario de la red con referencia al precio por unidad de energía.

35 En particular preferiblemente el propio algoritmo específico contiene pronósticos sobre un curso futuro probable del valor de las variables de evaluación. De esta forma, los usuarios de la red son colocados en situación de optimizar su comportamiento individual de usuario de la red, es decir, su comportamiento de inyección y extracción actual y futuro. Con ayuda de valores de la experiencia puede ser optimizado el comportamiento propio específico de usuario de la red, de manera que los procesos de inyección y extracción no críticos en el tiempo puedan ser aplazados a periodos de tiempo más prometedores en cuanto a la generación de valores bonificación y penalización.

40 Ventajosamente, el algoritmo específico asocia la función de demanda específica dependiente del tiempo a los pronósticos sobre un curso futuro probable del valor de las variables de evaluación, de manera que sean generados los menos valores de penalización posibles y/o los más valores de bonificación posibles. En particular preferiblemente el algoritmo propio específico tiene en cuenta aquí el comportamiento de riesgo individual del usuario específico de la red.

45 En otra forma de realización preferida, el intervalo de valores en torno al valor base de las variables de estado de la red entre el valor mínimo y el valor máximo se divide en varios subintervalos, por ejemplo en 256 subintervalos. En este caso, a cada subintervalo es asociado un valor de subintervalo de las variables de evaluación, por ejemplo entre 0 y 255.

50 Por parte de los usuarios de la red es empleado entonces un algoritmo de prioridad que determina un valor de prioridad actual. Ventajosamente, el valor de prioridad se sitúa en el intervalo de valores de las variables de evaluación. Los usuarios de la red comparan su valor de prioridad en determinados intervalos de tiempo, preferiblemente de forma continua, con el valor de las variables de evaluación. Si el valor de prioridad actual coincide con el valor de subintervalo actual de las variables de evaluación, los usuarios de la red cambian su

comportamiento propio específico de usuario de la red. Preferiblemente, un usuario de la red que está configurado como consumidor o acumulador, en caso de descenso de las variables de evaluación por debajo de su valor de prioridad detiene la extracción de energía eléctrica de la red de suministro de energía, mientras que si las variables de evaluación aumentan por encima del valor de prioridad es iniciada la extracción de energía eléctrica de la red de suministro de energía por parte del consumidor. Un productor en consecuencia inyectará o detendrá la inyección. Para ello, dependiendo de la necesidad del aparato empleado como usuario de la red, puede estar previsto un circuito de retardo o un circuito de histéresis para mantener por convenio ciclos de conexión y desconexión para el correspondiente aparato.

En otra forma de realización preferida, el valor de prioridad mínimo corresponde a una prioridad de emergencia. Es decir, un consumidor con el valor de prioridad mínimo tiene acceso sin restricciones a la red de suministro de energía eléctrica y no será desconectado independientemente del valor de las variables de estado de la red. De forma análoga, el valor de prioridad máximo corresponde a una prioridad para un consumidor que solo es conectado cuando la variable de evaluación alcanza el valor parcial más alto. Por tanto, este consumidor solo es conectado cuando las variables de estado de la red alcanzan su valor máximo permisible y son necesarias medidas de regulación para mantener la estabilidad de la red.

Las prioridades de los usuarios individuales de la red pueden variar. Así, por ejemplo, un frigorífico almacena la temperatura durante un rato, de manera que en caso de baja oferta de energía puede conectar el compresor más tarde. Esto se puede producir en el algoritmo para el comportamiento de usuario de la red por un valor de prioridad que disminuya regularmente. En un calentador de agua, por ejemplo, se puede reducir la temperatura final en caso de baja oferta de energía, o disminuir el consumo de potencia por ejemplo mediante modulación por ancho de pulsos. La diversidad de los correspondientes algoritmos de comportamiento de usuario de la red a través de una pluralidad de usuarios de la red también actúa adicionalmente estabilizando la red.

En otra forma de realización preferida, el intervalo de valores de las variables de estado de la red entre el valor mínimo y el valor máximo en torno al valor base se divide en varios subintervalos de diferente tamaño, por ejemplo en 256 subintervalos. En este caso, el tamaño de los subintervalos puede disminuir desde el valor base tanto en la dirección del valor máximo como en la dirección del valor mínimo, para en caso de aumentar la desviación del óptimo de estabilidad estrechar la graduación y así aumentar el incentivo para las medidas de estabilización de la red por los usuarios de la red.

Preferiblemente se usa la frecuencia de la red como variable de estado de la red. Ventajosamente, aquí la frecuencia de la red es mantenida por el operador de la red de suministro de energía eléctrica en un rango de frecuencias por ejemplo en torno a 50 Hz, por ejemplo de 49-51 Hz. La frecuencia de la red que fluctúa en este rango de frecuencias sirve como magnitud de regulación y como medida de la proporción entre la energía inyectada y extraída. Una frecuencia de la red alta implica un valor de las variables de evaluación que anima a los consumidores y/o a los acumuladores de energía a la extracción de energía y actúa como reductor sobre los productores de energía, una frecuencia de la red baja implica un valor de las variables de evaluación que tiene un efecto reductor sobre los consumidores y/o los acumuladores de energía y anima a los productores de energía a la inyección de energía.

La red de suministro de energía eléctrica según la invención es preferiblemente adecuada para la realización del procedimiento según la invención, así como para llevar a cabo las formas de realización del procedimiento según la invención descritas anteriormente.

