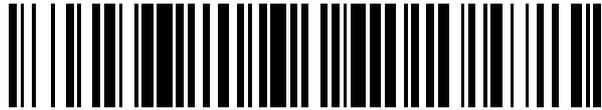


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 890 329**

51 Int. Cl.:

H02J 3/32 (2006.01)

H02J 3/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.11.2016 PCT/EP2016/078690**

87 Fecha y número de publicación internacional: **01.06.2017 WO17089468**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.11.2016 E 16805346 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.07.2021 EP 3381102**

54 Título: **Instalación doméstica de energía y método de operación para operar una instalación doméstica de energía**

30 Prioridad:

25.11.2015 DE 102015120450

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

18.01.2022

73 Titular/es:

**HPS HOME POWER SOLUTIONS GMBH (100.0%)
Carl-Scheele-Strasse 16
12489 Berlin, DE**

72 Inventor/es:

**HIERL, ANDREAS;
RADUE, DIRK;
SCHNEIDER, GUNNAR;
BENZ, UWE;
SCHRÖDER, KEVIN y
ABUL-ELLA, ZEYAD**

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 890 329 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

Instalación doméstica de energía y método de operación para operar una instalación doméstica de energía

5 La presente invención se refiere a una instalación doméstica de energía y a un método para operar una instalación doméstica de energía.

10 Las instalaciones domésticas de energía se conocen básicamente del estado de la técnica y se utilizan para abastecer viviendas, por ejemplo, viviendas de bajo consumo energético, viviendas pasivas o viviendas de consumo energético cero, con energía en forma de calor y en particular en forma de corriente, por ejemplo, corriente a partir de fuentes de energía renovables, tales como generadores fotovoltaicos (PV) o pequeñas turbinas de energía eólica.

15 Las instalaciones domésticas de energía de última generación siguen siendo actualmente demasiado caras, complejas y, a menudo, no cumplen los requisitos de seguridad para este uso. Además, las fuentes de energía renovable no se pueden utilizar de manera uniforme y regular. Los métodos inadecuadamente eficientes para operar una instalación doméstica de energía han requerido hasta ahora un sobredimensionamiento de las instalaciones domésticas de energía.

20 Como resultado de la caída de las tarifas de alimentación y el aumento de los costos de la energía, así como del cambio de las condiciones del marco político, está aumentando la necesidad de tales instalaciones domésticas de energía que tengan una autosuficiencia amplia o completa, en relación con los requisitos de energía eléctrica, pero también en relación con el requerimiento de energía térmica.

25 El documento US2014 / 337002A1 divulga un método para operar un instalación doméstica de energía para suministro eléctrico autosuficiente, que tiene los pasos: determinar o especificar al menos un período de expectativa, determinar un perfil de carga esperado de un consumidor de electricidad requerida durante el al menos un período de expectativa, determinar un perfil de rendimiento esperado de la fuente de energía renovable durante el al menos un período de expectativa, determinar o especificar una potencia de consumo mínima que por lo menos debería estar disponible para su extracción de la unidad de batería de almacenamiento en cualquier momento dado, determinar un estado de carga objetivo de la unidad de batería de almacenamiento y un balance de energía durante el al menos un período de expectativa a partir del perfil de rendimiento esperado y el perfil de carga esperado, determinar una duración temporal de la unidad de batería de almacenamiento a partir del perfil de carga esperado, el perfil de rendimiento esperado y la potencia de consumo mínima, de la que no debe bajarse en ningún momento dado, de un estado de carga de la unidad de batería de almacenamiento determinado actualmente, operar la unidad de pila de combustible con una potencia de pila de combustible en función de la duración temporal de la unidad de batería de almacenamiento determinada, en particular, encender la unidad de pila de combustible si a duración temporal de la unidad de batería de almacenamiento determinada es más corta que el al menos un período de expectativa.

40 En este contexto, el objeto de la presente invención es especificar una instalación de energía doméstica y un método de operación para operar una instalación doméstica de energía, que son preferiblemente ventajosos desde el punto de vista energético.

45 De acuerdo con un primer aspecto de la invención, el objetivo se logra mediante el método de acuerdo con la reivindicación 1 para operar una instalación doméstica de energía para un suministro eléctrico autosuficiente, y preferiblemente para el suministro de calor autosuficiente y neutro en CO₂, principalmente para casas unifamiliares y adosadas. El método consta de los siguientes pasos:

50 - determinar o especificar al menos un período de expectativa, donde el al menos un período de expectativa se extiende hasta una nueva disponibilidad de energía de una fuente de energía renovable después del próximo amanecer posible,

- determinar un perfil de carga esperado de un consumidor de electricidad, en particular su potencia eléctrica de consumo requerida durante dicho al menos un período de expectativa,

55 - determinar un perfil de rendimiento esperado de la fuente de energía renovable durante el al menos un período de expectativa, preferiblemente una potencia eléctrica fotovoltaica de un generador fotovoltaico,

60 - determinar o especificar una potencia de consumo mínima que por lo menos debería estar disponible para su extracción de la unidad de batería de almacenamiento en cualquier momento dado, y / o especificar una tensión de fin de descarga de la unidad de batería de almacenamiento de la que no debe bajarse en ningún momento dado,

- determinar un balance de energía durante el al menos un período de expectativa a partir del perfil de rendimiento esperado y el perfil de carga esperado,

- determinar una duración temporal de la unidad de batería de almacenamiento a partir del perfil de carga esperado, el perfil de rendimiento esperado y la potencia de consumo mínima, de la que no debe bajarse en ningún momento dado, de un estado de carga de la unidad de batería de almacenamiento determinado actualmente y, preferiblemente, de la tensión de fin de descarga,

5 - determinar un balance de energía durante el al menos un período de expectativa a partir del perfil de rendimiento esperado y el perfil de carga esperado

10 - operar la unidad de pila de combustible con una potencia de pila de combustible en función de la duración temporal de la unidad de batería de almacenamiento determinada, en particular, encender la unidad de pila de combustible si la duración temporal de la unidad de batería de almacenamiento determinada es más corta que el al menos un período de expectativa, y / o apagar la unidad de pila de combustible si la duración temporal de la unidad de batería de almacenamiento determinada es más larga que el al menos un período de expectativa,

15 - operar la unidad de electrólisis, en particular con una potencia de electrólisis calculada, en función del balance de energía determinado, en particular, encender la unidad de electrólisis si el balance de energía determinado es positivo, y desconectar la unidad de electrólisis si el balance de energía determinado es negativo.

20 El método de acuerdo con la invención crea una gestión de energía predictiva para una instalación doméstica de energía híbrida, eléctricamente y de forma preferible también térmicamente autosuficiente en términos de energía.

El método anterior según la invención se puede llevar a cabo preferiblemente mediante una instalación doméstica de energía con:

25 - un punto de alimentación de corriente continua, preferiblemente configurado para una tensión nominal de 48 voltios, y / o un punto de alimentación de corriente alterna configurado preferiblemente para una tensión nominal de 230 voltios, donde el punto de alimentación de corriente continua y / o el punto de alimentación de corriente alterna están conectados al menos de forma intermitente a un consumidor de electricidad que tiene una cantidad de potencia de consumo,

30 - un generador fotovoltaico que está conectado eléctricamente al menos de forma intermitente al punto de alimentación de corriente continua para generar una potencia eléctrica fotovoltaica,

35 - una unidad de pila de combustible que está conectada eléctricamente al menos de forma intermitente al punto de alimentación de corriente continua para generar una potencia eléctrica de pila de combustible,

40 - una unidad de electrólisis conectada eléctricamente al punto de alimentación de corriente continua para generar hidrógeno para ser consumido por la unidad de pila de combustible, donde la unidad de electrólisis está alimentada, cuando está en uso, con una potencia eléctrica de entrada de electrólisis,

45 - un tanque de hidrógeno, que sirve en particular como dispositivo de almacenamiento de energía de largo plazo, que está conectado, o que es conectable, al menos de forma intermitente en conexión de fluido a la unidad de pila de combustible y a la unidad de electrólisis y que está configurado para almacenar hidrógeno generado mediante la unidad de electrólisis y para ser consumido por la unidad de pila de combustible,

50 - una unidad de batería de almacenamiento, que sirve en particular como un dispositivo de almacenamiento de energía de corto plazo, que está conectado, o es conectable, al punto de alimentación de corriente continua, de manera que una potencia eléctrica fotovoltaica y una potencia eléctrica de pila de combustible se puede alimentar a la unidad de batería de almacenamiento, y una potencia eléctrica de entrada de electrólisis y una potencia de consumo se puede extraer de la unidad de batería de almacenamiento; y

- con un módulo de control para controlar la instalación doméstica de energía.

55 La instalación doméstica de energía según la invención crea la base para que las necesidades energéticas de una casa, en particular una casa de bajo consumo energético, una casa pasiva o una casa de energía cero, estén completamente cubiertas por fuentes de energía renovables, tanto en términos de electricidad como de calor y, por lo tanto, exista un funcionamiento completamente libre de CO₂. Sin embargo, al menos, la demanda de electricidad de una casa puede cubrirse casi en su totalidad a partir de fuentes de energía renovables, en particular mediante un generador fotovoltaico y / o un pequeño sistema de turbina eólica, en el sentido de un aumento previsto del autoconsumo. La instalación doméstica de energía según la invención también crea la base para un suministro de energía autárquico ("off-grid") de una casa, en particular de una casa de bajo consumo energético, una casa pasiva o una casa de energía cero.

65 A continuación, se describen desarrollos ventajosos de la instalación doméstica de energía según el segundo aspecto de la invención.

La instalación doméstica de energía está diseñada preferiblemente para ser independiente de la red, de manera particularmente preferible para un funcionamiento independiente de la red eléctrica de una casa unifamiliar o un adosado. El generador fotovoltaico se puede diseñar con una potencia fotovoltaica de entre 4 kilovatios pico (kWp) y 20 kWp. La potencia nominal de la pila de combustible está preferiblemente entre 600 vatios y 2500 vatios. La potencia de entrada de electrólisis nominal puede estar entre 500 vatios y 5000 vatios.

