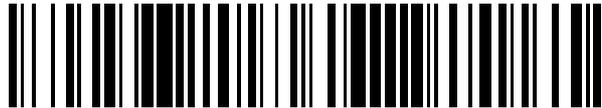


19



OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 635 647**

21 Número de solicitud: 201730620

51 Int. Cl.:

**H02S 10/10** (2014.01)

**H02S 10/20** (2014.01)

**F25B 49/00** (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

**17.04.2017**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**04.10.2017**

71 Solicitantes:

**ECOFORST GEOTERMIA, S.L. (100.0%)  
Calle Puerto Rico 14 bajo  
36204 VIGO (Pontevedra) ES**

72 Inventor/es:

**PÉREZ FERNÁNDEZ, Eladio;  
UHÍA VIZOSO, Francisco José ;  
CALERO FERREIRO, Marta;  
PEREIRO MELÓN, Alejandro y  
NOVOA NOVOA, Víctor**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

54 Título: **SISTEMA Y MÉTODO DE APROVECHAMIENTO DE EXCEDENTES DE ENERGÍA ELÉCTRICA PROCEDENTES DE UNA INSTALACIÓN CON GENERACIÓN ELÉCTRICA RENOVABLE**

57 Resumen:

Sistema y método de aprovechamiento de excedentes de energía eléctrica procedentes de una instalación con generación eléctrica renovable. El sistema comprende una bomba de calor (2) con compresor modulante para ajustar la potencia en función de una consigna de producción; y una unidad de control (1) configurada para monitorizar el balance energético entre la red eléctrica (4) y una instalación eléctrica (10) con un sistema de producción renovable (5); determinar, en base a dicho balance energético y al menos un límite de control de excedente (106), si se efectúa una habilitación de la regulación de excedente de energía; calcular una consigna de producción de excedente que incluye al menos un parámetro de funcionamiento de la bomba de calor (2) para ajustar el balance energético de la instalación eléctrica (10) con la red eléctrica (4) según una determinada consigna de balance energético (110); y enviar la consigna de producción de excedente a la bomba de calor (2).

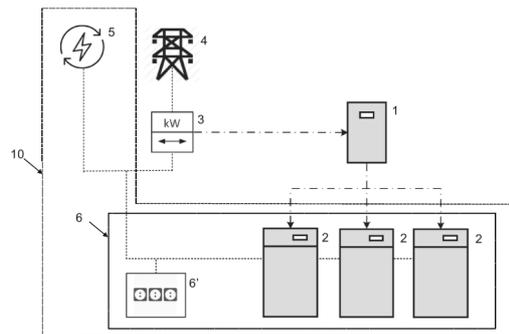


Fig. 1

**SISTEMA Y MÉTODO DE APROVECHAMIENTO DE EXCEDENTES DE ENERGÍA ELÉCTRICA PROCEDENTES DE UNA INSTALACIÓN CON GENERACIÓN ELÉCTRICA RENOVABLE**

5

**DESCRIPCIÓN**

**Campo de la invención**

La presente invención se engloba dentro del campo de los sistemas de generación eléctrica mediante fuentes renovables, y más concretamente, en los sistemas de aprovechamiento de excedentes de energía eléctrica procedentes de un sistema de generación eléctrica renovable.

**Antecedentes de la invención**

Uno de los mayores retos que representa la generación y el autoconsumo de energía eléctrica consiste en gestionar el carácter arbitrario de las fuentes renovables que dependen de múltiples factores ambientales difíciles de prever, tales como el sol o el viento. Este carácter imprevisible de las energías renovables hace que, en la mayoría de las aplicaciones prácticas, los periodos de producción no coincidan con los periodos de consumo.

Actualmente, existen sistemas capaces aprovechar los excedentes de producción eléctrica renovable mediante la activación controlada de cargas. Sin embargo, con estos métodos es difícil equilibrar el balance energético entre producción y consumo, puesto que en toda instalación existen cargas que no pueden hacerse coincidir con el periodo de producción, o que al activarse producen un consumo que no se ajusta a la producción.

En la mayoría de los casos, esto hace necesario que los sistemas de generación eléctrica mediante fuentes renovables permanezcan conectados a la red eléctrica para equilibrar los desajustes entre la producción y el consumo de la instalación. De este modo, en los periodos en los que el consumo supera a la producción renovable el sistema consume energía de la red (consumo neto) y, en los periodos en los que la producción renovable supera el consumo el sistema inyecta el excedente en la red (producción neta) para equilibrar el balance. Sin embargo, esta solución supone una inversión adicional y puede generar inestabilidades y trastornos en la distribución de energía. Por otra parte, el coste de la energía eléctrica en los periodos de consumo neto de la instalación es habitualmente muy

superior al beneficio obtenido en los periodos de producción neta de la instalación, lo cual supone una opción poco interesante desde el punto de vista económico.

5 Por los motivos anteriormente expuestos resulta de vital importancia buscar alternativas que permitan almacenar el excedente de energía renovable en los periodos de producción neta para que pueda ser utilizada en los periodos de consumo neto, y así reducir o eliminar la dependencia de la red eléctrica. Dentro de las opciones de acumulación existentes actualmente se pueden destacar principalmente tres tipos de aplicaciones: almacenamiento en forma de energía eléctrica, almacenamiento en forma de energía potencial y  
10 almacenamiento en forma de energía térmica.

Desde hace tiempo son conocidos los métodos de almacenamiento del excedente en baterías eléctricas, que, gracias a los avances tecnológicos en este campo en los últimos años, han permitido la proliferación de las instalaciones de este tipo. Sin embargo, las  
15 baterías eléctricas presentan limitaciones físicas asociadas a la densidad de carga y a su vida útil y, en muchos casos, para asegurar que sea posible cubrir la mayoría de los consumos de una instalación en cualquier momento, es necesaria la utilización de un gran número de baterías, lo cual puede incrementar el coste de instalación significativamente.

20 También se conocen métodos de almacenamiento en forma de energía potencial para aprovechar el excedente proveniente de fuentes renovables, tales como el almacenamiento de fluidos por bombeo o de gases comprimidos. Estos métodos se basan en la utilización de los excedentes eléctricos en periodo de producción neta para bombear o comprimir un fluido, aumentando su energía potencial, para después producir energía eléctrica por medio  
25 de una turbina en los periodos de consumo neto. Pero, una vez más, para cubrir consumos elevados de potencia se necesita instalaciones de gran tamaño y elevado coste.

Finalmente, existe la posibilidad de almacenar los excedentes de energía eléctrica en forma de energía térmica, bien en forma de calor o de frío. Esta opción presenta la ventaja de que  
30 la mayor parte de las instalaciones domésticas, comerciales o industriales, utilizan habitualmente importantes cantidades de energía térmica, por lo que la energía almacenada puede utilizarse directamente. Dentro de las tecnologías que permiten el almacenamiento térmico mediante sistemas de producción eléctrica renovables pueden destacarse principalmente dos aplicaciones: mediante resistencias eléctricas y mediante bomba de  
35 calor.

Los sistemas de acumulación de energía térmica mediante resistencias eléctricas presentan la ventaja de que suponen un coste muy reducido y el rendimiento de transformación de energía eléctrica en térmica es del 100%, es decir, cada kW eléctrico se trasforma en un kW  
5 térmico. Sin embargo, tienen el inconveniente de que solo permiten la acumulación de energía térmica en forma de calor. Por su parte, los sistemas de acumulación de energía basados en bomba de calor pueden producir energía térmica, tanto en forma de calor como en forma de frío, según las necesidades. Además, debido a que transfieren energía desde un foco frío hasta un foco caliente, los sistemas basados en bomba de calor pueden  
10 alcanzar rendimientos de generación de energía térmica a partir de energía eléctrica de entre el 300 y el 500%, lo cual incrementa considerablemente el potencial de aprovechamiento del excedente eléctrico del sistema de producción renovable. Incluso existe la posibilidad de aprovechar tanto la generación de calor como la de frío simultáneamente, en cuyo caso los rendimientos de generación de energía eléctrica en  
15 térmica pueden alcanzar valores entre el 700% y el 900%.

Otro aspecto que permite incrementar la tasa de aprovechamiento del excedente de energía eléctrica es la capacidad de modulación de potencia del sistema de producción térmica. De este modo, los sistemas de producción todo/nada, tanto basados en resistencias eléctricas  
20 como en bomba de calor, generan un consumo eléctrico no controlado, de modo que no se puede adaptar en tiempo real al excedente de producción. Debido a ello, es habitual que al activar estos sistemas de producción térmica el consumo eléctrico de la instalación sea superior a la producción del sistema renovable, lo cual genera un consumo eléctrico neto de la red con un coste de operación asociado. Por tanto, solo interesa activar el sistema de  
25 producción por encima de un valor de excedente eléctrico determinado, lo cual puede reducir significativamente el potencial de aprovechamiento de dicho excedente.

Actualmente, se conocen sistemas de control capaces de modular la potencia consumida por una resistencia eléctrica con el objetivo de ajustar el consumo eléctrico a la producción  
30 en tiempo real, de modo que se evitan los sobreconsumos del sistema de producción térmico. Sin embargo, aunque existen en el mercado diferentes fabricantes que comercializan bombas de calor con capacidad de modular potencia, no se conocen soluciones técnicas que permitan el uso de estos equipos con el objetivo de ajustar el balance energético producción/consumo de una instalación. Esto es debido a la complejidad  
35 técnica y a las restricciones de utilización de las bombas de calor, lo cual hace necesario

que para obtener un sistema eficiente y fiable sea necesario desarrollar equipos específicamente diseñados para realizar esta función.

### **Descripción de la invención**

5 La invención se refiere a un sistema y método de aprovechamiento de excedentes de energía eléctrica procedentes de un sistema de generación eléctrica renovable, que permite el ajuste en tiempo real entre el consumo y la producción, mediante el uso de bombas de calor modulantes.

