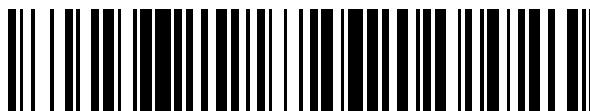


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 739 132**

51 Int. Cl.:

H02J 3/14 (2006.01)

F25D 16/00 (2006.01)

F25D 29/00 (2006.01)

H02J 3/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.03.2015 E 15159043 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.05.2019 EP 3024107**

54 Título: **Método para hacer funcionar al menos un recurso energético distribuido que comprende un sistema de refrigeración**

30 Prioridad:

19.11.2014 EP 14193949

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

29.01.2020

73 Titular/es:

DANFOSS A/S (100.0%)

Nordborgvej 81

6430 Nordborg, DK

72 Inventor/es:

GREEN, TORBEN

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 739 132 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

Método para hacer funcionar al menos un recurso energético distribuido que comprende un sistema de refrigeración

Campo de la invención

5 La invención se refiere a un método para hacer funcionar al menos un recurso energético distribuido que comprende un sistema de refrigeración con diversas entidades de enfriamiento, donde la información de consumo de potencia se comunica a un agregador de una configuración de red inteligente. La invención se refiere además a una unidad de control de potencia adaptada para comunicar una información de consumo de potencia a una configuración de red inteligente.

Antecedentes de la invención

10 En una configuración de red inteligente o de respuesta a la demanda, donde un agregador controla directamente varios recursos energéticos distribuidos (DER) utilizando referencias de potencia, existirá una necesidad de un controlador de potencia con estimación de la flexibilidad de cada uno de los recursos energéticos distribuidos. El esquema del flujo de información en una configuración de red inteligente se puede observar en la figura 1. La tarea del agregador es proporcionar a la red eléctrica algún tipo de servicio de regulación que se comercia a través del mercado.

15 Para que el agregador pueda proporcionar los servicios de regulación debe poder controlar una cartera de DER, los cuales pueden ser tanto unidades de producción como de consumo, el único requisito es que el DER debe poderse controlar desde el agregador. Un ejemplo de un DER es un sistema de refrigeración, donde la capacidad calorífica de los objetos almacenados se utiliza para desplazar temporalmente el consumo de potencia y ayudar de ese modo al agregador a la hora de proporcionar servicios de regulación a la red eléctrica.

20 Un método del documento US 8 178 997 incluye determinar un consumo de potencia deseado para una pluralidad de cargas conectadas a una red eléctrica, conectada cada una de la pluralidad de cargas a la red eléctrica a través de un control de suministro de carga y pudiendo obtener una cantidad de energía deseada de la red en un período de tiempo deseado, y transmitiendo una pluralidad de instrucciones a través de una red de comunicaciones a una pluralidad de controles de suministro de carga, para hacer que al menos algunas de las cargas en la pluralidad de cargas reciban potencia desde la red eléctrica con tasas diferentes a otras cargas de la pluralidad de cargas, de modo que se obtenga el consumo de potencia deseado y de modo que cada carga de la pluralidad de cargas reciba su cantidad de energía deseada correspondiente en el período de tiempo deseado. La pluralidad de cargas puede incluir ciertas implementaciones y puede tener uno o más de una pluralidad de baterías o cargadores de baterías, una pluralidad de calentadores de agua caliente, una pluralidad de compresores de refrigeración, una pluralidad de lavavajillas, una pluralidad de secadoras, una pluralidad de máquinas de hielo o una pluralidad de bombas de piscinas. La pluralidad de baterías o cargadores de baterías puede incluir una pluralidad de baterías o cargadores de baterías para vehículos enchufables. El método puede incluir además determinar, para cada carga, una tasa de consumo de potencia necesaria para que la carga obtenga su cantidad de energía deseada en el período de tiempo deseado. La cantidad de energía deseada y el período de tiempo deseado pueden estar basados en una entrada del usuario.

25 Para proporcionar una regulación, es decir, una respuesta frente a fluctuaciones a corto plazo, el agregador o el sistema informático del agregador puede estimar la cantidad de modulación de potencia que se puede lograr a lo largo de la duración más prolongada. En este caso, el agregador o mediante el agregador o el sistema informático del agregador de las cargas controlables para cualquier intervalo, denominado el intervalo de evaluación, durante el cual algunas de las cargas, denominadas el conjunto activo o conjunto gestionado de cargas, están conectadas o se puede esperar de manera razonable que estén conectadas. Para este ejemplo, se supone que el agregador o sistema informático del agregador puede indicar a las cargas que únicamente se activen o desactiven. No obstante, el agregador o sistema informático del agregador tiene la posibilidad de ajustar de manera continua el consumo de potencia de cada carga en lugar de activar y desactivar las cargas. Esto permitiría al agregador o al sistema informático del agregador un grado de libertad adicional a la hora de programar la distribución de potencia en las cargas.

35 El procedimiento previo de la técnica anterior para gestionar una cartera de varios tipos de DER ha resultado ser inadecuado para las necesidades de un sistema de refrigeración de tipo general.

40 De manera más específica, el documento WO2010/069316 se refiere a un método y un sistema para reducir las pérdidas de energía debido a las fluctuaciones, especialmente en la red de potencia, siendo las fluctuaciones faltas de potencia o excesos de potencia de corto plazo. El método se basa en la idea de desconectar los dispositivos de consumo de energía durante un período de falta de potencia, si su funcionamiento no es necesario, y activar de manera opcional dichos dispositivos de consumo de energía durante períodos de exceso de potencia, si se puede almacenar energía en ellos, especialmente cuando se puede almacenar la energía como algún parámetro o variable físico, que forma parte del funcionamiento de los dispositivos de consumo de energía, tal como la temperatura de un

congelador.

Aunque el método mencionado anteriormente está adaptado a un sistema de refrigeración, a pesar de esto se puede mejorar ya que el método previo de la técnica anterior está dirigido principalmente a reducir las pérdidas de energía debido a las fluctuaciones. Resulta que aun así, a pesar de todo, un sistema de refrigeración exige que se comunique un tipo mejorado de información de consumo de potencia a un agregador de una configuración de red inteligente. Resulta que existen algunos inconvenientes significativos cuando se programa un sistema de refrigeración con la información de consumo de potencia que gestiona un consumo de potencia máximo en el sentido de valores nominales y valores de consumo de potencia mínimo en el sentido de valores cero.

Descripción de la invención

Es deseable habilitar un control de potencia de un sistema de refrigeración centralizado en una configuración de red inteligente, cuando un agregador proporciona la referencia de potencia en respuesta a un margen de flexibilidad determinado mejorado superados los valores máximo y mínimo absolutos de consumo de potencia nominal y cero.

Es un objeto de las realizaciones de la invención proporcionar un método y un control de potencia de un tipo mejorado, que solucione al menos uno de los problemas mencionados anteriormente, en particular de modo que la información de consumo de potencia se pueda comunicar a una configuración de red inteligente, en particular a su agregador, de una forma mejorada, preferentemente sobre la base de una modelización mejorada de un sistema de refrigeración.

Además, es un objeto de las realizaciones de la invención en particular proporcionar una secuencia de comunicación mejorada entre el sistema de refrigeración y una configuración de red inteligente, en particular un agregador de una configuración de red inteligente, en un método para hacer funcionar un controlador de potencia.

Además, es un objeto de las realizaciones de la invención en particular proporcionar una forma mejorada para determinar un consumo de potencia de una entidad de enfriamiento del sistema de refrigeración y/o una determinación mejorada del consumo de potencia del sistema de refrigeración, para proporcionar una cantidad total mejorada de información de consumo de potencia que se debe comunicar a una configuración de red inteligente, en particular al agregador de una configuración de red inteligente.

La invención proporciona un método para hacer funcionar al menos un recurso energético distribuido que comprende un sistema de refrigeración con al menos un compresor, al menos un intercambiador de calor de expulsión de calor y diversas entidades de enfriamiento, comprendiendo cada entidad de enfriamiento un evaporador y una válvula de expansión que controla un suministro de refrigerante al evaporador, donde el método comprende los pasos de:

- solicitar, por parte de una configuración de red inteligente, la información de consumo de potencia relacionada con un consumo de potencia del sistema de refrigeración, desde el recurso energético distribuido,
- estimar, por parte de para cada una de las entidades de enfriamiento, una contribución al consumo de potencia que se origina desde la entidad de enfriamiento,
- determinar para cada una de las entidades de enfriamiento, un estado de la entidad de enfriamiento y determinar si la entidad de enfriamiento está preparada o no para conmutar el estado,
- calcular al menos un parámetro que es representativo de un consumo de potencia máximo, un consumo de potencia mínimo, un cambio máximo en el consumo de potencia y/o un cambio mínimo en el consumo de potencia del sistema de refrigeración, en base a la contribución al consumo de potencia estimado de la entidades de enfriamiento, y en base a los estados determinados de las entidades de enfriamiento y a si las entidades de enfriamiento están preparadas o no para conmutar el estado,
- transmitir la información de consumo de potencia solicitada, en forma del (de los) parámetro(s) calculado(s), a la configuración de red inteligente,
- transmitir, por parte de la configuración de red inteligente, una referencia de potencia al recurso energético distribuido, contemplando la referencia de potencia la información de consumo de potencia transmitida,
- controlar, por parte del recurso energético distribuido, las entidades de enfriamiento con el fin de obtener un consumo de potencia del sistema de refrigeración que se corresponda con la referencia de potencia.

La presente invención se refiere a un método para hacer funcionar al menos un recurso energético distribuido (DER). En el contexto de la presente, la expresión 'recurso energético distribuido' se debería interpretar que implica una instalación que está conectada a una red de potencia. El recurso energético distribuido puede proporcionar servicios a la red de potencia en forma de flexibilidad en el consumo de potencia o producción de potencia del

recurso energético distribuido. La presente invención está dirigida en particular hacia el funcionamiento de un DER en forma de un consumidor de potencia, aunque no se descarta que el DER podría ser un productor de potencia.

5 El recurso energético distribuido es de un tipo que comprende un sistema de refrigeración. En el contexto de la presente, la expresión 'sistema de refrigeración' se debería interpretar que implica cualquier sistema en el que un flujo de un medio fluido, tal como un refrigerante, circula y se comprime y expande de manera alternativa, lo que proporciona de ese modo la refrigeración de un volumen. El sistema de refrigeración puede ser, p. ej., un sistema de acondicionamiento de aire, un sistema de refrigeración para supermercados, etc.

10 El sistema de refrigeración comprende al menos un compresor, al menos un intercambiador de calor de expulsión de calor, p. ej., en forma de condensadores o enfriadores de gas y diversas entidades de enfriamiento. Cada entidad de enfriamiento comprende un evaporador y una válvula de expansión que controla un suministro de refrigerante al evaporador. De ese modo, el refrigerante que fluye en el sistema de refrigeración se comprime mediante el (los) compresor(es). El refrigerante comprimido se suministra al (a los) intercambiador(es) de calor de expulsión de calor, donde tiene lugar el intercambio de calor entre el refrigerante y el ambiente, de tal manera que el calor se expulse del refrigerante. A continuación, el refrigerante pasa a las válvulas de expansión de las entidades de enfriamiento
15 donde se expande en los evaporadores respectivos. El flujo másico de refrigerante a cada evaporador está controlado por medio de la válvula de expansión correspondiente. De ese modo se puede controlar una temperatura en una entidad de enfriamiento, mediante el control de la válvula de expansión de la entidad de enfriamiento, y de ese modo el flujo másico de refrigerante al evaporador correspondiente.

20 De acuerdo con el método de la invención, una configuración de red inteligente solicita inicialmente la información de consumo de potencia, relacionada con un consumo de potencia del sistema de refrigeración, desde el recurso energético distribuido. En el contexto de la presente, la expresión 'configuración de red inteligente' se debería interpretar que implica una disposición que incluye una red de potencia que tiene diversos consumidores de potencia y diversos suministradores de potencia conectados a esta, y que puede controlar el consumo de potencia de los consumidores de potencia con el fin de que coincida con un suministro de potencia disponible proporcionado por los proveedores de potencia.
25

La información de consumo de potencia solicitada está relacionada con el consumo de potencia del sistema de refrigeración, es decir, proporciona información referente a cuánta potencia consume el sistema de refrigeración. Esto puede incluir un nivel de consumo de potencia en ese momento, un nivel de consumo de potencia previo y/o un nivel de consumo de potencia esperado o posible futuro.

30 En respuesta a la solicitud de la información de consumo de potencia, se estima una contribución al consumo de potencia para cada una de las entidades de enfriamiento. Por tanto, para cada una de las entidades de enfriamiento del sistema de refrigeración se estima cuán grande es una parte del consumo de potencia total del sistema de refrigeración que se puede suponer originada en esa entidad de enfriamiento.

35 Asimismo, para cada entidad de enfriamiento, se determina un estado de la entidad de enfriamiento, y se determina si la entidad de enfriamiento está preparada o no para conmutar el estado. En el contexto de la presente, la expresión 'estado de una entidad de enfriamiento' se debería interpretar que abarca si la entidad de enfriamiento está en funcionamiento o no. Por ejemplo, la entidad de enfriamiento puede estar en un estado 'conectado', en el que se suministra el refrigerante al evaporador y por lo tanto la temperatura dentro de un volumen refrigerado dispuesto en contacto con el evaporador disminuye. O la entidad de enfriamiento puede estar en un estado
40 'desconectado', en el que no se suministra refrigerante al evaporador y por lo tanto la temperatura dentro del volumen refrigerado aumenta. La entidad de refrigeración está preparada para conmutar el estado si es conveniente conmutar la entidad de refrigeración de un estado 'conectado' a un estado 'desconectado' o de un estado 'desconectado' a un estado 'conectado', en base a criterios convenientes que se han definido previamente. Los criterios pueden contemplar, p. ej., las restricciones en el funcionamiento del sistema de refrigeración, tal como las temperaturas aceptables de las entidades de enfriamiento, etc. Esto se describirá con más detalle a continuación.
45

A continuación, se calcula al menos un parámetro en base a las contribuciones al consumo de potencia estimado de las entidades de enfriamiento, y en base a los estados determinados de las entidades de enfriamiento y si las entidades de enfriamiento están preparadas o no para conmutar el estado. El (Los) parámetro(s) calculado(s) es (son) representativo(s) de un consumo de potencia máximo, un consumo de potencia mínimo, un cambio máximo en el consumo de potencia y/o un cambio mínimo en el consumo de potencia del sistema de refrigeración.
50

En el caso de que el (uno de los) parámetro(s) calculado(s) sea representativo de un consumo de potencia máximo, esto podría reflejar, p. ej., un consumo de potencia máximo que el sistema de refrigeración es capaz de proporcionar, tal como si todas las entidades de enfriamiento, que en ese momento están en el estado 'conectado' se mantienen en el estado 'conectado', y todas las entidades de enfriamiento que están en ese momento en el estado 'desconectado' y preparadas para conmutar el estado se conmutan al estado 'conectado'.
55

De manera similar, en el caso de que el (uno de los) parámetro(s) calculado(s) sea representativo de un cambio máximo en el consumo de potencia, esto podría reflejar, p. ej., cuánto se puede aumentar el consumo de potencia

total del sistema de refrigeración desde el nivel de consumo de potencia en ese momento, de la manera descrita anteriormente.

5 En el caso de que el (uno de los) parámetro(s) calculado(s) sea representativo de un consumo de potencia mínimo, esto podría reflejar, p. ej., un consumo de potencia mínimo que el sistema de refrigeración es capaz de proporcionar, tal como si todas las entidades de enfriamiento, que están en ese momento en el estado 'desconectado' se mantienen en el estado 'desconectado' y todas las entidades de enfriamiento que están en ese momento en el estado 'conectado' y preparadas para conmutar el estado se conmutan al estado 'desconectado'.

10 De manera similar, en el caso de que el (uno de los) parámetro(s) calculado(s) sea representativo de un cambio mínimo en el consumo de potencia, esto podría reflejar, p. ej., cuánto se puede disminuir el consumo de potencia total del sistema de refrigeración desde el nivel de consumo de potencia en ese momento, de la manera descrita anteriormente.

15 Cabe destacar que cuando una entidad de enfriamiento se conmuta de un estado 'desconectado' a un estado 'conectado', aumenta la cantidad de refrigerante que se suministra a los compresores, lo que aumenta de ese modo el consumo de potencia de los compresores. De manera similar, cuando una entidad de enfriamiento se conmuta de un estado 'conectado' a un estado 'desconectado', disminuye la cantidad de refrigerante que se suministra a los compresores, lo que disminuye de ese modo el consumo de potencia de los compresores.

En cualquier caso, el (los) parámetro(s) calculado(s) proporciona(n) información referente a en qué medida la configuración de red inteligente puede esperar que el sistema de refrigeración pueda aumentar y/o disminuir su consumo de potencia sin afectar de manera negativa al funcionamiento principal del sistema de refrigeración.

20 A continuación, la información de consumo de potencia solicitada se transmite a la configuración de red inteligente en forma del (de los) parámetro(s) calculado(s). En consecuencia, la información de consumo de potencia transmitida proporciona una información valiosa a la configuración de red inteligente referente a en qué medida puede solicitar al DER que aumente y/o disminuya su consumo de potencia. La configuración de red inteligente puede utilizar esta información cuando planifica cómo ajustar el consumo de potencia de los diversos consumidores de potencia conectados a la red inteligente con el fin de hacerlo coincidir con un suministro de potencia disponible proporcionado por los suministradores de potencia conectados a la red inteligente.

30 Cuando la configuración de red inteligente ha recibido la información de consumo de potencia solicitada, la configuración de red inteligente transmite una referencia de potencia al recurso energético distribuido (DER), contemplando la referencia de potencia el consumo de potencia transmitido. Por tanto, la referencia de potencia no supera los niveles de consumo de potencia que el sistema de refrigeración es capaz de proporcionar. No obstante, la referencia de potencia también refleja una necesidad de la configuración de red inteligente para aumentar o disminuir el consumo de potencia total de los consumidores de potencia conectados a la red inteligente, con el fin de que coincida con la producción de potencia disponible.

35 Por último, el recurso energético distribuido (DER) controla las entidades de enfriamiento con el fin de obtener un consumo de potencia del sistema de refrigeración que se corresponda con la referencia de potencia.

De ese modo, se ajusta el consumo de potencia total del sistema de refrigeración de modo que coincida con la necesidad de la configuración de red inteligente, sin comprometer el funcionamiento principal del sistema de refrigeración, incluyendo restricciones a las temperaturas predominantes en las entidades de enfriamiento.

40 En un sistema de refrigeración la mayoría de la potencia consumida es consumida por los compresores. No obstante, el funcionamiento de los compresores viene dado por los procesos principales del sistema de refrigeración, es decir, el funcionamiento de las entidades de enfriamiento. De ese modo, el funcionamiento de los compresores también se ve afectado por las restricciones que se imponen al funcionamiento de las entidades de enfriamiento, tal como restricciones en una temperatura predominante dentro de los volúmenes refrigerados asociados con las entidades de enfriamiento. Es una ventaja del método de la presente invención que la información de consumo de potencia proporcionada a la configuración de red inteligente se genera sobre la base de las contribuciones al consumo de potencia estimado de las entidades de enfriamiento, los estados de las entidades de enfriamiento y si las entidades de enfriamiento están preparadas o no para conmutar el estado, porque de ese modo la configuración de red inteligente obtiene información fiable referente a cuánta 'flexibilidad' se puede esperar del sistema de refrigeración, en términos de ajustar su consumo de potencia sin comprometer el funcionamiento principal del sistema de refrigeración. También es una ventaja que la referencia de potencia transmitida desde la configuración de red inteligente hasta el recurso energético distribuido contempla la información de consumo de potencia, porque de ese modo se impide que la configuración de red inteligente solicite al recurso energético distribuido que proporcione un consumo de potencia que está en conflicto con los procesos principales del sistema de refrigeración. Por tanto, la red inteligente puede confiar en que el recurso energético distribuido podrá funcionar al nivel de consumo de potencia solicitado y los procesos principales del sistema de refrigeración no se verán comprometidos. Esto permite

55 que la configuración de red inteligente controle de manera eficaz el consumo de potencia total de los consumidores

de potencia conectados a la red inteligente.

El método puede comprender además el paso de, para cada una de las entidades de enfriamiento, estimar una capacidad de enfriamiento de la entidad de enfriamiento, y el paso de, para cada una de las entidades de enfriamiento, estimar que una contribución al consumo de potencia que se origina en la entidad de enfriamiento puede estar basada en la capacidad de enfriamiento estimada de la entidad de enfriamiento. La capacidad de enfriamiento estimada para una entidad de enfriamiento dada podría ser representativa, p. ej., de 'cuánto enfriamiento' proporciona en ese momento esa entidad de enfriamiento, p. ej., en forma de transferencia de calor desde el refrigerante que fluye a través del evaporador hasta un flujo de fluido secundario a través del evaporador. Por ejemplo, si una entidad de enfriamiento está en un estado donde no se suministra refrigerante al evaporador, la entidad de enfriamiento no proporciona enfriamiento y aumentará una temperatura predominante en un volumen refrigerado asociado. Por otra parte, si la entidad de enfriamiento está en un estado donde se suministra refrigerante al evaporador, la entidad de enfriamiento proporciona enfriamiento y disminuye la temperatura dentro del volumen refrigerado asociado, posiblemente a una velocidad que depende de un grado de apertura de la válvula de expansión.

Se debe esperar que la capacidad de enfriamiento de una entidad de enfriamiento esté relacionada estrechamente con la cantidad de refrigerante suministrado a los compresores por esa entidad de enfriamiento. En consecuencia, la cantidad de trabajo requerido por los compresores con el fin de comprimir el refrigerante recibido desde la entidad de enfriamiento debe esperarse que dependa de la capacidad de enfriamiento de la entidad de enfriamiento. Como consecuencia, la contribución al consumo de potencia originada desde una entidad de enfriamiento debe esperarse que dependa de la capacidad de enfriamiento de esa entidad de enfriamiento. Por lo tanto, es conveniente estimar la contribución al consumo de potencia originada desde una entidad de enfriamiento dada sobre la base de la capacidad de enfriamiento estimada de esa entidad de enfriamiento.

Por tanto, de acuerdo con esta realización, un controlador realiza un seguimiento de la cantidad de capacidad de enfriamiento de la que es responsable cada entidad de enfriamiento, y en base a esto, estima el consumo de potencia del que es responsable cada entidad de enfriamiento.

El paso de estimar, para cada una de las entidades de enfriamiento, una capacidad de enfriamiento de la entidad de enfriamiento puede estar basado en un grado de apertura de la válvula de expansión y en los valores medidos de presión y temperatura del refrigerante. El flujo másico de refrigerante suministrado al evaporador depende de un grado de apertura de la válvula de expansión. La transferencia de calor al refrigerante que fluye a través del evaporador desde un flujo de fluido secundario que atraviesa el evaporador depende, entre otras cosas, del flujo másico de refrigerante a través de los evaporadores, así como también de los niveles de temperatura y niveles de presión predominantes en el sistema de refrigeración, en particular cerca del evaporador. Por ejemplo, la capacidad de enfriamiento de una entidad de enfriamiento dada, i , se puede calcular utilizando las ecuaciones:

$$\dot{m}_i = \text{OD}_i \cdot \alpha \cdot \sqrt{2 \cdot \rho_{sue} \cdot (P_e - P_{sue})} \quad (1)$$

$$\dot{Q}_i = \dot{m}_i \cdot (h_{oe} - h_{oc}) \quad (2)$$

Estas ecuaciones se describirán con más detalle a continuación.

El paso de estimar, para cada una de las entidades de enfriamiento, una contribución al consumo de potencia originada desde la entidad de enfriamiento se puede basar en un coeficiente de rendimiento (COP) del ciclo de refrigeración del sistema de refrigeración. El COP puede ser, p. ej., un valor estimado, p. ej., basado en mediciones en línea y/o valores de diseño del sistema de refrigeración.

Por ejemplo, la contribución al consumo de potencia originada desde una entidad de enfriamiento dada se puede calcular como la capacidad de enfriamiento estimada de esa entidad de enfriamiento dividida por el COP del ciclo de refrigeración.

El paso de controlar las entidades de enfriamiento puede comprender controlar las entidades de enfriamiento sobre la base de la contribución al consumo de potencia estimado de las entidades de enfriamiento, y sobre la base de los estados determinados de las entidades de enfriamiento y si las entidades de enfriamiento están preparadas o no para conmutar el estado.

De acuerdo con esta realización, las entidades de enfriamiento se pueden controlar de la siguiente manera. Si la referencia de potencia transmitida por la configuración de red inteligente es mayor que el nivel de consumo de potencia en ese momento del sistema de refrigeración, entonces se debe aumentar el consumo de potencia total del sistema de refrigeración. Con esta finalidad se identifican una o más entidades de enfriamiento, que están en ese momento en un estado 'desconectado', pero que están preparadas para conmutar a un estado 'conectado'. Conmutar una o más de las entidades de enfriamiento identificadas del estado 'desconectado' al estado 'conectado' dará como resultado un aumento en la cantidad de refrigerante que se suministra a los compresores y de ese modo

un aumento del consumo de potencia total del sistema de refrigeración. En consecuencia, se puede alcanzar un consumo de potencia que coincide con la referencia de potencia más elevada.

5 De manera similar, si la referencia de potencia transmitida por la configuración de red inteligente es menor que el nivel de consumo de potencia en ese momento del sistema de refrigeración, entonces se debe disminuir el consumo de potencia total. En este caso se identifican una o más entidades de enfriamiento, que están en ese momento en un estado 'conectado', pero que están preparadas para conmutar a un estado 'desconectado'. De manera similar a la descripción anterior, conmutar una o más de las entidades de enfriamiento identificadas del estado 'conectado' al estado 'desconectado' dará como resultado una disminución en el consumo de potencia total del sistema de refrigeración, lo que permite alcanzar de ese modo una referencia de potencia más baja.

10 En consecuencia, el paso donde el recurso energético distribuido controla las entidades de enfriamiento puede comprender conmutar el estado de una o más de las entidades de enfriamiento que están preparadas para conmutar el estado.

15 De acuerdo con una realización, la configuración de red inteligente puede comprender un agregador y el paso en el que la configuración de red inteligente solicita la información de consumo de potencia y/o el paso en el que la configuración de red inteligente transmite una referencia de potencia se pueden llevar a cabo mediante el agregador.

En el contexto de la presente, el término 'agregador' se debería interpretar que implica una unidad de la configuración de red inteligente que está dedicada a gestionar una cartera de DER, entre otras cosas con el fin de controlar el consumo de potencia de los DER gestionados de modo que este coincida con un consumo de potencia que necesita la configuración de red inteligente.

20 De acuerdo con esta realización, la comunicación entre el DER y la configuración de red inteligente se producen a través del agregador. Como alternativa, la comunicación entre el DER y la configuración de red inteligente pueden tener lugar a través de otras unidades de la configuración de red inteligente.

25 El paso en el que el agregador solicita la información de consumo de potencia puede comprender solicitar la información de consumo de potencia para un intervalo de tiempo solicitado, y el paso de calcular al menos un parámetro puede comprender calcular el (los) parámetros con respecto al intervalo de tiempo solicitado.

30 De acuerdo con esta realización, la configuración de red inteligente puede necesitar ajustar el consumo de potencia total de los consumidores de potencia conectados a la red inteligente durante un intervalo de tiempo futuro especificado. Por lo tanto, cuando el agregador solicita la información de consumo de potencia desde el DER, este solicita de manera específica la información relacionada con ese intervalo de tiempo específico. Cuando se calcula(n) el (los) parámetro(s) se tienen en cuenta las condiciones específicas relacionadas con el intervalo de tiempo específico, por ejemplo, el momento del día, las cargas de enfriamiento esperadas, las predicciones referentes al estado esperado de cada entidad de enfriamiento y cuáles y cuántas entidades de enfriamiento se espera que estén preparadas para conmutar el estado, etc. Asimismo, también se puede contemplar la longitud del intervalo de tiempo. Por ejemplo, se pueden contemplar únicamente las contribuciones de las entidades de enfriamiento que están preparadas para conmutar el estado, y que no tendrán que conmutar de vuelta al estado original durante el intervalo de tiempo, cuando se calcula en qué medida el sistema de refrigeración es capaz de ajustar su consumo de potencia total.

40 Por tanto, de acuerdo con esta realización, la configuración de red inteligente obtiene información referente a en qué medida el DER es capaz de ajustar su consumo de potencia durante el intervalo de tiempo especificado, y de ese modo la configuración de red inteligente puede planificar como obtener un consumo de potencia total requerido de los consumidores de potencia conectados a la red inteligente durante el intervalo de tiempo especificado.

45 El paso de transmitir la información de consumo de potencia solicitada puede comprender transmitir un consumo de potencia máximo y la referencia de potencia transmitida mediante la configuración de red inteligente puede estar por debajo del consumo de potencia máximo. De acuerdo con esta realización, la configuración de red inteligente puede necesitar aumentar el consumo de potencia total de los consumidores de potencia conectados a la red inteligente. Por lo tanto, el agregador solicita un consumo de potencia máximo desde el DER con el fin de descubrir la magnitud de un aumento en el consumo de potencia que se puede esperar que suministre el DER. A continuación, la configuración de red inteligente garantiza que la referencia de potencia, que se transmite posteriormente al DER, no supera el consumo de potencia máximo, ya que hacer funcionar el sistema de refrigeración con el fin de proporcionar un consumo de potencia que supera el consumo de potencia máximo calculado comprometería el funcionamiento principal del sistema de refrigeración. Por lo tanto, si el agregador solicitara al DER que aumente su consumo de potencia hasta un nivel por encima del consumo de potencia máximo, entonces el DER simplemente no obedecería debido a que el funcionamiento principal del sistema de refrigeración tiene prioridad frente a cumplir los requisitos definidos por la red inteligente. Como consecuencia, la red inteligente no cumpliría su objetivo de alcanzar un consumo de potencia total deseado de los consumidores de potencia conectados a la red inteligente.

55 Como alternativa o de manera adicional, el paso de transmitir la información de consumo de potencia solicitada

- puede comprender transmitir un consumo de potencia mínimo, y la referencia de potencia transmitida por la configuración de red inteligente puede estar por encima del consumo de potencia mínimo. De acuerdo con esta realización, la configuración de red inteligente puede necesitar disminuir el consumo de potencia total de los consumidores de potencia conectados a la red inteligente. Por lo tanto, el agregador solicita un consumo de potencia mínimo desde el DER con el fin de descubrir la magnitud de una disminución en el consumo de potencia que se puede esperar que suministre el DER. De manera similar a la situación descrita anteriormente, la configuración de red inteligente garantiza que la referencia de potencia no está por debajo del consumo de potencia mínimo, con el fin de permitir que el DER suministre un consumo de potencia correspondiente a la referencia de potencia solicitada sin comprometer el funcionamiento principal del sistema de refrigeración.
- 5 El paso de determinar, para cada una de las entidades de enfriamiento, un estado de la entidad de enfriamiento, y determinar si la entidad de enfriamiento está preparada o no para conmutar el estado puede comprender los pasos de, para cada una de las entidades de enfriamiento:
- determinar si la entidad de enfriamiento está en un estado conectado, en el que se suministra el refrigerante al evaporador, o en un estado desconectado, en el que no se suministra refrigerante al evaporador,
 - 15 - obtener una temperatura dentro de un volumen refrigerado que se enfría por medio del evaporador de la entidad de enfriamiento,
 - en el caso de que la entidad de enfriamiento esté en un estado conectado, comparar la temperatura obtenida con una temperatura de desactivación de la entidad de enfriamiento y determinar que la entidad de enfriamiento está preparada para conmutar el estado, si la diferencia entre la temperatura obtenida y la temperatura de desactivación está por debajo de un primer valor umbral, y
 - 20 - en el caso de que la entidad de enfriamiento esté en un estado desconectado, comparar la temperatura obtenida con una temperatura de activación de la entidad de enfriamiento y determinar que la entidad de enfriamiento está preparada para conmutar el estado, si la diferencia entre la temperatura obtenida y la temperatura de activación está por debajo de un segundo valor umbral.
- 25 Durante el funcionamiento normal de la entidad de enfriamiento de un sistema de refrigeración se controla el suministro de refrigerante al evaporador, con el fin de obtener una temperatura dentro del volumen refrigerado que esté dentro de una banda de temperaturas especificada. Con el fin de obtener esto, se abre la válvula de expansión cuando la temperatura dentro del volumen refrigerado alcanza una temperatura de activación. Esto dará como resultado que se conmuta la entidad de enfriamiento del estado desconectado al estado conectado, siendo
- 30 suministrado el refrigerante al evaporador, y la temperatura dentro del volumen refrigerado comenzará a disminuir. Cabe destacar que, en el contexto de la presente, se puede obtener un estado 'conectado' de la válvula de expansión abriendo y cerrando la válvula durante un período de tiempo dado, obteniéndose de ese modo un grado de apertura efectivo de la válvula que depende de los instantes de apertura/cierre de la válvula durante el período de tiempo dado. Esta manera de hacer funcionar una válvula de expansión se denomina a menudo como modulación por ancho de pulsos. Cuando la temperatura dentro del volumen refrigerado alcanza una temperatura de
- 35 desactivación, se cierra la válvula de expansión, conmutando de ese modo la entidad de enfriamiento al estado desconectado. Como consecuencia, la temperatura comenzará a aumentar de nuevo hasta que se alcance la temperatura de activación, etc.
- 40 De acuerdo con esta realización de la invención, el siguiente proceso se lleva a cabo para cada una de las entidades de enfriamiento del sistema de refrigeración.
- Inicialmente, se determina si la entidad de enfriamiento está en un estado conectado o en un estado desconectado. La entidad de enfriamiento está en un estado conectado si se suministra refrigerante al evaporador a través de la válvula de expansión. En este caso disminuye la temperatura dentro de un volumen refrigerado, que se enfría por medio del evaporador de la entidad de enfriamiento, debido al intercambio de calor que tiene lugar entre el
- 45 refrigerante que fluye a través del evaporador y el aire dentro del volumen refrigerado. La entidad de enfriamiento está en un estado desconectado si no se suministra refrigerante al evaporador, es decir, si la válvula de expansión está cerrada. En este caso no se produce el intercambio de calor entre el refrigerante en el evaporador y el aire dentro del volumen refrigerado, y por lo tanto aumenta la temperatura dentro del volumen refrigerado.
- Asimismo, la temperatura dentro del volumen refrigerado se obtiene, p. ej., midiendo la temperatura.
- 50 En el caso de que se determine que la entidad de enfriamiento está en un estado conectado, la temperatura obtenida se compara con la temperatura de desactivación, con el fin de determinar cuán cercana está la temperatura dentro del volumen refrigerado a la temperatura de desactivación. Si la temperatura está cerca de la temperatura de desactivación, entonces se conmutará en cualquier caso la entidad de enfriamiento al estado desconectado poco después, y por lo tanto puede tener sentido conmutar la entidad de enfriamiento al estado desconectado en ese
- 55 momento. Por otra parte, si la temperatura dentro del volumen refrigerado está lejos de la temperatura de desactivación, entonces se debe esperar que transcurra cierto tiempo antes de que la temperatura alcance la

5 temperatura de desactivación, donde la entidad de enfriamiento se conmutará de manera natural al estado desconectado. Por ejemplo, la entidad de enfriamiento se puede haber conmutado hace poco del estado desconectado al estado conectado. Asimismo, si la entidad de enfriamiento se conmuta, en esta situación, del estado conectado al estado desconectado, se debe esperar que se alcance rápidamente la temperatura de activación, provocando de ese modo que la entidad de enfriamiento se conmute de vuelta al estado conectado. Por lo tanto, no es deseable conmutar dichas entidades de enfriamiento al estado desconectado. En consecuencia, se determina que la entidad de enfriamiento está preparada para conmutar el estado si la diferencia entre la temperatura obtenida y la temperatura de desactivación está por debajo de un primer valor umbral.

10 En el caso de que se determine que la entidad de enfriamiento está en un estado desconectado, la temperatura obtenida se compara con la temperatura de activación, con el fin de determinar cuán cercana está la temperatura dentro del volumen refrigerado a la temperatura de activación. De manera similar a la situación descrita anteriormente, es conveniente conmutar la entidad de enfriamiento al estado conectado si la temperatura dentro del volumen refrigerado está cerca de la temperatura de activación, y no es conveniente conmutar la entidad de enfriamiento al estado conectado si la temperatura está lejos de la temperatura de activación. En consecuencia, se determina que la entidad de enfriamiento está preparada para conmutar el estado si la diferencia entre la temperatura obtenida y la temperatura de activación está por debajo de un segundo valor umbral.

Cabe destacar que el primer y segundo valor umbral podrían estar en forma de temperaturas absolutas, o en forma de un porcentaje de las temperaturas de activación y desactivación, o la diferencia entre las temperaturas de activación y desactivación.

20 El primer valor umbral y/o el segundo valor umbral se pueden seleccionar de acuerdo con una duración de un intervalo de tiempo para el que se solicita la información de consumo de potencia solicitada. Por ejemplo, si el intervalo de tiempo solicitado es largo, los valores umbral pueden ser bajos con el fin de garantizar que, en caso de que el estado de la entidad de enfriamiento se conmute con el fin de ajustar el consumo de potencia del sistema de refrigeración, no será necesario conmutar el estado de la entidad de enfriamiento de nuevo durante el intervalo de tiempo requerido. Por otra parte, si el intervalo de tiempo es corto, entonces el riesgo de que la entidad de enfriamiento tenga que conmutar el estado de nuevo durante el intervalo de tiempo es muy bajo y por lo tanto se pueden admitir unos valores umbral más elevados.

De acuerdo con una realización, la invención parte de un método para hacer funcionar al menos un recurso energético distribuido que comprende un sistema de refrigeración con diversas entidades de enfriamiento, donde:

30 se comunica una información de consumo de potencia a una configuración de red inteligente. De acuerdo con esta realización, el método comprende los pasos de:

- solicitar una información de consumo de potencia del sistema de refrigeración;
- transmitir la información de consumo de potencia del sistema de refrigeración, donde se proporciona una cantidad total de consumo de potencia del sistema de refrigeración; donde:
- 35 - se determina una capacidad de enfriamiento de al menos una entidad de enfriamiento, donde se contempla una condición de funcionamiento de una entidad de la entidad de enfriamiento;
- se determina un consumo de potencia de al menos una entidad de enfriamiento a partir de la capacidad de enfriamiento, donde se contempla una estimación del rendimiento de un ciclo de refrigeración de la entidad de enfriamiento;
- 40 - proporcionar la cantidad total de consumo de potencia como una suma de los consumos de potencia de al menos la o las entidades de enfriamiento de las diversas entidades de enfriamiento, en particular como una suma de los consumos de potencia relevantes de las diversas entidades de enfriamiento,
- recibir en el sistema de refrigeración una referencia de potencia desde la configuración de red inteligente.

45 Por tanto, de acuerdo con esta realización de la invención, una cantidad total de consumo de potencia del sistema de refrigeración se basa en una estimación de una cantidad total de consumo de potencia, ya que:

- se determina una capacidad de enfriamiento de al menos una entidad de enfriamiento, donde se contempla una condición de funcionamiento de una entidad de la entidad de enfriamiento;
- se determina un consumo de potencia de al menos una entidad de enfriamiento a partir de la capacidad de enfriamiento, donde se contempla una estimación del rendimiento de un ciclo de refrigeración de la entidad de enfriamiento; y
- 50 - se proporciona la cantidad total de consumo de potencia como una suma de los consumos de potencia de al menos la o las entidades de enfriamiento de las diversas entidades de enfriamiento, en particular como

una suma de los consumos de potencia relevantes de las diversas entidades de enfriamiento.

Se adapta una unidad de control de potencia para comunicar una información de consumo de potencia a una configuración de red inteligente, en particular de modo que esté conectada con comunicación con un agregador de una configuración de red inteligente, en particular para ejecutar los pasos del método de un método de acuerdo con una realización de la invención. De acuerdo con la invención, la unidad puede comprender:

- 5 - un canal de entrada para recibir una solicitud de una información de consumo de potencia del sistema de refrigeración, en particular un canal de entrada al agregador;
- 10 - un canal de salida para transmitir la información de consumo de potencia del sistema de refrigeración, donde se proporciona una cantidad total de consumo de potencia del sistema de refrigeración, en particular un canal de salida al agregador; donde:
 - un primer módulo para determinar una capacidad de enfriamiento de al menos una entidad de enfriamiento y contemplar una condición de funcionamiento de una entidad de la entidad de enfriamiento;
 - 15 - un segundo módulo para determinar un consumo de potencia de al menos una entidad de enfriamiento a partir de la capacidad de enfriamiento y contemplar una estimación del rendimiento de un ciclo de refrigeración de la entidad de enfriamiento;
 - un tercer módulo para proporcionar la cantidad total de consumo de potencia como una suma de consumos de potencia de al menos la o las entidades de enfriamiento de las diversas entidades de enfriamiento, en particular como una suma de los consumos de potencia relevantes de las diversas entidades de enfriamiento,
 - 20 - un canal de entrada para recibir en el sistema de refrigeración una referencia de potencia desde la configuración de red inteligente.

Se puede adaptar una unidad de control de potencia adicional para que haga funcionar al menos un recurso energético distribuido que comprende un sistema de refrigeración con diversas entidades de enfriamiento, en particular para ejecutar los pasos del método de un método de acuerdo con una realización de la invención. De acuerdo con la invención, la unidad puede comprender además:

- 25 - una base de información del funcionamiento que proporciona una condición de funcionamiento de una entidad de la entidad de enfriamiento
- una base de información del rendimiento que proporciona una estimación del rendimiento de un ciclo de refrigeración de la entidad de enfriamiento; y de manera opcional
- 30 - una base de información de la relevancia que proporciona un estado de la relevancia de cada una de las entidades de enfriamiento y de manera opcional un temporizador.

La invención también conduce a un sistema de una unidad de control de potencia implementada en una entidad seleccionada del grupo de entidades que comprende:

- 35 - un agregador,
- un controlador de recursos energéticos distribuidos, adaptado de modo que haga funcionar al menos un recurso energético distribuido que comprende un sistema de refrigeración con diversas entidades de enfriamiento,
- un recurso energético distribuido que comprende un sistema de refrigeración con diversas entidades de enfriamiento,
- 40 - una interfaz del controlador de potencia entre el agregador y el controlador de recursos energéticos distribuidos.

La invención también conduce a una configuración de red inteligente que comprende un operador de red eléctrica y un agregador para la conexión a un mercado asignado a la red eléctrica, donde el agregador y diversos recursos energéticos distribuidos se conectan con comunicación a través de una unidad del controlador de potencia.

- 45 La invención parte de la consideración de que en general algunos de los DER tendrán un estado dependiente del consumo de potencia mínimo y máximo, debido al hecho de que el DER da servicio a algún proceso principal que impone restricciones. Por tanto, el DER no podrá consumir una potencia cero o una potencia nominal en ningún punto de tiempo dado de ningún período de tiempo dado. Cuando se utiliza el sistema de refrigeración para supermercados como un DER, este pasa a ser un ejemplo de una unidad de DER con un consumo de potencia

mínimo y máximo dependiente del estado y por lo tanto el agregador requerirá que el sistema de refrigeración para supermercados pueda estimar su consumo de potencia mínimo y máximo durante un período de tiempo dado.

Por tanto, la invención reconoce que es preferible una estimación del consumo de potencia mínimo y máximo del sistema de refrigeración, en particular en un período de tiempo dado. Esto está de acuerdo además con la invención para proporcionar una cantidad total de consumo de potencia del sistema de refrigeración:

- se determina una capacidad de enfriamiento de al menos una entidad de enfriamiento, donde se contempla una condición de funcionamiento de una entidad de la entidad de enfriamiento;
- se determina un consumo de potencia de al menos una entidad de enfriamiento a partir de la capacidad de enfriamiento, donde se contempla una estimación del rendimiento de un ciclo de refrigeración de la entidad de enfriamiento, y a continuación
- proporcionar la cantidad total de consumo de potencia como una suma de consumos de potencias de al menos la o las entidades de enfriamiento de las diversas entidades de enfriamiento, en particular como una suma de los consumos de potencia relevantes de las diversas entidades de enfriamiento.

La invención reconoce que no se comprende en sí mismo estimar de manera fiable un posible margen flexible para el consumo de potencia, en particular dentro de un período de tiempo dado, ya que los dispositivos de carga del propio sistema de refrigeración, suficientemente complejos, en general no proporcionan dicha información.

La invención consigue que esta información pueda ser proporcionada por los controladores de las diversas entidades de enfriamiento (en particular los controladores de conductos como compresores, válvulas, evaporadores y/o condensadores y las válvulas respectivas) que se pueden caracterizar por la condición de funcionamiento de dicha entidad y a continuación ser convertida a información sobre el consumo de potencia estimado en términos dicha estimación del rendimiento, en particular, mediante la utilización del coeficiente de rendimiento, COP. Dicha estimación del rendimiento indica, en particular mediante la utilización del COP, cuán eficiente es el ciclo de refrigeración.

Por tanto, el método presentado hace posible el control de la potencia de un sistema de refrigeración centralizado en una configuración de red inteligente, donde un agregador proporciona la referencia de potencia. Además, el método también hace posible que el sistema de refrigeración mejore la determinación de los márgenes de flexibilidad superados los valores máx./mín. absolutos de nominal y cero.

Estas configuraciones desarrolladas y otras adicionales de la invención se esquematizan en las reivindicaciones dependientes. De ese modo, las ventajas mencionadas del concepto propuesto se mejoran aún más. Para cada característica de las reivindicaciones dependientes se reivindica una protección independiente que es independiente de todas las demás características de esta exposición. En particular, en lo que sigue a continuación ya se utilizan abreviaturas de los términos y los símbolos de referencia entre paréntesis para ayudar a su comprensión, lo cual, no obstante, no implica que limite el contenido reivindicado.

Comunicarse con la configuración de red inteligente a través de una unidad de control de potencia (PCU) es en principio posible a través de diversas entidades de esta, ya que la configuración de red inteligente comprende en general un operador de red eléctrica (EGO) y un mercado (MP) asignados a la red eléctrica. Preferentemente, la configuración de red inteligente comprende además un agregador (A) para la conexión con diversos recursos energéticos distribuidos (DER) que están conectados con comunicación a través de una unidad de control de potencia (PCU) de acuerdo con el concepto de la inventiva. Por tanto, un agregador es una herramienta preferida para gestionar una cartera con diversos recursos energéticos distribuidos (DER). En una realización preferida, la información de consumo de potencia y/o transmitir (S1) la información de consumo de potencia y/o recibir (S2) una referencia de potencia (W_{ref}) en el sistema de refrigeración (1) se lleva a cabo a través del agregador (A) de la configuración de red inteligente (SG).

Preferentemente, la referencia de potencia (W_{ref}) se adapta al margen de flexibilidad de la potencia, de modo que la referencia de potencia (W_{ref}) se encuentre en el margen de flexibilidad de la potencia. Esta disposición ayuda a que la referencia de potencia (W_{ref}) se pueda presentar de hecho dentro del margen de flexibilidad de la potencia. En particular, se prefiere que la referencia de potencia (W_{ref}) se adapte al margen de flexibilidad de la potencia ya que se solicita dicha cantidad total de margen de consumo de potencia (P_{min} , P_{max}) del sistema de refrigeración (1).

En particular, la referencia de potencia (W_{ref}) se adapta al margen de flexibilidad de la potencia ya que la información de consumo de potencia se solicita (S0) durante un tiempo solicitado (t) al sistema de refrigeración (1) y (S1) la cantidad total proporcionada de consumo de potencia (P_{min} , P_{max}) del sistema de refrigeración (1) es durante un tiempo de suministro (t_{min} , t_{max}) de una cantidad total de margen de consumo de potencia (P_{min} , P_{max}), donde el tiempo de suministro (t_{min} , t_{max}) es el mismo que el tiempo solicitado (t).

En particular, la referencia de potencia (W_{ref}) se adapta a un margen de flexibilidad de la potencia ya que

- se solicita (S0) la información de consumo de potencia del sistema de refrigeración (1) para un tiempo solicitado (t), y
- (S1) la cantidad total proporcionada de consumo de potencia (P_{min} , P_{max}) del sistema de refrigeración (1) es para un tiempo proporcionado (t_{min} , t_{max}) de una cantidad total de consumo de potencia (P_{min} , P_{max}), donde el tiempo proporcionado (t_{min} , t_{max}) es el mismo que el tiempo solicitado (t).

En una realización preferida, el margen de flexibilidad de la potencia que comprende dicha cantidad total de margen de consumo de potencia (P_{min} , P_{max}) del sistema de refrigeración (1) es principalmente la cantidad total de margen de consumo de potencia (P_{min} , P_{max}) de los compresores del sistema de refrigeración (1). En una primera aproximación, esta realización reconoce que el consumo de potencia se puede estimar que viene dado por el consumo de potencia de los compresores de un sistema de refrigeración, mientras que otros consumos de potencia, p. ej., como los consumos de potencia de las válvulas, etc., se pueden despreciar para la finalidad de la invención.

En la realización preferida, el desafío es en particular que los compresores son los consumidores de energía principales en un sistema de refrigeración, mientras que la energía consumida por las válvulas de expansión electrónicas es relativamente pequeña. Por tanto, el planteamiento preferido de la realización es que la estimación proporciona cuánta potencia consumirán los compresores dentro de un intervalo de tiempo dado. Esto no es trivial, ya que los compresores por sí mismos no proporcionan ninguna información sobre lo que se puede hacer para reducir o aumentar el consumo de energía.

En la realización preferida, esta información se puede proporcionar mediante los controladores de las diversas entidades de refrigeración y a continuación ser convertida a información sobre el consumo de potencia estimado en términos de dicha estimación del rendimiento, en particular, mediante la utilización del COP. Dicha estimación del rendimiento indica, en particular mediante la utilización del COP, cuán eficiente es el ciclo de refrigeración. Cuánta potencia consume el compresor con el fin de mover una cierta cantidad de energía por unidad de tiempo desde el interior de la entidad de refrigeración hasta el entorno.

En particular, la cantidad total de consumo de potencia del sistema de refrigeración (1) para el tiempo solicitado se proporciona como una cantidad total superior de consumo de potencia (P_{max}), en particular como una cantidad total superior de consumo de potencia (P_{max}) para un tiempo de activación superior (t_{max}).

En particular, la cantidad total de consumo de potencia del sistema de refrigeración (1) para el tiempo solicitado se proporciona como una cantidad total inferior de consumo de potencia (P_{min}), en particular como una cantidad total inferior de consumo de potencia (P_{min}) para un tiempo de activación inferior (t_{min}).

En particular, la referencia de potencia (W_{ref}) se adapta al margen de flexibilidad de la potencia de modo que:

- la referencia de potencia (W_{ref}) esté por debajo de una cantidad total superior de consumo de potencia (P_{max}) y/o por encima de una cantidad total inferior de consumo de potencia (P_{min}),
- en particular, la referencia de potencia (W_{ref}) esté por debajo de una cantidad total superior de consumo de potencia (P_{max}) y por encima de un consumo de potencia medido (P_{med}) del sistema de refrigeración (1), o por encima de una cantidad total inferior de consumo de potencia (P_{min}) y por debajo de un consumo de potencia medido (P_{med}) del sistema de refrigeración (1).

En particular, la cantidad total de consumo de potencia del sistema de refrigeración (1) para el tiempo solicitado se proporciona como un margen flexible de una cantidad total superior de consumo de potencia superior (P_{max}) y como una cantidad total inferior de consumo de potencia inferior (P_{min}). Cabe destacar que, aunque el etiquetado de las limitaciones superior e inferior del margen flexible en la presente se etiqueta como P_{max} y P_{min} , aun así a pesar de todo estos no serán un valor máximo o nominal de consumo de potencia o uno cero o cercano a cero de consumo de potencia de una entidad de enfriamiento desconectada. P_{max} y P_{min} denotan en la presente un valor superior o inferior de consumo de potencia como resultado del proceso de estimación y, por tanto, se puede considerar como un resultado cambiante del muestreo de las entidades de enfriamiento.

En particular, una cantidad total inferior de consumo de potencia (P_{min}) del sistema de refrigeración (1), en particular se proporciona para un tiempo de activación inferior (t_{min}) como un consumo de potencia medido (P_{med}) del sistema de refrigeración (1) que se reduce mediante un cambio inferior estimado (ΔP_{min}), en particular acumulado, de consumo de potencia.

En particular, se proporciona una cantidad total superior de consumo de potencia (P_{max}) del sistema de refrigeración (1), en particular para un tiempo de activación superior (t_{max}), como un consumo de potencia medido (P_{med}) del sistema de refrigeración (1) que se incrementa mediante un cambio superior estimado (ΔP_{max}), en particular acumulado, de consumo de potencia.

Preferentemente, en una realización, la condición de funcionamiento de la entidad (CE) se resuelve de manera adecuada. En un desarrollo preferido, la capacidad de enfriamiento (Q) se proporciona monitorizando cada una de las entidades de enfriamiento.

Preferentemente en la presente:

- 5 - se determina un caudal másico (dm/dt) de un gas en el lado de entrada de la entidad de enfriamiento, en particular se determina por medio de la monitorización del caudal másico de cada una de las entidades de enfriamiento en el lado de succión de un compresor, y
- se determina una entalpía de enfriamiento ($\Delta h = h_{oe} - h_{oc}$) en la entidad de enfriamiento, en particular se determina mediante la monitorización de la entalpía de enfriamiento en cada una de las entidades de enfriamiento entre un condensador y un evaporador.

Preferentemente, el caudal másico (dm/dt) se determina al menos sobre la base de

- un grado de apertura (OD_i) de una válvula de entrada en el lado de entrada de la entidad de enfriamiento (E_1, E_2) y/o
- 15 - una caída de presión ($\Delta P = P_c - P_{suc}$) entre una presión del lado de presión (P_c) de un compresor de la entidad de enfriamiento (E_1, E_2) y una presión del lado de succión (P_{suc}) del compresor, en particular una caída de presión ($\Delta P = P_c - P_{suc}$) desde una presión del condensador (P_c) hasta una presión del compresor en el lado de succión (P_{suc}).

A modo de ejemplo para dicha condición de funcionamiento de la entidad, la ecuación (1) y la ecuación (2), tal como se esquematiza con la descripción de los dibujos, permiten calcular la energía por unidad de tiempo extraída de la entidad de refrigeración; es decir, se necesita la suma de las entidades relevantes para obtener la potencia consumida total, p. ej., tal como se expresa mediante el pseudocódigo mostrado en la figura 7.

Tal como se esquematiza anteriormente en una realización particularmente preferida, el método contempla (D2) una estimación del rendimiento (COP) de un ciclo de refrigeración de la entidad de enfriamiento (E_1, E_2) como una relación funcional entre la capacidad de enfriamiento (dQ/dt_i) y el consumo de potencia (W_i).

25 Como una forma preferida y fácil de gestionar, la relación funcional entre la capacidad de enfriamiento (Q) y el consumo de potencia (W) viene dada mediante una relación proporcional y donde la estimación del rendimiento (COP) del ciclo de refrigeración está recogida en un coeficiente de rendimiento del ciclo de refrigeración y/o la entidad de enfriamiento. P. ej., que la estimación del rendimiento (COP) engloba principalmente la relación de una capacidad de enfriamiento (Q) con relación a un consumo de potencia del compresor y/o la configuración de la entidad de enfriamiento.

30 Como ejemplo de dicha estimación del rendimiento la ecuación (3), tal como se esquematiza en la descripción de los dibujos, permite convertir esta potencia en la potencia que consume el compresor. La información necesaria para realizar los cálculos vinculados con la ecuación (1) y la ecuación (2) está disponible preferentemente en los controladores de las entidades de refrigeración. Preferentemente, la información necesaria para la ecuación (3) se puede encontrar en el controlador que lleva a cabo la estimación de P_{min} y $P_{máx}$.

En un desarrollo preferido particular adicional, se contempla el estado de funcionamiento de una entidad de enfriamiento de las diversas entidades de enfriamiento, con el fin de sumar únicamente los consumos de potencia relevantes.

40 Preferentemente, se proporciona la cantidad total de consumo de potencia ($P_{min}, P_{máx}$) como una suma de únicamente esos consumos de potencia (W_i), que son relevantes de al menos la o las entidades de enfriamiento de las diversas entidades de enfriamiento (E_1, E_2), donde la suma se lleva a cabo mediante el muestreo de las entidades de enfriamiento y el procesado de un estado de relevancia de cada una de las entidades de enfriamiento con respecto a un bucle de temperatura de una entidad de enfriamiento.

45 Preferentemente, se verifica un criterio de listo para conmutar de un termostato de la entidad de enfriamiento, debido a que un estado del termostato ya se puede conmutar a conectado antes de que una temperatura de una entidad de enfriamiento alcance una restricción de temperatura.

Preferentemente, en la presente se supone que

- 50 - se puede conmutar un estado del termostato cuando la temperatura de una entidad de enfriamiento alcanza un umbral superior por debajo de una restricción de temperatura de conexión, cuando se debe aumentar una cantidad total superior de consumo de potencia ($P_{máx}$) del sistema de refrigeración (1), y/o
- se puede conmutar un estado del termostato cuando la temperatura de una entidad de enfriamiento alcanza

un umbral inferior por encima de una restricción de temperatura de desconexión, cuando se debe reducir una cantidad total inferior de consumo de potencia (P_{\min}) del sistema de refrigeración (1).

Una realización ejemplar preferida particular se esquematiza con la descripción de la figura 5 y el pseudocódigo mostrado en la figura 7.

- 5 En un ejemplo preferido particular, se proporciona una condición de relevancia ya que un tiempo de calentamiento en el bucle de temperatura supera un tiempo de activación inferior (t_{\min}).

En este caso, en particular únicamente en este caso, se estima una cantidad total inferior de consumo de potencia (P_{\min}) como un consumo de potencia medido (P_{med}) del sistema de refrigeración (1) reducido mediante un cambio mínimo estimado (ΔP_{\min}) del consumo de potencia, en particular mediante un cambio mínimo estimado acumulado (ΔP_{\min}) en el consumo de potencia.

10

De manera adicional o como alternativa, en un ejemplo preferido particular, se proporciona una condición de relevancia ya que un tiempo de enfriamiento en el bucle de temperatura supera un tiempo de activación superior (t_{\max}).

- 15 En este caso, en particular únicamente es este caso, donde un tiempo de enfriamiento en el bucle de temperatura supera un tiempo de activación superior t_{\max} , es relevante para la estimación una cantidad superior de consumo de potencia.

En este caso, en particular únicamente en este caso, se estima una cantidad total superior de consumo de potencia (P_{\max}) como un consumo de potencia medido (P_{med}) del sistema de refrigeración (1) aumentado mediante un cambio máximo estimado (ΔP_{\max}) en el consumo de potencia, en particular mediante un cambio máximo estimado acumulado (ΔP_{\max}) en el consumo de potencia.

20

Una realización ejemplar preferida particular se esquematiza con la descripción de la figura 4 y el pseudocódigo mostrado en la figura 7.

- 25 Preferentemente, en un bucle de control, se determina un cambio deseado en el consumo de potencia (ΔW) como una diferencia entre la referencia de potencia (W_{ref}) para el tiempo solicitado y un consumo de potencia medido real (P_{med}) de una entidad de enfriamiento del sistema de refrigeración, y se alterna un estado de una o más de las entidades de enfriamiento del sistema de refrigeración (1) mediante el cambio de una válvula de entrada, en base a una combinación de una cantidad estimada de consumo de potencia (W_i) y un cambio deseado en el consumo de potencia (ΔW).

- 30 La descripción de los dibujos está escrita centrándose en una aplicación preferida del concepto de la invención a un DER que comprende un sistema de refrigeración para supermercados SRS; no obstante, el método se podría describir en términos más amplios como que abarca otros sistemas de refrigeración y también otros tipos de sistemas de energía ES, tal como se muestra en la figura 1.

- 35 Para una comprensión más completa de la invención, ahora se describirá con detalle la invención haciendo referencia a los dibujos anexos. La descripción detallada ilustrará y describirá lo que se considera como realizaciones preferidas de la invención. Por lo tanto, se pretende que la invención no pueda estar limitada a la forma y los detalles exactos mostrados y descritos en la presente, ni a cualquier cosa menor que toda la invención expuesta en la presente y tal como se reivindica en la presente con posterioridad. Asimismo, las características descritas en la descripción, los dibujos y las reivindicaciones que exponen la invención pueden ser esenciales para la invención consideradas en solitario o en combinación. En particular, cualesquiera signos de referencia en las reivindicaciones no se considerarán como limitantes del alcance de la invención. La expresión "que comprende" no excluye otros elementos o pasos. El término "un" o "una" NO excluye una pluralidad. El término "diversos" elementos, comprende también el número uno, es decir, un solo elemento, y además números como dos, tres, cuatro, etc.

- 40

Descripción breve de los dibujos

- 45 Los dibujos muestran en:

la figura 1 un esquema general de una configuración de red inteligente con las entidades relevantes en general y el flujo de información entre estas;

- 50 la figura 2 es un esquema de una configuración de red inteligente de una realización preferida con las entidades relevantes y el flujo de información entre estas, donde de acuerdo con la realización, se proporciona un módulo del controlador de potencia de modo que esté conectado con comunicación a un agregador o un controlador de recursos energéticos distribuidos o una unidad de interfaz entre el agregador y el controlador de recursos energéticos distribuidos, donde dicho módulo del controlador de potencia está adaptado de modo que estime un consumo de potencia máximo y mínimo de un recurso energético distribuido que comprende un sistema de

refrigeración, donde el consumo de potencia máximo y mínimo se estima en un período de tiempo dado;

la figura 3 es un modelo de un DER (recurso energético distribuido) que comprende un RS (sistema de refrigeración), en la presente realización en particular un RS para supermercados, y que se comunica conectado a una interfaz de control de potencia de acuerdo con una realización de la invención, donde dicho módulo del controlador de potencia está adaptado de modo que estime un consumo de potencia máximo y mínimo de un recurso energético distribuido, que comprende un sistema de refrigeración, donde el consumo de potencia máximo y mínimo se estima en un período de tiempo dado;

la figura 4 es una gráfica de una temperatura del aire en una entidad de enfriamiento, tal como una vitrina expositora de la figura 3, incluyendo la gráfica una indicación de las restricciones de temperatura superior e inferior, el tiempo de calentamiento y el tiempo de enfriamiento de acuerdo con una realización preferida;

la figura 5 es una gráfica de una temperatura del aire dentro de una entidad de enfriamiento, que incluye las restricciones de temperatura superior e inferior; se indican además las regiones de preparación para la conmutación;

la figura 6 es un diagrama de flujo del método de acuerdo con una realización preferida, donde (A) representa los pasos de comunicación del método y (B) representa los pasos para proporcionar una cantidad total de consumo de potencia (P_{\min} , P_{\max});

la figura 7 es una interfaz del controlador de potencia (PCI) para la utilización en un DER (recurso energético distribuido) que comprende un RS (sistema de refrigeración) de la figura 3 y que comprende una sección de código de un módulo de software con un pseudocódigo mostrado en esta, donde el pseudocódigo describe en un ejemplo preferido cómo estimar un consumo de potencia mínimo y máximo del sistema de refrigeración distribuido de la figura 3, en base al período de tiempo requerido en el que el agregador pide el consumo de potencia mínimo y máximo, y además la estimación utiliza toda la información creada por el controlador de potencia, tal como se describe en la figura 4, y además el pseudocódigo ejemplar está basado en el conocimiento empírico de los tiempos de calentamiento y enfriamiento de cada una de las entidades de enfriamiento y el tiempo restante que el sistema de refrigeración de la figura 3 debería mantener el consumo de potencia máximo o mínimo, son las estimaciones calculadas.

Descripción detallada de los dibujos

En la figura 1 se representa una configuración de red inteligente SG ejemplar de la técnica anterior, donde un operador de red eléctrica EGO trata de adquirir diversos servicios de regulación de un mercado MP, para facilitar al EGO tratar con las restricciones físicas en la red eléctrica. Un agregador A puede gestionar una cartera de recursos energéticos distribuidos DER. En este ejemplo, la mayoría de los DER comprenden un sistema de refrigeración para supermercados SRS o incluso consisten en uno o más sistemas de refrigeración para supermercados. No obstante, en términos más amplios, el método también está dirigido a englobar otros sistemas de refrigeración y por tanto el DER puede proporcionar cualquier clase de otros tipos diferentes de sistemas de energía ES de enfriamiento, calentamiento o ventilación; en la figura 1 también se representa un DER como parte de la cartera que no tiene una finalidad específica y sirve por tanto como marcador de cualquier otra clase de sistema energético que proporciona recursos energéticos y de carga de un DER.

Tal como se muestra además en la figura 1, la flecha bidireccional entre el agregador A y los DER representa el flujo de información requerido para que el agregador A pueda controlar el DER. El requisito para la comunicación entre el agregador A y el DER dependerá de la configuración particular, aunque casi siempre incluirá una referencia de potencia I1 que se envía desde el agregador hasta el DER y el DER envía las estimaciones del agregador 12 de la flexibilidad de la unidad particular. Por tanto, una DER dada tendrá que ser capaz de realizar el control de la potencia y proporcionar las estimaciones de flexibilidad. No obstante, la flexibilidad de una unidad en la técnica anterior se describe parcialmente mediante el consumo de potencia máximo y mínimo mantenido durante un período de tiempo dado. Por tanto, se requiere habitualmente que el DER proporcione estimaciones del consumo de potencia máximo y mínimo durante un período de tiempo. Las estimaciones del consumo de potencia mínimo y máximo serán triviales para muchas aplicaciones debido a que serán independientes del estado. Esto significa que en una aplicación trivial se puede definir un estado CONECTADO o estado DESCONECTADO de la aplicación y por tanto un consumo de potencia puede depender únicamente de un estado CONECTADO o un estado DESCONECTADO de la aplicación; por lo tanto, en una primera aproximación en una aplicación trivial se puede definir un consumo de potencia como cero para el estado DESCONECTADO y como un consumo de potencia nominal para el estado CONECTADO respectivamente.

La figura 2 muestra una configuración de red inteligente SG de acuerdo con una realización de la invención. Cada DER comprende una unidad de control de potencia (PCU) dispuesta de modo que controle el DER durante el funcionamiento normal.

Asimismo, para un DER dado, la PCU lleva a cabo al menos algunos de los pasos del método de acuerdo con la invención. En particular, la PCU se dispone de modo que estime la capacidad de enfriamiento y la contribución al

consumo de potencia de cada una de las entidades de enfriamiento. Asimismo, la PCU se dispone de modo que calcule el (los) parámetro(s) que son representativos de un consumo de potencia máximo, un consumo de potencia mínimo, un cambio máximo en el consumo de potencia y/o un cambio mínimo en el consumo de potencia del sistema de refrigeración, y de modo que transmita el (los) parámetros calculados a la configuración de red inteligente. De manera adicional o como alternativa, descentralizada o centralizada, una unidad de control de potencia PCU también se puede implementar en un agregador y/o en una interfaz del controlador de potencia (PCI) dispuesta entre un agregador y los DER.

Por tanto, la PCU de cada DER lleva a cabo, al menos parcialmente, el método de la invención, abordando de ese modo el problema de que algunos DER tendrán un consumo de potencia mínimo y máximo dependiente del estado debido al hecho de que el DER da servicio a algún proceso principal que impone restricciones. Por tanto, el DER no podrá consumir una potencia cero o una potencia nominal en ningún punto de tiempo dado de ningún período de tiempo dado. Un sistema de refrigeración para supermercados es un ejemplo de una unidad de DER con un consumo de potencia mínimo y máximo dependiente del estado y por lo tanto el agregador requerirá que el sistema de refrigeración para supermercados pueda estimar su consumo de potencia mínimo y máximo en un período de tiempo dado.

Tal como se muestra en la figura 2 y la figura 6(A), la PCI debe estar conectada con comunicación a un agregador (A) de una configuración de red inteligente (SG), donde la PCI comprende:

- un canal de entrada CH1 para recibir una solicitud S0 de una información de consumo de potencia del sistema de refrigeración;
- un canal de salida CH2 para transmitir S1 la información de consumo de potencia desde el sistema de refrigeración 1, donde se proporciona un margen de flexibilidad de la potencia con una cantidad total de consumo de potencia P_{\min} , P_{\max} del sistema de refrigeración 1;
- un canal de entrada CH3 para recibir S2 en el sistema de refrigeración 1 una referencia de potencia W_{ref} desde la configuración de red inteligente SG.

Por tanto, el método del concepto trata con el control de potencia de dicho sistema de refrigeración 1 distribuido, por ejemplo, un sistema de refrigeración para supermercados, para una configuración de red inteligente SG o de respuesta a la demanda, donde un agregador A utiliza el sistema de refrigeración como un DER para suministrar ciertos servicios de regulación para la red eléctrica, tal como se ha descrito con la figura 2. Un sistema de refrigeración distribuido comprende al menos un bastidor de compresores que contiene uno o más compresores, un intercambiador de calor para expulsar el calor al entorno, también designado como unidad condensadora y una o más entidades de enfriamiento, que también se designan como vitrinas expositoras.

La figura 3 muestra con detalle un sistema de refrigeración 1 con diversas entidades de enfriamiento E1, E2, ..., En, en la forma de vitrinas expositoras. Cada entidad de enfriamiento E1, E2, ..., En, comprende una válvula de expansión y/o control, en la presente designadas como las válvulas TC1, TC2, ..., TCn, básicamente para controlar la evaporación de refrigerante en cada evaporador. El evaporador está conectado a un colector de succión, que está conectado además a un bastidor de compresores, que comprende diversos compresores, tres de los cuales se muestran, que funcionan en paralelo. Los compresores del bastidor de compresores están conectados a una unidad condensadora. Las entidades de enfriamiento E1, E2, ..., En, se pueden modelar por separado o en común. Se asigna un coeficiente de rendimiento COP al sistema de refrigeración para proporcionar una estimación del rendimiento y se asignan unos parámetros de la entidad para proporcionar una condición de funcionamiento de la entidad CE1, CE2, tal como se describirá con detalle en la figura 7.

La temperatura dentro de cada una de las entidades de refrigeración está controlada de manera individual mediante un controlador local que controla la temperatura TC1, TC2, ..., TCn, mediante la manipulación de la válvula de entrada al evaporador como un simple termostato, donde el controlador también se puede implementar en la PCU, parcialmente o en su totalidad.

La gráfica en la figura 4 muestra cómo las entidades de enfriamiento están controladas y cómo la temperatura del aire T evoluciona habitualmente a lo largo del tiempo t durante el funcionamiento normal de una entidad de enfriamiento. Asimismo, las restricciones de temperatura superior (conexión) y la temperatura inferior (desconexión) también se pueden observar en la gráfica junto con el tiempo de calentamiento y el tiempo de enfriamiento. Es decir, tal como se muestra en la figura 4, si la temperatura está por encima de un cierto nivel de temperatura (conexión), se abre una válvula de entrada y el refrigerante fluirá al evaporador y se evaporará y reducirá de ese modo la temperatura de la entidad refrigerada. Cuando la temperatura alcanza una restricción de temperatura inferior (desconexión), se cerrará la válvula y la temperatura comenzará a aumentar dentro de la entidad refrigerada.

Los bastidores de compresores están controlados habitualmente de modo que suministren una presión predefinida PC1, PC2 en el lado de baja presión del bastidor de compresores. Para facilitar que un sistema de refrigeración distribuido como el representado en la figura 2 participe en una configuración de red inteligente o de respuesta a la

demanda se estable una capacidad para controlar el consumo de potencia del sistema, p. ej., por medio de las PCU mostradas en la figura 2. La tarea del agregador A, que es optimizar el funcionamiento de una cartera de DER, requerirá una retroalimentación desde el sistema de refrigeración 1 que describa la flexibilidad del sistema de refrigeración tal como se ha descrito en la figura 2.

- 5 Una manera de describir la flexibilidad de un DER es utilizando el consumo de potencia mínimo y máximo que el sistema puede mantener durante un período de tiempo dado. En un sistema de refrigeración distribuido, tal como se ha reconocido mediante la invención, en general un consumo de potencia mínimo y máximo dependerá del estado. Por tanto, en la realización actual se estimará un consumo de potencia en línea mediante un método para estimar el consumo de potencia del sistema de refrigeración distribuido. Asimismo, de manera opcional, se puede efectuar un control del sistema de refrigeración distribuido una vez que se proporciona una referencia de potencia. El sistema de refrigeración distribuido de acuerdo con una realización preferida se describe en la presente.

- 10 En lo que sigue a continuación se aborda en general un controlador de potencia, donde el controlador de potencia se puede proporcionar como un controlador de potencia local para cada entidad de enfriamiento o un controlador de potencia para un sistema de refrigeración RS o un controlador de potencia para un sistema de refrigeración para supermercados SRS como, p. ej., el DERC de la figura 3, que implementa una PCU, o un controlador de potencia para un DER. Cada uno de estos controladores de potencia, en particular un DERC, o una PCI o un agregador A puede comprender una PCU con la función general de estimar un consumo de potencia total de un sistema de refrigeración, en particular tal como se representa en la figura 6 y la figura 7.

- 15 La figura 5 muestra una gráfica de la temperatura dentro de una entidad de enfriamiento, similar a la gráfica de la figura 4. En la figura 5 están marcadas una región de preparación para desconectar 11 y una región de preparación para conectar 12.

- 20 La región de preparación para desconectar 11 es una banda de temperaturas que está delimitada por la temperatura de desconexión y un valor de temperatura umbral que está por encima de la temperatura de desconexión. En el caso de que la configuración de red inteligente necesite reducir el consumo de potencia de los consumidores de potencia conectados a la red inteligente, el agregador puede solicitar la información de consumo de potencia del DER, que indica cuánto podrá reducir el DER su consumo de potencia en ese momento, o que indica el consumo de potencia más bajo posible del DER, posiblemente durante un intervalo de tiempo especificado. El DER únicamente puede reducir su consumo de potencia conmutando una o más de las entidades de enfriamiento activas en ese momento al estado desconectado. Por lo tanto, con el fin de proporcionar la información de consumo de potencia solicitada, el DER identifica las entidades de enfriamiento activas en ese momento, es decir, las entidades de enfriamiento que están en el estado conectado.

- 25 A continuación, el DER debe identificar aquellas de las entidades de enfriamiento activas en ese momento que se pueden conmutar de manera segura al estado desconectado. Para este fin, el DER identifica las entidades de enfriamiento que tienen una temperatura del aire dentro del volumen refrigerado, que está cerca de la temperatura de desconexión y que por lo tanto se conmutarían al estado desconectado en cualquier caso en breve. El valor de temperatura umbral que delimita la región de preparación para desconectar 11 indica cuán cerca la temperatura dentro del volumen refrigerado debe estar de la temperatura de desconexión con el fin de determinar que la entidad de enfriamiento está preparada para desconectar. El valor exacto del valor de temperatura umbral se podría determinar mientras se contempla la dinámica del sistema de refrigeración y/o la duración del intervalo de tiempo, a la que hace referencia la solicitud del agregador. Por ejemplo, puede ser deseable que únicamente aquellas entidades de enfriamiento que no alcanzarán la temperatura de conexión, y que de ese modo se conmutarán de vuelta al estado conectado durante el intervalo de tiempo, se consideren que están preparadas para desconectar. De ese modo se puede garantizar que se puede mantener la reducción calculada del consumo de potencia durante la totalidad del intervalo de tiempo solicitado.

- 35 De manera similar, la región de preparación para conectar 12 es una banda de temperaturas que está delimitada por la temperatura de conexión y un valor de temperatura umbral que está por debajo de la temperatura de conexión. En el caso de que la configuración de red inteligente necesite aumentar el consumo de potencia de los consumidores de potencia conectados a la red inteligente, el agregador puede solicitar la información de consumo de potencia del DER, que indica cuánto podrá aumentar el DER su consumo de potencia en ese momento, o que indica el consumo de potencia más elevado posible del DER, posiblemente durante un intervalo de tiempo especificado. El DER únicamente puede aumentar su consumo de potencia conmutando una o más de las entidades de enfriamiento inactivas en ese momento. Por lo tanto, con el fin de proporcionar la información de consumo de potencia solicitada, el DER identifica las entidades de enfriamiento inactivas en ese momento, es decir, las entidades que están en el estado desconectado.

- 40 De manera similar, la región de preparación para conectar 12 es una banda de temperaturas que está delimitada por la temperatura de conexión y un valor de temperatura umbral que está por debajo de la temperatura de conexión. En el caso de que la configuración de red inteligente necesite aumentar el consumo de potencia de los consumidores de potencia conectados a la red inteligente, el agregador puede solicitar la información de consumo de potencia del DER, que indica cuánto podrá aumentar el DER su consumo de potencia en ese momento, o que indica el consumo de potencia más elevado posible del DER, posiblemente durante un intervalo de tiempo especificado. El DER únicamente puede aumentar su consumo de potencia conmutando una o más de las entidades de enfriamiento inactivas en ese momento. Por lo tanto, con el fin de proporcionar la información de consumo de potencia solicitada, el DER identifica las entidades de enfriamiento inactivas en ese momento, es decir, las entidades que están en el estado desconectado.

- 45 A continuación, el DER debe identificar aquellas de las entidades de enfriamiento inactivas en ese momento, que se pueden conmutar de manera segura al estado conectado. Para este fin, el DER identifica las entidades de enfriamiento que tienen una temperatura del aire dentro del volumen refrigerado, que está cerca de la temperatura de conexión y que por lo tanto se conmutarían al estado conectado en cualquier caso en breve. El valor de

temperatura umbral que delimita la región de preparación para conectar 12 indica cuán cerca la temperatura dentro del volumen refrigerado debe estar de la temperatura de conexión con el fin de determinar que la entidad de enfriamiento está preparada para conectar. El valor exacto del valor de temperatura umbral se podría determinar mientras se contempla la dinámica del sistema de refrigeración y/o la duración del intervalo de tiempo, a la que hace referencia la solicitud del agregador. Por ejemplo, puede ser deseable que únicamente aquellas entidades de enfriamiento que no alcanzarán la temperatura de desconexión, y que de ese modo se conmutarán de vuelta al estado desconectado durante el intervalo de tiempo, se consideren que están preparadas para conectar. De ese modo se puede garantizar que se puede mantener el aumento calculado del consumo de potencia durante la totalidad del intervalo de tiempo solicitado.