La unidad de pila de combustible puede ser una unidad de pila de combustible refrigerada por aire y / o por agua. La unidad de pila de combustible se puede conectar térmicamente o ser conectable térmicamente a un aparato de ventilación / calefacción diseñado para ventilar y / o calentar una zona de estancia, de modo que pueda entregarse una cantidad de calor de pila de combustible a la zona de estancia.

En una realización preferida, la unidad de pila de combustible se proporciona como una unidad de pila de combustible refrigerada por aire y está conectada térmicamente o es conectable térmicamente al aparato de ventilación / calefacción diseñado para ventilar y / o calentar la zona de estancia a través de un conducto de aire, en particular un conducto de suministro de aire. Una cantidad de calor de pila de combustible se puede suministrar al aparato de ventilación / calefacción a través de un flujo de aire y / o se puede suministrar a la zona de estancia mediante un flujo de aire. Esta configuración se prefiere para un edificio nuevo, en particular una casa de bajo consumo energético, casa pasiva o casa de energía cero, ya que normalmente se proporciona una ventilación controlada de la zona de estancia (KWL, "kontrollierte Wohnraumlüftung"), que puede tener un aparato de ventilación / calefacción diseñado para ventilar y / o calentar la zona de estancia.

En una realización adicional, la unidad de pila de combustible se puede proporcionar como una unidad de pila de combustible refrigerada por agua. La unidad de pila de combustible se puede conectar térmicamente o se puede ser conectable térmicamente a un dispositivo de almacenamiento térmico a través de una línea de líquido refrigerante, de modo que se pueda entregar una cantidad de calor de pila de combustible a la unidad de tanque de almacenamiento de agua caliente. Esta realización se prefiere para un edificio existente, en particular un edificio antiguo, ya que típicamente no se proporciona ventilación controlada de la zona de estancia. El dispositivo de almacenamiento térmico se proporciona preferiblemente como un tanque de almacenamiento de agua caliente. El dispositivo de almacenamiento térmico se puede proporcionar como acumulador de calor latente.

Alternativa o adicionalmente, la unidad de pila de combustible puede conectarse térmicamente o ser conectable térmicamente al aparato de ventilación / calefacción diseñado para ventilar y / o calentar la zona de estancia a través de una línea de líquido refrigerante. El aparato de ventilación / calefacción puede tener un registro de calefacción-agua caliente, a través del cual se puede suministrar una cantidad de calor de agua caliente del tanque de almacenamiento de agua caliente y / o una cantidad de calor de electrólisis de la unidad de electrólisis a la sala de estancia.

La unidad de pila de combustible y la unidad de electrólisis están dispuestas preferiblemente en una carcasa común y la corriente de aire de escape de la casa fluye a través de ellas preferiblemente con el propósito de diluir y eliminar gases combustibles y para enfriar y utilizar el calor residual. Una cantidad de calor contenida en un aire de descarga de la carcasa común se transfiere preferiblemente a través de un intercambiador de calor aire-aire a un flujo de aire de suministro para la zona de estancia. El intercambiador de calor aire-aire es de manera particularmente preferible un intercambiador de calor de flujo cruzado o contraflujo cruzado.

De manera especialmente preferente, la unidad de almacenamiento de batería y / o el quemador catalítico de H₂ están integrados en la carcasa común. La unidad de almacenamiento de batería se puede alojar en una carcasa separada que, en particular, está conectada a la carcasa principal en términos de ventilación. Esto es ventajoso porque se puede utilizar un flujo común de aire de descarga para la utilización del calor residual y / o para la dilución y eliminación seguras de cualquier gas combustible que pueda escapar, en particular hidrógeno. El flujo de aire de descarga común es preferiblemente el aire de escape de la zona de estancia, que absorbe el calor residual de todos los componentes de la carcasa y se descarga del edificio como aire de escape a través del intercambiador de calor aire-aire. De acuerdo con la invención, se incluye un flujo de aire de descarga separado que es independiente de una ventilación controlada de la zona de estancia, que opcionalmente puede suministrar el calor absorbido a un tanque de almacenamiento de agua caliente a través de un intercambiador de calor aire-agua y / o puede emitir energía térmica preferiblemente al depósito almacenamiento de agua caliente mediante una pequeña bomba de calor.

Se ha comprobado que es ventajoso que la instalación doméstica de energía tenga un quemador adicional, en particular del grupo de los quemadores catalíticos de hidrógeno, calderas de gas, calderas de pellets. Un quemador catalítico de hidrógeno como quemador adicional tiene la ventaja de que la instalación doméstica de energía también puede cubrir cualquier requisito de pico de calor que pueda surgir sin CO₂. El uso de una caldera de pellets como quemador adicional tiene la ventaja de que el sistema energético de la casa puede cubrir cualquier pico de demanda de calor que pueda surgir, al menos de manera neutra en CO₂. En el lado de salida, el quemador adicional se puede conectar térmicamente al acumulador de agua caliente al menos temporalmente, preferiblemente de tal manera que pueda emitirse una cantidad de calor al tanque de almacenamiento de agua caliente.

La instalación doméstica de energía puede tener una conexión de suministro eléctrico a través de la cual la instalación doméstica de energía está conectado al menos temporalmente a una red de baja tensión y / o puede tener una conexión de combustible a través de la cual la instalación doméstica de energía está conectada al menos temporalmente a una red de gas o a un depósito de aceite.

5 En una realización preferida adicional, la instalación de energía doméstica comprende una pequeña instalación de energía eólica para generar una potencia eléctrica de energía eólica. La unidad de batería de almacenamiento se puede conectar eléctricamente a la pequeña instalación de energía eólica al menos temporalmente, de modo que se pueda almacenar una potencia eléctrica de energía eólica en la unidad de batería de almacenamiento. La ventaja de esta realización es que, con la energía eólica, existe otra fuente de energía renovable que está desacoplada de la disponibilidad de energía solar y que permite reducir significativamente el tamaño del almacenamiento de energía, en particular del almacenamiento de energía de largo plazo.

10 La unidad de batería de almacenamiento puede ser o tener una batería de plomo, preferiblemente una batería de gel OPzV o una batería de ácido OPzS. La unidad de batería de almacenamiento puede ser o tener una batería de alto rendimiento a base de Li o NiMeH. La unidad de batería de almacenamiento puede ser o tener una batería de flujo redox. Como alternativa o adicionalmente, la unidad de batería de almacenamiento puede ser o tener una batería de cloruro de sodio y níquel (celda Zebra). Se pueden proporcionar varias baterías del mismo tipo o de diferentes tipos. La capacidad de la unidad de batería de almacenamiento es preferiblemente: 150 Ah a 1500 Ah a una tensión nominal de 48 V.

15 La unidad de batería de almacenamiento se usa preferiblemente como un almacenamiento de energía de corto plazo, es decir, en particular para almacenar energía eléctrica durante unos pocos días, pero no más de una semana. La invención incluye explícitamente el acoplamiento de los diferentes tipos de unidades de batería de almacenamiento mencionados anteriormente con unidades de almacenamiento de duración ultracorta, en particular supercondensadores o baterías de litio de alto rendimiento para amortiguar picos de carga de muy corta duración. Esto tiene efectos particularmente positivos sobre la vida útil del almacenamiento de energía de corto plazo generalmente caro y aumenta las reservas de energía de corto plazo en el caso de unidades de batería de almacenamiento muy descargadas.

20 El tanque de hidrógeno se usa preferiblemente como almacenamiento de energía de largo plazo, es decir, en particular para almacenar hidrógeno durante varios días o semanas hasta una temporada de calefacción. El tanque de hidrógeno tiene preferiblemente una capacidad de almacenamiento de 15 kg a 80 kg H₂ a una presión de funcionamiento nominal del tanque de hidrógeno de 20-100 bar en el rango de presión media o de 100 bar a 1000 bar en el rango de presión alta.

25 El tanque de almacenamiento de agua caliente se utiliza preferiblemente como almacenamiento de energía de corto plazo para energía térmica y, en particular en combinación con un elemento calefactor eléctrico, para la compensación dinámica de la carga eléctrica (Load levelling), es decir, en particular para almacenar energía térmica para unos días, pero como mucho una semana.

A continuación, se describen desarrollos ventajosos del método para hacer funcionar una instalación doméstica de energía según el primer aspecto de la invención.

30 Para la gestión de energía predictiva, durante la operación se determinan constantemente balances de energía durante ciertos períodos de expectativa. A continuación, el método se explica de manera simplificada en función de la disponibilidad de energía renovable de una instalación fotovoltaica. Sin embargo, de manera análoga, el proceso también se puede modificar o ampliar respecto a la disponibilidad de otras fuentes de energía renovable como, por ejemplo, la energía eólica. Se prefiere equilibrar al menos un período de expectativa a corto plazo y, opcionalmente, durante un período de tiempo parcial, que incluye la puesta del sol o el punto en el tiempo antes de la puesta del sol en el que la potencia renovable generada es significativamente menor que la potencia renovable promedio generada como el punto destacado en el tiempo. El período de expectativa a corto plazo termina preferiblemente con la salida del sol o en el punto en el tiempo después de la salida del sol en el que la potencia renovable generada alcanza de nuevo una fracción definida de la potencia renovable promedio generada. A continuación, se hará referencia de manera simplificada a la salida o a la puesta de sol como puntos destacados en el tiempo para el periodo de expectativa a corto plazo. Un período de expectativa a medio plazo que se extiende a lo largo de varios días y / o un período de expectativa a largo plazo que se extiende a lo largo de aproximadamente un ciclo anual también es particularmente preferido para la gestión de energía.