10 El sistema comprende una unidad de control y una o varias bombas de calor con al menos un compresor modulante configurado para ajustar la potencia consumida en función de una consigna de producción. La unidad de control está configurada para monitorizar el balance energético entre la red eléctrica y una instalación eléctrica con un sistema de producción renovable; determinar, en base a dicho balance energético y al menos un límite de control  
15 de excedente, si se efectúa una habilitación de la regulación de excedente de energía; calcular una consigna de producción de excedente que incluye al menos un parámetro de funcionamiento de la bomba de calor para ajustar el balance energético de la instalación eléctrica con la red eléctrica según una determinada consigna de balance energético; y enviar la consigna de producción de excedente a la bomba de calor.

20 El sistema puede además comprender medios de medición del intercambio energético entre la red eléctrica y la instalación eléctrica. En una realización, los medios de medición del intercambio energético entre la red eléctrica y la instalación eléctrica comprenden un medidor bidireccional de energía; estando la unidad de control configurada para monitorizar  
25 el balance energético a partir de las mediciones recibidas del medidor bidireccional de energía.

La unidad de control está preferentemente configurada para calcular una consigna de producción de excedente que equilibra el balance energético entre la red eléctrica y la  
30 instalación eléctrica. La consigna de producción de excedente puede comprender una señal de regulación de balance energético indicativa de la demanda de producción de excedente que debe generar o consumir la bomba de calor.

En una realización, la consigna de producción de excedente comprende al menos una  
35 consigna de operación en modo excedente indicativa de la consigna de temperatura de al

menos un servicio de producción de la bomba de calor. La consigna de operación en modo excedente puede comprender al menos una cualquiera de las siguientes: temperatura de ACS excedente, temperatura de acumulador de inercia de calefacción excedente, temperatura de acumulador de inercia de refrigeración excedente, temperatura de piscina excedente, temperatura de impulsión excedente, y temperatura ambiente excedente.

La consigna de producción de excedente puede comprender una señal de estado de modo excedente indicativa de la habilitación de la regulación de excedente de energía. El límite de control de excedente comprende al menos una cualquiera de las siguientes: límite superior de potencia intercambiada entre la red eléctrica y la instalación eléctrica, límite inferior de potencia intercambiada entre la red eléctrica y la instalación eléctrica, tiempo en que se supera el límite superior de potencia, tiempo en que se supera el límite inferior de potencia.

En una realización, la bomba de calor está configurada para gestionar demandas de producción base de acuerdo a al menos una consigna de operación base y, cuando recibe una consigna de producción de excedente, gestionar la demanda de producción de energía excedente según la consigna de producción de excedente recibida. La bomba de calor puede además estar configurada para gestionar la demanda de producción de energía excedente cuando se cumplen las siguientes condiciones: no existe demanda de producción base por satisfacer; se recibe una señal de estado de modo excedente indicativa de la habilitación de la regulación de excedente de energía; y existe un excedente de energía eléctrica que pueda ser aprovechado para producir o almacenar energía térmica en la instalación eléctrica.

Un segundo aspecto de la presente invención se refiere a un método de aprovechamiento de excedentes de energía eléctrica procedentes de una instalación con generación eléctrica renovable. El método comprende los siguientes pasos:

- Monitorizar el balance energético entre la red eléctrica y una instalación eléctrica con un sistema de producción renovable.
- Determinar, en base a dicho balance energético y al menos un límite de control de excedente, si se efectúa una habilitación de la regulación de excedente de energía.
- Calcular una consigna de producción de excedente que incluye al menos un parámetro de funcionamiento de una bomba de calor con al menos un compresor modulante, para ajustar el balance energético de la instalación eléctrica con la

red eléctrica según una determinada consigna de balance energético.

- Enviar la consigna de producción de excedente a la bomba de calor.
- Ajustar, mediante la bomba de calor, la potencia consumida en función de la consigna de producción de excedente recibida.

5

La tecnología de gestión de excedentes que implementa el sistema propuesto aporta las siguientes ventajas con respecto a las soluciones actualmente existentes:

10 - Permite incrementar significativamente el porcentaje de aprovechamiento de los excedentes de producción eléctrica procedente de fuentes renovables respecto a los sistemas de producción térmica basados en resistencias eléctricas o bombas de calor todo/nada, puesto que no generan consumos adicionales importantes cuando se activa el sistema.

- Permite obtener rendimientos de producción térmica muy superiores a los que se pueden obtener con resistencias eléctricas, tanto todo/nada como modulantes.

15

### **Breve descripción de los dibujos**

A continuación se pasa a describir de manera muy breve una serie de dibujos que ayudan a comprender mejor la invención y que se relacionan expresamente con una realización de dicha invención que se presenta como un ejemplo no limitativo de ésta.

20

La Figura 1 representa, de acuerdo a una realización, los elementos del sistema de gestión de excedentes en color gris: unidad de control y bomba de calor modulante.

25 La Figura 2 representa un diagrama de flujo de proceso ejecutado por la unidad de control para el aprovechamiento de excedentes de energía eléctrica procedentes de una instalación con generación eléctrica renovable.

La Figura 3 muestra un diagrama de flujo de proceso de la funcionalidad de gestión de excedentes de la bomba de calor.

30

La Figura 4 ilustra la aplicación del sistema de gestión de excedentes a una instalación de generación solar fotovoltaica.

35 La Figura 5 representa un ejemplo de lectura del contador energético y las diferentes variables que determinan la habilitación de la gestión del excedente eléctrico.

La Figura 6 ilustra un ejemplo de la regulación de excedente de energía utilizando una bomba de calor modulante, de acuerdo a la presente invención.

5 Las Figuras 7A y 7B muestran una comparación del potencial de aprovechamiento del excedente eléctrico empleando una bomba de calor todo/nada (Figura 7A) o una bomba de calor modulante (Figura 7B).

10 La Figura 8 muestra otro ejemplo de sistema de gestión de excedentes aplicado a una instalación de generación solar fotovoltaica, donde la unidad de control se implementa internamente en la propia bomba de calor.

### **Descripción detallada de la invención**

15 La presente invención se refiere a un sistema de aprovechamiento de excedentes de producción eléctrica renovable, mediante bombas de calor modulantes que permiten ajustar en tiempo real el consumo y el excedente de energía eléctrica.

20 El sistema propuesto comprende una unidad de control que se comunica con una o varias bombas de calor modulantes, elementos todos ellos que han sido expresamente desarrollados y/o adaptados para la función descrita. Las bombas de calor utilizadas pueden ser de cualquier tipo (agua-agua, glicol-agua, aire-agua, aire-aire, etc.) siempre que incluyan al menos un compresor modulante que permita ajustar la potencia térmica producida variando las revoluciones de giro del motor eléctrico. El sistema propuesto puede utilizarse en los sectores doméstico, comercial e industrial para aplicaciones de producción de calor, 25 producción de frío o producción de calor y frío de forma simultánea. El sistema propuesto puede utilizarse con cualquier sistema de producción eléctrica procedente de fuentes renovables con conexión a red, bien sean de procedencia solar fotovoltaica, eólica u otra tecnología.

30 La **Figura 1** representa una realización del sistema de gestión de excedentes formado por una unidad de control 1 y una o varias bombas de calor 2 que incorporan uno o varios compresores modulantes.

35 La unidad de control 1 se instala conjuntamente con una o varias bombas de calor 2 que incluyen la tecnología de gestión de excedentes. Dicha unidad de control 1 comprende un

controlador programable dotado de un software desarrollado ad hoc con acceso a la lectura de un contador energético bidireccional o medidor bidireccional de energía 3. Entre las diferentes aplicaciones que permite la unidad de control 1 se incluye la funcionalidad de gestión de excedentes. Esta funcionalidad permite monitorizar el balance energético entre la red eléctrica 4 y una instalación eléctrica 10 con un sistema de producción renovable 5 y unas cargas eléctricas 6 de la instalación (las cuales incluyen una o varias bombas de calor 2 y unas cargas eléctricas adicionales 6' de la instalación), detectando en tiempo real si existe una producción o un consumo eléctrico neto del sistema de producción renovable 5 (i.e. sistema de generación mediante fuentes renovables) respecto a la red eléctrica 4.

10 En caso de que exista una inyección de energía eléctrica a la red 4 que exceda un valor determinado durante un tiempo, la unidad de control 1 envía a la bomba de calor 2 una variable que indica que existe excedente. Por otra parte, la unidad de control 1 accede a la bomba de calor 2 para generar demandas de producción extra y, al mismo tiempo, le transmite información de cómo debe ajustar el consumo del compresor para equilibrar el balance entre producción y consumo respecto a la red eléctrica. En caso de que la inyección a red descienda por debajo de un valor determinado durante un tiempo, o exista un consumo neto que alcance un valor dado, la unidad de control 1 desactiva en la bomba de calor la variable que indica que existe excedente. Para mayor flexibilidad del sistema, los valores del balance (kW inyectados / consumidos) en los que se activa/desactiva el control de excedentes y los tiempos de conexión/desconexión son configurables.

25 Para generar las demandas de producción extra, la unidad de control 1 accede la bomba de calor 2 y escribe diferentes temperaturas de consigna en modo excedente, las cuales generan en la bomba de calor unas demandas de producción extra, ya sea de producción de calor (ACS, calefacción, piscina, calor para procesos industriales, etc.) como de refrigeración (acondicionamiento de aire, frío para procesos industriales, etc.). A continuación, se indican las posibles consignas de temperatura en modo excedente que pueden ser enviadas a la bomba de calor 2 (para aportar una mayor flexibilidad de utilización o adaptación a la instalación térmica estas consignas de temperatura excedente son configurables por el usuario):

- TEMPERATURA DE ACS EXCEDENTE: Es la temperatura objetivo que la bomba de calor debe mantener en el acumulador de ACS.