En consecuencia, una entidad de enfriamiento activa en ese momento que tiene una temperatura dentro del volumen refrigerado que está en la región de preparación para desconectar 11, se considera como que está preparada para desconectar, y una entidad de enfriamiento inactiva en ese momento que tiene una temperatura dentro del volumen refrigerado que está en la región de preparación de preparación para conectar 12 se considera que está preparada para conectar.

Al llevar a cabo los pasos descritos anteriormente en cada una de las entidades de enfriamiento del sistema de refrigeración y determinar la contribución al consumo de potencia de cada entidad de enfriamiento, se puede calcular una reducción y/o un aumento total posible del consumo de potencia del sistema de refrigeración.

La figura 6 representa cómo el controlador de potencia del sistema de refrigeración distribuido trabaja para proporcionar la información de consumo de potencia en el paso D de la figura 6(A).

En general, de acuerdo con el concepto de la invención, se proporciona un margen de flexibilidad de la potencia con una cantidad total de consumo de potencia P_{\min} , P_{\max} del sistema de refrigeración 1, donde de acuerdo con la figura 6(B):

- se determina D1 una capacidad de enfriamiento dQ/dt_i de al menos una entidad de enfriamiento y se contempla D1 una condición de funcionamiento de una entidad CE de la entidad de enfriamiento E1, E2;
- se determina D2 un consumo de potencia W_i de al menos una entidad de enfriamiento a partir de la capacidad de enfriamiento dQ/dt_i y se contempla D2 una estimación del rendimiento COP de un ciclo de refrigeración de la entidad de enfriamiento E1, E2; y
- la cantidad total de consumo de potencia P_{\min} , P_{\max} se proporciona como una suma de consumos de potencia W_i de al menos la o las entidades de enfriamiento de las diversas entidades de enfriamiento E1, E2, en particular como una suma de los consumos de potencia relevantes de las diversas entidades de enfriamiento E1, E2.

De manera más específica, una mayoría del consumo de potencia de un sistema de refrigeración proviene de los compresores y por lo tanto el método resuelve cómo se puede alternar el trabajo de los compresores, sin comprometer las restricciones de temperatura y presión principales del sistema de refrigeración. El consumo de potencia de un bastidor de compresores depende en gran medida del flujo másico que se ha de comprimir y por lo tanto el método cambia el consumo de potencia del bastidor de compresores cambiando la cantidad de gas que reciben los compresores. Esto se realiza de manera efectiva monitorizando cada una de las entidades de enfriamiento en el sistema de refrigeración distribuido. El controlador de potencia realiza un seguimiento de la temperatura con respecto a la restricción de temperatura de la entidad particular. Además, el controlador de potencia realiza un seguimiento del estado del controlador para cada una de las entidades de enfriamiento, es decir, deja la válvula de entrada abierta y de ese modo reduce la temperatura o deja la válvula cerrada y de ese modo aumenta la temperatura. En base a la monitorización de las entidades de enfriamiento, el controlador de potencia decide si se puede alternar el estado de la válvula y de ese modo ayudar a aumentar o reducir el gas enviado a los compresores, y de ese modo cambiar de manera efectiva el consumo de potencia de los compresores, p. ej., tal como se describe anteriormente haciendo referencia a la figura 5. Al monitorizar en el paso D1 de la figura 6(B), el grado de apertura de la válvula de entrada al evaporador de cada entidad de enfriamiento, se puede estimar una estimación de la capacidad de enfriamiento de cada una de las entidades utilizando las dos siguientes ecuaciones:

$$\dot{m}_i = OD_i \cdot \alpha \cdot \sqrt{2 \cdot \rho_{suc} \cdot (P_c - P_{suc})} \quad (1)$$

$$\dot{Q}_i = \dot{m}_i \cdot (h_{oe} - h_{oc}) \quad (2)$$

En la ecuación (1), se determina el caudal másico de gas a través de la válvula de entrada de una entidad de enfriamiento dada mediante el grado de apertura de la válvula de entrada, estando designado el grado de apertura mediante OD_i , la constante del orificio de la boquilla se designa mediante α , la densidad del gas en el lado de succión de los compresores se designa mediante ρ_{suc} y la presión en el condensador, es decir, antes de la válvula de entrada, y la presión en el lado de succión de los compresores se designan como P_c y P_{suc} respectivamente. En

la ecuación 2, la capacidad de enfriamiento de una entidad de enfriamiento dada se designa mediante dQ/dt_i , la entalpía en la salida del condensador, es decir, justo antes de la válvula de entrada, y la entalpía en la salida del evaporador se designa mediante h_{oc} y h_{oe} respectivamente. Al utilizar la ecuación (1) y la ecuación (2) el controlador de potencia realiza un seguimiento de cuánta capacidad de enfriamiento es responsable cada entidad de enfriamiento.

De acuerdo con el paso D2 de la figura 6(B), al utilizar una estimación del coeficiente de rendimiento, COP, el controlador de potencia puede estimar de cuánto consumo de potencia es responsable cada entidad de enfriamiento utilizando la siguiente ecuación:

$$W_i = \frac{\dot{Q}_i}{COP} \quad (3)$$

En la ecuación (3) el consumo de potencia del que es responsable una entidad de enfriamiento particular se designa mediante W_i y las estimaciones del coeficiente de rendimiento del ciclo de refrigeración se designan mediante COP.

De acuerdo con el paso D3, en cada muestra el controlador de potencia actualiza W_i para cada entidad de enfriamiento en el sistema de refrigeración distribuido utilizando la ecuación (1), la ecuación (2) y la ecuación (3). En las entidades de enfriamiento que en la muestra de ese momento se reduce su temperatura, se utilizan los valores en ese momento de los grados de apertura, OD, y en las entidades de enfriamiento donde el termostato está desconectado en la muestra de ese momento, el grado de apertura se basa en un grado de apertura promedio de la entidad de enfriamiento particular, que se actualiza cuando el termostato está conectado. El control calcula el cambio deseado en el consumo de potencia $\Delta W = W_{ref} - P_{med}$ pasando un error de control "e" de acuerdo con la ecuación (4) a través de un controlador PI para obtener una señal de control más estable.

$$e = W_{ref} - W_m \quad (4)$$

En la ecuación (4), el error de control se designa mediante "e", la referencia de potencia y la potencia medida se designan mediante W_{ref} y W_m respectivamente. No obstante, W_m se refiere básicamente al consumo de potencia medido P_{med} .

Por tanto, en un bucle de control se determina un cambio deseado en el consumo de potencia (ΔW) como una diferencia entre la referencia de potencia (W_{ref}) en el tiempo solicitado y una potencia medida en ese momento (P_{med}) de una entidad de enfriamiento del sistema de refrigeración. La alternancia se controla en particular mediante una válvula de expansión del evaporador. Se alterna un estado de una o más de las entidades de enfriamiento del sistema de refrigeración 1, en particular cambiando un estado de una válvula de expansión en base a una combinación de una cantidad estimada de consumo de potencia (W_i) y un cambio deseado en el consumo de potencia (ΔW).

En particular, cuando se calculan ΔW y todos los W_i , se logra el cambio de consumo de potencia mediante el envío a las entidades de enfriamiento de manera correspondiente. Es decir, en base a la información del estado del termostato de cada una de las entidades de enfriamiento y al consumo de potencia del que son responsables cada una de ellas, combinado con el valor de ΔW , se alterna el estado de las entidades de enfriamiento relevantes.

La figura 7 representa una PCI con una PCU, tal como se muestra en la figura 3 con más detalle, donde se procesa la estimación del consumo de potencia mínimo y máximo de acuerdo con una realización preferida.

En un principio, haciendo referencia también a la figura 2, la unidad de control de potencia PCU está adaptada para

- comunicar una información de consumo de potencia a una configuración de red inteligente SG, en particular para estar conectado con comunicación a un agregador A de una configuración de red inteligente SG, donde la unidad comprende:
- un canal de entrada para recibir una solicitud S0 de una información de consumo de potencia del sistema de refrigeración,
- un canal de salida para transmitir S1 la información de consumo de potencia desde el sistema de refrigeración 1; donde el canal de salida para transmitir está adaptado de modo que transmita una cantidad total inferior de consumo de potencia P_{min} del sistema de refrigeración 1, en particular para un tiempo de activación inferior t_{min} , y/o una cantidad total superior de consumo de potencia P_{max} del sistema de refrigeración 1, en particular para un tiempo de activación superior t_{max} ,
- un canal de entrada para recibir S2, en el sistema de refrigeración 1, una referencia de potencia W_{ref} desde la configuración de red inteligente SG.

Asimismo, se proporciona el margen de flexibilidad de la potencia con una cantidad total de consumo de potencia

P_{\min} , P_{\max} del sistema de refrigeración 1; donde, para ejecutar el método de la figura 6(B), la unidad de control de potencia PCU comprende:

- 5 - un primer módulo para determinar D1 una capacidad de enfriamiento dQ/dt_i de al menos una entidad de enfriamiento y contemplar una condición de funcionamiento de una entidad E1, E2, ..., En, de la entidad de enfriamiento E1, E2, ..., En;
- un segundo módulo que se contempla D2 para determinar D2 un consumo de potencia W_i de al menos una entidad de enfriamiento E1, E2, ..., En, a partir de la capacidad de enfriamiento dQ/dt_i y contemplar una estimación del rendimiento COP de un ciclo de refrigeración de la entidad de enfriamiento E1, E2, ..., En;
- 10 - un tercer módulo para proporcionar D3 la cantidad total de consumo de potencia P_{\min} , P_{\max} como una suma de los consumos de potencia W_i de al menos la o las entidades de enfriamiento de las diversas entidades de enfriamiento E1, E2, ..., En, en particular como una suma de los consumos de potencia relevantes de las diversas entidades de enfriamiento E1, E2, ..., En.

Por tanto, la estimación de un consumo de potencia mínimo y máximo del sistema de refrigeración distribuido se basa en el período de tiempo solicitado en el que el agregador requiere el consumo de potencia mínimo y máximo. Además, la estimación utiliza toda la información creada por el controlador de potencia PCU, tal como se muestra en la figura 7.

Una unidad de control de potencia PCU está adaptada de modo que haga funcionar al menos un recurso energético distribuido que comprende un sistema de refrigeración 1 con diversas entidades de enfriamiento, donde la unidad comprende además:

- 20 - una base de información de funcionamiento que proporciona una condición de funcionamiento de una entidad CE de la entidad de enfriamiento E1, E2, ..., En;
- una base de información de rendimiento que proporciona una estimación del rendimiento (COP) de un ciclo de refrigeración de la entidad de enfriamiento E1, E2, ..., En; y de manera opcional
- 25 - una base de información de relevancia que proporciona un estado de relevancia CS de cada una de las entidades de enfriamiento, y de manera opcional,
- un temporizador.

La base de información de funcionamiento está adaptada de modo que proporcione

- al menos un grado de apertura OD_i de una válvula de entrada en el lado de entrada de la entidad de enfriamiento de la entidad de enfriamiento E1, E2, ..., En; y/o
- 30 - una caída de presión ΔP_i de una presión del lado de succión P_{suc} de un compresor a una presión del lado de presión P_c de un compresor de la entidad de enfriamiento E1, E2, ..., En.

La base de información de rendimiento está adaptada de modo que proporcione

- al menos un coeficiente de rendimiento COP.

Se puede proporcionar un COP, p. ej., sobre la base de una curva característica C1 y/o una tabla de consulta C2 y/o una lista de objetos integrados C3 (esta es una lista de objetos de piezas con los parámetros respectivos de funcionamiento) de un ciclo de refrigeración para una entidad de enfriamiento E1, E2, ..., En.

Asimismo, una información de relevancia CS está adaptada de modo que proporcione al menos un estado CONECTADO y/o DESCONECTADO de funcionamiento y/o un estado para proporcionar un consumo de potencia medible, un bucle de temperatura de una entidad de enfriamiento, en particular un tiempo de calentamiento en el bucle de temperatura y/o un tiempo de enfriamiento en el bucle de temperatura.

En particular, se verifica un criterio de preparación para conmutar de un termostato de la entidad de enfriamiento ya que un estado del termostato ya se puede conmutar a conectado antes de que una temperatura de una entidad de enfriamiento alcance una restricción de temperatura, p. ej., tal como se describe anteriormente haciendo referencia a la figura 5. De manera más concreta en la presente

- 45 - se puede conmutar un estado del termostato cuando la temperatura de una entidad de enfriamiento alcanza un umbral superior T_u por debajo de una restricción de la temperatura de conexión, para el caso se debe aumentar una cantidad total superior de consumo de potencia P_{\max} del sistema de refrigeración 1, y/o
- se puede conmutar un estado del termostato cuando la temperatura de una entidad de enfriamiento alcanza un umbral inferior T_l por encima de una restricción de la temperatura de desconexión, para el caso se debe

reducir una cantidad total inferior de consumo de potencia P_{\min} del sistema de refrigeración 1.

Estas condiciones se representan en la 2ª y 5ª línea del pseudocódigo presentado a continuación.

Preferentemente, por una parte se calculan las estimaciones en base al conocimiento empírico de los tiempos de calentamiento y enfriamiento de cada una de las entidades de enfriamiento y por otra el tiempo restante que el sistema de refrigeración debería mantener el consumo de potencia máximo o mínimo, tal como se muestra en la figura 4.

De manera más concreta, en la presente:

- en el caso, en particular únicamente en ese caso, de que un tiempo de calentamiento en el bucle de temperatura supere un tiempo de activación inferior t_{\min} , una cantidad inferior de consumo de potencia es relevante para la estimación
- en particular, se estima una cantidad total inferior de consumo de potencia P_{\min} como un consumo de potencia medido P_{med} del sistema de refrigeración 1 reducido mediante un cambio mínimo estimado ΔP_{\min} en el consumo de potencia, en particular mediante un cambio mínimo estimado acumulado ΔP_{\min} en el consumo de potencia, y/o
- en el caso, en particular únicamente en ese caso, de que un tiempo de enfriamiento en el bucle de temperatura supere un tiempo de activación superior t_{\max} , una cantidad superior de consumo de potencia es relevante para la estimación
- en particular, se estima una cantidad total superior de consumo de potencia P_{\max} como un consumo de potencia medido P_{med} del sistema de refrigeración 1 aumentado mediante un cambio máximo estimado ΔP_{\max} en el consumo de potencia, en particular mediante un cambio máximo estimado acumulado ΔP_{\max} en el consumo de potencia.

La idea es que si no se cumplen los criterios, entonces la entidad de enfriamiento se ha de ir a otro bucle de temperatura mediante la conmutación del termostato y, por tanto, no puede contribuir a la estimación ya que el termostato ha de tomar al menos dos estados durante el tiempo de activación. Los tiempos de activación en el pseudocódigo de la presente a continuación se denominan como *tiempoPermanenciaPmín* y *tiempoPermanenciaPmáx*.

Las condiciones anteriores se representan en la 3ª y 6ª líneas del pseudocódigo presentado a continuación.

El siguiente pseudocódigo describe el procedimiento:

```

for each entidad_de_enfriamiento in entidades_de_enfriamiento {if((entidad_de_enfriamiento IS
preparada_para_desconectar) \
AND (tiempo_de_calentamiento_i > tiempoPermanenciaPmín)) {DeltaPmín = DeltaPmín + W_i} else if
((entidad_de_enfriamiento IS preparada_para_conectar) \
AND (tiempo_de_enfriamiento_i > tiempoPermanenciaPmáx)) { DeltaPmáx = DeltaPmáx + W_i}}
Pmáx = Pmed + DeltaPmáx
Pmín = Pmed - DeltaPmín

```

En el pseudocódigo anterior los bloques de código están limitados por llaves, {}, y las comprobaciones lógicas están limitadas por paréntesis. La barra diagonal inversa, "\", designa que la expresión continúa tras el salto de línea. El término para cada "miembro de conjunto" en el "conjunto" describe una construcción de tipo bucle *for* y se debería interpretar como sigue: El código limitado por el siguiente conjunto de llaves se debería ejecutar para cada miembro del conjunto. La condición *if* es una construcción-*if-else*, que significa que el código dentro de las llaves únicamente se evaluará si la comprobación lógica dentro del paréntesis resulta ser cierta, y si es falsa se evaluará el apartado *else*. El conjunto designado como *entidades_de_enfriamiento* designa un conjunto que contiene todas las entidades de enfriamiento en el sistema de refrigeración dado, y cada uno de los miembros en el conjunto se denomina como *entidad_de_enfriamiento*. El operador *IS* comprueba si los parámetros a cada lado son iguales y el operador *AND* es un simple operador lógico *and*. El parámetro designado como *tiempo_de_calentamiento_i* designa el tiempo estimado para que la entidad de enfriamiento particular alcance su restricción de temperatura superior. Además, el parámetro *tiempo_de_enfriamiento_i* designa el tiempo estimado para que el enfriamiento particular alcance su restricción de temperatura inferior. *tiempoPermanenciaPmín* y *tiempoPermanenciaPmáx* designan el tiempo restante que se solicita al sistema para que mantenga un consumo de potencia mínimo o mínimo respectivamente. El cambio en el consumo de potencia del que es responsable una entidad de enfriamiento dada se designa como W_i y el cambio acumulado en el consumo de potencia se designa *DeltaPmín* y *DeltaPmáx*, dependiendo de si este designa

una reducción o un aumento del consumo de potencia. Los parámetros $P_{mín}$ y $P_{máx}$ designan los valores absolutos del consumo de potencia mínimo y máximo estimado respectivamente, y P_{med} designa el consumo de potencia medido del sistema de refrigeración. Se introduce la notación $_i$ para resaltar que la variable particular está relacionada con la i -ésima entidad de enfriamiento, es decir, la entidad de enfriamiento con el número “ i ” seleccionada del número de “ n ” entidades de enfriamiento, donde $i = 1 \dots n$.

Haciendo referencia adicional a la figura 7 en vista de la figura 4 y la figura 5, en una descripción más general, el pseudocódigo es un algoritmo para calcular, p. ej., la energía máxima (asignada a $P_{máx}$) que se puede consumir por parte de un sistema de refrigeración 1 que comprende un número “ n ” de entidades de enfriamiento (p. ej., E1, E2) para un intervalo de tiempo dado (asignado en general al tiempo de activación o *tiempoPermanenciaPmín*, *tiempoPermanenciaPmáx*); comenzando el intervalo de tiempo cuando se realiza la solicitud del agregador A del paso S2. De manera similar, este es el caso para calcular la energía mínima con la que puede funcionar el sistema de refrigeración.

La primera sentencia *IF* en la línea 2 del pseudocódigo se utiliza para identificar aquellas entidades de enfriamiento E_i que se pueden desconectar y contribuir de ese modo a reducir la energía consumida del sistema. La condición “*entidad_de_enfriamiento IS preparada_para_desconectar*” expresa que se necesita aclarar si una entidad se puede desconectar. Una posibilidad (aunque no la única) para decidir esto es que en primer lugar una entidad esté preparada para desconectar cuando la válvula de entrada está activa; es decir, la válvula de entrada está en un estado que permite que el refrigerante entre a un evaporador de la entidad. En segundo lugar, la temperatura en la entidad de enfriamiento está por debajo de un umbral T_I , que se encuentra por encima de la desconexión, pero por encima de la de desconexión. Aquellas entidades que cumplen la condición proporcionan las entidades que se pueden desconectar y tener una temperatura relativamente baja.

Esto todavía no aclara si la temperatura es lo suficientemente baja, de modo que la termodinámica de las entidades significa que una entidad permanecerá a una temperatura que está por debajo de la de conexión durante el resto del intervalo de tiempo (asignado en general al tiempo de activación o *tiempoPermanenciaPmín*, *tiempoPermanenciaPmáx*) para el que se realizó la solicitud, si la entidad de enfriamiento se desconecta. Esto se aclara mediante la segunda condición en la línea 3 del pseudocódigo “*tiempo_de_calentamiento_i > tiempoPermanenciaPmín*” en la primera sentencia *IF*.

Y al contrario, una entidad donde no se cumple la condición tiene una termodinámica donde se espera que el tiempo que tarda en calentarse la entidad sea más corto que lo que queda del intervalo de tiempo solicitado. De una manera simple, por decirlo de algún modo, la entidad de enfriamiento se calienta demasiado rápido y alcanzará una temperatura de conexión demasiado rápido. Esto significa que alcanzará una temperatura de conexión tan rápido que la entidad necesita enfriarse (es decir, la válvula de entrada se activará) antes de que haya expirado el resto del intervalo de tiempo solicitado.

Por otra parte, aquellas entidades que cumplen dicha condición se calientan tan lentamente que se espera que las entidades no necesiten enfriamiento durante el resto del intervalo de tiempo solicitado; en concreto, debido a que su temperatura no alcanza una temperatura de conexión durante este intervalo de tiempo.

Aquellas entidades que cumplen las dos condiciones en la primera sentencia *IF* son aquellas que se pueden mantener desconectadas durante el intervalo de tiempo y contribuyen de ese modo a mantener $P_{mín}$ baja. En consecuencia, tal como se supone en esta realización, resumiendo, únicamente aquellas entidades donde la temperatura es lo suficientemente baja y donde la termodinámica de la entidad es lo suficientemente lenta podrán permanecer desconectadas durante el intervalo de tiempo solicitado; todas las demás necesitarán enfriarse antes de que haya transcurrido el intervalo de tiempo solicitado.

Asimismo, se observa en esta realización, que cada entidad tiene una termodinámica diferente. Esta está determinada, entre otras, por la naturaleza de lo que está enfriando la entidad y cuánto enfría. El pseudocódigo considera esta condición ya que un *tiempo_de_calentamiento_i* para cada entidad de enfriamiento E_i de las diversas “ n ” entidades se designa mediante un número i . El *tiempo_de_calentamiento_i* individual se determina en base al ciclo de enfriamiento de cada una de las entidades y en principio variará con el tiempo a medida que se introduce y retiran artículos de la entidad de enfriamiento E_i .

En resumen, el principio general de la explicación anterior de la primera parte del pseudocódigo es que se puede desconectar cualquier entidad de enfriamiento E_i que en el intervalo de tiempo solicitado no necesite enfriamiento (la temperatura de la entidad permanece por debajo de la de conexión), lo que contribuye de ese modo a reducir un consumo de potencia total del sistema de refrigeración.

Asimismo, al contrario, el principio general de la segunda parte del pseudocódigo es que se puede conectar cualquier entidad de enfriamiento E_i que en el intervalo de tiempo solicitado pueda aceptar recibir enfriamiento (la temperatura de la entidad permanece por encima de la de desconexión). Por tanto, con la segunda sentencia *IF* del pseudocódigo en las líneas 5 y 6 de este, están aquellas entidades identificadas que pueden consumir energía durante el intervalo de tiempo solicitado, los detalles de las condiciones por tanto son contrarios en comparación con

la primera parte del pseudocódigo.

El planteamiento anterior es una forma para determinar las entidades relevantes y un planteamiento relativamente conservador, lo que significa que el número de entidades E_i que se puede desconectar en realidad podría ser más elevado mediante un planteamiento diferente y/o menos conservador.

5

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un método para hacer funcionar al menos un recurso energético distribuido que comprende un sistema de refrigeración con un bastidor de compresores con al menos un compresor, al menos un intercambiador de calor de expulsión de calor y dos o más entidades de enfriamiento, comprendiendo cada entidad de enfriamiento un evaporador y una válvula de expansión que controla un suministro de refrigerante al evaporador,
- caracterizado por que** el método comprende los pasos de:
- 10 - solicitar, por parte de una configuración de red inteligente, la información de consumo de energía relacionada con un consumo de potencia mínimo esperado y/o un consumo de potencia máximo esperado del sistema de refrigeración durante un período de tiempo solicitado, desde el recurso energético distribuido,
 - estimar, por parte de un controlador del recurso energético distribuido, para cada una de las entidades de enfriamiento, una contribución al consumo de potencia que se origina desde la entidad de enfriamiento,
 - 15 - determinar, por parte del controlador del recurso energético distribuido, para cada una de las entidades de enfriamiento, si la entidad de enfriamiento está en un estado en el que se suministra el refrigerante al evaporador de la entidad de enfriamiento o en un estado en el que no se suministra el refrigerante al evaporador de la entidad de enfriamiento, y determina si la entidad de enfriamiento está preparada o no para conmutar el estado,
 - 20 - calcular, por parte del controlador del recurso energético distribuido, al menos un parámetro que es representativo de un consumo de potencia máximo esperado y/o un consumo de potencia mínimo esperado del sistema de refrigeración durante el período de tiempo solicitado, en base las contribuciones al consumo de potencia estimadas de las entidades de enfriamiento, y en base a los estados determinados de las entidades de enfriamiento y si las entidades de enfriamiento están preparadas o no para conmutar el estado,
 - 25 - transmitir, por parte del controlador del recurso energético distribuido, la información de consumo de potencia solicitada, en forma del consumo de potencia máximo esperado calculado y/o el consumo de potencia mínimo esperado del sistema de refrigeración a la configuración de red inteligente,
 - transmitir, por parte de la configuración de red inteligente, una referencia de potencia al recurso energético distribuido, estando la referencia de potencia por debajo del consumo de potencia máximo esperado transmitido y/o por encima del consumo de potencia mínimo esperado transmitido,
 - 30 - controlar, por parte del recurso energético distribuido, las entidades de enfriamiento con el fin de obtener un consumo de potencia del sistema de refrigeración que se corresponde con la referencia de potencia durante el período de tiempo solicitado.
- 35 2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además el paso de, para cada una de las entidades de enfriamiento, estimar una capacidad de enfriamiento de la entidad de enfriamiento, y donde el paso de, para cada una de las entidades de enfriamiento, estimar una contribución al consumo de potencia que se origina desde la entidad de enfriamiento se basa en la capacidad de enfriamiento estimada de la entidad de enfriamiento.
3. Un método de acuerdo con la reivindicación 2, donde el paso de, para cada una de las entidades de enfriamiento, estimar que una capacidad de enfriamiento de la entidad de enfriamiento se basa en un grado de apertura de la válvula de expansión y en los valores medidos de presión y temperatura del refrigerante.
- 40 4. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el paso de, para cada una de las entidades de refrigeración, estimar una contribución al consumo de potencia que se origina desde la entidad de enfriamiento se basa en un coeficiente de rendimiento del ciclo de refrigeración del sistema de refrigeración.
- 45 5. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el paso de controlar las entidades de enfriamiento comprende controlar las entidades de enfriamiento sobre la base de la contribución al consumo de potencia estimado de las entidades de enfriamiento y sobre la base de los estados determinados de las entidades de enfriamiento y de si las entidades de enfriamiento están preparadas o no para conmutar el estado.
6. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el paso del recurso energético distribuido que controla las entidades de enfriamiento comprende conmutar el estado de una o más de las entidades de enfriamiento que están listas para conmutar el estado.
- 50 7. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la configuración de red inteligente comprende un agregador, y donde el paso en el que la configuración de red inteligente solicita la información de consumo de potencia y/o el paso en el que la configuración de red inteligente transmite una

referencia de potencia se realiza(n) mediante el agregador.

8. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el paso de, para cada una de las entidades de enfriamiento, determinar un estado de la entidad de enfriamiento y determinar si la entidad de enfriamiento está preparada o no para conmutar el estado comprende los pasos de, para cada una de las entidades de enfriamiento:

- 5 - determinar si la entidad de enfriamiento está en un estado conectado, en el que se suministra refrigerante al evaporador, o en un estado desconectado, en el que no se suministra refrigerante al evaporador,
- obtener una temperatura dentro de un volumen refrigerado que se enfría por medio del evaporador de la entidad de enfriamiento,
- 10 - en el caso de que la entidad de enfriamiento esté en un estado conectado, comparar la temperatura obtenida con una temperatura de desconexión de la entidad de enfriamiento y determinar que la entidad de enfriamiento está preparada para conmutar el estado, si la diferencia entre la temperatura obtenida y la temperatura de desconexión está por debajo de un primer valor umbral, y
- 15 - en el caso de que la entidad de enfriamiento esté en un estado desconectado, comparar la temperatura obtenida con una temperatura de conexión de la entidad de enfriamiento y determinar que la entidad de enfriamiento está preparada para conmutar el estado, si la diferencia entre la temperatura obtenida y la temperatura de conexión está por debajo de un segundo valor umbral.

9. Un método de acuerdo con la reivindicación 8, donde el primer valor umbral y/o el segundo valor umbral se selecciona(n) de acuerdo con una duración del período de tiempo para el que se solicita la información de consumo de energía.

20

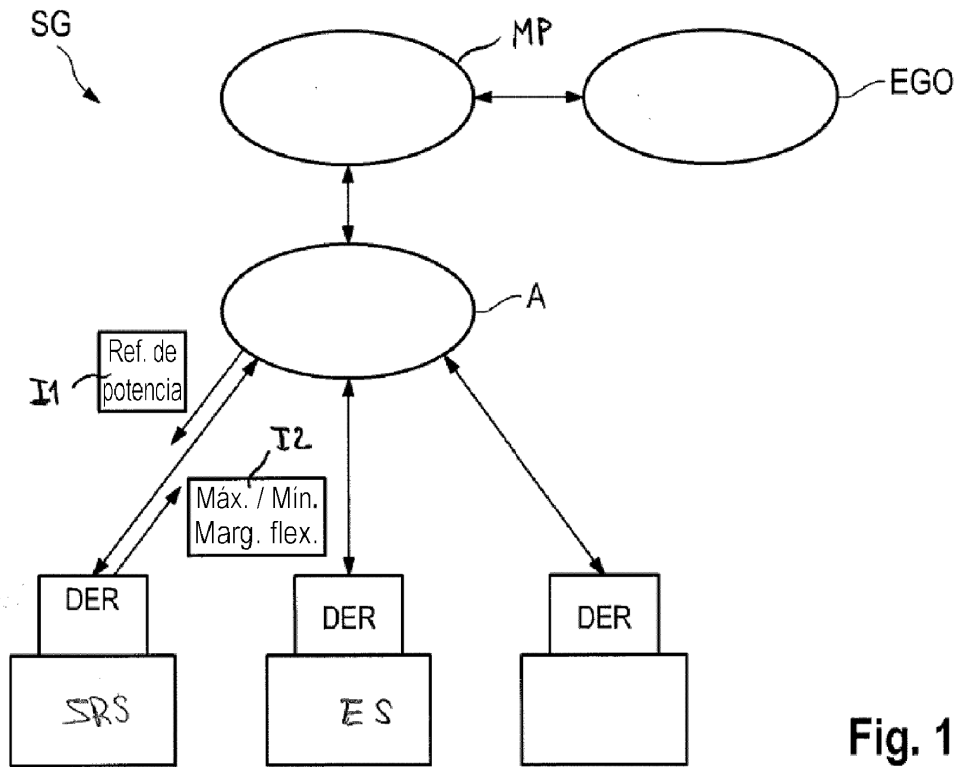


Fig. 1

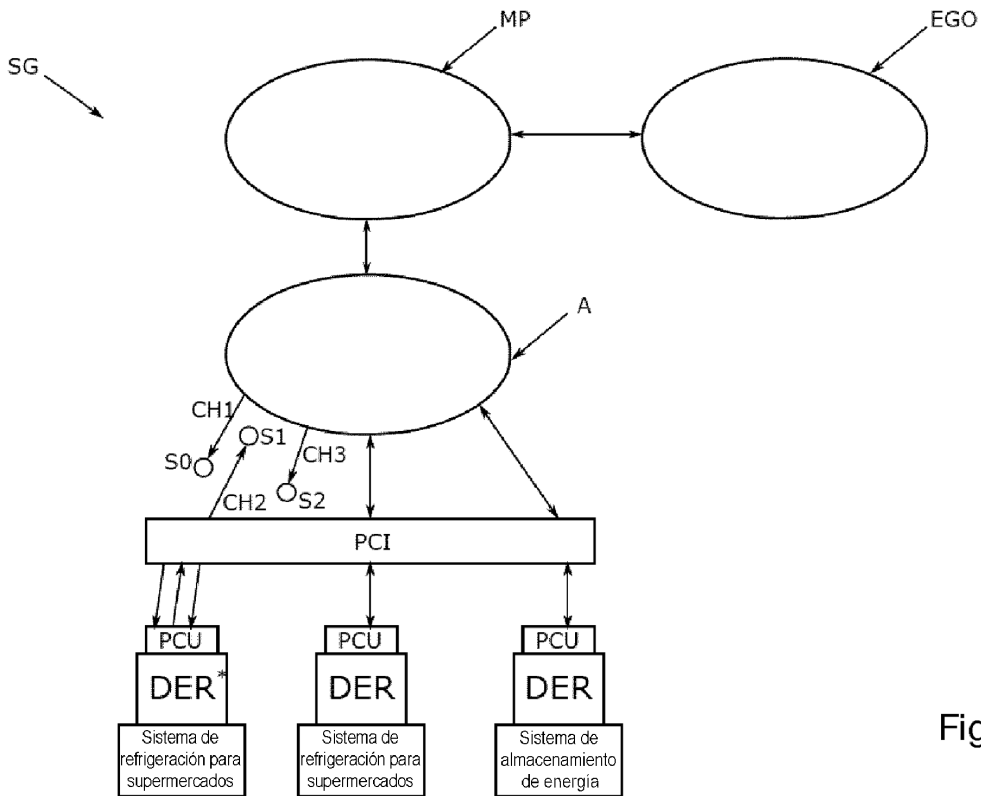


Fig. 2

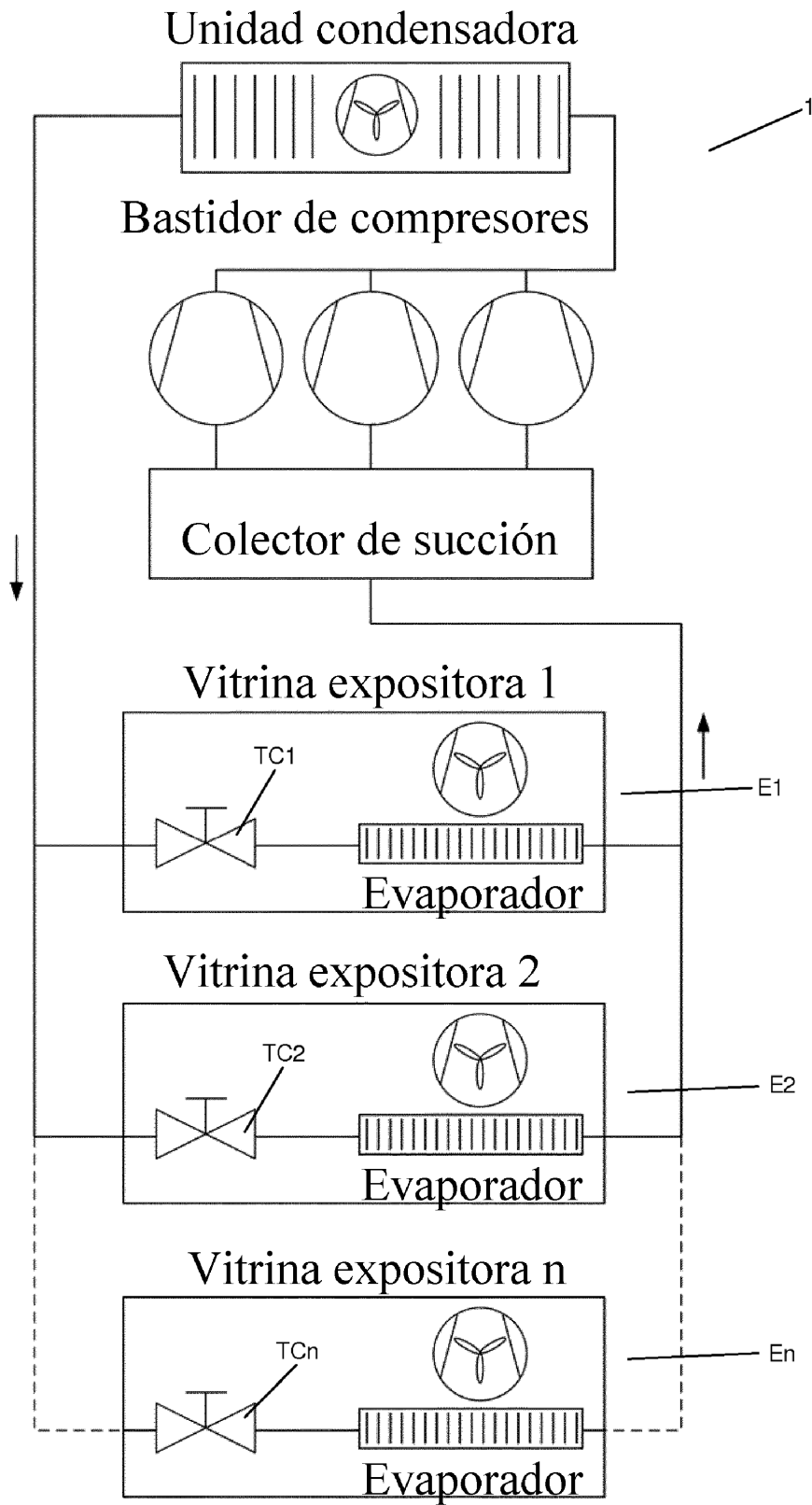


Fig. 3

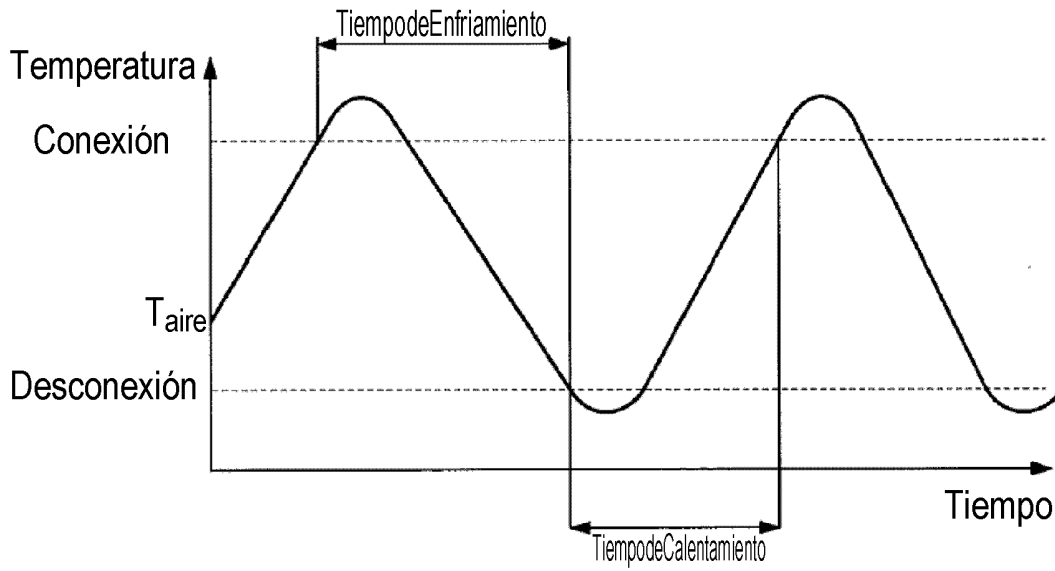


Fig. 4

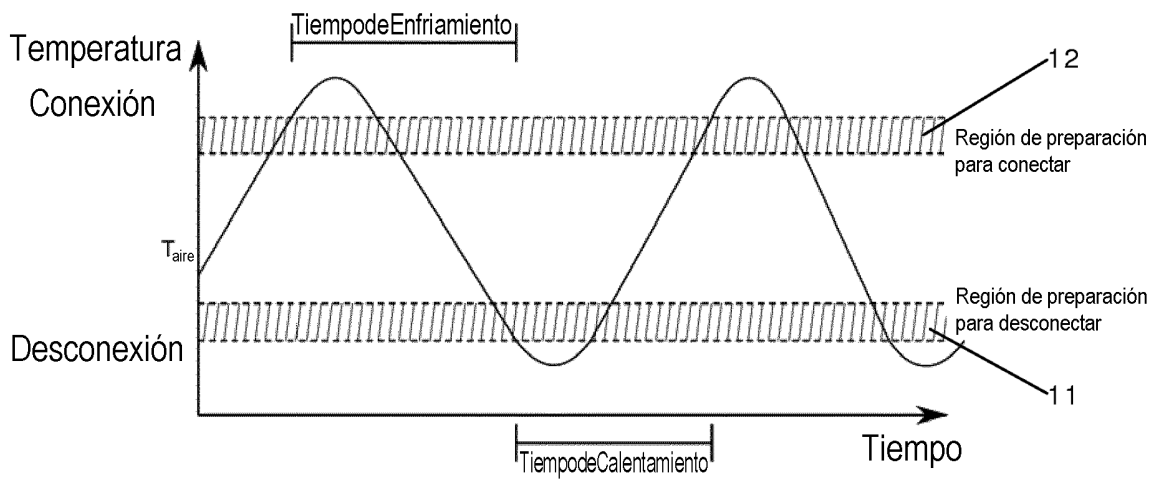


Fig. 5

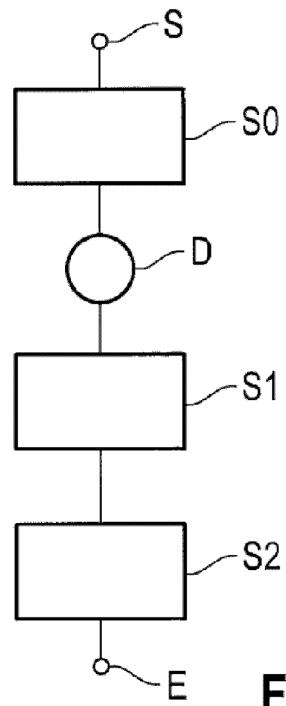


Fig. 6A

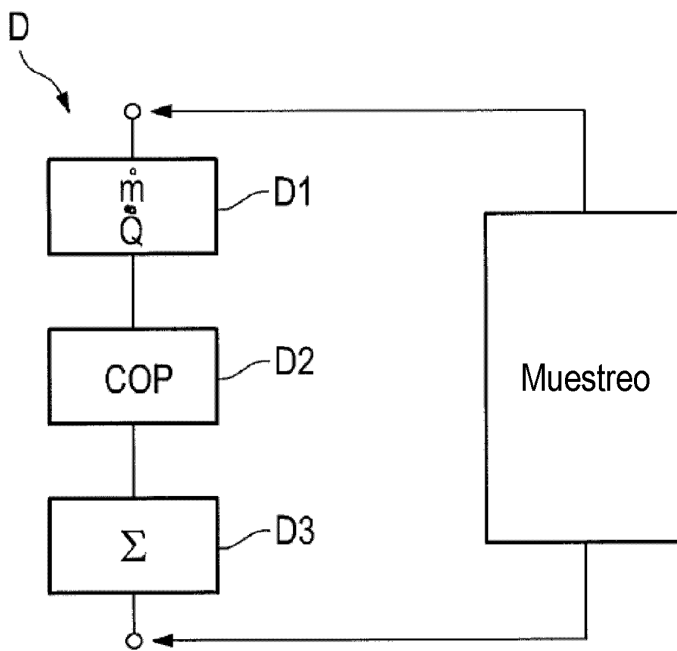


Fig. 6B

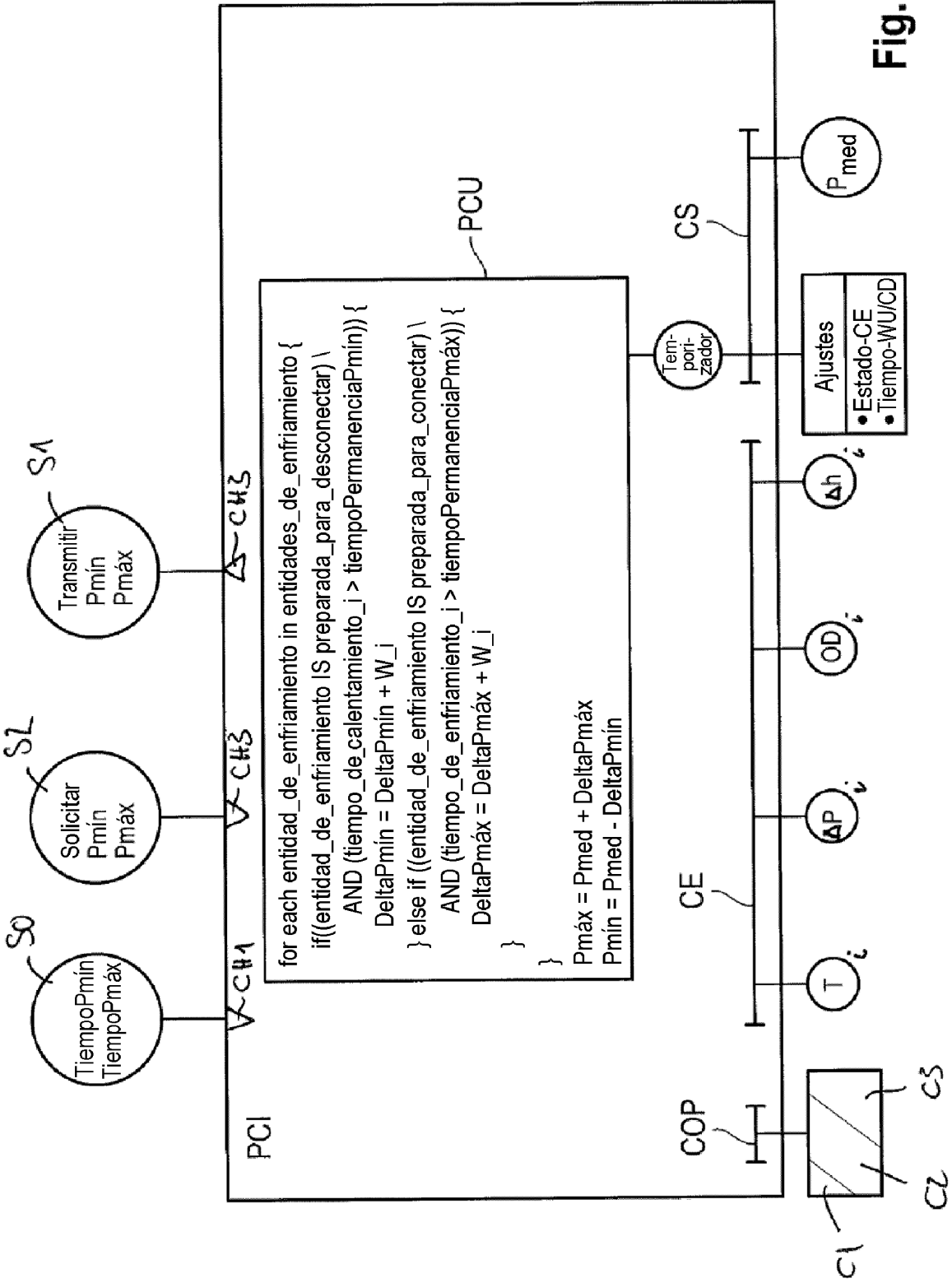


Fig. 7