35 El paso de determinar el perfil de carga esperado del consumidor eléctrico comprende preferiblemente al menos una serie temporal que abarca todo el ciclo anual y que representa el consumo típico de energía eléctrica, así como la consideración opcional de entradas de usuario para la intensidad esperada del consumo de energía y / o la consideración de datos específicos de usuario y / o temporales de cualquier tipo que se introduce en la gestión energética predictiva a través de sistemas de telegestión centrales. Un usuario puede influir ventajosamente en el perfil de rendimiento esperado seleccionando entre diferentes perfiles de carga estándar específicos del usuario, que

influyen en el perfil de rendimiento en el que se basa la gestión de la energía. En particular, los usuarios pueden elegir entre perfiles de bajo coste y de alto rendimiento.

De manera especialmente preferida, el paso de determinar un perfil de rendimiento esperado del generador fotovoltaico se lleva a cabo teniendo en cuenta datos climáticos a largo plazo y, en particular, de alta resolución y / o datos climáticos específicos para el lugar de instalación del generador fotovoltaico, como, por ejemplo, la radiación solar, la velocidad del viento, la temperatura y, si está disponibles, las previsiones a corto plazo meteorológicas basadas en datos de los servicios meteorológicos, o con la ayuda de la información sobre el rendimiento energético previsto que se suministran a través de un sistema de telegestión central.

El usuario puede influir interactivamente en la determinación o especificación de una potencia de consumo mínima.

Teniendo en cuenta el al menos un período de expectativa, se calculan al menos un balance de energía y un estado de carga objetivo de la unidad de batería de almacenamiento respectivamente al amanecer y opcionalmente al atardecer. El balance de energía es positivo si, basándose en el estado de carga del período de expectativa anterior, se pudiera lograr un estado de carga más alto de la unidad de batería de almacenamiento, es decir, normalmente si, teniendo en cuenta los niveles de eficiencia relevantes para la conversión y el almacenamiento de energía, es probable que se genere más energía renovable que la que se consume. Teniendo en cuenta los estados de almacenamiento reales y los balances de los períodos de expectativa a medio y largo plazo, se establece un nuevo estado de carga objetivo de la unidad de batería de almacenamiento en el gestor de energía. Para lograr el estado de carga objetivo, puede ser necesario que el dispositivo de almacenamiento de energía de largo plazo suministre energía al punto de alimentación de 48 VCC, es decir, que la pila de combustible funcione con la potencia y / o la cantidad energía de salida especificada por el gestor de energía o que la unidad de electrólisis se opere con la potencia y / o cantidad de energía de entrada especificada por el gestor de energía. La potencia actual de la pila de combustible o de la electrólisis está determinada por el gestor de energía, teniendo en cuenta también los flujos de potencia actuales en todo el sistema energético.

En una realización preferida, la unidad de electrólisis se hace funcionar dinámicamente con respecto a su potencia de recepción. En una realización preferida, la unidad de electrólisis se enciende cuando hay un exceso de potencia, es decir, cuando la suma de todos los consumidores eléctricos suministrados por la instalación doméstica de energía, incluida en particular la potencia de carga de la batería, es menor que la potencia generada de forma renovable, en particular la potencia fotovoltaica, durante un cierto período de tiempo.

El método incluye preferiblemente una nivelación de carga (Load levelling) dinámica, que puede tener lugar tanto mediante calentamiento eléctrico del tanque de almacenamiento de agua caliente como mediante la operación de la unidad de electrólisis. La carga eléctrica a nivelar se puede dividir en nivelado mediante calentamiento eléctrico del tanque de almacenamiento de agua caliente y nivelado mediante el funcionamiento de la unidad de electrólisis en función de la necesidad de hidrógeno o calor en una casa y / o teniendo en cuenta la dinámica más rápida de una resistencia calefactora en comparación con la unidad de electrólisis. El módulo de control está diseñado preferiblemente para dividir la carga eléctrica a nivelar.

La unidad de pila de combustible se enciende con especial preferencia cuando se requiere energía del dispositivo de almacenamiento de largo plazo para alcanzar el estado de carga objetivo de la unidad de batería de almacenamiento al final del período de expectativa a corto plazo. El momento de encendido, el momento de apagado y la potencia de la pila de combustible se determinan a través del gestor predictivo de energía y la pila de combustible se opera hasta que la unidad de batería de almacenamiento pueda alcanzar un valor de estado de carga objetivo predeterminado o calculado nuevamente al final del período de expectativa a corto plazo, teniendo en cuenta el perfil actualizado de rendimiento y consumo.

La unidad de pila de combustible se hace funcionar preferiblemente con una eficiencia óptima. Se ha demostrado que una eficiencia óptima de las unidades de pila de combustible que tienen una potencia de pila de combustible nominal de 600 W a 5000 W está en el rango del 25 al 75 por ciento de la potencia de pila de combustible nominal. Preferiblemente, cuando se va a nivelar una carga eléctrica temporalmente alta, la unidad de pila de combustible se hace funcionar al menos temporalmente con una potencia de pila de combustible aumentada de hasta el 175 por ciento de la potencia de pila de combustible nominal.

La unidad de pila de combustible puede funcionar de forma intermitente cuando el requerimiento de potencia es muy bajo, preferiblemente de tal manera que los tiempos de espera sean cada uno de menos de 10 minutos.

La unidad de electrólisis se hace funcionar preferiblemente con una eficacia óptima. Se ha demostrado que una eficiencia óptima de las unidades de electrólisis que tienen una potencia de entrada de electrólisis nominal de 500 W a 5000 W está en el rango de aproximadamente el 25 al 75 por ciento de la potencia de entrada de electrólisis nominal.

En una forma de realización especialmente preferida del método, la unidad de electrólisis se hace funcionar de manera controlada por potencia, en particular en función del balance de energía determinado. La unidad de electrólisis puede

funcionar preferiblemente con una potencia de entrada de electrólisis inferior al 50% de la potencia nominal si el balance de energía determinado es menor o igual a 0, de modo que la unidad de electrólisis puede funcionar al menos temporalmente desde la unidad de batería de almacenamiento. Como alternativa o adicionalmente, la unidad de electrólisis se hace funcionar de manera controlada por potencia en función del nivel de llenado del tanque de hidrógeno.

Se ha encontrado que es ventajoso que la unidad de electrólisis no se opere cuando un pronóstico de potencia fotovoltaica eléctrica que puede ser generada por el generador fotovoltaico no es suficiente para llevar la unidad de batería de almacenamiento al estado de carga objetivo calculado antes de la puesta de sol.

El método puede tener el efecto, por ejemplo, de que por la noche la unidad de batería de almacenamiento no sea cargada o sea cargada solo parcialmente por la unidad de pila de combustible y / o que la unidad de batería de almacenamiento se mantenga en un estado de carga inferior al 70 por ciento. El método también puede tener el efecto de que durante el día la unidad de batería de almacenamiento se cargue a través del generador fotovoltaico y / o la unidad de batería de almacenamiento se mantenga en un estado de carga superior al 70 por ciento. El método puede prever que la unidad de electrólisis funcione independientemente de una potencia fotovoltaica eléctrica realmente suministrada, en particular que la unidad de electrólisis también se opere por la noche para descargar la unidad de batería de almacenamiento tan profundamente hasta la salida del sol que durante el día una potencia de carga particularmente alta y especialmente una gran parte de la energía fotovoltaica pueda ser almacenada directamente en la unidad de batería de almacenamiento.

En una realización particularmente preferida del método, la varilla de calentamiento dispuesta en el tanque de almacenamiento de agua caliente está conectada eléctricamente al punto de alimentación de corriente continua y / o al punto de alimentación de corriente alterna si hay un exceso de potencia en el punto de alimentación correspondiente que no puede ser absorbido por la unidad de electrólisis en forma de potencia de entrada de electrólisis.

El método puede proporcionar que la carga de mantenimiento de la unidad de batería de almacenamiento se realice independientemente de la potencia fotovoltaica eléctrica. Una carga de mantenimiento de la unidad de batería de almacenamiento se inicia preferiblemente mediante el gestor de energía predictivo si hasta la puesta de sol al menos aproximadamente el 85% del nivel de carga de la unidad de batería de almacenamiento se alcanza a través de la fuente de energía renovable y se determinó un nivel de carga objetivo alto a la salida del sol, por ejemplo, porque en ese día se puede esperar relativamente poca energía renovable. El requerimiento de energía y el nivel de tensión necesario para la carga de mantenimiento de la unidad de batería de almacenamiento se proporcionan a través de la pila de combustible. El momento de carga de mantenimiento se puede variar dentro de amplios límites mediante el gestor predictivo de energía y el estado de carga objetivo se puede cambiar para compensar los efectos negativos en la vida útil de la batería; el estado de carga mínimo de la unidad de batería de almacenamiento se aumenta preferiblemente en el caso de una carga de mantenimiento retrasada.

En una realización particularmente preferida del método, la operación de la unidad de pila de combustible se lleva a cabo desde un punto de alimentación de corriente continua de 48 voltios de la instalación de energía doméstica, en particular sin un convertidor de tensión conectado aguas arriba de la unidad de pila de combustible. En este caso, la eficiencia de la pila de combustible y la potencia instantánea se definen por la tensión del bus de corriente en el punto de alimentación de corriente continua y la potencia media de la pila de combustible se puede variar dentro de amplios límites mediante un funcionamiento intermitente.

Otras realizaciones ventajosas y desarrollos preferidos de la invención se pueden encontrar en las respectivas reivindicaciones dependientes.

Para hacer un uso ventajoso del calor residual de la instalación doméstica de energía, el método puede tener los siguientes pasos:

- conducir aire exterior desde el exterior de una zona de estancia aire de suministro directo a una zona de estancia o como aire de suministro indirecto primero a través de la unidad de pila de combustible y luego a la zona de estancia.
- conducir aire de escape de la zona de estancia través de la unidad de electrólisis, en particular antes de que se descargue como aire de escape del centro de energía de la casa.