- TEMPERATURA ACUMULADOR DE INERCIA CALEFACCIÓN EXCEDENTE: Es la temperatura objetivo que la bomba de calor debe mantener en el acumulador de inercia de calefacción.
- 5 - TEMPERATURA ACUMULADOR DE INERCIA REFRIGERACIÓN EXCEDENTE: Es la temperatura objetivo que la bomba de calor debe mantener en el acumulador de inercia de refrigeración.
- TEMPERATURA DE PISCINA EXCEDENTE: Es la temperatura objetivo que la bomba de calor debe mantener en el vaso de piscina.
- TEMPERATURA DE IMPULSIÓN EXCEDENTE: Es la temperatura de impulsión  
10 objetivo que la bomba de calor debe mantener en el suministro al servicio, bien para aplicaciones de calefacción como de refrigeración.
- TEMPERATURA AMBIENTE EXCEDENTE. Es la temperatura de ambiente objetivo que la bomba de calor debe mantener en una estancia a climatizar.

15 Dependiendo de la configuración de la bomba de calor 2, tipo de instalación y programa de funcionamiento activado, la bomba de calor 2 utiliza unas u otras consignas de temperatura para generar las demandas de producción excedente. Por otra parte, la unidad de control 1 monitoriza el balance de energía eléctrica respecto a la red y, mediante un control PID por ejemplo, genera una variable proporcional entre 0 y 100 con respecto al valor del balance  
20 energético que se desea estabilizar. El valor del balance que se desea estabilizar será normalmente 0, es decir, un balance que ajusta el consumo a la producción. Sin embargo, para dar mayor flexibilidad de utilización del sistema es posible configurar otros valores, como por ejemplo sería el estabilizar un consumo neto de 0,5 kW (-0,5 kW) o una producción neta de 0,5 kW (+0,5 kW).

25 En la **Figura 2** se muestra, de acuerdo a una posible realización, el diagrama de flujo del proceso 100 ejecutado en la unidad de control 1 para el aprovechamiento de excedentes de energía. En primer lugar, la unidad de control 1 realiza una lectura del contador energético 102 (medidor bidireccional de energía) para conocer el balance en tiempo real entre la red y  
30 la instalación.

La unidad de control 1 comprueba 104, en base a dichas medidas y a uno o varios umbrales o límites de control de excedente 106, si se efectúa la activación o desactivación del modo de trabajo con excedente de energía. Los límites de control de excedente 106 pueden ser

configurados por el usuario. En dicha comprobación 104 la unidad de control 1 también puede tener en cuenta que se superen los límites de control excedente 106 repetidamente durante al menos un tiempo establecido, y no en una única lectura puntual del contador energético.

5

Cuando se activa la regulación del balance energético la unidad de control 1 procede a efectuar una regulación del balance energético 108 respecto a la red, considerando un valor de consigna de balance energético 110 que se desea establecer entre la red y la instalación. Dicha consigna de balance energético, normalmente fijado a 0, es configurable por el

10

Finalmente, la unidad de control 1, en base a unas consignas de operación de excedente 114 (previamente definidas y configurables por el usuario) y los datos previamente obtenidos, realiza el envío 112 de las siguientes variables de control a la bomba de calor 2:

15

- Estado de modo excedente 116: variable que indica que existe excedente.

- Consignas de operación en modo excedente 118: consignas de temperatura en modo excedente previamente explicadas.

20

- Regulación de balance energético 120: variable proporcional al consumo de la bomba de calor 2 necesario para ajustar el balance energético entre la red y la instalación al valor deseado.

En el diagrama de flujo de la Figura 2, los paralelogramos blancos (referencias 106, 110 y 114) representan los datos configurables proporcionados previamente por el usuario, mientras que los paralelogramos grises (referencias 116, 118 y 120) representan los datos o

25

variables de control enviados desde la unidad de control 1 a la bomba de calor 2.

La bomba de calor 2 incluye un software de gestión con una funcionalidad de gestión de excedentes, la cual le permite recibir información de la unidad de control 1 y actuar sobre sus parámetros de funcionamiento para realizar un consumo del compresor que se ajusta en tiempo real al excedente de producción eléctrica de la instalación. La bomba de calor 2 utiliza la información recibida de la unidad de control 1 para realizar una producción térmica extra con el excedente eléctrico generado por el sistema renovable, sin generar consumos eléctricos adicionales importantes. Dicha energía térmica extra puede almacenarse en diferentes elementos de la instalación térmica, tales como acumuladores de inercia de

30

calefacción y refrigeración, acumulador de ACS, piscina, mortero de sistemas de suelo radiante, en el aire ambiente de las estancias a climatizar u otros.

5 Para poder llevar a cabo esta funcionalidad de gestión de excedentes con éxito, es importante garantizar que en todo momento la bomba de calor 2 y la instalación térmica en su conjunto se mantienen dentro de los rangos de operación permitidos. Por otra parte, debe garantizarse el control de potencia consumida aplicado por la unidad de control 1 a la bomba de calor 2 no supone una merma en las prestaciones de la bomba de calor 2; de lo contrario, no se garantizaría el aporte de potencia requerido para atender las necesidades base de la  
10 instalación térmica.

Para atender estos requerimientos, la bomba de calor 2 gestiona dos tipos de demandas de producción, por una parte las demandas generadas por las consignas de operación de la instalación térmica (consignas de operación base), y por otra parte las demandas generadas  
15 por las consignas de operación recibidas de la unidad de control 1 (consignas de operación en modo excedente 118). En la **Figura 3** se representa el diagrama de flujo del proceso 200 ejecutado por la funcionalidad de gestión de excedentes ejecutado en la bomba de calor 2, que comienza con una lectura 202 de los sensores de la bomba de calor. En función de los valores de las diferentes variables y consignas recibidas, la bomba de calor 2 discrimina  
20 entre las siguientes situaciones para determinar cómo debe actuar:

1. Existe demanda base: En el paso 204, la bomba de calor comprueba si existe demanda base, en cuyo caso en esta situación la instalación térmica no tiene satisfechas las consignas de operación base 206. La bomba de calor 2 funciona de  
25 forma normal sin tener en cuenta la información recibida de la unidad de control 1, independientemente de si el modo de gestión de excedentes está activo o no. Por tanto, la bomba de calor se mantiene encendida pero con el control de potencia desactivado 218 (no se aplica el control de potencia consumida por la bomba de calor para garantizar que se atiende adecuadamente los requerimientos de la  
30 instalación térmica).

2. No existe demanda base ni excedente eléctrico: Una vez se ha verificado en 204 que no existe demanda base, en el paso 208 la bomba de calor 2 comprueba si existe excedente eléctrico activo (comprueba el valor del estado modo excedente 116). En  
35 esta situación la instalación térmica tiene satisfechas las consignas de operación

base pero no existe un excedente de energía eléctrica que pueda ser aprovechado para producir y almacenar energía térmica en la instalación. De esta forma, la bomba de calor 2 se apaga 216 y permanece en espera de que se active alguna demanda de producción.

5

3. No existe demanda base, existe excedente eléctrico, y no existe demanda por excedente: En esta situación la instalación térmica tiene satisfechas las consignas de operación base 206 (i.e. no existe demanda base) y existe un excedente de energía eléctrica, pero en el paso 210 se comprueba sin embargo que no existe la capacidad de almacenar energía térmica en la instalación puesto que las consignas de operación en modo excedente 118 se encuentran satisfechas. En esta situación la bomba de calor 2 se apaga 216 y permanece en espera de que se active alguna demanda de producción.

10

15

4. No existe demanda base, existe excedente eléctrico y existe demanda por excedente: En esta situación la instalación térmica tiene satisfechas las consignas de operación base, existe un excedente de energía eléctrica y existe la capacidad de almacenar energía térmica en la instalación. La bomba de calor 2 funciona almacenando energía térmica en diversos elementos de la instalación térmica (acumuladores, piscina, mortero del suelo radiante o aire de las estancias), pero aplicando en este caso un control de potencia 212 consumida por el compresor para ajustar el balance energético con la red eléctrica al valor establecido en la unidad de control 1 mediante la variable de regulación de balance energético 120. Para ello, la bomba de calor 2 toma como referencia máxima de consumo la señal de regulación recibida de la unidad de control 1 e intenta ajustarse a ella, sin dejar de tener en cuenta los límites de operación tanto de la bomba de calor 2 como de la instalación térmica en general. La bomba de calor se mantiene encendida con el control de potencia activado 214.

20

25

30

De este modo, la bomba de calor 2 garantiza que se atienden las demandas de producción base independientemente de si existe o no excedente de producción eléctrica, al mismo tiempo que se aprovechan los excedentes de producción eléctrica para almacenar energía térmica mediante el uso de la bomba de calor sin generar consumos eléctricos extra importantes. En este esquema, el paralelogramo blanco (referencia 206) representa los

datos configurables y proporcionados el usuario, y los paralelogramos grises (referencia 116, 118 y120) representan los datos recibidos desde la unidad de control 1.

5 La bomba de calor 2 debe ser capaz de gestionar demandas de producción diferentes para la producción base y para la producción a partir de excedentes. Para ello debe ser capaz de identificar los diferentes casos expuestos anteriormente para no realizar reducciones de consumo que perjudiquen la producción base. Para la regulación del balance energético, control de potencia del compresor 212, no se debe utilizar directamente la señal generada (por un PID, por ejemplo) para ajustar la velocidad del compresor. El compresor debe tomar 10 esta información como un límite superior de consumo puesto que puede haber otras restricciones que no permitan al compresor trabajar en las condiciones impuestas.

El funcionamiento y objetivo de la invención puede entenderse mejor con una breve descripción de un ejemplo de aplicación práctica para el aprovechamiento de los excedentes 15 de generación eléctrica de un sistema solar fotovoltaico conectado a red, según se muestra en la **Figura 4**.

Un generador eléctrico formado por módulos fotovoltaicos 7 recibe luz procedente del sol y la transforma en corriente continua. Un inversor 8 de conexión a red transforma la corriente 20 continua en corriente alterna en las condiciones de tensión y frecuencia necesarias para alimentar tanto a la bomba de calor 2 como a las cargas eléctricas adicionales 6' de la instalación, así como para su inyección a la red eléctrica 4. Un medidor bidireccional de energía 3, colocado en algún punto frontera entre la red eléctrica 4 y las cargas (bomba de calor 2 y cargas eléctricas adicionales 6' de la instalación), registra en tiempo real el valor 25 del balance energético. La corriente alterna proveniente del inversor 8 o de la red eléctrica 4 se distribuye para abastecer las cargas eléctricas de la instalación 6.