El usuario de la red según la invención es adecuado preferiblemente para participar en una red de suministro de energía eléctrica según la invención para la realización del procedimiento según la invención, así como para llevar a cabo las formas de realización del procedimiento según la invención descritas anteriormente.

La presente invención se refiere finalmente también a un módulo de control para un usuario de una red de suministro de energía eléctrica según la invención, con el que puede ser controlado o regulado el comportamiento de los usuarios de la red de acuerdo con el procedimiento según la invención. Este módulo de control puede ser parte de un aparato de usuario de la red, pero también puede ser estar conectado antes de aparatos de usuarios de la red configurados de forma convencional individualmente o en grupos, por ejemplo en el marco de la gestión de un edificio. El módulo de control puede implementarse como software o estar provisto de un software que es igualmente parte de la presente invención.

Un aparato de control según la invención se puede realizar, por ejemplo, con un microcontrolador. Este determina preferiblemente la frecuencia de la red con un contador por medio de la TDF (transformada discreta de Fourier) o lazo enganchado en fase PLL (Pase Locked Loop) y realiza los procesos de conmutación que dependen de la prioridad, por ejemplo mediante un triac. Este microcontrolador puede estar provisto de una interfaz para otros aparatos (carga, red, generador), así como realizar la lógica para la determinación del valor de prioridad actual.

De acuerdo con una configuración preferida de la presente invención es utilizada por tanto la frecuencia de la red para fijar el precio de una unidad de energía y al mismo tiempo para transmitir a los usuarios de la red la información sobre el precio actualmente válido para una unidad de energía. Los productores y los consumidores son

remunerados o cargados con un precio por unidad de energía que se deriva directamente de la frecuencia de la red actual (eventualmente corregida por otros componentes de la tarifa). De este modo, se forma dentro de un área de la red, que está acoplada a otras áreas de la red, o que, por ejemplo, está desacoplada por el uso de transmisión de corriente continua de alta tensión, un precio de la energía que es vinculante para todos los usuarios de la red conectados en esta área de la red y es la base para las transacciones. Cada productor o consumidor, operador de acumulación u operador de formas mixtas participante podrá decidir en todo momento sobre esta base y con su propio conocimiento sobre el estado de funcionamiento de su instalación, si y cómo quiere inyectar o extraer energía eléctrica, y será remunerado o cargado con el precio de cálculo correspondiente. No se requieren ni técnica de transmisión ni plataformas comerciales adicionales; la frecuencia de la red respectiva puede ser determinada y documentada por todas partes en la red con suficiente precisión y suficiente resolución temporal con poco esfuerzo.

Con la presente invención se consigue pues el prerrequisito técnico para establecer en redes de suministro de energía eléctrica un comercio de energía que estabiliza la red, en el que se utiliza la frecuencia de la red como formador del precio. Así, cuando el precio es alto participan más productores y menos consumidores en el comercio en correspondencia a los algoritmos almacenados de forma descentralizada y viceversa.

Otras ventajas y características de la presente invención se explicarán a continuación con referencia a las figuras y por medio de ejemplos de realización. Así, muestran:

- Figura 1: comparación del perfil de consumo de energía con y sin el uso del procedimiento según la invención;
- Figura 2: tres perfiles de consumo de energía de usuarios de la red típicos;
- Figura 3: representación esquemática de la división del rango de frecuencias con priorización;
- Figura 4: diagrama de flujo para la representación esquemática de la gestión de la carga de forma descentralizada; y
- Figura 5: ejemplo de realización del procedimiento según la invención en el ejemplo del proceso de carga de un vehículo eléctrico.

La figura 1 muestra una comparación del precio de la energía que resulta con y sin el uso del procedimiento según la invención. Sobre el eje X están representadas la frecuencia f en hercios y el precio por unidad de energía. El valor base de la frecuencia es aquí de 50 Hz y corresponde a un precio de la energía determinado. El valor base se sitúa entre el valor mínimo de 49 Hz y el valor máximo de 51 Hz. Sobre el eje Y está representado el consumo de energía. La línea continua 1 muestra el consumo de energía de un usuario de la red en un largo período de tiempo sin el uso del procedimiento según la invención. Resulta un precio promedio para la cantidad de energía consumida. La línea discontinua 2 muestra el consumo de un usuario de la red en el mismo período de tiempo en caso de empleo del procedimiento según la invención. Aquí, es extraída la menor energía posible cuando la frecuencia es baja, es decir, cuando el precio de la energía es alto. La porción del consumo total de energía que puede ser pospuesta sin pérdidas de comodidad para el usuario de la red, está representada por la zona rayada 3a, se pospone desde los intervalos de tiempo con escasa oferta de energía a intervalos de tiempo con exceso de energía. Los intervalos de tiempo con exceso de energía son intervalos de tiempo con altas frecuencias y por tanto precio de la energía bajo 3b. De esta forma se reduce el precio total para la cantidad de energía consumida del usuario de la red.