El método tiene ventajosamente los siguientes pasos:

- generar una cantidad total de electricidad fotovoltaica mediante el primer y segundo generador fotovoltaico,
- alimentar una cantidad parcial de corriente fotovoltaica generada por el primer generador fotovoltaico en un punto de alimentación de corriente alterna de la instalación doméstica de energía, en particular por medio de un inversor fotovoltaico, y alimentar el exceso de potencia del primer generador fotovoltaico a un punto de alimentación de corriente continua,

- alimentar una cantidad parcial de corriente fotovoltaica generada por el segundo generador fotovoltaico en un punto de alimentación de corriente continua, en particular mediante un controlador de carga solar CC-CC,

5 - alimentar potencia desde el punto de alimentación de corriente continua al punto de alimentación de corriente alterna a través del inversor de isla si la potencia del primer generador fotovoltaico no es suficiente para toda la carga de corriente alterna,

10 - alimentar potencia desde el punto de alimentación de corriente continua al acumulador de energía de corto plazo, preferiblemente una unidad de almacenamiento de batería, y / o al acumulador de energía de largo plazo, preferiblemente un sistema que comprende una unidad de pila de combustible, una unidad de electrólisis y un tanque de hidrógeno.

15 Las realizaciones de la presente invención se explican a continuación a modo de ejemplo con referencia a las figuras adjuntas. Se muestra en:

Fig. 1 una representación esquemática de una primera realización de una instalación doméstica de energía;

20 Fig. 2 una representación esquemática de una segunda realización de una instalación doméstica de energía;

Fig. 3 una representación esquemática de una tercera forma de realización de una instalación doméstica de energía;

Fig. 4 una representación esquemática de una cuarta realización de una instalación doméstica de energía;

25 Fig. 5 un primer diagrama generado en el contexto de una simulación numérica de una instalación doméstica de energía;

30 Fig. 6 un segundo diagrama generado en el contexto de una simulación numérica de una instalación doméstica de energía;

Fig. 7 una representación esquemática de una realización de un método para operar una instalación doméstica de energía.

35 Una casa pasiva 1000 en la figura 1 está equipada con una instalación doméstica de energía 500 de acuerdo con la invención, de modo que la casa pasiva 1000 puede funcionar de manera totalmente autosuficiente en energía y libre de CO₂. La instalación de energía doméstica 500 de la figura 1 tiene capacidad "off-grid". La instalación de energía doméstica dispone de un punto de alimentación de corriente continua 250, diseñado para una tensión continua de 48 voltios, y un punto de alimentación de corriente alterna 150, diseñado para una tensión alterna de 230 voltios.

40 La instalación doméstica de energía 500 tiene un primer generador fotovoltaico 100 dispuesto en el techo de la casa pasiva 1000 para generar una primera potencia fotovoltaica eléctrica P_PV1 y un segundo generador fotovoltaico 110, que está separado galvánicamente de este, para generar una segunda potencia fotovoltaica eléctrica P_PV2. La instalación doméstica de energía 500 también tiene una unidad de pila de combustible 200 para generar una potencia de pila de combustible eléctrica P_FC. La unidad de pila de combustible 200, que se enfría por aire en la presente realización, está conectada térmicamente a un aparato de ventilación / calefacción 630, en este caso una ventilación controlada de la zona de estancia, diseñado para ventilar y calentar una zona de estancia 900, de modo que una cantidad de calor de pila de combustible Q_FC se puede emitir a la zona de estancia 900. En el presente caso, la unidad de pila de combustible 200 está conectada térmicamente a través de un conducto de aire de suministro ZUL al aparato de ventilación / calefacción 630 diseñado para ventilar y calentar la zona de estancia 900. Se suministra una cantidad de calor de pila de combustible Q_FC al aparato de ventilación / calefacción 630 a través de un flujo de aire y se suministra a la zona de estancia 900 mediante un flujo de aire.

55 La instalación de energía doméstica 500 también tiene una unidad de electrólisis 300 para generar hidrógeno H que es consumido por la unidad de pila de combustible 200, siendo alimentada la unidad de electrólisis 300 con una potencia de entrada de electrólisis eléctrica P_EL en el presente caso.

60 Un tanque de hidrógeno 400 del sistema de energía doméstica 500 sirve como un acumulador de energía de largo plazo y está conectado en conexión de fluido a la unidad de pila de combustible 200 y la unidad de electrólisis 300. El tanque de hidrógeno 400 está diseñado para almacenar el hidrógeno generado por la unidad de electrólisis 300 y que será consumido por la unidad de pila de combustible 200.

65 La instalación de energía doméstica 500 también tiene una unidad de batería de almacenamiento 440 como dispositivo de almacenamiento de energía de corto plazo, que está conectada eléctricamente al punto de alimentación de corriente continua 250. Un supercondensador 430 también está conectado eléctricamente al punto de alimentación de corriente continua 250 para amortiguar los picos de potencia en períodos de segundos. La unidad de batería de

almacenamiento 440 está conectada eléctricamente al generador fotovoltaico 100, a la unidad de pila de combustible 200, a la unidad de electrólisis 300 y a un consumidor eléctrico 610, que puede contener principalmente los consumidores de corriente alterna, pero opcionalmente también los consumidores de corriente continua y tiene una potencia de consumo P_VB. De esta manera, la potencia fotovoltaica eléctrica P_PV y potencia eléctrica de pila de combustible P_FC pueden almacenarse en la unidad de batería de almacenamiento 440 y la potencia de entrada de electrólisis eléctrica P_EL y la potencia de consumo P_VB pueden tomarse de la unidad de batería de almacenamiento 440.

Mediante un tanque de almacenamiento de agua caliente 450, que está conectado térmicamente en el lado de entrada a la unidad de electrólisis refrigerada por líquido 300, se puede entregar una cantidad de calor de electrólisis Q_EL al tanque de almacenamiento de agua caliente 450. En el lado de salida, el tanque de almacenamiento de agua caliente 450 está conectado térmicamente a un circuito de calefacción - agua caliente 640 y a un consumidor de agua 620, de modo que se pueda entregar una cantidad de calor de agua caliente Q_WW a través de un circuito de calefacción - agua caliente 640 a la zona de estancia 900, preferiblemente a través de calefacción por suelo radiante (no mostrado) y / o a través de radiadores de agua caliente y / u opcionalmente a través de un registro de calefacción hidráulico (no mostrado) conectados a la ventilación de la zona de estancias controlada 630 y el consumidor de agua 620. Además, la instalación doméstica de energía 500 tiene un intercambiador de calor aire-aire 600 que está conectado térmicamente al aire de lavado y enfriamiento KL de la instalación doméstica de energía 500 y a través del cual la mayor parte del calor residual de la instalación doméstica de energía 500 se emite a el aire de barrido y de enfriamiento KL se transfiere a un flujo de suministro de aire de un conducto de suministro de aire ZUL.

La instalación doméstica de energía 500 de la figura 1 en el presente caso tiene un quemador adicional en forma de un quemador de hidrógeno catalítico 350. En el lado de salida, este está conectado térmicamente al tanque de almacenamiento de agua caliente 450, de modo que una cantidad de calor de calefacción Q_HZ puede suministrarse al tanque de almacenamiento de agua caliente 450. En el lado de entrada, el quemador de hidrógeno catalítico 350 está conectado en conexión de fluido al tanque de hidrógeno 400 y se alimenta con hidrógeno H a través del mismo. Alternativamente, se puede proporcionar una instalación doméstica de energía sin un quemador adicional en forma de quemador de hidrógeno catalítico.

Además, la instalación de energía doméstica 500 tiene, por ejemplo, una pequeña instalación de energía eólica 380 para generar una potencia eólica eléctrica P_WI. La unidad de batería de almacenamiento 440 está conectada eléctricamente a la pequeña instalación de energía eólica 380, de modo que la potencia eólica eléctrica P_WI puede almacenarse en la unidad de batería de almacenamiento 440.

El primer generador fotovoltaico 100 está acoplado al punto de alimentación de corriente continua 250 mediante un controlador de carga solar CC-CC 33 para alimentación unidireccional. Como se muestra en la figura 1, el segundo generador fotovoltaico 110 está conectado al punto de alimentación de corriente alterna 150 a través de un inversor de red 10. El punto de alimentación de corriente alterna 150 y el punto de alimentación de corriente continua 250 están en el presente ejemplo conectados a través de un inversor de isla 30, que en esta realización ejemplar está diseñado para ser bidireccional. La realización mostrada en la figura 1 también muestra un convertidor CC/CC unidireccional 25 para la unidad de pila de combustible 200 y la unidad de electrólisis 300, que, sin embargo, especialmente en el caso de la unidad de pila de combustible 200, se puede omitir en ciertos diseños y modos de operación.

Los componentes de la instalación doméstica de energía 500 se controlan a través de un módulo de control 510, que está diseñado y conectado en consecuencia. Además de la lógica de gestión operativa general, el método según la invención aquí descrito según el primer aspecto de la invención también se ejecuta en el módulo de control 510. El módulo de control 510 también proporciona la interfaz al cliente y a través de la transmisión remota de datos a sistemas externos, por ejemplo, para adquisición de datos, control, diagnóstico, mantenimiento remoto y datos meteorológicos.

Un edificio existente 1100, por ejemplo, una casa unifamiliar que ha sido renovada térmicamente según el estándar de bajo consumo de energía, en la figura 2 también está equipada con una instalación doméstica de energía 500. A diferencia de la figura 1, en el edificio 100 existente no se instala ninguna ventilación controlada de zona de estancia (KWL). En este caso, la instalación doméstica de energía 500 está equipada con un sistema de ventilación independiente 610 para el aire de lavado y enfriamiento KL. El sistema de ventilación 610 contiene un intercambiador de calor gas-gas 600', que está diseñado preferiblemente como flujo cruzado o contraflujo cruzado. El aire de suministro ZUL representa el aire de lavado y enfriamiento KL y se puede precalentar a través del intercambiador de calor gas-gas 600 'o desviarlo a través de un bypass. Después de absorber el calor residual y las emisiones que contienen H₂ de todos los componentes comprendidos dentro de la carcasa G de la instalación doméstica de energía y / o del aire de enfriamiento de la unidad de pila de combustible 200, el aire de lavado y enfriamiento KL se puede extraer y calentar a través de un intercambiador de calor aire-agua (no mostrado) o una bomba de calor 275 y acoplarse en el tanque de almacenamiento de agua caliente 450. Posteriormente, el calor residual puede transferirse al aire de suministro ZUL a través del intercambiador de calor gas-gas 600' y el aire de lavado y enfriamiento KL puede liberarse al medio ambiente como aire de escape FOL. Debido a la demanda de calor generalmente más alta en los edificios existentes 1100, hay un quemador adicional en forma de caldera de pellets 370, de modo que el edificio existente 1100 puede funcionar eléctricamente al 100% de forma independiente y al

menos de forma neutra en CO₂. La instalación de energía doméstica 500 de la figura 2 es apta como "off-grid". Aquí no se proporciona un quemador catalítico basado en hidrógeno, ya que la caldera de pellets 370 puede hacerse cargo del suministro de calor.

5 Una casa pasiva 1000 con ventilación controlada de zona de estancia 630 en la figura 3 también está equipada con una instalación doméstica de energía 500. El aire de lavado y enfriamiento KL de la instalación doméstica de energía 500 se conduce de manera análoga a la forma de realización de la figura 1. A diferencia de la figura 1, hay una pila de combustible 200 refrigerada por líquido, de modo que la cantidad de calor de pila de combustible Q_FC también se emite al tanque de almacenamiento de agua caliente 450 a través de un circuito de agua 455. La unidad de pila de combustible 200 también está integrada en el circuito de lavado y enfriamiento KL. Se proporciona una cantidad de calor de agua caliente Q_WW a través del tanque de almacenamiento de agua caliente 450 para su uso como agua caliente y para fines de calefacción. Opcionalmente, el aire de escape de cátodo de la pila de combustible 200 húmedo y caliente se puede dirigir al aire de suministro ZUL para el uso directo de calor y de humedad. En esta realización, por ejemplo, en lugar del quemador catalítico de H₂, hay un quemador adicional en forma de caldera de gas 360, de modo que la casa unifamiliar 1000 puede funcionar al menos eléctricamente de forma independiente y que en condiciones de buena ingeniería térmica y un correspondiente gran diseño de la instalación doméstica de energía, teniendo en cuenta el exceso de energía eléctrica, pueda llegar también al estado de energía cero. A diferencia de las figuras 1 y 2, la instalación doméstica de energía 500 de la figura 3 tiene una conexión de suministro eléctrico 510 opcional, a través de la cual la instalación doméstica de energía 500 está conectado a una red de baja tensión de 230V. La instalación doméstica de energía 500 en la figura 3 también tiene una conexión de combustible 520, a través de la cual la instalación doméstica de energía 500, más precisamente la caldera de gas 360, está conectada a una red de gas. Alternativamente, también es posible prescindir de una conexión a la red de gas, por ejemplo, instalando una caldera Pellet o una bomba de calor para calefacción.

25 Un edificio existente 1100 en la figura 4 también está equipado con una instalación doméstica de energía 500 y representa una variante del sistema en la figura 2. Como en la Fig. 2, no se instala ningún sistema de ventilación controlado centralizado en el edificio existente. A diferencia de la figura 2, la pila de combustible 200 está refrigerada por agua. La cantidad de calor de pila de combustible Q_BZ, al igual que la cantidad de calor de electrólisis Q_EL de la unidad de electrólisis 300, se suministra directamente al tanque de almacenamiento de agua caliente 450 a través del circuito de refrigeración. El calor residual de circuito de lavado y enfriamiento KL se puede transmitir, preferiblemente, mediante una pequeña bomba de calor 275 al tanque de almacenamiento de agua caliente, como en el sistema de la Fig. 2. En lugar del quemador de hidrógeno catalítico, aquí también se puede utilizar una estufa de pellets o una caldera de gas si hay un mayor requerimiento de calor.

35 La figura 5 muestra un primer diagrama generado en el contexto de una simulación numérica de una instalación de energía doméstica. La simulación numérica de las Figuras 5 y 6 se basa en un sistema energético doméstico dimensionado de la siguiente manera:

- 40 - potencia nominal eléctrica de la pila de combustible: 600 W a 5000 W.
- potencia nominal eléctrica de entrada de electrólisis: 500 W a 5000 W
- capacidad del tanque de hidrógeno: 10 kg a 80 kg H₂
- 45 - presión nominal de funcionamiento del tanque de hidrógeno: 20 - 100 bar en el rango de presión media; 100 bar a 1000 bar en el rango de presión alta
- capacidad de la unidad de batería de almacenamiento: 150 Ah a 1500 Ah a una tensión nominal de 48 V

50 La figura 5a) muestra un resultado de simulación del comportamiento del sistema en el que se implementó el control con las estrategias de gestión de energía descritas anteriormente. En el gráfico se muestra, para un día soleado de invierno en enero, la progresión en el tiempo del nivel de carga de la unidad de batería de almacenamiento y el nivel de llenado FH del tanque de hidrógeno en porcentaje. Para el mismo día, la figura 5b) muestra la progresión temporal de la potencia fotovoltaica eléctrica P_PV en kW, la potencia eléctrica de la pila de combustible P_FC en kW y la potencia eléctrica de entrada de electrólisis P_EL en kW.

60 Como puede verse en la Fig. 5a), el estado de carga hasta la salida del sol aproximadamente a las 8 (P_PV > 0) es todavía al menos 55%. Dado que la energía eléctrica almacenada en la unidad de batería de almacenamiento excede un consumo eléctrico previsto P_VB' (no se muestra) de la casa hasta el amanecer y una potencia fotovoltaica eléctrica P_PV' (no se muestra) que puede ser generada por el generador fotovoltaico se puede absorber por la batería y es suficiente para llevar la unidad de la batería de almacenamiento a un estado de carga de más del 70 por ciento en la puesta del sol (P_PV = 0), la unidad de pila de combustible no se utilizará todo el día, es decir, P_FC = 0 kW y FH = 0%.

Dado que una potencia fotovoltaica eléctrica P_{PV} (no mostrada) pronosticada que puede ser generada por el generador fotovoltaico no es suficiente para llevar la unidad de batería de almacenamiento a un estado de carga objetivo de la unidad de batería de almacenamiento de más del 95 por ciento, que se ha determinado que es favorable para este momento, la unidad de electrólisis también permanece inactiva todo el día, es decir,
 5 $P_{EL} = 0 \text{ kW}$.

La figura 6 muestra un segundo diagrama generado en el contexto de una simulación numérica de una instalación de energía doméstica. La figura 6a) muestra la progresión en el tiempo del estado de carga de la unidad de batería de almacenamiento y el nivel de llenado FH del tanque de hidrógeno en porcentaje. La Fig. 6b) muestra la progresión temporal de la potencia fotovoltaica eléctrica P_{PV} en kW, la potencia eléctrica de pila de combustible P_{FC} en kW y la potencia eléctrica de entrada de electrólisis P_{EL} en kW. En el eje de tiempo horizontal de las Figuras 6a) y 6b), muestra la hora del día el día 20 de marzo aplicado en horas.

Como puede verse en la figura 5a), la unidad de batería de almacenamiento funciona todo el día con un estado de carga de como máximo el 70 por ciento, de modo que la potencia fotovoltaica P_{PV} se puede almacenar en la unidad de batería de almacenamiento de la manera más eficiente posible.

Dado que una potencia fotovoltaica eléctrica P_{PV} (no mostrada) que puede generar el generador fotovoltaico es suficiente para llevar la unidad de batería de almacenamiento a un estado de carga de más del 95 por ciento al atardecer, la unidad de electrólisis se activa temporalmente, es decir, $P_{EL} > 0 \text{ kW}$.

En la Figura 7 se muestra un método ejemplar para operar una instalación doméstica de energía.

En un primer paso S1, se determina o especifica al menos un período de expectativa, donde el al menos un período de expectativa se extiende preferiblemente hasta que la energía de una fuente de energía renovable esté disponible nuevamente después del próximo amanecer posible.

En un segundo paso S2, se determina un perfil de carga esperado de un consumidor de electricidad, en particular su potencia eléctrica de consumo en el al menos un período de expectativa.

En un tercer paso S3, se determina un perfil de rendimiento esperado de la fuente de energía renovable en el al menos un período de expectativa, preferiblemente una potencia eléctrica fotovoltaica de un generador fotovoltaico.

En un cuarto paso S4, se determina o especifica una potencia de consumo mínimo, que por lo menos debería estar disponible para extraerse de la unidad de batería de almacenamiento en cualquier momento, y / o se especifica una tensión de fin de descarga de la unidad de batería de almacenamiento, de la que no debe bajarse en ningún momento.

En un quinto paso S5, se determinan un estado de carga objetivo de la unidad de batería de almacenamiento (440) y un balance de energía durante el al menos un período de expectativa a partir del perfil de rendimiento esperado y el perfil de carga esperado.

En un sexto paso S6, se determina una duración temporal de la unidad de batería de almacenamiento a partir del perfil de carga esperado, el perfil de rendimiento esperado y la potencia de consumo mínima, de la que no debe bajarse en ningún momento, del estado de carga de la unidad de batería de almacenamiento determinado actualmente y, preferentemente, la tensión de fin de descarga.