La unidad de control 1 recoge el valor del balance del medidor bidireccional de energía 3. En función de estos datos, la unidad de control 1 determina si el sistema se encuentra en una situación de excedente eléctrico, y actúa sobre los parámetros de control de la bomba de 30 calor 2 para generar unas demandas de excedente y modular su consumo para ajustar el balance energético al valor configurado. La bomba de calor 2 produce energía térmica ajustándose al valor objetivo de balance entre la red eléctrica 4 y la instalación. Esta energía térmica (tanto calor como frío) se acumula en un depósito de ACS 9 y un depósito de inercia de calefacción 11.

35

A continuación se muestra un ejemplo de funcionamiento de la instalación anteriormente descrita considerando la siguiente configuración en la unidad de control 1 y en la bomba de calor 2.

5 Consignas de operación base 206 programadas en la bomba de calor 2:

- *Temperatura ACS base = 45°C*
- *Temperatura inercia calefacción base = 45°C*

Consignas de operación de excedente 114 programadas en la unidad de control 1:

- 10
- *Temperatura ACS excedente = 60°C*
  - *Temperatura inercia calefacción excedente = 55°C*

Límites de operación del modo excedente 106 programados en la unidad de control 1:

- 15
- Límite superior regulación = 0,5 kW*
  - Límite inferior regulación = 2 kW*
  - Tiempo superior regulación = 30 s*
  - Tiempo inferior regulación = 30 s*
  - Consigna balance= 0 kW*

20 Cuando la unidad de control 1 detecta que se está inyectando más de 0,5 kW a la red eléctrica durante más de 30 segundos habilita la regulación de excedente eléctrico. En la **Figura 5** se muestra un ejemplo de lectura del contador energético 102 y las diferentes variables establecidas. En el primer tramo de la gráfica se comprueba que se cumplen las condiciones para habilitar la regulación, ya que la potencia leída del contador es superior al

25 límite superior de regulación (*LIMITE\_SUPERIOR\_REGULACION*) durante un tiempo superior al umbral marcado (*TIEMPO\_SUPERIOR\_REGULACION*).

La bomba de calor 2 comprueba que las consignas de operación base 206 están satisfechas, es decir, que el acumulador de ACS y el acumulador de inercia de calefacción

30 han alcanzado los 45°C. En caso de que los acumuladores de ACS y calefacción no alcancen los 45°C, la bomba de calor 2 atiende estos servicios de forma normal sin aplicar un control de potencia sobre el compresor. En caso de que las consignas base en los acumuladores de ACS y inercia de calefacción alcancen los 45°C, la bomba de calor 2 comprueba que el modo control de excedentes ha sido activado por la unidad de control 1.

35 En caso afirmativo, la bomba de calor toma las consignas de excedente proporcionadas por

la unidad de control 1. De este modo, la consigna del depósito de ACS pasaría a ser de 65°C y la del depósito de inercia de calefacción a 55°C. La unidad de control 1 genera una variable de valor entre 0 y 100 proporcional a la diferencia entre el balance energético real entre la red y la instalación y el deseado. La bomba de calor 2 trata de cumplir las consignas de temperatura excedente pero aplicando un control de potencia sobre el compresor de acuerdo al valor indicado por la unidad de control 1. En el tramo final de la gráfica de la Figura 5 puede observarse como una vez activado el ajuste de potencia consumida por la bomba de calor el balance energético respecto a la red se aproxima al valor deseado, en este caso 0 kW.

10

En el caso de que la producción disminuya o los consumos de la instalación aumenten, y el balance de la red pase a indicar un consumo de la red mayor de 2 kW durante 30 segundos, la unidad de control 1 desactiva la regulación de excedente. La bomba de calor 2 pasa nuevamente a atender las demandas de operación base sin aplicar control de potencia. En caso de que estas estén satisfechas, la bomba de calor 2 se apagará y permanecerá en espera de que se active alguna demanda de arranque, bien sea debido a las consignas de operación base o excedente.

15

La bomba de calor 2 alterna entre las situaciones anteriores para aprovechar al máximo el excedente eléctrico generado por la instalación fotovoltaica, sin que por ello se generen importantes consumos extra innecesarios, al mismo tiempo que se garantiza la producción necesaria para cubrir las demandas básicas, es decir, mantener una temperatura de 45 °C tanto en el acumulador de inercia de calefacción como en el de ACS.

20

En la **Figura 6** se representa un ejemplo de la regulación de excedente de energía utilizando una bomba de calor modulante, de acuerdo a la presente invención. En la gráfica se representan la evolución de la velocidad del compresor 21 y el balance energético 22 de inyección/consumo entre la red eléctrica 4 y la instalación. El área rayada con línea horizontal continua 23 representa el aprovechamiento del excedente para la producción de energía térmica por medio de la bomba de calor 2 para un periodo de tiempo dado. El área rayada con línea horizontal discontinua 24 representan los consumos netos de respecto a la red. Finalmente, el área rayada en oblicuo 25 representa el excedente eléctrico no aprovechado por el sistema.

25

30

En las **Figuras 7A** y **7B** se representa una comparativa entre el potencial de aprovechamiento del excedente eléctrico con una bomba de calor todo/nada (Figura 7A) y una bomba de calor modulante con tecnología de gestión de excedentes de acuerdo a la presente invención (Figura 7B). En ambas gráficas se representa en línea continua un perfil tipo de excedente eléctrico 31 generado por el sistema fotovoltaico, el área rayada horizontalmente representa el potencial de aprovechamiento del excedente 32, el área rayada con línea oblicua continua representa el excedente no aprovechable 33 y el área rayada con línea horizontal discontinua el consumo eléctrico extra 34 que se genera al activar el sistema. Como puede observarse, el potencial de aprovechamiento del excedente 32 de un sistema de bomba de calor modulante (Figura 7B) es muy superior al potencial de aprovechamiento del excedente 32 de un sistema con una bomba de calor todo/nada (Figura 7A).

La activación del compresor todo/nada para el equilibrado del balance energético supone en la mayor parte de las situaciones un consumo eléctrico extra, debido a que el consumo eléctrico del compresor es superior al excedente. A medida que se reduce el límite de activación de la bomba de calor todo/nada, mayor es el aprovechamiento del excedente; sin embargo, también se incrementa el consumo eléctrico extra generado. Por tanto, se requieren inyecciones a red importantes respecto al consumo de la bomba de calor para que compense su activación.

El compresor modulante de la bomba de calor 2, sin embargo, puede activarse para consumir el excedente en niveles de inyección significativamente inferiores al todo/nada, sin comprometer la eficiencia del sistema, puesto que sólo se genera un consumo de la red en el caso de que la potencia producida no sea suficiente para mantener la velocidad mínima del compresor.

El hecho de que el consumo de la bomba de calor modulante se pueda amoldar a la producción casi de manera instantánea, hace que resulte una solución muy eficaz para la acumulación de excedente aún ante variaciones bruscas en la generación típicas de las fuentes renovables. La acumulación de energía térmica en los periodos de mayor producción supone importantes ahorros energéticos en cualquier instalación que requiera de estos servicios, sobre todo teniendo en cuenta que las soluciones de climatización son habitualmente soluciones que suponen elevados consumos eléctricos.

35

En la **Figura 8** se muestra otra posible realización, usando el ejemplo de la Figura 4, donde la funcionalidad de gestión de excedentes no se realiza en dos equipos independientes y separados (bomba de calor 2 y unidad de control 1) sino que la funcionalidad aportada por la unidad de control 1 se implementa directamente en la bomba de calor 2. Es decir, la bomba de calor incluye todo el software de gestión de excedentes y utiliza únicamente un contador de energía externo (medidor bidireccional de energía 3) para leer la información sobre el balance energético. A nivel de bloques lógico se considera que la unidad de control 1 está incluida en la propia bomba de calor 2 (la unidad de control 1 puede ser la propia electrónica de control de la bomba de calor, debidamente programada).

10

En las realizaciones mostradas en las Figuras 4 y 8 el medidor bidireccional de energía 3 es un elemento externo a la unidad de control 1 que se instala en cualquier punto de la instalación eléctrica y monitoriza el intercambio de energía entre la red y la instalación. En otra realización dicho medidor bidireccional de energía 3 puede estar incorporado en la propia unidad de control 1. Por otra parte, los sistemas de producción renovable actuales disponen de equipos que miden y utilizan información sobre el balance energético con la red para regular el sistema, como por ejemplo un inversor de un sistema fotovoltaico. Por ello, también cabe la posibilidad de leer la información del balance energético directamente de los equipos del sistema de producción renovable sin necesidad de utilizar un contador de energía propio. De esta forma, el sistema utiliza medios de medición del balance energético entre la instalación con la red eléctrica, donde dichos medios de medición pueden implementarse de diferentes formas, como por ejemplo mediante el medidor bidireccional de energía 3 externo a la unidad de control 1 como se representa en las Figuras 4 y 8.