La figura 2 muestra tres perfiles de consumo de energía de usuarios típicos de la red. En el eje X está representada la frecuencia f en hercios y el precio por unidad de energía. El valor base de la frecuencia es aquí de 50 Hz y se sitúa entre el valor mínimo de 49 Hz y el valor máximo de 51 Hz. El eje Y muestra el número N de la utilización de una banda de frecuencias de un usuario de la red, es decir en cuántos periodos de tiempo el usuario de la red respectivo ha extraído energía a través de todo el período de tiempo de observación mientras que el valor de la frecuencia de la red ha correspondido a esta banda de frecuencias. Una banda de frecuencias corresponde aquí a un subintervalo del intervalo de frecuencias entre el valor mínimo y el valor máximo de la frecuencia de la red. La división de este intervalo de frecuencias en varios subintervalos tiene como resultado un cierto número de bandas de frecuencia.

La línea continua 4 muestra el perfil de consumo de energía de un usuario de la red sin el uso del procedimiento según la invención. El curso de la curva tiene el máximo en el valor base de la frecuencia de la red, es decir el uso más común, y por tanto la extracción de energía tiene lugar en el precio medio de la energía. El curso para valores de frecuencia más bajos y más altos, y por tanto precios más altos o más bajo de la energía son esencialmente simétricos y disminuyen. Dado que la frecuencia de la red se mantiene en un valor constante durante un período de tiempo de 24 horas, que corresponde al valor base, la utilización media de un usuario de la red sin el uso del procedimiento según la invención se realiza al valor base de la frecuencia de la red. El consumidor medio sin el uso de procedimiento según la invención paga por tanto el precio medio por unidad de energía que está asociado al valor base de la frecuencia de la red.

La línea discontinua 5 muestra el consumo de energía de un consumidor con una prioridad de emergencia. Prioridad de emergencia significa que este consumidor de energía tiene acceso no limitado a la red de suministro de energía y no será desconectado independientemente de la frecuencia de la red. La mayor parte de las unidades de energía se refieren a una banda de frecuencias con una frecuencia de la red baja, es decir, con alto precio por unidad de energía. Este curso es probable en consumidores que no tienen potencial para posponer la extracción de energía de la red de suministro de energía eléctrica a períodos de tiempo con exceso de oferta de energía y, además, sobre todo la extraen en momentos en los que según la experiencia reina una fuerte demanda de energía, como por ejemplo durante el día.

La línea discontinua 6 muestra el consumo de energía de un consumidor de energía optimizado en cuanto al precio utilizando el procedimiento según la invención. El máximo de la curva se sitúa en la zona de una alta frecuencia de la red, es decir, de un precio rebajado por unidad de energía. Este curso de la curva se produce cuando se extrae energía de la red de suministro de energía eléctrica principalmente en períodos de tiempo con exceso de oferta de energía. Esto se consigue retrasando los procesos de extracción de energía no críticos en el tiempo tanto como sea posible a períodos de tiempo con un exceso de oferta de energía. De esta forma se puede conseguir un ahorro sustancial en los costes totales de energía. Además, este comportamiento de usuario de la red hace que cuando se emplea el procedimiento según la invención se produzca una contribución a la estabilización de la red, ya que el comportamiento de usuario de la red contrarresta la variación respectiva de la frecuencia de la red del valor base: la energía es extraída de la red de suministro de energía preferentemente en períodos de tiempo con exceso de oferta, mientras que en períodos de tiempo con oferta insuficiente de energía en la red de suministro de energía el consumo se limita al mínimo.

La figura 3 muestra dos posibles representaciones esquemáticas de la división de la banda de frecuencias en torno al valor base de la frecuencia de la red entre el valor mínimo y el valor máximo y la correspondiente codificación de la división de la banda de frecuencias.

La figura 3a muestra la forma de realización con la división en subintervalos del mismo tamaño. En el eje X está representada la frecuencia de la red f en Hz en torno al valor base de 50 Hz entre el valor mínimo de 49 y el valor máximo de 51 Hz. El rango de frecuencias entre la frecuencia mínima y la frecuencia máxima está dividido en 256 bandas 28. Cada una de estas bandas de frecuencias tiene el mismo ancho de banda de $2/256$ Hz. A las bandas de frecuencias individuales se les asigna un código de frecuencia que corresponde a un valor numérico entre 0 y 255.

La figura 3b muestra la división del rango de frecuencias en torno al valor base de 50 Hz entre un valor mínimo de 49 Hz y un valor máximo de 51 Hz en zonas de diferente tamaño. A partir del valor base 15 disminuye el tamaño de los subintervalos 16a, 16b, 16c hacia el valor mínimo 17 y el valor máximo 18. Esto permite un ajuste fino más exacto de la frecuencia de la red en las regiones exteriores de la banda de frecuencias. A las bandas de frecuencias individuales se les asigna también aquí un código de frecuencia que corresponde a un valor numérico entre 0 y 255.

La figura 4 muestra un diagrama de flujo para la representación esquemática del proceso de control y decisión descentralizado cuando se emplea el procedimiento según la invención.

A partir de la red de suministro de energía eléctrica 26 es determinada la frecuencia de la red de forma descentralizada por los usuarios de la red con un medidor de frecuencia 22. Esta frecuencia de la red es transformada en un código de frecuencia entre 0 y 255 por medio de uno de los esquemas de la figura 3 descritos anteriormente. Paralelamente, el usuario de la red utiliza un algoritmo de prioridad 23 que determina un valor de prioridad actual. Como ejemplo es determinado el valor de prioridad para un frigorífico. Un frigorífico tiene un rango de temperaturas predeterminado, en el que debe mantenerse la temperatura del frigorífico. El frigorífico, por un aislamiento correspondiente, es capaz de almacenar la temperatura durante un determinado período de tiempo. Durante este período de tiempo no tiene que ser enfriado necesariamente, por tanto el compresor puede no ser conectado hasta más tarde. De ello resulta para el frigorífico un valor de prioridad que corresponde a una demanda de energía baja actual. Con el transcurso del tiempo, la prioridad del frigorífico cambia, ya que la temperatura almacenada se aproxima al límite superior del rango de temperaturas predeterminado. El valor de prioridad decrece entonces sucesivamente.

El valor de prioridad se sitúa en el rango de valores del código de frecuencia. El usuario de la red compara su valor de prioridad actual con el valor del código de frecuencia en un comparador 24. El resultado de la comparación es transmitido al interruptor 25. Si el valor de prioridad actual coincide con el valor actual del código de frecuencia, el usuario de la red cambia mediante el interruptor 25 su comportamiento propio específico de usuario de la red. En caso de disminución del código de frecuencia por debajo del valor de prioridad del usuario de la red, el interruptor 25 detiene la extracción de energía eléctrica de la red de suministro de energía y en caso de subida del código de frecuencia al valor de prioridad, comienza la extracción de energía eléctrica de la red de suministro de energía por parte del consumidor 27.

La misma lógica con decisión invertida es también adecuada para inyección de energía eléctrica, esto es los productores y los acumuladores. Con el ejemplo de una pequeña central de cogeneración de energía eléctrica y calor (μ BHKW) esto se vería en que la μ BHKW dependiendo del nivel de carga del acumulador térmico conectado y de la demanda actual de energía térmica que es extraída del acumulador térmico, fija un valor de prioridad. Si el

acumulador térmico sigue presentando solo una baja capacidad y la extracción de energía térmica es baja, el valor de prioridad para la μ BHKW es establecido en un valor pequeño, de modo que la μ BHKW no es conectada hasta que exista un valor bajo del código de frecuencia y por tanto una demanda muy alta de energía eléctrica y un ingreso más alto asociado a ello en caso de inyección de la misma.

5 Si, por ejemplo, aumenta la demanda de energía térmica en el lugar de la μ BHKW, su valor de prioridad es elevado sucesivamente, de modo que se conecta incluso con una demanda mínima de la red para inyectar energía eléctrica. El ingreso por la inyección de la energía eléctrica es entonces realmente bajo, pero la demanda actual de energía térmica está asegurada en todo caso.

10 También un usuario de la red que actúa como acumulador puede ser operado con esta lógica, fijando él su valor de prioridad en función de la capacidad de almacenamiento utilizada.

La figura 5 muestra un ejemplo de realización del procedimiento según la invención con referencia al proceso de carga de un vehículo eléctrico.

15 En la figura 5a, el eje X muestra el tiempo en horas hasta la siguiente utilización del vehículo eléctrico. En este instante 11, la batería del vehículo eléctrico debe estar completamente cargada. El eje Y muestra aquí el estado de carga de la batería del vehículo eléctrico en porcentaje.

En la figura 5b, el eje X muestra igualmente el tiempo en horas hasta la utilización del vehículo eléctrico. El eje Y muestra aquí la frecuencia de la red de suministro de energía eléctrica con un valor base de 50 Hz entre un valor mínimo de 49 Hz y un valor máximo de 51 Hz.

20 El algoritmo del vehículo eléctrico está configurado de tal manera que el momento de inicio de la carga de la batería del vehículo eléctrico es retrasado hasta que el momento en que es estrictamente necesaria una carga, a menos que estuviera disponible antes un fuerte exceso de oferta de energía. El estado de carga actual de la batería del vehículo eléctrico requiere una duración de la carga de al menos 3 horas hasta que la batería está completamente cargada. Después del instante 8, $t = 3h$ hasta la utilización del vehículo eléctrico, el período de carga debe comenzar para que en el instante 11 del uso, $t = 0h$, la batería esté llena, es decir, esté cargada con un nivel de carga del 100 %.

25 Si durante el período de tiempo hasta el instante 8, $t = 3h$, no se produce un fuerte exceso de oferta de energía, el cargador del vehículo eléctrico permanecerá desconectado hasta entonces. Después no empieza el proceso de carga hasta el instante más tarde posible 8, $t = 3h$. El curso del proceso de carga está representado en la figura 5a por la línea continua 12.

30 La figura 5b muestra dos formas de realización posibles. En la primera forma de realización, ya descrita anteriormente, el algoritmo del vehículo eléctrico está configurado de tal manera que el momento de carga se retrasa hasta que es estrictamente necesaria una carga, a menos que antes exista un fuerte exceso de oferta de energía. El umbral límite, a partir del cual es reconocido un exceso de oferta de energía por del algoritmo, se sitúa aquí ligeramente por debajo de 51 Hz. En la segunda forma de realización, el algoritmo del vehículo eléctrico está configurado de tal manera que el umbral límite, a partir del cual es reconocido por el algoritmo un exceso de oferta de energía, esto es un aumento de la frecuencia de la red por encima del valor base, disminuye con el tiempo. Si la frecuencia de la red sube por encima del umbral límite, también aquí se inicia el proceso de carga. El umbral límite, a partir del cual es reconocido por el algoritmo un exceso de oferta de energía disminuye aquí continuamente a partir de un instante 19 elegible libremente de por ejemplo $t = 9 h$ hasta el momento de utilización 11. Asimismo, con el transcurso del tiempo, es decir al disminuir el tiempo hasta la utilización del vehículo eléctrico, se hace más probable el inicio del proceso de carga incluso en caso de una pequeña desviación positiva del valor base. Por tanto, el algoritmo está diseñado de tal manera que en caso de un largo período de tiempo restante hasta la utilización del vehículo eléctrico especula con un fuerte exceso de oferta de energía y por tanto con un precio bajo. Al disminuir el tiempo hasta la utilización del vehículo eléctrico aceptará también un menor exceso de oferta y, por tanto, un mayor precio de la energía, que sin embargo se sitúa por debajo del precio base.

45 En la figura 5b, el eje Y muestra la frecuencia de la red con un valor base de 50 Hz entre un valor mínimo de 49 Hz y un valor máximo de 51 Hz. En el eje X está representado también aquí el tiempo t en horas hasta la siguiente utilización del vehículo eléctrico. El curso de la frecuencia de la red en función del tiempo está representado por la línea continua 7. La frecuencia de la red discurre al principio en una zona por debajo del valor base de 50 Hz. A partir del instante 20, $t = 8h$ hasta el instante de utilización, la frecuencia de red aumenta por primera vez por encima del valor base y discurre entonces hasta el instante 14, $t = 1h$ hasta el momento de utilización, por encima del valor base. En el instante 14, $t = 1h$ hasta el momento de utilización, la frecuencia de la red cae de nuevo por debajo del valor base.

55 En la primera forma de realización descrita anteriormente, en la que el algoritmo del vehículo eléctrico está configurado de tal manera que se retrasa el instante de carga hasta que es necesaria una carga, a menos que antes exista un fuerte exceso de oferta de energía, la carga del vehículo eléctrico no se inicia hasta el siguiente posible instante 8, $t = 3h$ hasta el momento de utilización. Dado que la frecuencia de la red en el curso anterior no se eleva significativamente por encima del precio base, no se alcanza el umbral límite para un "fuerte exceso de oferta" de energía. El algoritmo no reconoce el exceso de oferta de energía por debajo del umbral límite predeterminado y por

tanto no hay señal para el inicio del proceso de carga. El instante 8 designa el instante en el que comienza el proceso de carga. A partir de este instante hasta la utilización del vehículo eléctrico queda aún el tiempo que corresponde a la duración mínima de la batería del vehículo eléctrico. Por tanto, en este caso el usuario de la red no se beneficia del uso del procedimiento según la invención.

5 En la segunda forma de realización descrita anteriormente, el algoritmo del vehículo eléctrico está configurado de tal manera que desciende el umbral límite a partir del cual existe un exceso de oferta de energía. Esto significa en este caso que se reduce el umbral límite a partir del cual el algoritmo reconoce un aumento de la frecuencia de la red por encima del valor base como "fuerte exceso de oferta". El curso del umbral límite en función del tiempo está representado como línea discontinua 9. Con ello se desplaza el instante a partir del cual es activado el proceso de carga desde el instante 8, $t = 3h$ hasta el momento de utilización, al instante 10, $t = 5h$ hasta el momento de utilización. Con el transcurso del tiempo, es decir, al disminuir el tiempo hasta la utilización del vehículo eléctrico, es más probable el comienzo del proceso de carga, incluso con una pequeña desviación positiva del valor base. La línea continua 10 indica el inicio del proceso de carga.

10 De la comparación de las dos formas de realización en la figura 5b es evidente que con la reducción del umbral límite el proceso de carga se inicia en un instante anterior 10, que sin descenso del umbral límite: instante 8. El curso del proceso de carga con la reducción del umbral límite está representado en la figura 5a con la línea discontinua 13. En este caso, la batería del vehículo eléctrico ya está completamente cargada en un instante anterior 21, $t = 2 h$ hasta el momento de utilización.

15 A partir del instante 14, $t = 1 h$ hasta el momento de utilización, la frecuencia de la red cae por debajo del valor base de 50 Hz. Por tanto, en la red de suministro de energía eléctrica existe de nuevo un aumento de la demanda y por tanto resulta una escasez de energía. Esto implica que el precio de la energía por unidad de energía sube por encima del precio base medio, que está asociado al valor base de la frecuencia.

20 De la comparación de las dos formas de realización con y sin reducción del umbral límite resulta que con la reducción del umbral límite el proceso de carga ya se ha completado en este instante 14. El proceso de carga ha tenido lugar completamente, por tanto, durante períodos de tiempo en los que existía un exceso de oferta de energía y, por tanto, también un precio reducido por unidad de energía. En el caso del proceso de carga sin descenso del umbral límite, el proceso de carga en el instante 14 aún no se ha completado. La batería del vehículo eléctrico no está completamente cargada hasta el instante 11. En este caso, por tanto, para una porción de la energía extraída, que fue extraída en un periodo de tiempo con una frecuencia de la red por debajo del valor base, se paga un precio más alto por unidad de energía. El uso del procedimiento según la invención con la reducción del umbral límite conduce pues a un ahorro sustancial en los costes totales de energía del proceso de carga de la batería del vehículo eléctrico.

25 Además, este comportamiento de usuario de la red hace que cuando se emplea el procedimiento según la invención también contribuya aquí a la estabilización de la red: la energía es extraída preferentemente en períodos de tiempo con exceso de oferta en la red de suministro de energía, mientras que en los períodos de tiempo con una oferta insuficiente de energía en la red de suministro de energía, el consumo se limita al mínimo.

30

35

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la regulación de la proporción entre la energía eléctrica inyectada y extraída en una red de suministro de energía eléctrica con un número de usuarios de la red, en el que los usuarios de la red comprenden productores y consumidores y preferiblemente además acumuladores, utilizándose como magnitud de regulación una variable de estado de la red, cuyo valor depende de la proporción entre la energía eléctrica inyectada y extraída y que puede ser determinada por los usuarios de la red a partir de la red, al menos una parte de los productores determinan la variable de estado de la red de forma descentralizada a partir de la red y la utilizan al menos indirectamente para el control de su propio comportamiento específico de usuario de la red relativo a la inyección de energía eléctrica en la red de suministro de energía, caracterizado por que también al menos una parte de los consumidores determinan la variable de estado de la red de forma descentralizada a partir de la red y la utilizan al menos indirectamente para el control de su propio comportamiento específico de usuario de la red relativo a la extracción de energía eléctrica de la red de suministro de energía, por que la variable de estado de la red es asociada a una variable de evaluación, de manera que la variable de evaluación presenta un valor base en caso de una proporción óptima entre la energía eléctrica inyectada y extraída, y en caso de una desviación de esta proporción óptima tiene un valor que difiere del valor base, de tal modo que si existe un exceso de energía eléctrica inyectada, la inyección de energía eléctrica en la red es dotada de un valor de penalización y la extracción de energía eléctrica de la red es dotada de un valor de bonificación, y si existe un exceso de energía eléctrica extraída, la inyección de energía eléctrica en la red es dotada de un valor de bonificación y la extracción de energía eléctrica de la red es dotada de un valor de penalización, por que los usuarios de la red que controlan su propio comportamiento específico de usuario de la red en función de la variable de estado de la red y/o de la variable de evaluación, determinan la variable de estado de la red en determinados intervalos de tiempo o continuamente y utilizan esta para el control de su propio comportamiento específico de usuario de la red, y concretamente por medio de un algoritmo específico que tiene en cuenta una función de demanda específica dependiente del tiempo y comprende los pronósticos sobre un curso futuro probable del valor de la variable de evaluación, en el que con el algoritmo específico, la función específica de demanda dependiente del tiempo es asociada con los pronósticos, de modo que sean generados los menos valores de penalización posibles y los más valores de bonificación posibles.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que como variable de evaluación es empleado un precio variable para una unidad de energía eléctrica.
3. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 o 2, caracterizado por que la función de demanda contiene valores límite, que al ser alcanzados cambia el comportamiento específico de usuario de la red.
4. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que la variable de estado de la red se mantiene entre un valor máximo y un valor mínimo por la determinación descentralizada y el control del propio comportamiento específico de usuario de la red, y en el caso de que la variable de estado de la red abandone el intervalo entre el valor máximo y el valor mínimo, son adoptadas medidas de regulación centrales para mantener la variable de estado de la red en el intervalo de referencia entre el valor máximo y el valor mínimo.
5. Procedimiento según la reivindicación 4, caracterizado por que un intervalo entre un valor máximo y un valor mínimo de las variables de estado de la red es dividido en un determinado número de subintervalos, siendo asignado a los subintervalos, respectivamente, un valor de subintervalo de las variables de evaluación.
6. Procedimiento según la reivindicación 5, caracterizado por que los usuarios de la red que controlan su propio comportamiento específico de usuario de la red en función de la variable de estado de la red y/o de la variable de evaluación, utilizan un algoritmo de prioridad para determinar un valor de prioridad actual que corresponde a uno de los valores de subintervalo de las variables de evaluación, comparan este valor de prioridad determinado, continuamente o en determinados intervalos de tiempo, con el valor de subintervalo actual, y se conectan o cortan la conexión cuando el valor de prioridad actual coincide con el valor de subintervalo actual.
7. Red de suministro de energía eléctrica con un número de usuarios de la red, en el que los usuarios de la red comprenden productores y consumidores y preferiblemente además acumuladores, y con una variable de estado de la red cuyo valor depende de la proporción entre la energía eléctrica inyectada y extraída y que puede ser determinada por los usuarios de la red a partir de la red, en la que al menos una parte los productores están realizados, de tal manera que determinan la variable de estado de la red de forma descentralizada a partir de la red y la utilizan al menos indirectamente para el control de su propio comportamiento específico de usuario de la red relativo a la inyección de energía eléctrica en la red de suministro de energía, caracterizado por que también al menos una parte de los consumidores están realizados de tal manera que determinan la variable de estado de la red de forma descentralizada a partir de la red y la utilizan al menos indirectamente para el control de su propio comportamiento específico de usuario de la red relativo a la extracción de energía eléctrica de la red de suministro de energía, por que la variable de estado de la red está asociada a una variable de evaluación, de modo que en caso de una proporción óptima entre la energía eléctrica inyectada y extraída, la variable de evaluación presenta un valor base y en caso de una desviación de esta proporción óptima presenta un valor que difiere del valor base, de manera que en caso de un exceso de energía eléctrica inyectada, la inyección de energía eléctrica en la red es dotada de un valor de penalización y la extracción de energía eléctrica de la red es dotada de un valor de bonificación, y en caso de un exceso de energía eléctrica extraída, la inyección de energía eléctrica a la red es

- dotada un valor de bonificación y la extracción de energía eléctrica de la red es dotada de un valor de penalización, por que los usuarios de la red que controlan su propio comportamiento específico de usuario de la red en función de la variable de estado de la red y/o la variable de evaluación están realizados de tal manera que determinan la variable de estado de la red en determinados intervalos de tiempo o continuamente y usan esta para el control de su
- 5 propio comportamiento específico de usuario de la red, y concretamente por medio de un algoritmo específico que tiene en cuenta una función de demanda específica dependiente del tiempo y comprende los pronósticos sobre un curso futuro probable del valor de la variable de evaluación, en la que con el algoritmo específico es asociada la función de demanda específica dependiente del tiempo a los pronósticos, de manera que sean generados los menos valores de penalización posibles y los más valores de bonificación posibles.
- 10 8. Aparato de usuario de red para una red de suministro de energía eléctrica según la reivindicación 7, que está realizado para extraer energía de la red eléctrica, caracterizado por que está realizado de tal manera que determina la variable de estado de la red en determinados intervalos de tiempo o continuamente a partir de la red y la utiliza al menos indirectamente para el control de su propio comportamiento específico de usuario de la red relativo a la extracción de energía eléctrica de la red de suministro de energía, y concretamente por medio de un algoritmo
- 15 específico que tiene en cuenta una función de demanda específica dependiente del tiempo, y que comprende pronósticos sobre un curso futuro probable del valor de la variable de evaluación, en el que con el algoritmo específico la función de demanda específica dependiente del tiempo es asociada a los pronósticos, de manera que sean generados los menos valores de penalización posibles y/o los más valores de bonificación posibles.
- 20 9. Aparato de usuario de red según la reivindicación 8, caracterizado por que está realizado de manera que la función de demanda contiene valores límite, que al ser alcanzados cambia el comportamiento específico de usuario de la red.
10. Aparato de usuario de red según una de las reivindicaciones 8 o 9, caracterizado por qué sirve para su uso en un procedimiento según la reivindicación 6 y está realizado de tal manera que utiliza un algoritmo de prioridad para determinar un valor de prioridad actual que corresponde a un valor de subintervalo de las variables de evaluación,
- 25 compara este valor de prioridad actual determinado, continuamente o en determinados intervalos de tiempo, con el valor de subintervalo actual, y se conecta a la red o corta la conexión cuando el valor de prioridad actual coincide con el valor de subintervalo actual.
11. Módulo de control para un aparato de usuario de red o un grupo de aparatos de usuarios de red para una red de suministro de energía eléctrica según la reivindicación 7 para la realización del procedimiento según al menos una de las reivindicaciones 1 a 6.
- 30 12. Software para un módulo de control según la reivindicación 11 para la realización del procedimiento según al menos una de las reivindicaciones 1 a 6.

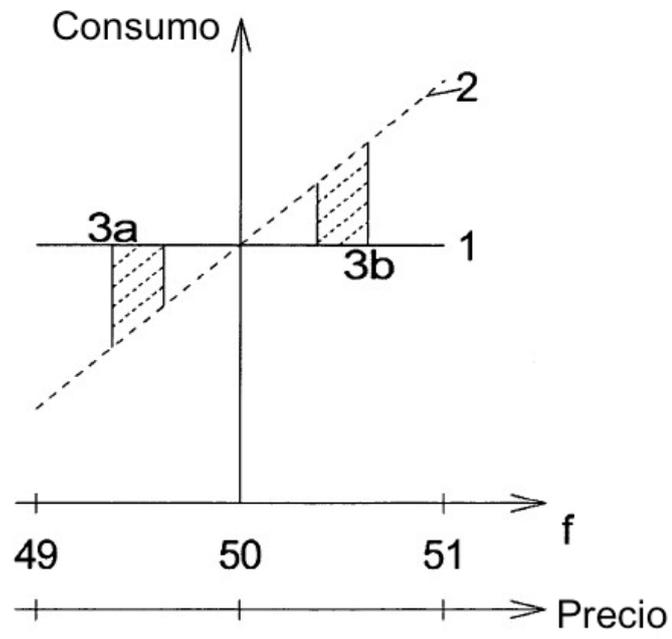


Figura 1

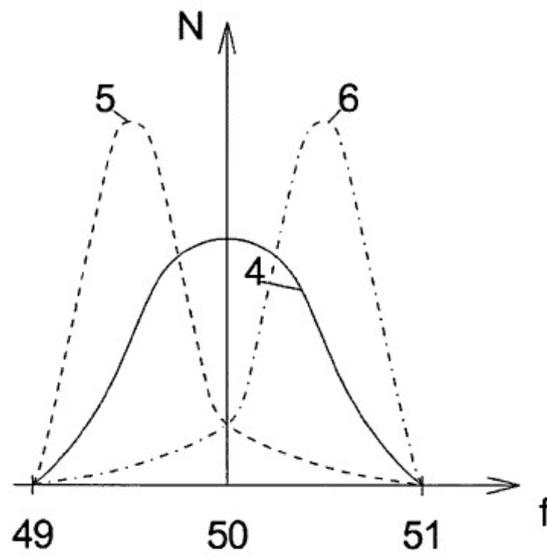


Figura 2

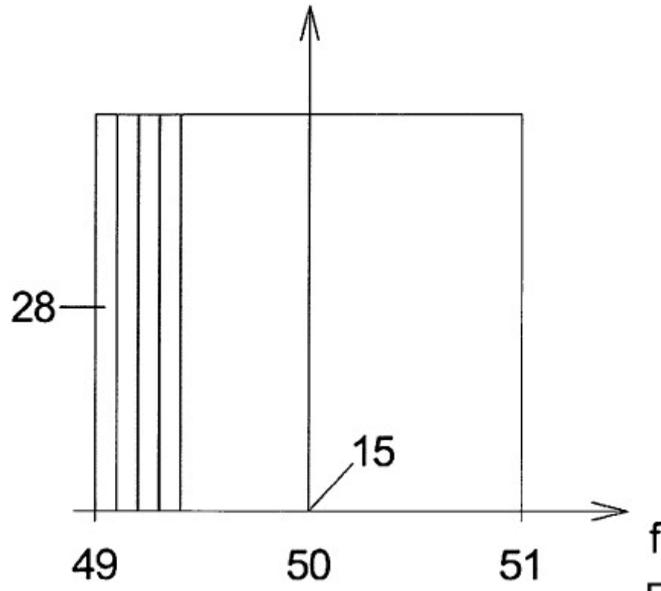


Figura 3a

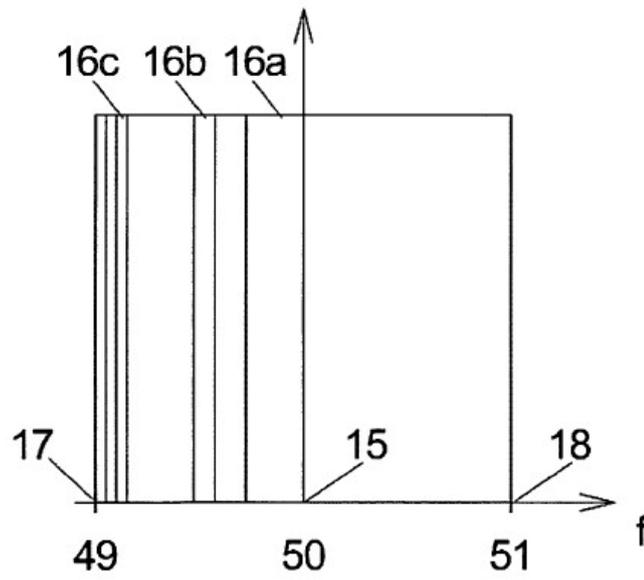


Figura 3b

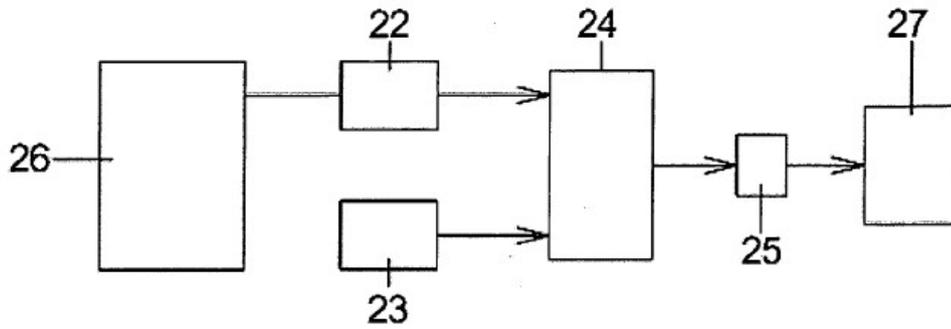


Figura 4

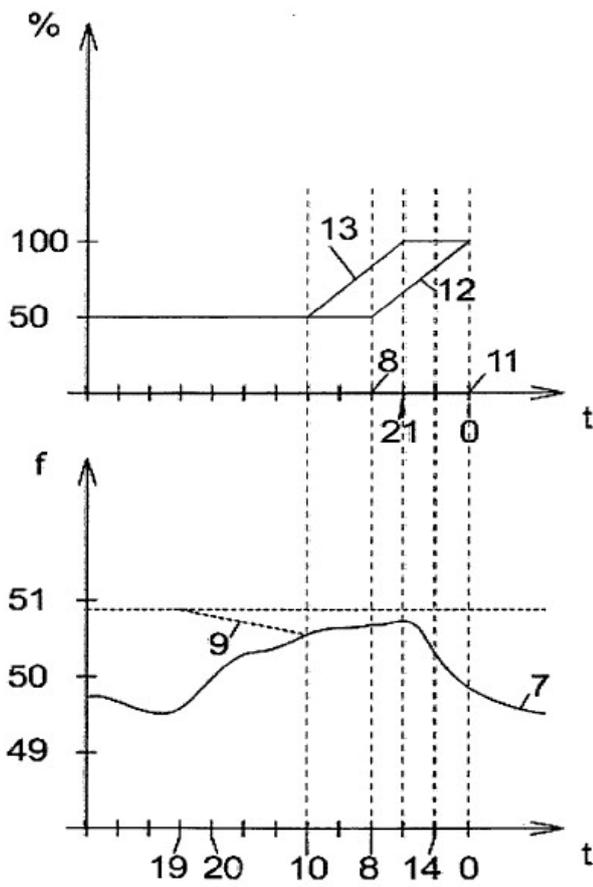


Figura 5