En un séptimo paso S7, la unidad de pila de combustible se hace opera con una potencia de pila de combustible en función de la duración temporal de la unidad de batería de almacenamiento determinada, en particular, encendiendo la unidad de pila de combustible si la duración temporal de la unidad de batería de almacenamiento determinada es más corta que el al menos un período de expectativa, y / o apagando la unidad de pila de combustible si la duración temporal de la unidad de batería de almacenamiento determinada es más larga que el al menos un período de expectativa,

En un octavo paso S8, que puede realizarse en paralelo al séptimo paso S7, la unidad de electrólisis se opera, en particular con una potencia de electrólisis calculada, en función del balance de energía determinado, en particular encendiendo la unidad de electrólisis cuando el balance de energía determinado es positivo y / o la desconectando de la unidad de electrólisis si el balance de energía determinado es negativo.

El procedimiento según la invención para el funcionamiento de una instalación de energía doméstica del ejemplo de realización de la figura 7 se lleva a cabo de forma recursiva a continuación del séptimo paso S7 y / o el octavo paso S8, comenzando por el primer paso S1.

REIVINDICACIONES

1. Un método para operar una instalación doméstica de energía para el suministro eléctrico autosuficiente, y preferiblemente para el suministro autosuficiente y neutro en CO₂ de calor, particularmente para casas unifamiliares y adosadas, donde la instalación doméstica de energía comprende una unidad de batería de almacenamiento (440), una unidad de pila de combustible (200), una unidad de electrólisis (300) para producir hidrógeno para ser utilizado por la unidad de pila de combustible (200) y un tanque de hidrógeno (400), que sirve como dispositivo de almacenamiento de energía de largo plazo y está en conexión de fluido con la unidad de pila de combustible (200) y con la unidad de electrólisis (300), donde el método incluye los pasos de:
- (S1) determinar o especificar al menos un período de expectativa, donde el al menos un período de expectativa se extiende hasta una nueva disponibilidad de energía de una fuente de energía renovable después del próximo amanecer posible,
 - (S2) determinar un perfil de carga esperado de un consumidor de electricidad (610), en particular su potencia eléctrica de consumo (P_VB) requerida durante dicho al menos un período de expectativa,
 - (S3) determinar un perfil de rendimiento esperado de la fuente de energía renovable durante el al menos un período de expectativa, preferiblemente una potencia eléctrica fotovoltaica (P_PV) de un generador fotovoltaico (100),
 - (S4) determinar o especificar una potencia de consumo mínima (V_VB) que por lo menos debería estar disponible para su extracción de la unidad de batería de almacenamiento (440) en cualquier momento dado, y / o especificar una tensión de fin de descarga de la unidad de batería de almacenamiento (440) de la que no debe bajarse en ningún momento dado,
 - (S5) determinar un estado de carga objetivo de la unidad de batería de almacenamiento (440) y determinar un balance de energía durante el al menos un período de expectativa a partir del perfil de rendimiento esperado y el perfil de carga esperado,
 - (S6) determinar una duración temporal de la unidad de batería de almacenamiento (440) a partir del perfil de carga esperado, del perfil de rendimiento esperado, de la potencia de consumo mínima, de la que no debe bajarse en ningún momento dado, de un estado de carga de la unidad de batería de almacenamiento determinado actualmente (440) y, preferiblemente, de la tensión de fin de descarga,
 - (S7) operar la unidad de pila de combustible (200) con una potencia de pila de combustible (P_FC) en función de la duración temporal de la unidad de batería de almacenamiento (440) determinada, en particular, encender la unidad de pila de combustible (200) si la duración temporal de la unidad de batería de almacenamiento (440) determinada es más corta que el al menos un período de expectativa, y / o apagar la unidad de pila de combustible (200) si la duración temporal de la unidad de batería de almacenamiento (440) determinada es más larga que el al menos un período de expectativa,
 - (S8) operar la unidad de electrólisis (300), en particular con una potencia de electrólisis calculada (P_EL), en función del balance de energía determinado, en particular, encender la unidad de electrólisis (300) si el balance de energía determinado es positivo, y desconectar la unidad de electrólisis (300) si el balance de energía determinado es negativo.
2. El método según al menos una de las reivindicaciones anteriores, en el que la unidad de pila de combustible (200) se hace funcionar de forma controlada por potencia, en particular, en función del balance de energía determinado.
3. El método según al menos una de las reivindicaciones anteriores, donde el momento y la cantidad de energía de calefacción requerida por una casa alimentada por dicha instalación doméstica de energía también entra en consideración para la especificación de la potencia de pila de combustible (P_FC).
4. El método según al menos una de las reivindicaciones anteriores, donde la unidad de pila de combustible (200) se hace funcionar al menos hasta que la unidad de batería de almacenamiento (440) ha alcanzado un estado de carga objetivo predefinido o recalculado.
5. El método según al menos una de las reivindicaciones anteriores, donde la unidad de electrólisis (300) se opera de manera controlada por potencia, dependiendo en particular del balance de energía determinado.
6. El método según al menos una de las reivindicaciones anteriores, en el que la unidad de pila de combustible (200) se opera de forma intermitente según se requiera, preferiblemente de tal manera que los períodos en espera sean cada uno inferiores a 10 minutos.
7. El método según al menos una de las reivindicaciones anteriores, donde la unidad de electrólisis (300) se opera con una eficiencia óptima si al final del período de expectativa a corto plazo el estado de carga objetivo de la unidad de batería de almacenamiento (440) puede ser alcanzado y la potencia producida de forma renovable está disponible para su uso en cualquier momento a través del consumo de electricidad y / o de la unidad de batería de almacenamiento (440) y / o del dispositivo de almacenamiento térmico, y / o donde la unidad de electrólisis (300) se opera con una eficiencia óptima si el balance de energía determinado es menor o igual a 0, de modo que la unidad de electrólisis (300) se opera, al menos de forma intermitente, utilizando energía extraída de la unidad de batería de almacenamiento (440).

8. Método según al menos una de las reivindicaciones anteriores, donde la unidad de electrólisis (300) se opera de forma controlada por potencia para nivelar la carga, en particular, en función del nivel de llenado del tanque de hidrógeno (400) y / o del balance de energía.

9. El método según al menos una de las reivindicaciones anteriores, donde una varilla de calentamiento situada en el tanque de almacenamiento de agua caliente (450) se conecta eléctricamente al punto de alimentación de corriente continua y / o al punto de alimentación de corriente alterna si un excedente de potencia en cualquiera de los puntos de alimentación respectivos que no pueden ser absorbidos por la unidad de electrólisis (300) en forma de potencia de entrada de electrólisis.

10. El método según al menos una de las reivindicaciones anteriores, donde una carga de mantenimiento de la unidad de batería de almacenamiento (440) está preferiblemente precedida por una carga a través de fuentes renovables hasta un nivel de al menos aproximadamente el 85%, el momento para el inicio de la carga de mantenimiento se determina de manera flexible utilizando el gestor predictivo de energía, y la carga de mantenimiento se realiza posteriormente independientemente de la disponibilidad de energía renovable a través de la unidad de pila de combustible (200).

11. El método según al menos una de las reivindicaciones anteriores, en el que el funcionamiento de la unidad de pila de combustible se realiza a través de un punto de alimentación de corriente continua de 48 voltios de la instalación doméstica de energía, en particular sin la presencia de un convertidor de tensión conectado aguas arriba de la unidad de pila de combustible.

12. Una instalación doméstica de energía (500) para el suministro eléctrico autosuficiente y preferiblemente para el suministro autosuficiente y neutro en CO₂ de calor, principalmente para casas unifamiliares y adosadas, con

- un punto de alimentación de corriente continua (250), preferiblemente configurado para una tensión nominal de 48 voltios, y / o un punto de alimentación de corriente alterna (150) configurado preferiblemente para una tensión nominal de 230 voltios o 110 voltios, donde, durante el funcionamiento, el punto de alimentación de corriente continua (250) y / o el punto de alimentación de corriente alterna (150), están conectados al menos de forma intermitente a un consumidor de electricidad (610) que tiene una cantidad de potencia de consumo (P_VB),
- un generador fotovoltaico (100) que está conectado eléctricamente al menos de forma intermitente al punto de alimentación de corriente continua (250) y / o al punto de alimentación de corriente alterna (150) para generar una potencia eléctrica fotovoltaica (P_PV) y / o una instalación de energía eólica conectada al menos de forma intermitente, y / u otra instalación para generar energía a partir de fuentes renovables conectada al menos de forma intermitente,
- una unidad de pila de combustible (200) que está conectada eléctricamente al menos de forma intermitente al punto de alimentación de corriente continua (250) para generar una potencia eléctrica de pila de combustible (P_FC),
- una unidad de electrólisis (300) conectada eléctricamente al punto de alimentación de corriente continua (250) para generar hidrógeno para ser consumido por la unidad de pila de combustible (200), donde la unidad de electrólisis (300) está alimentada, cuando está en uso, con una potencia eléctrica de entrada de electrólisis (P_EL),
- un tanque de hidrógeno (400), en particular como dispositivo de almacenamiento de energía de largo plazo, que está conectado al menos de forma intermitente en conexión de fluido a la unidad de pila de combustible (200) y a la unidad de electrólisis (300) y que está configurado para almacenar hidrógeno generado mediante la unidad de electrólisis (300) y para ser consumido por la unidad de pila de combustible (200),
- una unidad de batería de almacenamiento (440), que sirve en particular como un dispositivo de almacenamiento de energía de corto plazo, que está conectado, o es conectable, al punto de alimentación de corriente continua, de manera que una potencia eléctrica fotovoltaica (P_PV) y una potencia eléctrica de pila de combustible (P_FC) se puede alimentar a la unidad de batería de almacenamiento (440), y una potencia eléctrica de entrada de electrólisis (P_EL), y una potencia de consumo (V_VB) se puede extraer de la unidad de batería de almacenamiento (440); y
- con un módulo de control (510) configurado para controlar la instalación doméstica de energía (500) según cualquier método según al menos una de las reivindicaciones anteriores.

13. La instalación doméstica de energía (500) según la reivindicación 12, con

- un dispositivo de almacenamiento térmico, preferiblemente un tanque de almacenamiento de agua caliente (450), realizado, en particular, como un tanque de almacenamiento estratificado, que, en el lado de entrada, está al menos conectado térmicamente de forma intermitente a la unidad de electrólisis (300) y / o a la unidad de pila de combustible (200) y / o a un quemador catalítico de H₂, de manera que una cantidad de calor de electrólisis (Q_EL) y / o una cantidad de calor de pila de combustible (Q_BZ) y / o una cantidad de calor de quemador catalítico de H₂ (Q_KB) se puede transferir al dispositivo de almacenamiento térmico, y que, en el lado de salida, está preferiblemente, al menos de manera intermitente, conectado térmicamente a un calentador de agua caliente y / o a un consumidor de agua (620), de manera que una cantidad de calor de agua caliente (Q_WW) pueda liberarse en la zona de estancia (900) y / o transmitirse al consumidor de agua (620), y que tiene preferiblemente una varilla de calentamiento, que está, al menos de manera intermitente, conectada eléctricamente al punto de alimentación de corriente continua (250) y / o al punto de alimentación de corriente alterna (150).

5 14. La instalación doméstica de energía (500) según la reivindicación 12 o 13, donde la unidad de pila de combustible (200) está conectada térmicamente, o es conectable térmicamente, a un aparato de calefacción y ventilación (630) configurado para calentar y / o ventilar una zona de estancia (900), de manera que una cantidad de calor de pila de combustible (Q_FC) pueda liberarse en la zona de estancia (900), y / o donde la unidad de pila de combustible (200) está conectada térmicamente, o es conectable térmicamente, a través de una línea de fluido refrigerante, al aparato de calefacción y ventilación (630) configurado para calentar y / o ventilar la zona de estancia (900), y / o al tanque de almacenamiento de agua caliente (450).

10 15. La instalación doméstica de energía (500) según al menos una de las reivindicaciones 12 a 14, que incluye además un intercambiador de calor aire-aire (600) que está, al menos de manera intermitente, conectado térmicamente a la ventilación/descarga de la unidad de electrólisis (300) y / o de la unidad de pila de combustible (200) y / o de la unidad de almacenamiento de batería y / o de la electrónica de potencia y / o el quemador catalítico, y a través del cual el calor de escape recogido de los módulos conectados (Q_Module) puede ser liberado en la zona de estancia (900).