25

## REIVINDICACIONES

1. Sistema de aprovechamiento de excedentes de energía eléctrica procedentes de una  
5 instalación con generación eléctrica renovable, caracterizado por que comprende:  
una bomba de calor (2) con al menos un compresor modulante configurado para  
ajustar la potencia consumida en función de una consigna de producción;  
una unidad de control (1) configurada para:  
10 monitorizar el balance energético entre la red eléctrica (4) y una instalación  
eléctrica (10) con un sistema de producción renovable (5);  
determinar, en base a dicho balance energético y al menos un límite de  
control de excedente (106), si se efectúa una habilitación de la regulación de  
excedente de energía;  
15 calcular una consigna de producción de excedente que incluye al menos un  
parámetro de funcionamiento de la bomba de calor (2) para ajustar el balance  
energético de la instalación eléctrica (10) con la red eléctrica (4) según una  
determinada consigna de balance energético (110);  
enviar la consigna de producción de excedente a la bomba de calor (2).
- 20 2. Sistema según la reivindicación 1, caracterizado por que comprende medios de medición  
del intercambio energético entre la red eléctrica (4) y la instalación eléctrica (10).
3. Sistema según la reivindicación 2, caracterizado por que los medios de medición del  
intercambio energético entre la red eléctrica (4) y la instalación eléctrica (10) comprenden un  
25 medidor bidireccional de energía (3); donde la unidad de control (1) está configurada para  
monitorizar el balance energético a partir de las mediciones recibidas del medidor  
bidireccional de energía (3).
4. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la  
30 unidad de control (1) está configurada para calcular una consigna de producción de  
excedente que equilibra el balance energético entre la red eléctrica (4) y la instalación  
eléctrica (10).
5. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la  
35 consigna de producción de excedente comprende una señal de regulación de balance

energético (120) indicativa de la demanda de producción de excedente que debe generar o consumir la bomba de calor (2).

5 6. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la consigna de producción de excedente comprende al menos una consigna de operación en modo excedente (118) indicativa de la consigna de temperatura de al menos un servicio de producción de la bomba de calor (2).

10 7. Sistema según la reivindicación 6, caracterizado por que la al menos una consigna de operación en modo excedente (118) comprende al menos una cualquiera de las siguientes:

- temperatura de ACS excedente;
- temperatura de acumulador de inercia de calefacción excedente;
- temperatura de acumulador de inercia de refrigeración excedente;
- temperatura de piscina excedente;
- 15 - temperatura de impulsión excedente;
- temperatura ambiente excedente.

20 8. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la consigna de producción de excedente comprende una señal de estado de modo excedente (116) indicativa de la habilitación de la regulación de excedente de energía.

9. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el al menos un límite de control de excedente (106) comprende al menos una cualquiera de las siguientes:

- 25 - límite superior de potencia intercambiada entre la red eléctrica (4) y la instalación eléctrica (10);
- límite inferior de potencia intercambiada entre la red eléctrica (4) y la instalación eléctrica (10);
- tiempo en que se supera el límite superior de potencia;
- 30 - tiempo en que se supera el límite inferior de potencia.

10. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la bomba de calor (2) está configurada para gestionar demandas de producción base de acuerdo a al menos una consigna de operación base (206) y, cuando recibe una consigna de producción de excedente, gestionar la demanda de producción de energía excedente

35

según la consigna de producción de excedente recibida.

5 11. Sistema según la reivindicación 10, caracterizado por que la bomba de calor (2) está configurada para gestionar la demanda de producción de energía excedente cuando se cumplen las siguientes condiciones:

- no existe demanda de producción base por satisfacer;
  - se recibe una señal de estado de modo excedente (116) indicativa de la habilitación de la regulación de excedente de energía;
  - existe un excedente de energía eléctrica que pueda ser aprovechado para producir o almacenar energía térmica en la instalación eléctrica (10).
- 10

12. Método de aprovechamiento de excedentes de energía eléctrica procedentes de una instalación con generación eléctrica renovable, caracterizado por que comprende:

15 monitorizar (102) el balance energético entre la red eléctrica (4) y una instalación eléctrica (10) con un sistema de producción renovable (5);

determinar (104), en base a dicho balance energético y al menos un límite de control de excedente (106), si se efectúa una habilitación de la regulación de excedente de energía;

20 calcular (108) una consigna de producción de excedente que incluye al menos un parámetro de funcionamiento de una bomba de calor (2) con al menos un compresor modulante, para ajustar el balance energético de la instalación eléctrica (10) con la red eléctrica (4) según una determinada consigna de balance energético (110);

enviar (112) la consigna de producción de excedente a la bomba de calor (2);

ajustar, mediante la bomba de calor (2), la potencia consumida en función de la consigna de producción de excedente recibida.