15

Sistema 1
Pila de combustible enriada por aire con KWL

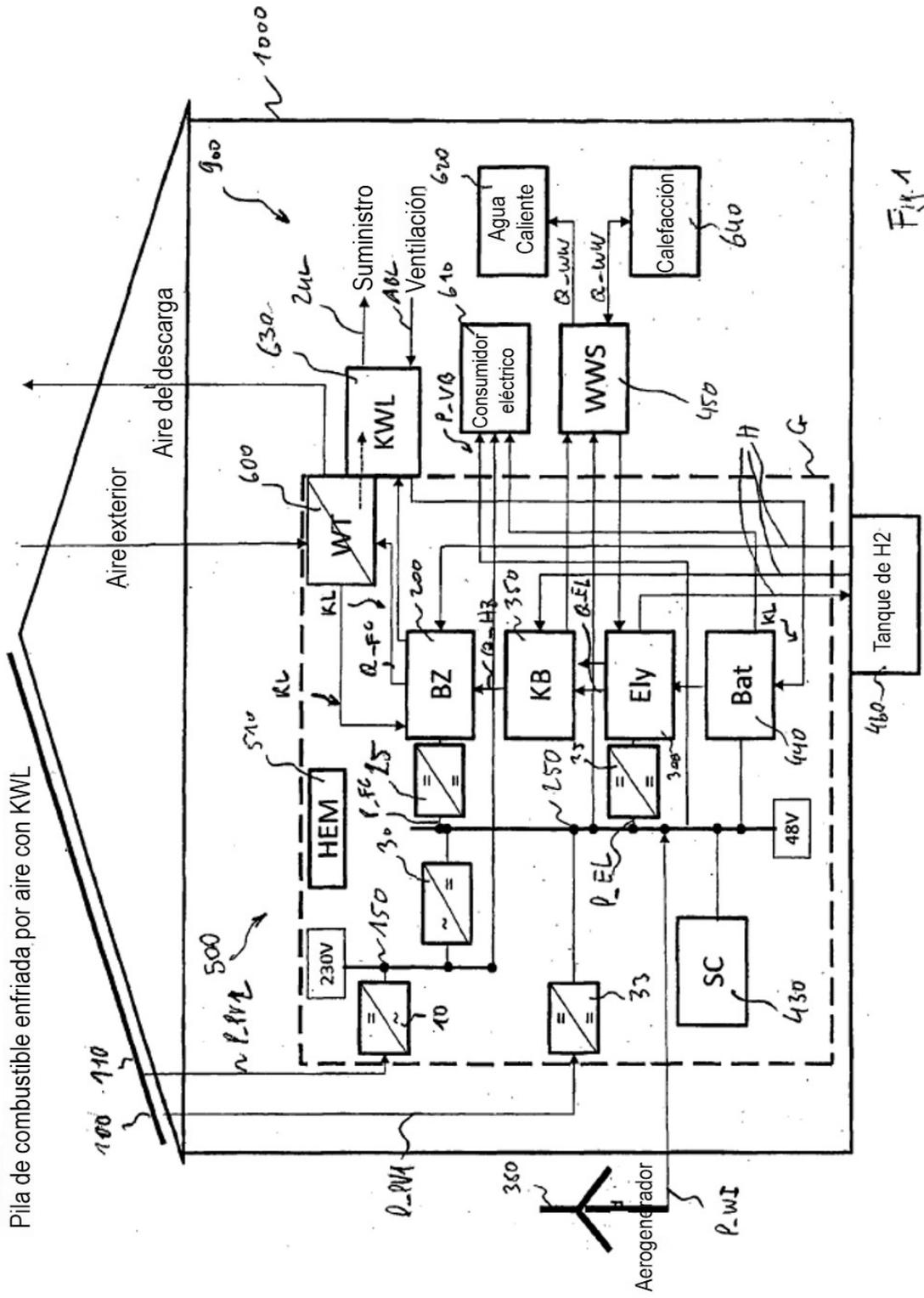


Fig. 1

Sistema 3
Pila de combustible enfría por líquido con KWL

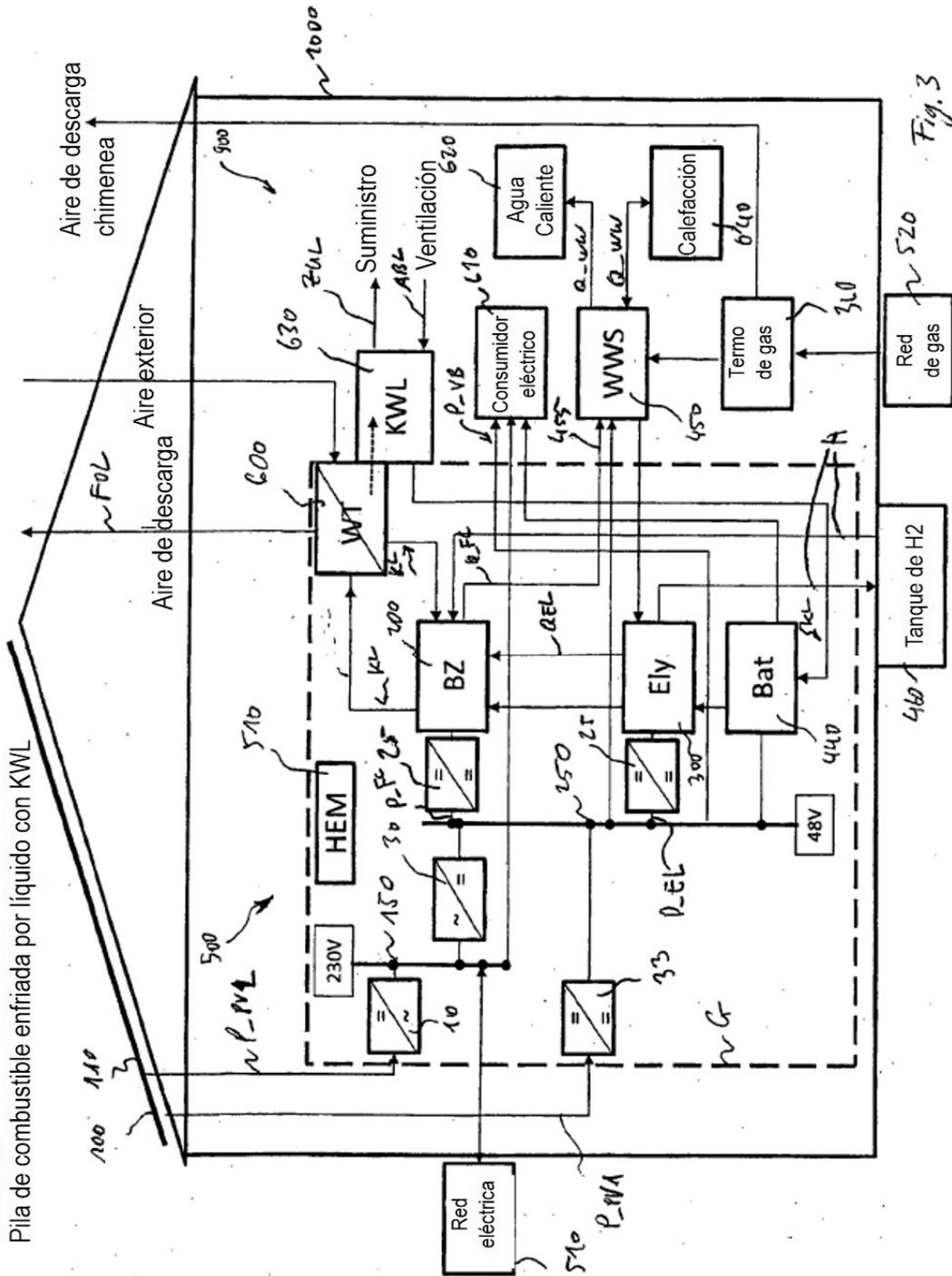


Fig. 3

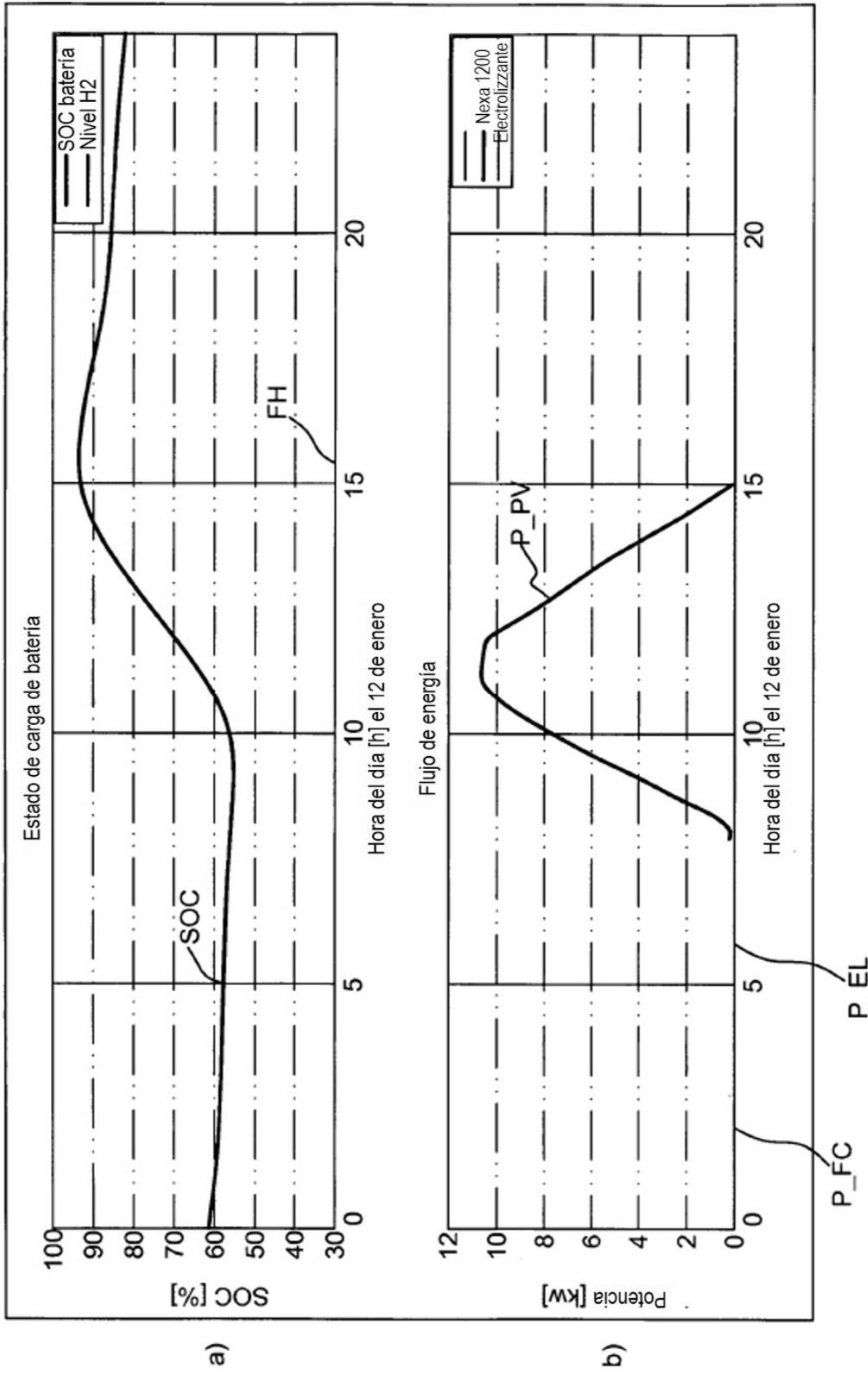


FIG. 5

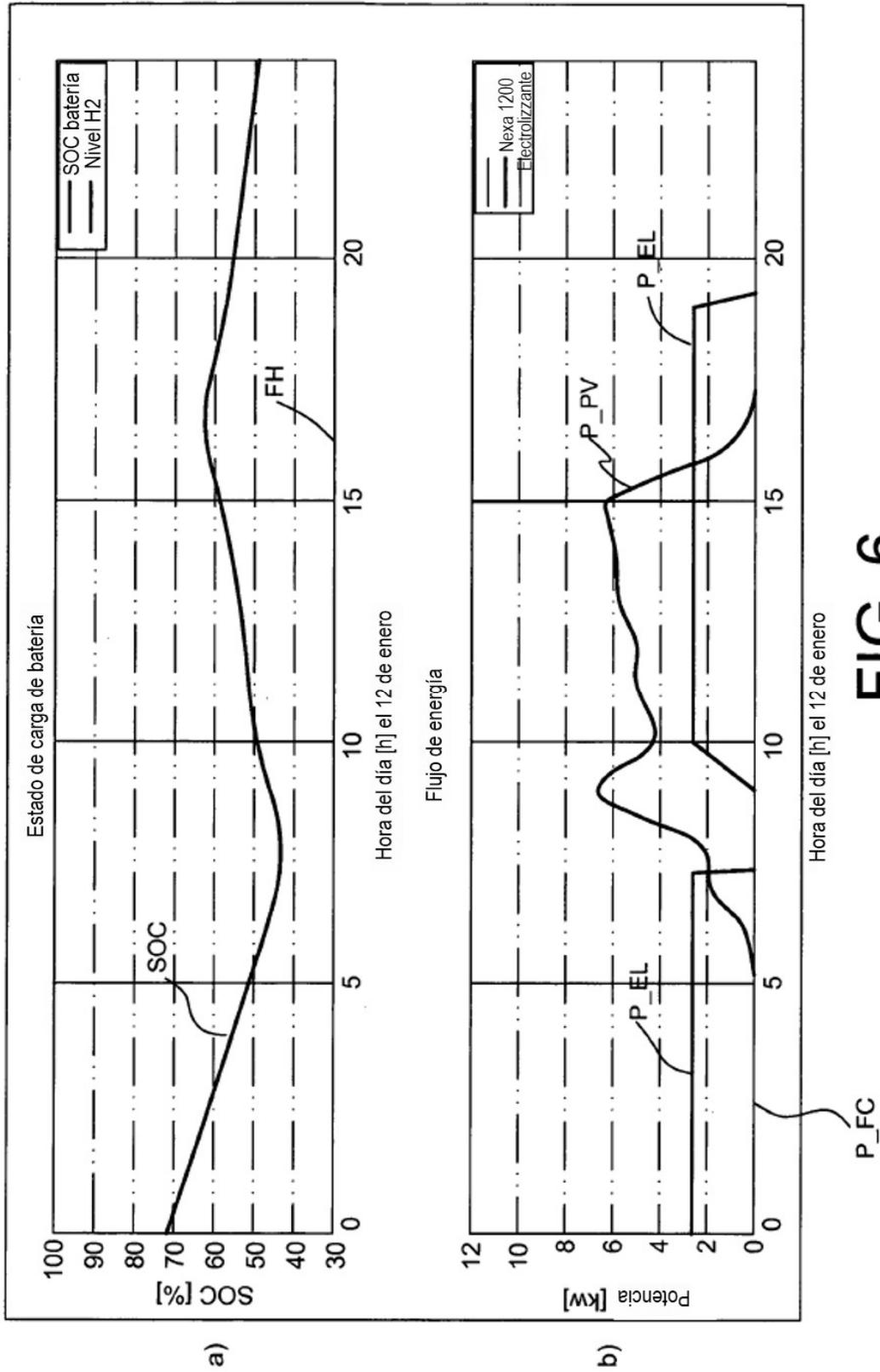


FIG. 6

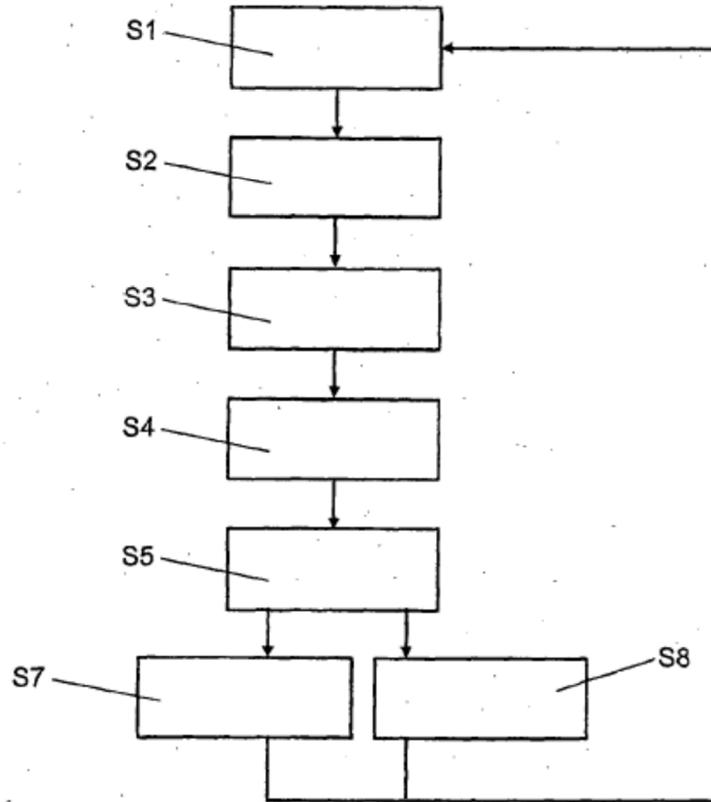


Fig. 7