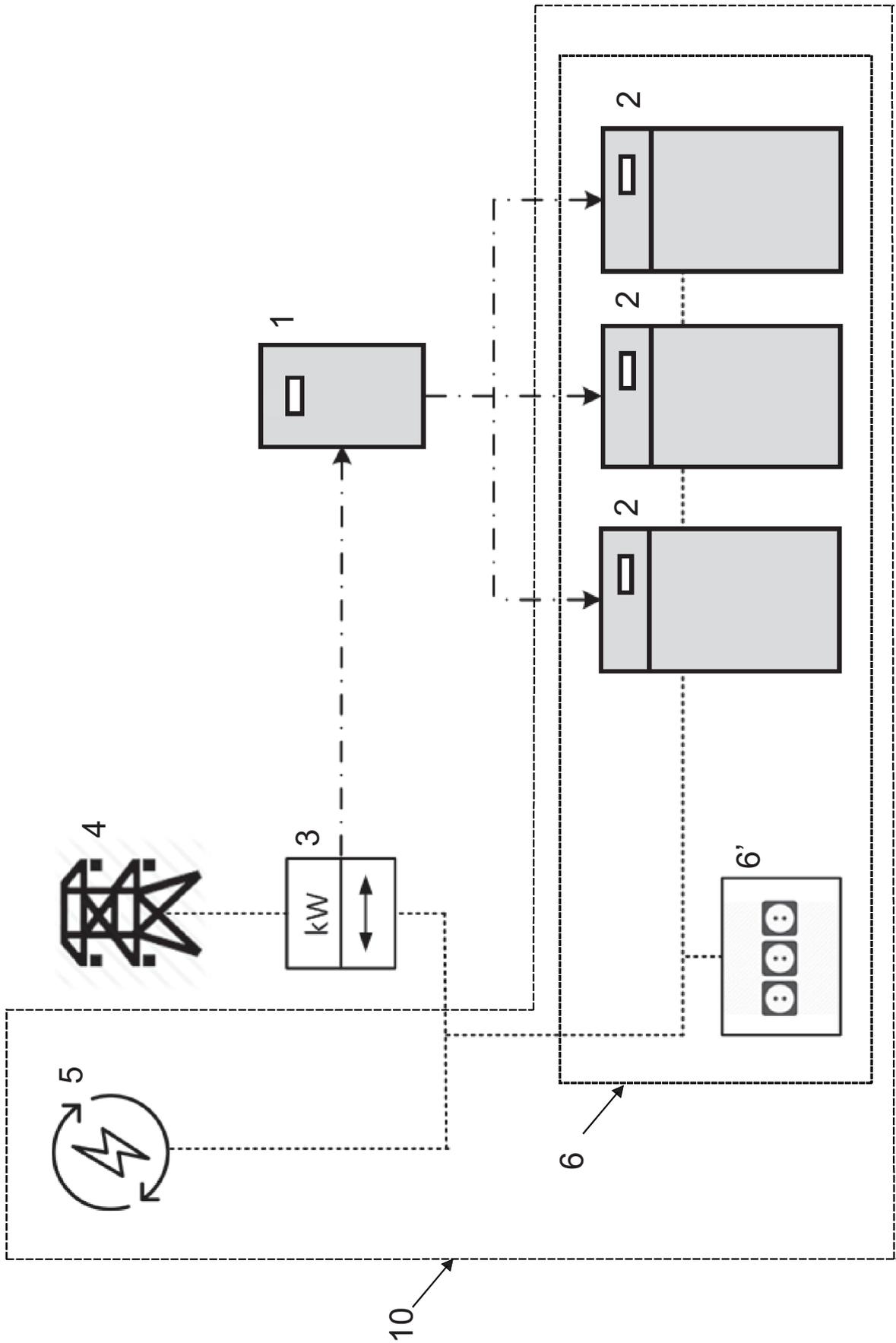


Fig. 1

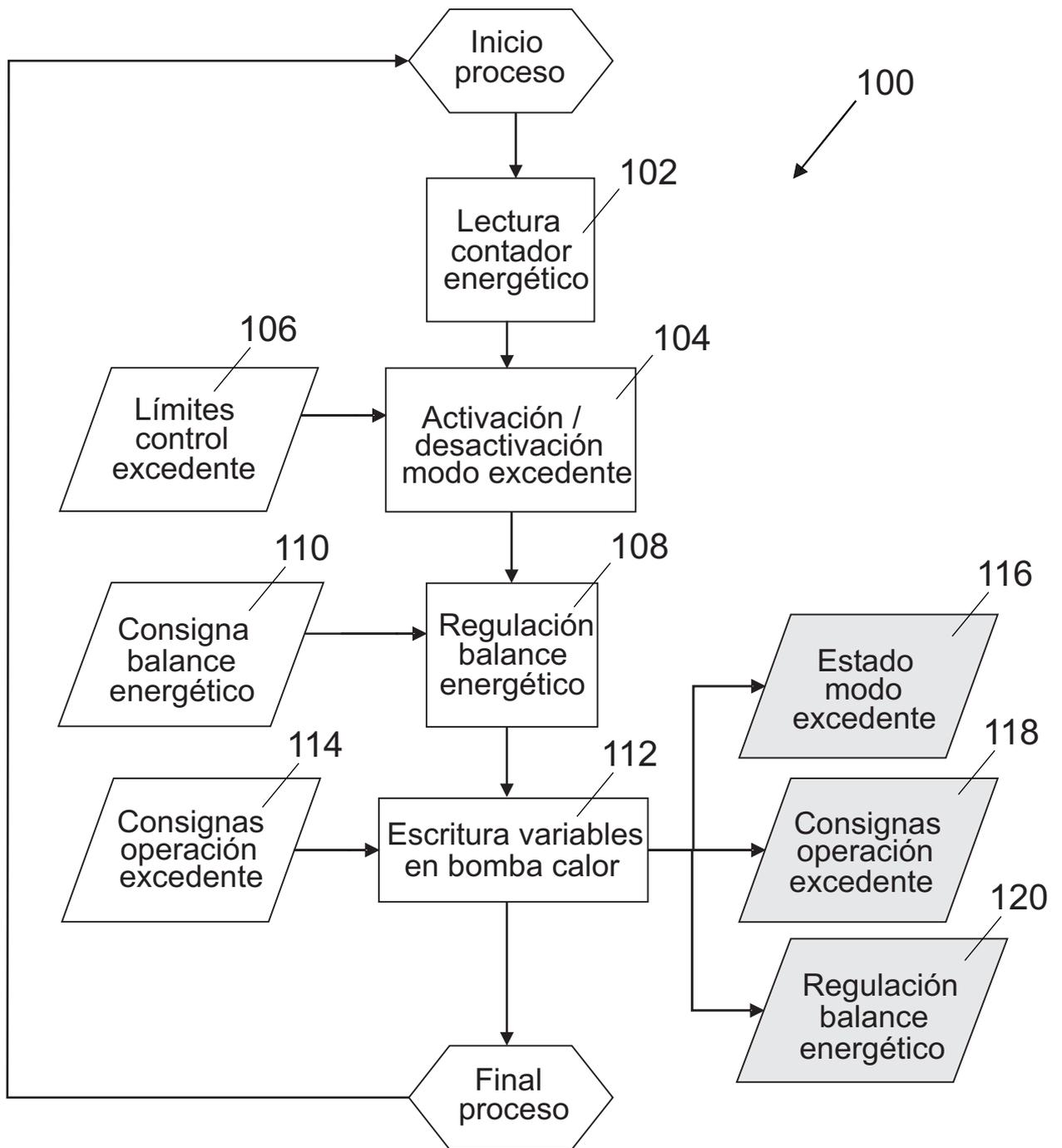


Fig. 2

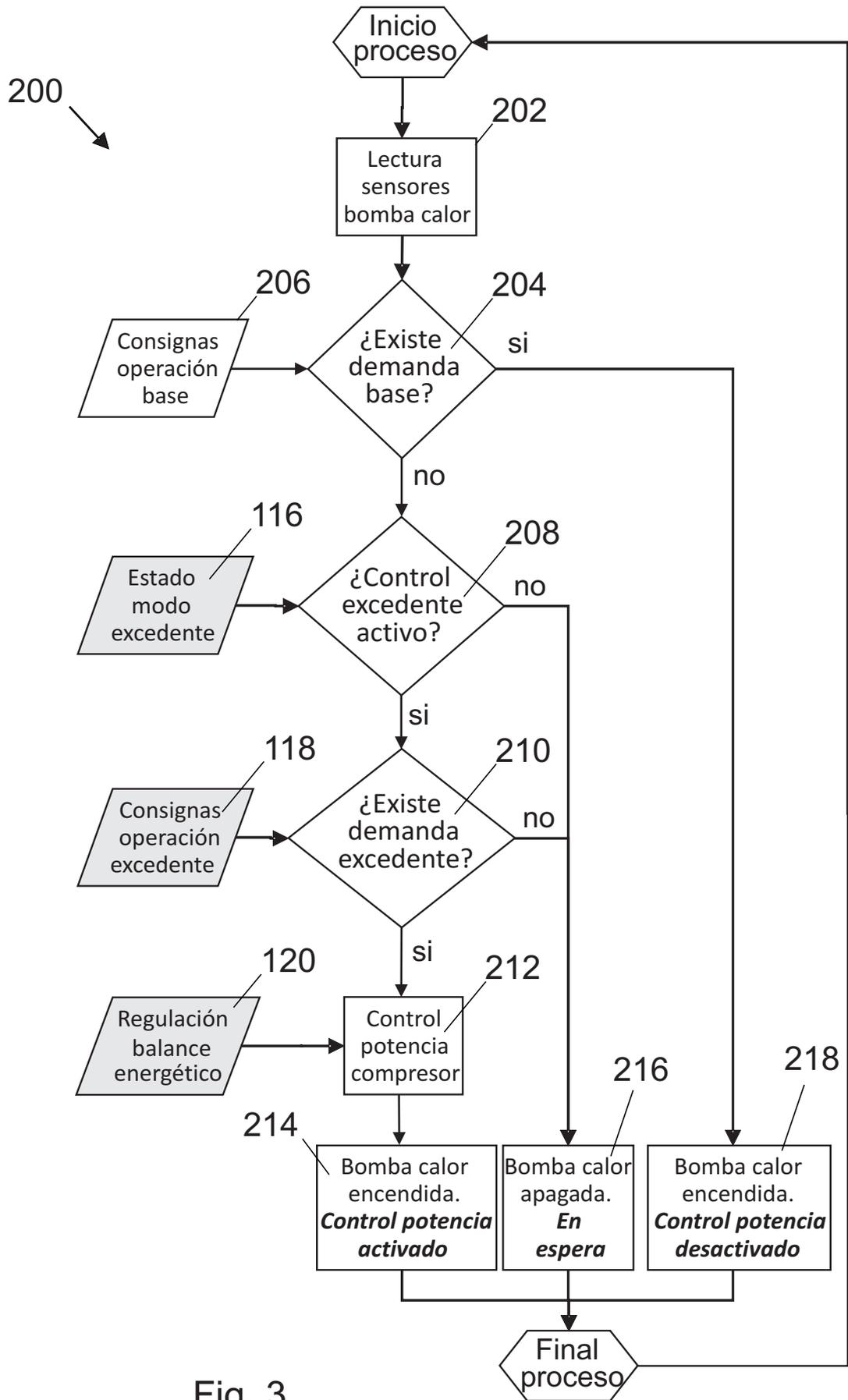


Fig. 3

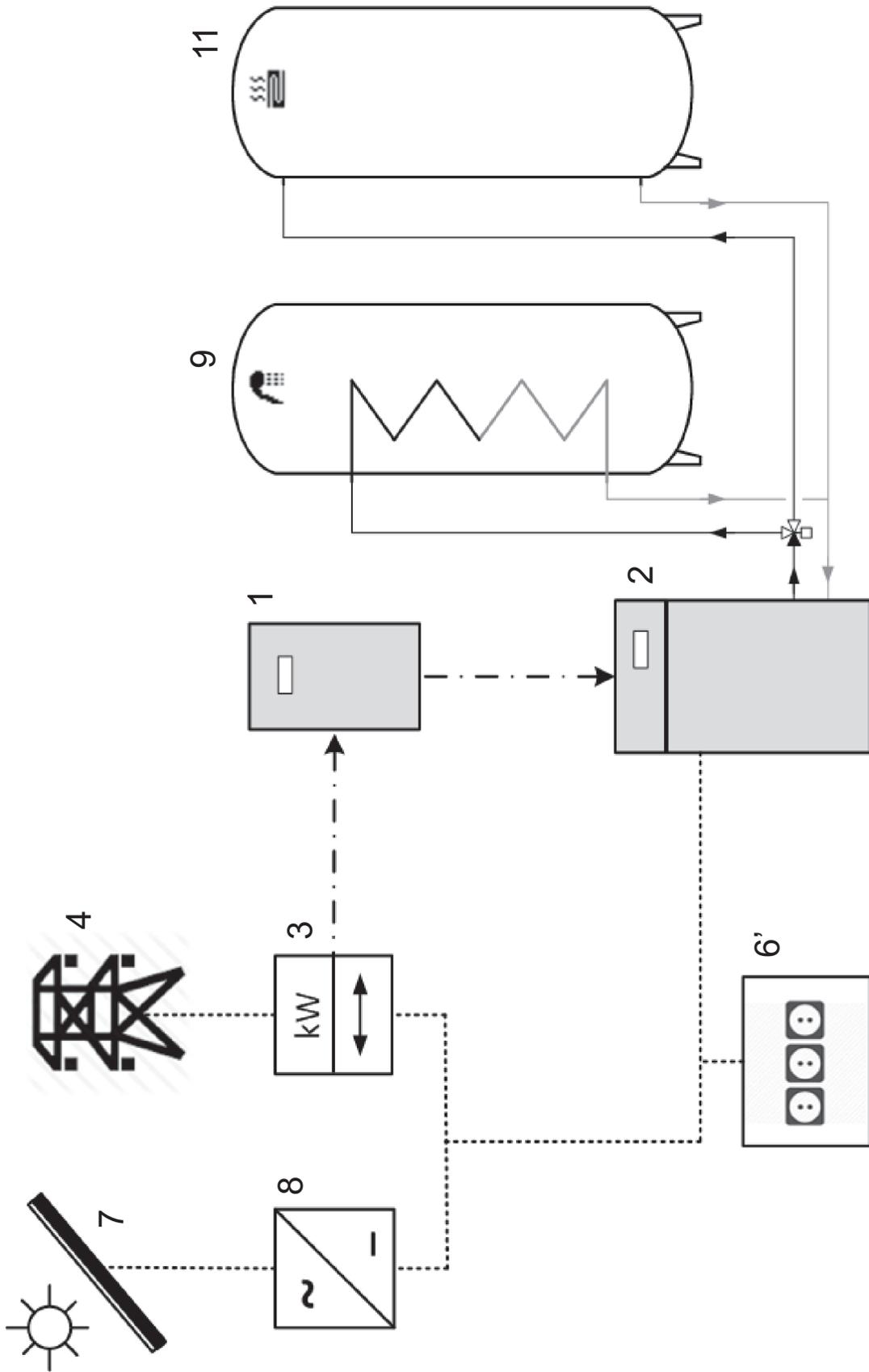


Fig. 4

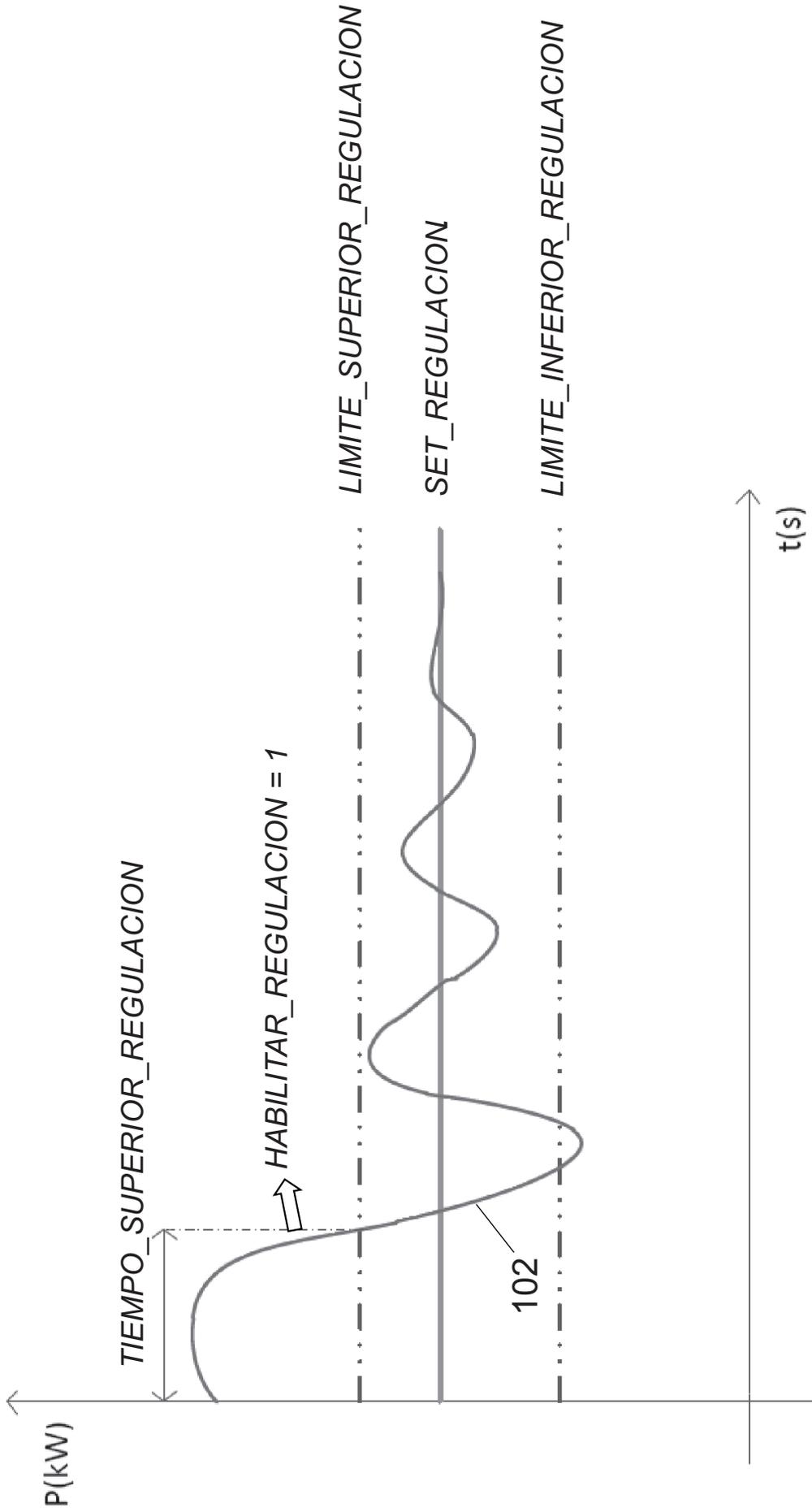


Fig. 5

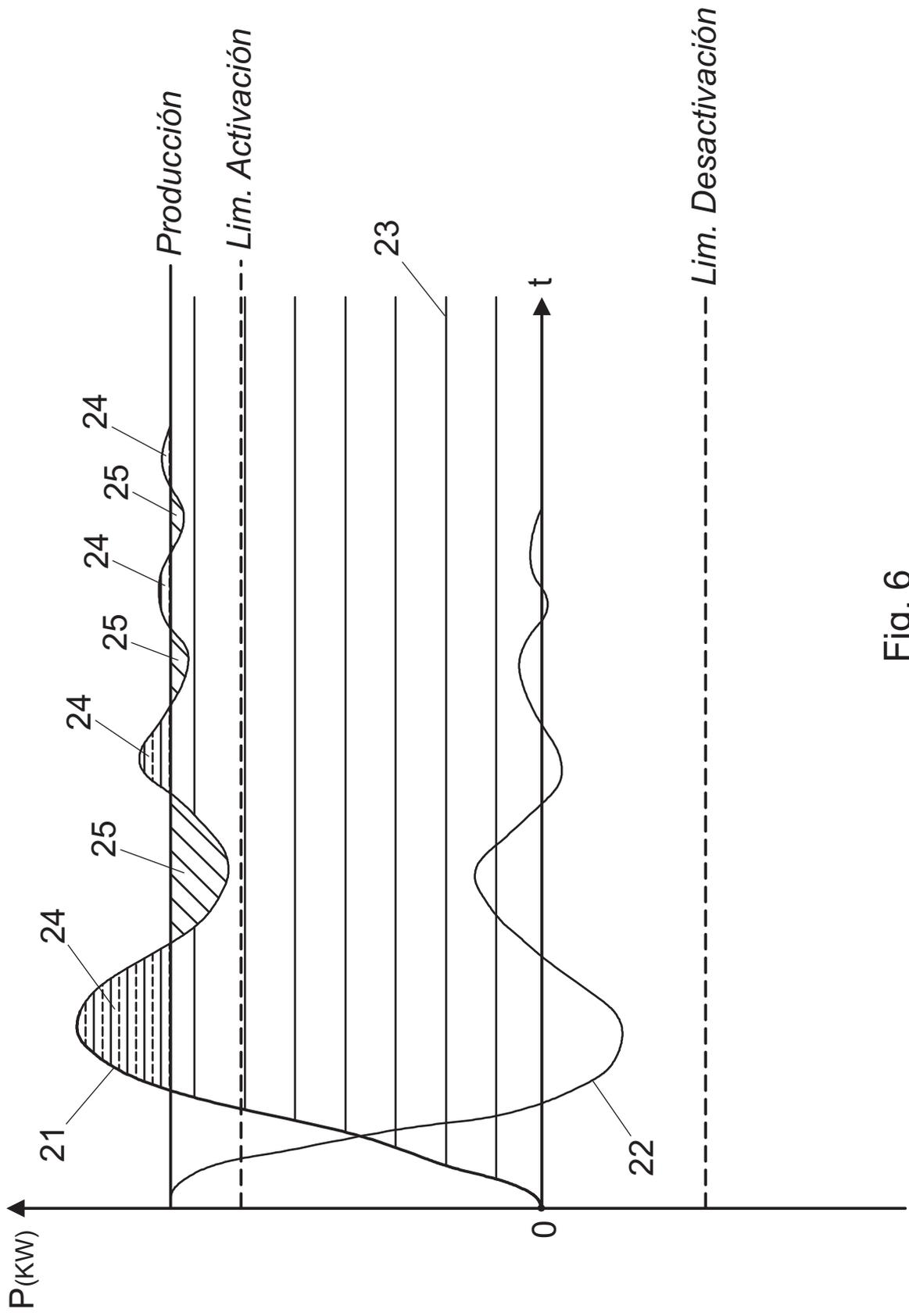


Fig. 6

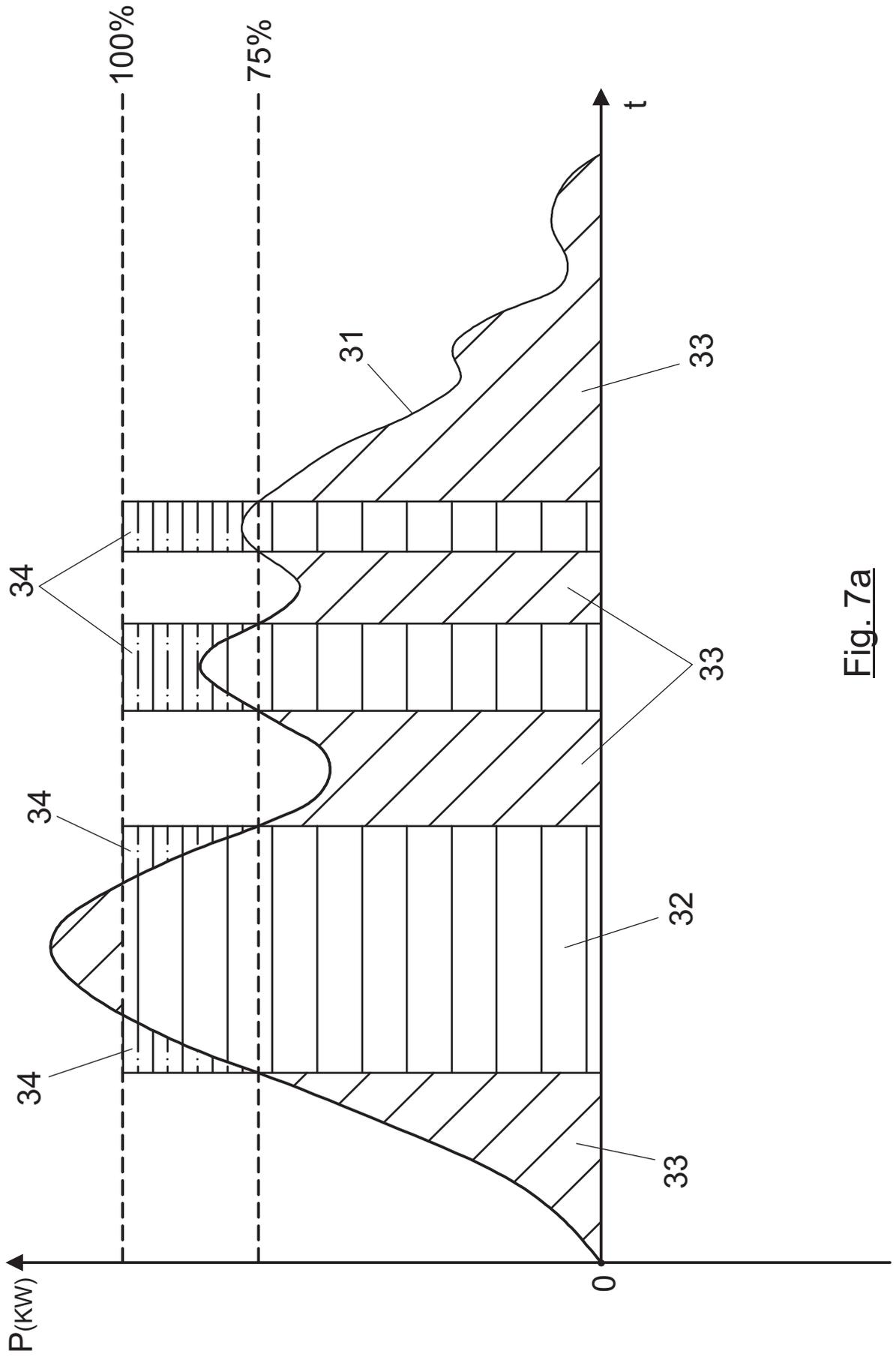


Fig. 7a

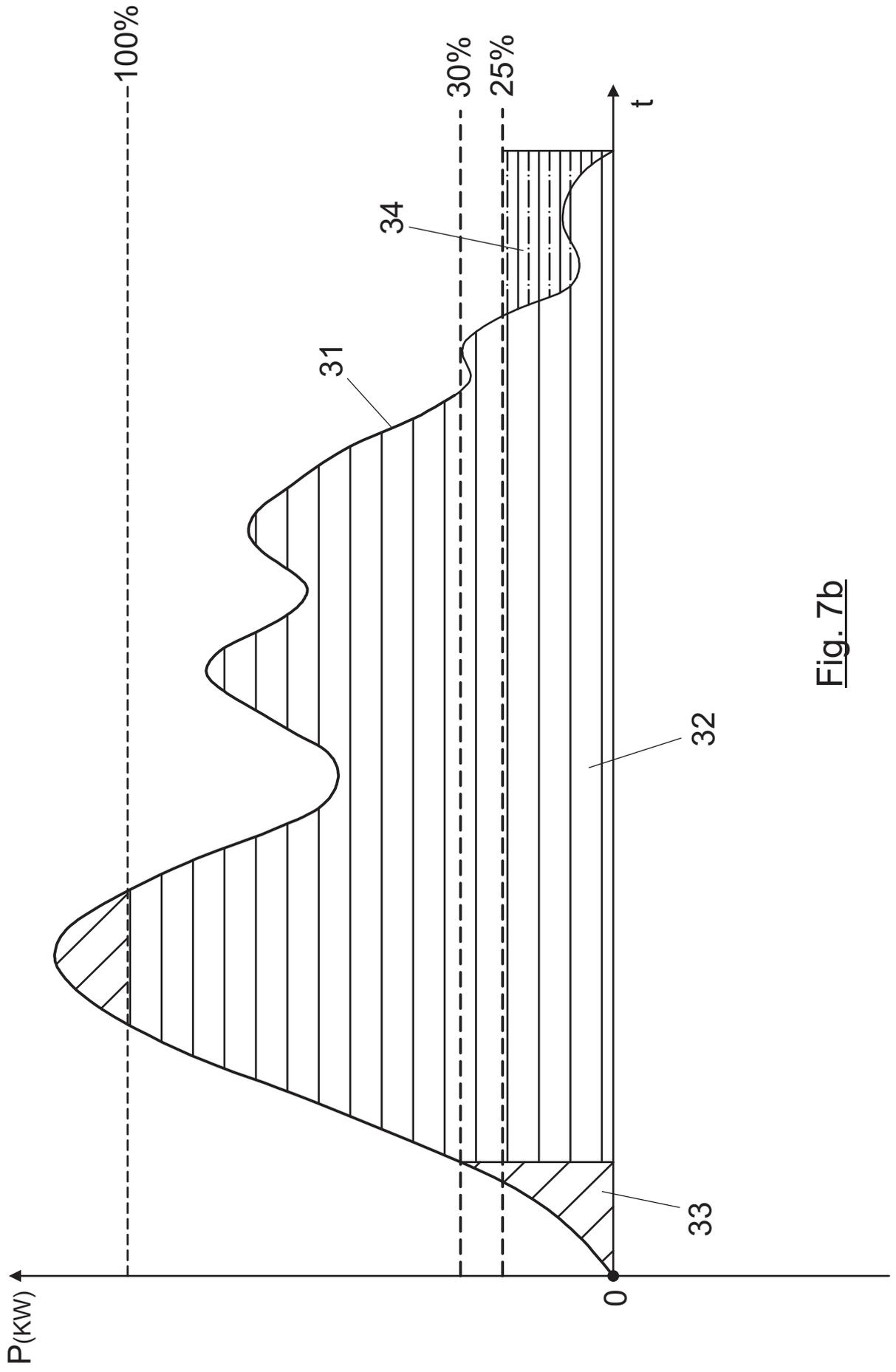


Fig. 7b

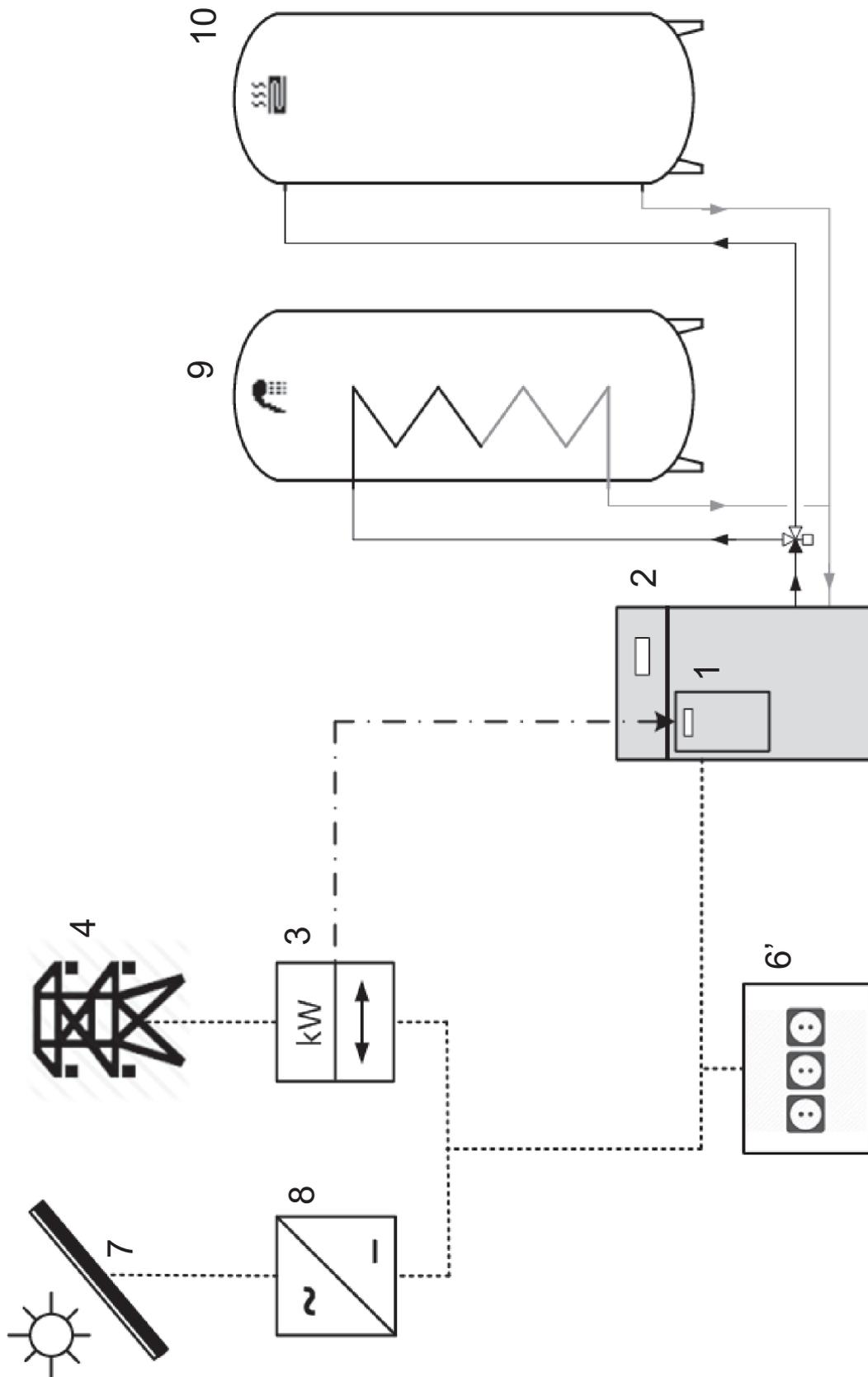


Fig. 8



- ②① N.º solicitud: 201730620  
②② Fecha de presentación de la solicitud: 17.04.2017  
③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: Ver Hoja Adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	US 2016231010 A1 (ZHAO ZHIGANG et al.) 11/08/2016, Párrafos [8 - 10]; párrafo [23]; figura 1.	1, 12
A	US 2015349692 A1 (SHIBATA AKIHIDE et al.) 03/12/2015, Figura 4.	1, 12
A	WO 2011145034 A2 (COSSECO SA et al.) 24/11/2011, Reivindicación 1.	1, 12
A	GB 2540167 A (ARRIBA COOLTECH LTD) 11/01/2017, Todo el documento.	1, 12

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia  
Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría  
A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita  
P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud  
E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

**El presente informe ha sido realizado**

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe  
22.09.2017

Examinador  
J. A. Celemín Ortiz-Villajos

Página  
1/2

CLASIFICACIÓN OBJETO DE LA SOLICITUD

**H02S10/10** (2014.01)

**H02S10/20** (2014.01)

**F25B49/00** (2006.01)

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

H02S, F25B

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC