



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 359 706**

51 Int. Cl.:  
**F24D 19/10** (2006.01)  
**F24D 11/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **04768706 .6**  
96 Fecha de presentación : **30.09.2004**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1682826**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **26.07.2006**

54 Título: **Sistema de transferencia de calor.**

30 Prioridad: **06.10.2003 GB 0323370**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**26.05.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**26.05.2011**

73 Titular/es: **EC POWER A/S**  
**Samsovej 25**  
**8382 Hinnerup, DK**

72 Inventor/es: **Bogner, Bjarne;**  
**Andersen, Jens-Otto, Ravn;**  
**Abildgaard, Soren Stig y**  
**Nielsen, Jan**

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 359 706 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).

**DESCRIPCION**

La presente invención se refiere a sistemas de transferencia de calor y en particular a sistemas de transferencia de calor adecuados para su uso en una instalación combinada de calor y potencia (CHP o cogeneración).

5 Un sistema de transferencia de calor transfiere calor desde una fuente de calor a una carga térmica, como una pluralidad de radiadores. En una aplicación de calor y potencia combinadas (CHP), la fuente de calor también genera electricidad que se puede utilizar para proporcionar potencia a otros aparatos de una instalación. Por ejemplo, se puede emplear un motor de combustión interna (IC) que genera calor a partir del circuito de refrigeración del motor y que también accione un generador para producir electricidad que pueda alimentar los aparatos eléctricos dentro de una casa.

10 En un sistema CHP típico se utiliza un motor de combustión interna y el circuito de refrigeración del motor se conecta a una bomba. La bomba hace circular el refrigerante por varios radiadores que proporcionan calor a la instalación. El circuito está cerrado de modo que el agua de retorno, habiendo pasado a través de los radiadores, vuelve a entrar en el circuito de refrigeración del motor o, como es el caso normal, entra en un intercambiador de calor que mantiene el refrigerante del motor (circuito primario) separado del refrigerante del radiador (circuito secundario). El agua se vuelve entonces a calentar y vuelve a circular por el sistema. El motor también está conectado a un generador eléctrico que puede producir electricidad para alimentar la bomba de circulación y también otras cargas eléctricas de la instalación. En un entorno doméstico, tales unidades CHP se pueden utilizar para proporcionar todo o parte de las necesidades de calentamiento y potencia de una casa. Se pueden emplear unidades a mayor escala para hacer lo mismo en instalaciones o unidades industriales.

20 Existen, sin embargo, varios problemas asociados a los sistemas de transferencia de calor de la técnica anterior, particularmente a las aplicaciones CHP.

25 En primer lugar, la eficiencia de una unidad CHP puede variar considerablemente con la carga eléctrica y la carga térmica, así como con otros factores como la edad y eficiencia de los componentes del circuito. Un área particular de potencial ineficiencia de las plantas CHP está dentro del intercambiador de calor que se emplea para separar los circuitos de refrigeración primario y secundario. Una razón por la que los circuitos se mantienen separados es evitar que entre contaminación del circuito del radiador al circuito del motor.

30 La eficiencia de un intercambiador de calor puede descender rápidamente a medida que las superficies de las tuberías internas se degradan debido a la calcificación y/o corrosión. Cuando se emplea un intercambiador de calor con agua dura (es decir, agua con un alto contenido en calcio), los conductos o tuberías internas pueden acabar recubiertos con una capa de cal que reduce las propiedades de transferencia de calor del intercambiador de calor. Aislar las superficies internas reduce el coeficiente de transferencia de calor entre los dos fluidos, reduciendo así la eficiencia global del intercambiador de calor. Así, esto reduce la capacidad de la unidad CHP para satisfacer las necesidades de calentamiento de la instalación. Los problemas debido a la degradación del intercambiador de calor frecuentemente sólo son descubiertos cuando el intercambiador de calor es desmontado para su mantenimiento y se quita la capa de cal o cuando el sistema falla completamente.

35 Otro área de ineficiencia está relacionada con el funcionamiento de la fuente de calor en conjunto con el intercambiador de calor. Los sistemas de transferencia de calor y las unidades CHP pueden ser extremadamente ineficientes durante el funcionamiento cuando hay fluctuaciones de la demanda de calor y potencia. Las fluctuaciones de la demanda dan como resultado una fluctuación correspondiente del funcionamiento de la fuente de potencia y calor, por ejemplo, un motor de combustión interna que está constantemente tratando de ajustar suministro y demanda. En circunstancias extremas, la fuente de calor puede encenderse y apagarse intermitentemente para satisfacer las demandas de la instalación, lo que resulta en una elevada ineficiencia.

40 Es deseable mantener la fuente de calor y potencia en un nivel constante en el que pueda operar eficientemente. También es deseable, cuando el sistema está funcionando, mantener la máxima capacidad de transferencia de calor posible entre la fuente de calor y la carga térmica, de modo que las demandas de la carga se puedan satisfacer lo más rápidamente y eficientemente posible. Demandas intermitentes y/o inestables a la fuente de calor y/o potencia implican que no se consigan las máximas temperaturas de operación de la fuente.

45 La fiabilidad y eficiencia de los sistemas de transferencia de calor industriales y domésticos, como las unidades CHP, son críticas cuando existen limitaciones en otras fuentes de calor o potencia. Este es el caso particular de instalaciones donde se ha seleccionado una unidad CHP como la fuente de calor y potencia principal o única.

50 Existe por tanto la necesidad de un sistema de transferencia de calor que tenga una eficiencia y fiabilidad mejoradas con relación a sistemas de la técnica anterior.

El documento US-A-5819843 describe un sistema según el preámbulo de la reivindicación 1.

55 De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un sistema de transferencia de calor que tiene una fuente de calor y una carga térmica, estando dicha fuente de calor y dicha carga térmica fluidamente conectadas a un intercambiador de calor, teniendo dicho intercambiador de calor un circuito primario y un circuito

secundario dispuestos para comunicar calor entre dicha fuente de calor y dicha carga térmica, y un conducto de realimentación que conecta fluidamente la salida del circuito secundario con la entrada del circuito secundario, permitiendo así que el fluido de salida del circuito secundario vuelva a la entrada del circuito secundario, caracterizado porque el flujo a través de dicho conducto de realimentación está controlado por lo que la temperatura del circuito primario puede ser regulada, en donde el flujo a través de dicho conducto de realimentación es controlado en respuesta a las indicaciones de la temperatura en el circuito primario por medio de una válvula de control que conecta la salida de dicho circuito secundario con la carga térmica y con el conducto de realimentación, y la válvula de control está dispuesta para recibir las señales de control para controlar selectivamente el flujo a través de dicho conducto de realimentación.

Por tanto, por medio de la invención se permite controlar la recirculación del refrigerante del circuito secundario. La eficiencia de la fuente de calor mejora enormemente si funciona en un nivel de salida elevado y en particular si la fuente de calor se mantiene en una temperatura alta y estable. Controlar la recirculación del circuito secundario permite controlar la temperatura del circuito primario, ya que permite controlar la temperatura del refrigerante secundario (y por tanto el diferencial entre la temperatura de los circuitos de refrigeración primario y secundario).

La fuente de calor puede ser de cualquier forma adecuada de calor, como una caldera. Preferiblemente, la fuente principal es una fuente de calor y electricidad como, por ejemplo, un motor diesel de combustión interna acoplado a un generador eléctrico. El calor del motor es transferido al intercambiador de calor de la unidad CHP por el refrigerante primario que fluye alrededor del bloque del motor y que se comunica con el circuito primario del intercambiador de calor. Se proporciona energía eléctrica por medio de un generador eléctrico conectado al motor que está conectado a la carga eléctrica del sistema CHP, por ejemplo, una televisión o tetera eléctrica en una casa. El refrigerante secundario fluye por la instalación (por ejemplo, por radiadores) y a través del circuito secundario del intercambiador de calor donde el calor es transferido desde el circuito primario.

El flujo a través de la tubería o conducto de realimentación es fácilmente controlable por medio de la válvula de control, que puede ser una válvula de control de tres vías. La válvula de control de mezclado puede tener una entrada para recibir fluido del intercambiador de calor, y también puede tener una salida para comunicar fluido a la carga o instalación (por ejemplo, a un tanque de almacenamiento de calor o radiador) y una segunda salida para recircular fluido a la entrada del lado secundario del intercambiador de calor. La válvula de control de mezclado también tiene medios de control para recibir señales de control para controlar selectivamente la salida del intercambiador de calor entre las tuberías de recirculación y las tuberías de carga.

La válvula de control se puede controlar localmente en respuesta a señales de termómetros que indican las temperaturas de fluido en los circuitos primario y secundario del intercambiador de calor. Alternativamente, la válvula de control se puede controlar remotamente, donde la información de temperatura acerca de los circuitos del intercambiador de calor y la fuente de calor se transmiten a un centro de procesamiento central que procesa los datos y envía señales de control a la válvula de control para controlar el flujo de recirculación.

También se pueden utilizar indicaciones de las condiciones de operación de la fuente de calor para controlar la válvula de control. Cuando se emplea un motor de combustión interna, por ejemplo, existe una relación entre la cantidad de calor generado por el motor, la velocidad del motor y la carga aplicada al motor. Esto, a su vez, indica la cantidad de calor que se debe extraer del motor para mantenerlo funcionando. En un sistema CHP, esto proporciona una temperatura de refrigerante de retorno máxima admisible para el motor, es decir, la temperatura máxima de retorno al motor desde el lado primario del intercambiador de calor (si el refrigerante secundario está demasiado caliente, entonces no puede adquirir suficiente calor del motor a través del refrigerante primario). Se puede proporcionar a la válvula de control, por tanto, una indicación acerca de la temperatura del motor que se puede emplear para determinar el flujo de recirculación necesario para mantener el motor en operación.

La válvula de control o de control de mezclado de la presente invención puede estar configurada para controlar la recirculación de fluido utilizando esta información específica del motor y una indicación de la temperatura del refrigerante de retorno en el lado primario del intercambiador de calor. La válvula de mezclado controla el flujo de fluido basándose en los requerimientos del motor y también en los requerimientos de calentamiento de la instalación. Recircular el fluido del circuito secundario alrededor del intercambiador de calor tiene el efecto de incrementar la temperatura del fluido del circuito secundario a medida que fluye repetidamente por el circuito adquiriendo más y más calor del circuito primario. Las leyes de la termodinámica, sin embargo, dictan que el calor transferido desde el circuito primario al secundario decrece a medida que la temperatura del circuito secundario se acerca a la temperatura del circuito primario. Esto, por tanto, tiene el efecto de reducir el calor que se extrae del circuito primario y del motor, y por tanto aumenta la temperatura de retorno del circuito primario al motor. El control de la válvula de mezclado puede de ese modo controlar de un modo preciso la temperatura del motor.

Otra ventaja de recircular el flujo de refrigerante secundario es que disminuye la calcificación en las tuberías internas del intercambiador de calor. Se ha demostrado que bajas velocidades de flujo aumentan la calcificación y/o corrosión, mientras que intercambiadores con velocidades de flujo más altas muestran una menor calcificación y corrosión.

Fallos en la unidad CHP también puede resultar en una reducción de la eficiencia. Algunos fallos, como se ha descrito con relación al intercambiador de calor, a veces no son evidentes hasta que el sistema falla o hasta que se realiza el mantenimiento de la unidad.

5 5. De acuerdo con otro aspecto de la invención, se proporciona un método según se describe en la reivindicación

10 La solicitud también describe un sistema de transferencia de calor que tiene una fuente de calor, una carga térmica y un intercambiador de calor para transferir calor desde dicha fuente de calor a dicha carga térmica, donde se determina un cambio en la eficiencia térmica del intercambiador de calor midiendo la eficiencia térmica en un primer momento y un segundo momento, y se utiliza para predecir cuándo el intercambiador de calor alcanzará una eficiencia térmica predeterminada.

Como la eficiencia térmica de un intercambiador de calor generalmente declina a lo largo del tiempo (debido a la calcificación, etc.), esto proporciona un modo útil de determinar un mantenimiento óptimo.

15 De modo similar se pueden monitorizar otros componentes de la unidad CHP. Por ejemplo, problemas resultantes de defectos en válvulas, bombas o similares en el sistema CHP puede que no se descubran hasta que se ha producido un fallo completo de un componente o hasta que se alcanza la fecha de un mantenimiento programado y se desmonta y/o sustituye el componente defectuoso.

20 Esta configuración proporciona un medio para monitorizar los cambios en la eficiencia térmica del intercambiador de calor en el sistema. Monitorizar el cambio en la eficiencia térmica se puede utilizar para determinar, mediante extrapolación y preferentemente en combinación con otros parámetros medidos del sistema, cuándo el intercambiador de calor u otro componente requiere mantenimiento y/o sustitución.

Se pueden determinar otros parámetros del sistema para calcular con precisión la eficiencia de la unidad, como el flujo másico del circuito primario, los flujos másicos del secundario y la demanda de temperatura de la instalación. Estos parámetros pueden también monitorizarse y compararse a lo largo de un período de tiempo para predecir otros requisitos de mantenimiento del sistema.

25 El análisis de los datos almacenados relativos a la eficiencia u otros parámetros se puede procesar instantáneamente o, alternativamente, se puede almacenar y procesar para determinar la eficiencia en un momento posterior. Por ejemplo, se pueden procesar los datos diariamente, semanalmente o mensualmente.

30 La eficiencia del intercambiador de calor se puede calcular midiendo las temperaturas de al menos una entrada y una salida. Preferiblemente, la eficiencia térmica se determina midiendo las temperaturas en todas las entradas y todas las salidas del intercambiador de calor.

35 Las temperaturas de las entradas y las salidas del intercambiador de calor se pueden medir empleando cualquier dispositivo de medida de temperatura adecuado. Por ejemplo, se pueden emplear termómetros montados externamente que devuelvan una señal indicativa de la temperatura de la(s) entrada(s) y/o salida(s) del intercambiador de calor. Alternativamente, se pueden montar termómetros en las tuberías y directamente en el flujo de refrigerante en el circuito respectivo.

Además, los termómetros se pueden disponer en huecos o cavidades formados en el intercambiador de calor cerca de los puntos de medida de temperatura deseados. Estas "cavidades" son conocidas como pozos térmicos.

40 Los termómetros dispuestos para medir la temperatura de las entradas y salidas del intercambiador de calor pueden ser termómetros internos o externos. Cuando se emplea un intercambiador de calor con una configuración de placa, los termómetros preferiblemente se montan en cavidades formadas en las placas del intercambiador de calor. Las placas individuales del intercambiador de calor se pueden formar con agujeros próximos a las tuberías de entrada y salida, de modo que los termómetros se ubiquen cerca de la entrada o salida del intercambiador de calor en funcionamiento. Alternativamente, las placas del intercambiador de calor pueden estar dotadas de agujeros de modo que un agujero pase a través de toda la anchura del intercambiador de calor, de modo que el termómetro se pueda ubicar en cualquier punto a lo largo de la anchura del intercambiador de calor.

45 Las señales de temperatura son preferiblemente recibidas por un procesador que emplea un algoritmo adecuado para determinar una señal indicativa de la eficiencia del intercambiador de calor para las señales de temperatura dadas. Las eficiencias pueden ser almacenadas y/o procesadas en un ordenador u otro procesador. El procesador puede además estar dotado de medios para comunicar la eficiencia calculada al usuario por medio de, por ejemplo, una unidad de visualización o por medio de una alarma de algún tipo.

50 El sistema de transferencia de calor puede también incluir un procesador local para recibir la información de temperatura del intercambiador de calor, la fuente de calor y la instalación. El procesador local puede determinar, empleando datos en tiempo real y/o históricos acerca del sistema, si la eficiencia térmica del sistema se está degradando y/o si el sistema requiere mantenimiento. El procesador preferiblemente tiene medios para indicar el estado

actual del sistema y para requerir mantenimiento de todo o parte del sistema. El procesador también puede estar dotado de medios para controlar la fuente de calor independientemente de las demandas de la instalación.

El sistema puede además incluir medios para transferir los datos a un centro o unidad de procesamiento central y para recibir señales de control de una unidad de procesamiento central para controlar los componentes del sistema. Por ejemplo, el centro de procesamiento central puede controlar la velocidad del motor en respuesta a una señal de alta temperatura del motor o puede controlar el flujo de recirculación en respuesta a una señal de bajo flujo másico. Las eficiencias y condiciones de la unidad CHP pueden ser monitorizadas y controladas localmente o remotamente por el centro de control central.

El sistema puede enviar y recibir señales de control e información de sistema por medio de cualquier conexión adecuada. La conexión puede ser una conexión de marcación a un procesador central. Preferiblemente, la conexión al procesador central es vía internet empleando un protocolo de comunicación adecuado y un ordenador o servidor local o de red.

El centro de procesamiento central puede monitorizar y/o controlar una única unidad CHP, aunque preferiblemente monitoriza y/o controla una pluralidad de unidades CHP. El centro de procesamiento central también puede programar mantenimiento para cada una de las unidades CHP basándose en los datos operacionales recibidos de cada una de las unidades en combinación con los requerimientos de mantenimiento de otras unidades.

Un sistema de control para controlar una pluralidad de unidades CHP comprende medios para recibir datos de operación relativos a cada unidad, un procesador central para procesar dichos datos y medios para enviar señales de control a unidades CHP individuales.

El sistema de control puede recibir cualquier dato operativo relativo a la unidad. Por ejemplo, el sistema puede recibir datos relativos a la carga del motor, la temperatura del motor, temperaturas del intercambiador de calor, flujos másicos de refrigerante y requisitos de calentamiento y potencia.

El sistema de control puede devolver señales de control a la unidad para controlar los componentes respectivos para mantener el funcionamiento normal o, alternativamente, para prolongar el funcionamiento normal. El sistema de control puede, por ejemplo, ajustar la salida del motor a distancia o apagar o encender completamente el motor.

El sistema de control también puede almacenar datos históricos relativos a cada unidad y puede predecir intervalos entre revisiones o los requisitos de mantenimiento para todas las unidades o para cada unidad.

Un método para programar el mantenimiento de una unidad CHP comprende los pasos de (A) recibir datos relativos a la eficiencia o rendimiento de una unidad a lo largo de un período de tiempo, (B) extrapolar dichos datos para calcular una predicción eficiencia futura o información de rendimiento y (C) programar el mantenimiento para evitar que se alcance(n) un(os) valor(es) predeterminado(s) de dichos datos.

Esto se puede hacer comparando la información extrapolada con valores predeterminados y prediciendo cuándo se alcanzarán dichos valores predeterminados.

Los valores predeterminados pueden ser cualquier valor que, cuando se alcance, provoque el fallo del sistema. Alternativamente, los valores predeterminados pueden ser un límite aceptable superior o inferior de un componente particular de la unidad. Por ejemplo, el valor predeterminado puede ser una temperatura de retorno máxima que pueda recibir el motor sin sobrecalentarse; una vez se ha alcanzado este valor, el motor empezará a sobrecalentarse si el sistema continúa funcionando.

El sistema puede estar dotado además de medios para indicar al operador o usuario de la unidad CHP que se requiere mantenimiento o que se ha alcanzado o se va a alcanzar un valor predeterminado. El mantenimiento requerido se puede calcular localmente en la propia unidad y se puede enviar una solicitud desde la unidad de control local para el mantenimiento. La unidad de control preferiblemente indica en la solicitud qué tipo de mantenimiento se requiere. Preferiblemente, el mantenimiento se programa centralmente para varias unidades CHP.

La realización preferida proporciona un sistema para operar y controlar uno o una pluralidad de sistemas de transferencia de calor como unidades CHP para operar eficientemente y de forma fiable y proporciona un medio para evitar o predecir el fallo de la alimentación de potencia y calor mediante la monitorización del rendimiento y programando el mantenimiento necesario para cada unidad.

A continuación, se describen realizaciones preferidas de la presente invención únicamente a modo de ejemplo, y haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La Figura 1 muestra una aplicación simple de un intercambiador de calor con una fuente de calor y una carga térmica.

La Figura 2 muestra los componentes de una unidad CHP para una instalación en un entorno doméstico.

La Figura 3 muestra un diagrama esquemático de un intercambiador de calor que incluye los sensores de temperatura.

La Figura 4 muestra una instalación de tuberías preferida de la presente invención.

La Figura 5 muestra un intercambiador de calor de placas con pozos térmicos.

5 La Figura 6 muestra un segundo intercambiador de calor de placas con pozos térmicos.

La Figura 7 muestra un diagrama esquemático de un circuito de acuerdo con una realización de la presente invención.

La Figura 8 muestra un gráfico de parámetros unitarios frente al tiempo.

10 La Figura 1 muestra un intercambiador de calor simple. El intercambiador de calor tiene un circuito 1 primario con una entrada 2 y una salida 3 y un circuito 4 secundario con una entrada 5 y una salida 6. El agua, o refrigerante, fluye desde la fuente 7 de calor, por ejemplo una caldera o motor, a través del circuito primario del intercambiador de calor y vuelve a la fuente de calor de nuevo. En el lado secundario, el refrigerante fluye desde la carga 8, por ejemplo un radiador, a través de los canales secundarios del intercambiador de calor y vuelve a la carga. El calor es así transferido al circuito secundario desde el circuito primario. La temperatura real del agua en el circuito secundario es una función del diferencial de temperatura entre los dos circuitos, la eficiencia térmica del diseño del intercambiador de calor, el flujo másico de los circuitos y de la degradación del intercambiador de calor.

15 La Figura 2 muestra los componentes de un sistema de acuerdo con la presente invención en una instalación doméstica y la Figura 4 muestra un diagrama de una instalación preferida de los componentes. En una unidad combinada de calor y potencia típica instalada en un entorno doméstico, el agua caliente de la unidad CHP es bombeada a los radiadores 1 dispuestos por la casa por medio de una bomba 2. El calor se gasta en los radiadores a medida que el agua viaja por el circuito o instalación de calentamiento. El agua fría eventualmente vuelve a la unidad CHP vía una válvula 3 anti-retorno y un filtro 4 una vez ha completado el circuito de la instalación.

20 El agua que entra en la unidad CHP entra en el colector 5 que conecta la tubería de retorno de agua a una bomba 6 de calor y a una caldera 8 y también a un tanque 9 de almacenamiento de calor. La bomba 7 de calor se emplea para precalentar el agua que vuelve de la instalación en caso de que el agua vuelva a una temperatura particularmente baja. Debido a que el motor 19 tiene una capacidad de calentamiento máxima, por ejemplo el diferencial máximo que puede generar un motor entre la entrada de refrigerante y la salida de refrigerante, puede ser necesario operar la bomba de calor para elevar la temperatura del agua a un nivel precalentado para que el motor pueda calentar el agua de la instalación al nivel requerido. La bomba de calor recibe agua por medio de la bomba 7 de agua. El motor 19 puede ser un motor de gas o de gasolina o cualquier otro motor, pero es más preferiblemente un motor de diesel de combustión interna.

25 El agua también puede ser desviada a una caldera 8 con el mismo propósito de precalentar el agua. También existe una conexión al lado frío de un tanque 9 de almacenamiento de calor para recibir agua fría del tanque que se emplea como un sumidero para el calor generado por la unidad. Esto se describirá con mayor detalle abajo.

30 El agua abandona el colector 5 vía la tubería 10 de conexión del intercambiador de calor a través del filtro 11. Una bomba 13 impulsa el agua hasta la entrada del orificio 121 del intercambiador 12 de calor que es el lado secundario, o lado frío, del intercambiador de calor. El agua pasa a través del lado secundario del intercambiador de calor hacia la salida 122 habiendo sido calentada por un flujo de agua caliente en el lado primario del intercambiador de calor entre los orificios 123 y 124.

35 En el lado primario de la bomba 20 del intercambiador de calor circula el flujo de agua primario por el intercambiador de calor en dirección al motor 19. El agua entra en los canales de refrigeración del motor, el agua es calentada y devuelta al intercambiador de calor a través del orificio 123. Se puede conectar un calentador eléctrico opcional al circuito primario para precalentar el circuito primario y para acelerar el proceso de calentamiento del circuito primario.

40 El nivel de agua del circuito primario se mantiene mediante una unidad 23 de compensación de nivel de agua que permite que pequeñas cantidades de agua fluyan directamente al circuito primario desde el circuito secundario para asegurar que el refrigerante alrededor del motor esté siempre lleno. Reducciones en los niveles de refrigerante alrededor del motor podrían dar como resultado un sobrecalentamiento y daños. El flujo másico de agua en el circuito primario y alrededor del motor se mantiene preferiblemente constante.

45 El agua que sale del lado secundario del intercambiador de calor entra en una válvula 14 de control de mezclado de tres vías que controla el flujo de agua entre una conexión 21 de recirculación y una conexión 22 de salida. La conexión 21 de recirculación permite que el agua recircule alrededor del circuito secundario del intercambiador de calor, incrementando así el flujo e incrementando la temperatura del agua secundaria con cada circulación del agua. En una realización, la velocidad de la bomba 13 también se puede controlar para alterar el flujo en respuesta a señales de control de la válvula 14 de mezclado o de una unidad de control de CHP.

55

La unidad CHP normalmente funciona en un modo autónomo de control mientras que los componentes del sistema, como la válvula 14 de tres vías, son monitorizados y controlados localmente. En la realización preferida, este control local funciona en conjunción con un centro de monitorización central y control que puede monitorizar, controlar, e incluso anular el sistema de control local para una unidad CHP dada. Estas unidades de control se describen con detalle a continuación.

Haciendo referencia a las Figuras 2 y 4, componentes como la válvula 14 de control de mezclado y la bomba 13 son controlados por una unidad 27 de control local CHP. La unidad 27 de control recibe una señal por la línea 25 de control del sensor 24 de temperatura que mide la temperatura del agua del refrigerante que vuelve al motor 19. Además, el controlador recibe una señal de carga del motor y/o de temperatura por la línea 26 de control del motor 19 y también una entrada que indica los requerimientos de calentamiento de la instalación que podrían, por ejemplo, ser desde un termostato en la instalación para controlar la temperatura de la instalación. La unidad 27 de control recibe la señal de carga del motor o de temperatura y calcula, para el motor y carga dados, la máxima temperatura de retorno de refrigerante al motor en el lado primario del intercambiador de calor. Esto puede ser en forma de una tabla de consulta en la unidad o se puede calcular teniendo en cuenta otros parámetros, como por ejemplo la temperatura ambiente, etc. La unidad de control pretende maximizar la temperatura de salida del motor, es decir, la temperatura del agua de entrada por el orificio 123 y lo hace determinando la temperatura del agua requerida en el orificio 124 para conseguir esta temperatura dada la capacidad de generación de calor del motor bajo las condiciones actuales. Esto se puede calcular porque el calor emitido por un motor dado será conocido para una carga y condiciones de operación dados.

La unidad 27 de control envía una señal de control a la válvula 14 de mezclado por la línea 28 de control, que es utilizada para controlar la cantidad de agua que es desviada a lo largo de la tubería 21 de recirculación. La temperatura en el orificio 124 es medida constantemente hasta que se alcance la máxima temperatura de retorno, en cuyo punto la unidad 27 de control envía una señal de control a la válvula de mezclado para desviar agua a lo largo de la línea 22. A medida que cambia la carga del motor, también lo hace la temperatura máxima del agua en el punto 124 y de ese modo se puede controlar adecuadamente la válvula de mezclado para mantener la temperatura máxima del agua de retorno al motor.

Por ejemplo, para cargas elevadas el motor generará grandes cantidades de calor y por tanto requerirá niveles de refrigeración elevados para asegurar que no alcance su temperatura de operación máxima permitida y se produzca sobrecalentamiento. A cargas elevadas, la temperatura de retorno en el orificio 124 se reducirá por tanto para asegurar que existe suficiente refrigeración para el motor. Para conseguir esto, la válvula 14 de mezclado reducirá o detendrá completamente la recirculación de agua por la tubería 21. El agua caliente que alcanza la válvula de mezclado será entonces desviada a la tubería 22 para extraer la cantidad de calor del motor que sea necesaria. Una vez la emisión de calor del motor se ha estabilizado, la válvula de mezclado puede controlar, por medio de la unidad de control, la cantidad precisa de agua recirculada para conseguir una temperatura de retorno de motor estable.

El agua que abandona la válvula de mezclado por la conexión 22 puede bien entrar en un dispositivo de almacenamiento de calor o bien puede ser expulsada de la instalación por medio de la tubería 15.

Los flujos de agua son controlados centralmente por la unidad 27 de control local, que controla las válvulas y bombas de la unidad CHP. Además de las señales de control del motor y el sensor de temperatura, la unidad de control también recibe señales de la instalación que indican los requerimientos de la instalación en términos de calor y electricidad. La unidad de control puede controlar el motor y el intercambiador de calor junto con los otros medios de generación de calor y de almacenamiento de la unidad CHP para ajustar suministro y demanda para la instalación.

La unidad de control puede conectarse a un centro 28 de control central por medio de las líneas 29, 30 de control. el controlador 27 local CHP puede controlar la unidad de forma autónoma en funcionamiento normal sin intervención del centro 28 de control central. Preferiblemente, la unidad de control local envía información relativa a la unidad al centro central que puede monitorizar el funcionamiento de la unidad. Si el centro de control central determina que la unidad no está operando correctamente, entonces puede controlar la unidad a distancia por medio de las líneas 29, 30 de control. El centro de control central puede controlar una pluralidad de unidades 31, 32, 33, 34 de control de un modo similar y puede programar el mantenimiento de cada una y/o todas las unidades para maximizar la eficiencia global del mantenimiento y operación.

Típicamente, agua caliente abandonará la válvula de mezclado y alimentará la instalación por medio de la línea 15 de salida. La línea 15 está conectada a una válvula 17 de mezclado adicional que puede mezclar el agua caliente de salida con agua intermedia del colector 5 por la línea 18. Esto añade un nivel adicional de control. Si el agua que entra en el colector está todavía suficientemente caliente como para circular por la instalación, es decir, su temperatura está cercana o cumple el requerimiento de calor de la instalación, puede permitirse que recircule a través de la línea 18 y se mezcle con la salida del CHP vía la bomba 2, saliendo hacia los radiadores 1 de la instalación.

La tubería 15 de conexión también está conectada a la tubería 22 de conexión, que a su vez está conectada a la salida de la caldera y al dispositivo de almacenamiento de calor o sumidero.

Si por alguna razón la unidad CHP no puede satisfacer los requerimientos de calentamiento de la instalación, o quizá los requerimientos eléctricos de la instalación son cero, la unidad 27 de control puede activar la caldera para

proporcionar una fuente alternativa de calor. En la situación en la que sólo se requiere una pequeña cantidad de electricidad o ninguna electricidad, la unidad de control puede apagar completamente el motor o puede minimizar la potencia de salida del motor para generar calor fundamentalmente por medio de la bomba de calor y/o la caldera.

Alternativamente, la unidad de control puede satisfacer la demanda de la instalación únicamente de calor empleando el exceso de energía eléctrica producido por el motor para accionar la bomba de calor y/o la caldera para suministrar un calor adicional generado eléctricamente. Esto maximizará la eficiencia de la unidad para satisfacer los requerimientos de calor de la instalación.

Los tanques 9 de almacenamiento de calor actúan como sumideros de calor para absorber el exceso de calor generado por la unidad CHP en los momentos en que la producción de calor excede la demanda. La inclusión de tanques de almacenamiento permite que el CHP funcione cuando hay una demanda pequeña de calor y una demanda mayor de electricidad, porque el exceso de calor se puede extraer del motor mientras éste genera electricidad. Además de ser capaz de absorber el agua caliente, los tanques también se pueden utilizar como una fuente de calor para la instalación. Cuando la temperatura del tanque alcanza un nivel que satisface los requerimientos de temperatura de la instalación, el agua se puede utilizar para alimentar directamente la instalación vía el colector y la tubería 18 de conexión.

Durante el funcionamiento normal de una plana CHP en una casa, por ejemplo, las demandas de la instalación en términos tanto de electricidad como de calor fluctuarán. La unidad de control tiene que responder dinámicamente a cambios en la demanda para conseguir la mayor eficiencia posible para la unidad como un todo. El control de la unidad y del motor depende de varios factores y parámetros que son recibidos por la unidad 27 de control.

La disposición del dispositivo CHP en conjunción con los tanques de almacenamiento y sistemas de calentamiento alternativos como la bomba de calor proporcionan flexibilidad para el sistema de control en el modo en que satisface la demanda. Durante el funcionamiento normal, la unidad de control monitorizará constantemente la demanda de la instalación y controlará el motor y los flujos en la unidad para satisfacer la demanda. Los problemas se producen, sin embargo, cuando se alcanzan los límites del sistema o se producen condiciones inusuales. En estas circunstancias, la unidad de control debe tomar una acción alternativa para controlar la unidad.

Cuatro ejemplos de situaciones del funcionamiento de la unidad CHP son los siguientes:

Situación 1: los tanques de almacenamiento están completos y no pueden almacenar ningún calor adicional. La planta CHP está activada y hay un requerimiento eléctrico pero ningún requerimiento de calor de la instalación; por ejemplo, una tetera eléctrica está encendida. En esta situación, no se puede permitir el funcionamiento del motor porque no hay capacidad en el sistema de almacenamiento para refrigerar el motor. En esta situación, se puede proporcionar un sumidero de calor externo a la plana CHP que puede, por ejemplo, ser un radiador refrigerado por aire como se emplea en un motor convencional de un coche. Sin un sumidero de calor adicional el motor no puede funcionar y la unidad no podrá satisfacer la demanda de la instalación.

Situación 2: hay justo la capacidad suficiente en los tanques de almacenamiento para hacer funcionar el motor para satisfacer la demanda eléctrica. Si la demanda eléctrica para, entonces cualquier demanda de calor se puede satisfacer mediante los tanques de almacenamiento de calor. En esta situación, el motor puede funcionar para satisfacer una demanda eléctrica limitada. Si los tanques de almacenamiento de calor tienen calor suficiente, se pueden utilizar para satisfacer la demanda de calor de la instalación. En esta situación, el funcionamiento del motor sólo depende de si existe demanda eléctrica de la unidad.

Situación 3: la demanda de calor está aumentando en la instalación pero la demanda eléctrica es baja. En esta situación, la unidad de control empleará los tanques de almacenamiento de calor para satisfacer la demanda. Cuando se haya alcanzado una temperatura mínima predefinida en los tanques de almacenamiento de calor, la unidad de control activará el motor y comenzará a llevar los tanques de almacenamiento de calor hasta un nivel normal. En esta situación, el funcionamiento del motor también es opcional, suponiendo que no se haya alcanzado el nivel mínimo de calor del tanque de almacenamiento y que la demanda eléctrica es cero. Cuando el motor está en marcha y la demanda eléctrica es baja, la unidad de control activará una bomba de calor como una carga para la electricidad que se genera por el motor, que a su vez generará calor adicional.

Situación 4: existe una alta demanda de calor por parte de la instalación. En esta situación, el motor puede no ser capaz de satisfacer la demanda por sí mismo, de modo que la unidad de control activará la caldera y quizá también la bomba de calor para satisfacer la demanda. En esta situación el motor debe funcionar.

El sistema de transferencia de calor también puede estar dotado de otros medios para extraer calor de la fuente de calor. Por ejemplo, cuando se emplea un motor de combustión interna se puede utilizar también un intercambiador de calor de los gases de combustión para extraer el calor de los gases de combustión que expulsa el motor. El intercambiador de calor de los gases de combustión puede estar incorporado en el intercambiador de calor del agua o puede ser un intercambiador de calor separado conectado a la instalación. El intercambiador de calor de gases de combustión puede ser monitorizado por el sistema de control empleando termómetros, de un modo similar al intercambiador de calor de agua descrito en el presente documento, para indicar cualquier fallo en el intercambiador de calor de gases de combustión.

También hay situaciones donde la unidad de control tiene que utilizar la bomba de calor para precalentar el agua en el circuito secundario. Situaciones en que puede ocurrir esto se producen cuando el agua de retorno de la instalación está relativamente o extremadamente fría. Si, por ejemplo, la temperatura requerida para la instalación fuese de 80 grados centígrados y el motor pudiese elevar la temperatura 30 grados en funcionamiento normal, esto no podría satisfacer por si solo los requerimientos de la instalación. En esta situación, la unidad de control activará el precalentador, que puede ser una caldera o una bomba de calor y que preferiblemente puede estar accionado por la salida eléctrica del motor. Esto tiene también la ventaja de proporcionar una carga eléctrica aumentada cuando aumenta la producción de calor del motor, como se ha explicado anteriormente.

Por ejemplo, si la temperatura de retorno de la instalación es de 30 grados centígrados, se podría utilizar una bomba de calor para elevar la temperatura hasta los 50 grados centígrados. El CHP podría elevar entonces la temperatura los 30 grados restantes hasta los 80 grados requeridos. La temperatura de retorno de una instalación puede variar considerablemente, por ejemplo desde 25 hasta 65 grados centígrados dependiendo del entorno y de la temperatura ambiente. La unidad de control por tanto monitorizará constantemente la temperatura y requerimientos de retorno y activará el precalentador cuando sea necesario.

La Figura 3 muestra una realización de la invención en la que los orificios 121, 122, 123 y 124 del intercambiador de calor tienen sendos sensores 321, 322, 323, 324 de temperatura que leen la temperatura en ese orificio. Las lecturas de temperatura son comunicadas a la unidad 335 de control a lo largo de las líneas 331, 332, 333 y 334 de comunicación, el cual utiliza la información para determinar la eficiencia del intercambiador de calor. Los sensores de temperatura pueden estar montados externamente alrededor del intercambiador de calor o alternativamente pueden estar montados dentro de las tuberías o en los "pozos térmicos" formados dentro del intercambiador de calor o en las tuberías. La unidad 335 de control puede ser parte de la unidad 27 de control local principal o bien alternativamente puede ser una unidad separada conectada a la unidad de control local principal.

La Figura 5 muestra un intercambiador de calor de placas donde los pozos térmicos están formados por orificios en las placas que conforman el intercambiador de calor. Con esta configuración es posible construir los pozos térmicos directamente en la placa del intercambiador de calor, y por tanto permitir que los termómetros o sensores de temperatura se ubiquen cerca de los conductos de entrada y salida del intercambiador de calor. Esta configuración permite medir con precisión las temperaturas en los 4 orificios del intercambiador de calor. En un intercambiador de calor de placas como el mostrado en la Figura 5, los medios caliente y frío fluyen entre las placas según se muestra. Las placas están fabricadas con orificios cerca de cada esquina para distribuir agua a los espacios entre las placas.

La Figura 6 muestra una realización más para el posicionamiento de los termómetros o sensores de temperatura en el intercambiador de calor. La Figura 6 muestra un intercambiador de calor donde los orificios están formados en la placa, de modo que se forma un orificio a través de todo el grosor del intercambiador de calor. Estos orificios proporcionan espacio para montar los pozos térmicos en la ubicación opuesta a las conexiones a las tuberías y permite que el termómetro o sensor 401, 402, 403, 404 se posicione en cualquier punto del intercambiador de calor.

El control y monitorización del sistema de transferencia de calor, y el cálculo de la eficiencia del intercambiador de calor, están basados en las entradas de temperatura del intercambiador de calor y de la unidad de potencia. La entrada de temperatura de la unidad de potencia indica la producción de calor instantánea de la unidad de potencia. La eficiencia del intercambiador de calor puede ser calculada localmente por la unidad 27 de control o alternativamente remotamente por el centro 28 de control.

Las cálculos empleados para determinar la eficiencia de la unidad se explican abajo haciendo referencia a la Figura 7.

El sistema funciona con tres tipos diferentes de parámetros – variables, constantes de estado y constantes de sistema:

Variables: las primeras son las variables que son monitorizadas continuamente;

Producción de calor Real de la Unidad de Potencia  $q_m$   
 Varias temperaturas  $T$

Constantes de estado: las segundas son los valores característicos que dan el estado del sistema. Estas se calibran con frecuencia e incluyen;

Flujo másico, bucle de potencia  $\dot{m}_m$   
 Flujo másico, bucle en T  $\dot{m}_t$   
 Intercambiador de calor, capacidad transf. calor  $kA$

Constantes de sistema: las constantes de sistema están presentes en la instalación para una unidad CHP dada;

Temperatura de setpoint de la Unidad de Potencia	$T_{mv,set}$
Temperatura límite superior de la Unidad de Potencia	$T_{mv,upper}$
Producción de calor máxima de la Unidad de Potencia	$q_{m,max}$
Capacidad calorífica específica, bucle de potencia	$C_m$
Capacidad calorífica específica, bucle en T	$C_l$

Como se muestra en la Figura 7, el bucle 701 de potencia corresponde al circuito primario del intercambiador de calor y el bucle 702 en T corresponde al circuito secundario del intercambiador de calor.

Como se ha descrito arriba, la unidad puede controlarse localmente en modo autónomo o alternativamente puede controlarse remotamente por medio de un centro de control central. Durante el funcionamiento normal, la unidad está controlada como sigue haciendo referencia a la Figura 7.

La eficiencia se puede mejorar manteniendo condiciones estables en ambos lados del intercambiador de calor. En el sistema de control de acuerdo con la presente invención, el objetivo es controlar el sistema para conseguir una temperatura  $T_{mv}$  (703) de entrada al intercambiador de calor estable. En sistemas de control de temperatura convencionales, el bucle (702) en T será ajustado por tanto directamente mediante una medida de temperatura en  $T_{mv}$ . Sin embargo, este tipo de control funciona con un elevado retardo de tiempo debido a la capacidad calorífica del motor, el tiempo que requiere el refrigerante para pasar a través de la unidad (704) de potencia y el retardo de tiempo de la válvula (706) de tres vías. Variaciones en la carga aplicada a la unidad de potencia y la producción de calor de la unidad de potencia provocan que la temperatura  $T_{mv}$  fluctúe a un nivel inaceptable.

La presente invención calcula de forma continua un nuevo setpoint de temperatura  $T_{mk,set}$  basándose en la producción actual de calor de la unidad de potencia junto con información medida indicando el flujo másico y la capacidad térmica específica del bucle de potencia. El setpoint de temperatura actúa como un mecanismo de disparo para operar la válvula (706) de tres vías. El setpoint de temperatura se calcula del siguiente modo:

$$T_{mk,set} = T_{mv} - \frac{q_m}{\dot{m}_m c_m}$$

La diferencia entre  $T_{mk,set}$  calculado y  $T_{mk}$  medido para la entrada a los intercambiadores (705) de calor se emplea para controlar la válvula de mezclado de tres vías. Controlar la válvula de tres vías de este modo significa que el tiempo de retardo del bucle de control se acorta debido a que la capacidad calorífica del motor y el tiempo que requiere el refrigerante para pasar a través de la unidad de potencia no influyen en el control. Además, la capacidad calorífica del motor puede ahora actuar como un atenuador dinámico para ayudar a mantener un valor  $T_{mv}$  constante.

En situaciones en las que la temperatura del motor comienza a subir, el sistema de control debe determinar si el motor se debería parar para evitar el sobrecalentamiento. La temperatura máxima del motor es  $T_{mv,upper}$  y por tanto si  $T_{mv}$  alcanza este nivel, entonces el motor sufrirá sobrecalentamiento.  $T_{mv,upper}$  es un valor predefinido en el sistema que depende del motor particular y de las características de la unidad. El sistema de control solicitará la parada de la unidad de potencia cuando la siguiente desigualdad se haya cumplido durante un período de tiempo especificado (por ejemplo 10 segundos)

$$T_{mk} > t_{mv,upper} - \frac{q_m}{\dot{m}_m c_m}$$

Una alternativa es utilizar la diferencia de temperaturas de  $T_{lk}$  (707) y  $T_{retur}$  (708). Cuando  $T_{retur}$  se acerque a  $T_{lk}$ , ello indica que la válvula de tres vías está completamente abierta, es decir, no se está recirculando ningún refrigerante al intercambiador de calor por medio del conducto (709) y el sistema ya no tiene capacidad para ningún aumento más de temperatura. Si se alcanza esta condición la unidad de potencia se detiene. Sin embargo, si  $T_{retur}$  está bastante por debajo de  $T_{lk}$ , ello indica que la válvula de tres vías todavía tiene rango para ajustar la temperatura.

Las constantes del sistema se calibran cuando el sistema ha estado funcionando a un nivel estable durante un período de tiempo especificado (por ejemplo, 1 minuto). Una vez el sistema se ha estabilizado, es posible calibrar las constantes de estado de las capacidades térmicas del flujo del bucle de potencia  $\dot{m}_m$  y del bucle en T  $\dot{m}_l$ . Las ecuaciones empleadas son las siguientes:

$$\dot{m}_m = \frac{T_{mv} - T_{mk}}{q_m c_m}$$

$$\dot{m}_l = \frac{T_{lv} - T_{lk}}{q_m c_l}$$

(donde  $\dot{m}_m$  es el flujo másico en la unidad de potencia y  $\dot{m}_l$  es el flujo másico en el bucle en T).

Las variables y constantes medidas por el sistema se pueden utilizar para evaluar el estado de la unidad CHP y se pueden utilizar para determinar qué componentes están funcionando incorrectamente, si es el caso. Como se ha descrito anteriormente, el sistema de control local puede determinar el estado de la unidad de forma autónoma o, alternativamente, un centro de control central puede monitorizar la unidad y controlar la unidad a distancia e incluso anular la unidad de control local.

Los termómetros conectados al intercambiador de calor también se pueden calibrar y monitorizar por si se produce un mal funcionamiento. Cuando el motor se detiene después de largos períodos de funcionamiento, la producción de calor del motor disminuye hasta que alcanza la temperatura ambiente. Como el flujo continua en el intercambiador de calor, los cuatro puntos de medida rápidamente alcanzarán la misma temperatura estable. Este efecto se utiliza para calibrar los cuatro termómetros del intercambiador de calor. Si uno de los termómetros presenta temperaturas que varían más que un cierto límite de las de otros termómetros, se puede deducir que el termómetro está funcionando incorrectamente.

Utilizado las constantes de estado y las variables descritas anteriormente, es posible evaluar el estado de los componentes del sistema como el intercambiador de calor. El sistema de control (bien localmente o centralmente) puede identificar diferentes problemas y éstos se pueden dividir en al menos tres niveles según lo siguiente:

Problemas al nivel más bajo pueden requerir que el sistema de control local señalice al sistema de control central que la unidad no está funcionando en condiciones óptimas. Por ejemplo, la unidad de control local puede indicar al usuario o al centro de control central que el intercambiador de calor no está funcionando con un rendimiento óptimo. Estas condiciones no son críticas para el funcionamiento continuo de la unidad.

Problemas en el segundo nivel son más críticos y requieren que la unidad sea inspeccionada o se lleve a cabo mantenimiento. Las indicaciones de nivel dos del sistema de control se pueden basar en la monitorización de la unidad a lo largo de un período de tiempo. Las indicaciones o avisos de nivel dos preferiblemente se identificarán con prontitud registrando una tendencia y reportando cuándo se ha alcanzado un nivel predeterminado de "alarma". Podría tratarse, por ejemplo, de una caída en el flujo másico por el circuito de realimentación en T, quizá indicando que una bomba de circulación está empezando a fallar.

Los problemas de tercer nivel son críticos y requieren que la unidad se pare inmediatamente. Esto puede ocurrir por ejemplo debido a un sobrecalentamiento de la unidad.

Preferiblemente el estado de la unidad CHP se monitoriza continuamente y se registra para proporcionar un histórico de datos para cada una de las variables medidas del sistema. Los datos se pueden almacenar localmente o alternativamente se pueden comunicar al sistema de control central. Se pueden establecer tendencias en los datos y compararlos con otras variables, como por ejemplo la temperatura del aire exterior para determinar el rendimiento de cada unidad CHP individual.

El intercambiador de calor es un componente crítico del sistema CHP. Un fallo del intercambiador de calor significará que todo el sistema tiene que pararse. Es conocido que un intercambiador de calor es un componente que se

degrada a lo largo del tiempo. La capacidad del intercambiador de calor por tanto se monitoriza continuamente, o quizá intermitentemente, según lo siguiente.

La eficiencia del intercambiador de calor también se calcula y, como se ha descrito arriba, se puede utilizar para predecir y programar el necesario mantenimiento del intercambiador de calor. La eficiencia del intercambiador de calor (kA) se calcula como sigue:

$$kA = \frac{q_m}{\frac{T_{mv} - T_{mk} - T_{lv} + T_{lk}}{\ln \frac{T_{mv} - T_{mk}}{T_{lv} - T_{lk}}}}$$

A medida que el intercambiador de calor se degrada, por ejemplo debido a calcificación y/o corrosión, su capacidad (kA) disminuirá. La determinación de kA se muestra arriba y se puede calcular midiendo las temperaturas en el intercambiador. El sistema de control monitoriza y almacena valores de kA a lo largo del tiempo que se pueden utilizar para determinar el grado de deterioro del intercambiador de calor. Los datos recogidos se pueden comparar con datos operacionales conocidos para el intercambiador de calor específico para determinar si el intercambiador de calor requiere ser sustituido y/o pasar por un mantenimiento. La Figura 8 muestra cómo el intercambiador de calor se deteriora a lo largo del tiempo. Como se muestra en la Figura 8, el intercambiador de calor se degrada, de modo que también lo hace  $T_{lk}$ , es decir, la máxima temperatura del refrigerante del bucle en T que puede entrar en el intercambiador de calor para mantener  $T_{mv}$  constante. A medida que la eficiencia del intercambiador de calor se degrada, esto tiene como resultado una disminución de la temperatura de retorno de la instalación que se requiere para mantener el motor por debajo de su temperatura máxima de operación  $T_{mv,upper}$  (degradación significa que el intercambiador de calor es incapaz de extraer calor desde el circuito de bucle de potencia al circuito de bucle en T). Esto puede plantear un problema adicional, ya que a medida que la temperatura del ambiente aumenta también aumenta la temperatura de retorno de la instalación, reduciéndose así aún más la capacidad de enfriamiento del refrigerante para el circuito de la unidad de potencia. Como se muestra en la Figura 8 (punto X), cuando  $T_{lk}$  alcanza  $T_{retur}$  no hay más capacidad de "refrigeración" en la instalación y no se puede absorber más calor del circuito de la unidad de potencia. A medida que aumenta la temperatura ambiente, el punto de intersección X se mueve como se muestra en X2 (ver  $T_{retur}$  ambiente en la Figura 7). Esta es una situación crítica del sistema y requiere que la unidad CHP se detenga inmediatamente y se solicite mantenimiento. El sistema de control puede por tanto determinar el punto crítico X basándose en la eficiencia actual del intercambiador de calor y en la temperatura de retorno en combinación con los requerimientos del motor.

La Figura 8 muestra que almacenando los puntos A, B, C durante el funcionamiento del intercambiador de calor a lo largo de los tiempos tA, tB y tC, se puede almacenar la degradación y extrapolarla para programar el mantenimiento antes de que la unidad tenga que ser parada.

Cualquier instalación dada tendrá diferentes requerimientos. Por ejemplo, algunas instalaciones pueden tener un  $T_{retur}$  que nunca excede de 60 °C mientras que otras instalaciones pueden tener una temperatura de retorno máxima de 40°C. Para la instalación donde la temperatura de retorno es de 60°C, el intercambiador de calor necesita una capacidad de transferencia de calor mayor que en una instalación donde la temperatura de retorno nunca excede de 40°C. En el último de estos dos casos, el intercambiador de calor requerirá mantenimiento más tarde que el sistema con una temperatura de retorno más baja incluso cuando la degradación del intercambiador de calor es igual en ambos sistemas. La Figura 8 muestra en el punto X2 cómo elevar la temperatura del agua de retorno (mostrada como una línea  $T_{retur}$  Ambiente) reduce el tiempo durante el cual puede funcionar el intercambiador de calor antes de que la  $T_{retur}$  ambiente y  $T_{lk}$  se corten. Aumentos en la temperatura ambiente, por ejemplo en el verano, podrían provocar este aumento en  $T_{retur}$  y la consiguiente reducción en el tiempo hasta que el intercambiador de calor requiera mantenimiento. Al utilizar constantes de estado y constantes de sistema en combinación, la presente invención proporciona medios para calcular si la eficiencia del intercambiador de calor es suficiente para cumplir con las demandas actuales de la unidad o si se requiere programar un mantenimiento o sustitución de piezas.

En otras circunstancias, puede no ser necesario apagar la unidad completamente, sino que en lugar de eso se puede enviar un comando de control para controlar la potencia de salida de la unidad de potencia o motor. Esto puede retrasar la necesidad de labores de revisión o mantenimiento, ya que la unidad puede funcionar a un nivel reducido durante un período de tiempo hasta que se pueda programar una revisión.

Como se ha descrito anteriormente, también se pueden monitorizar otros componentes de la unidad. Por ejemplo, almacenar el flujo-del-bucle-de-potencia  $\dot{m}_m$  y el flujo-del-bucle-en-T  $\dot{m}_1$  a lo largo del tiempo puede indicar

problemas con las tuberías del sistema provocados por depósitos de cal o bombas de circulación defectuosas. Los datos almacenados se pueden comparara con datos conocidos para las bombas particulares instaladas en una unidad CHP. Si el flujo cae por debajo de un nivel definido se requerirá una llamada para una revisión. Alternativamente, si el flujo cae bruscamente se requerirá un comando de parada a la unidad CHP hasta que se pueda sustituir el componente.

5 El centro de control central para las unidades CHP se puede utilizar para obtener y monitorizar datos operativos de varias unidades e instalaciones CHP. El centro de control central monitoriza cada unidad CHP y predice cuándo se requerirán revisiones o mantenimiento. Éstos se pueden entonces programar en momentos cercanos al mantenimiento de otras unidades CHP del mismo área. El centro de control central también prioriza casos, por ejemplo cuando una unidad CHP ha fallado debido a un sobrecalentamiento en una instalación de un hospital. En estas circunstancias, se puede retrasar el mantenimiento de otras unidades mientras que se realiza el mantenimiento urgente en la unidad que ha fallado.

10 La información se puede transmitir en tiempo real pero es preferiblemente transmitida por la noche, habiéndose recogido por la unidad de control central para cada unidad CHP. Cada unidad CHP también puede recibir señales de control del centro de control central. Por ejemplo, el control central puede estar dotado de una indicación de la carga del motor y puede controlar el motor para asegurarse de que no se alcancen las máximas temperaturas de operación permitidas del motor.

## REIVINDICACIONES

- 5 1. Un sistema de transferencia de calor que tiene una fuente (19) de calor y una carga (1) térmica, estando dicha fuente de calor y dicha carga térmica fluidamente conectadas al intercambiador (12) de calor, teniendo dicho intercambiador de calor un circuito primario y uno secundario dispuestos para comunicar calor entre dicha fuente de calor y dicha carga térmica y un conducto (21) de realimentación que conecta fluidamente la salida (122) del circuito secundario a la entrada (121) del circuito secundario para permitir que el fluido de salida del circuito secundario vuelva a la entrada del circuito secundario, **caracterizado porque** el flujo a través del conducto (21) de realimentación se puede controlar mediante una válvula (14) de control, en donde la salida de dicho circuito secundario está conectada a la entrada de dicho circuito secundario a través de dicha válvula (14) de control; estando dispuesta dicha válvula (14) de control para controlar el flujo a través de dicho conducto (21) de realimentación en respuesta a indicaciones de la temperatura en el circuito primario para regular la temperatura del circuito primario.
- 10 2. Un sistema de transferencia de calor de acuerdo con la reivindicación 1, donde el circuito primario está dotado de un sensor (24) de temperatura.
- 15 3. Un sistema de transferencia de calor de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, donde la fuente (19) de calor es un motor (19) de combustión interno y donde el circuito primario está dispuesto para fluir a través del circuito de refrigeración del mismo.
4. Un intercambiador de calor de acuerdo con la reivindicación 1, 2 ó 3, donde el circuito secundario también está conectado a un almacén (9) de calor.
- 20 5. Un método para operar un sistema de transferencia de calor que tiene una fuente (19) de calor y una carga (1) térmica, estando dicha fuente de calor y dicha carga térmica fluidamente conectadas a un intercambiador (12) de calor, teniendo dicho intercambiador de calor un circuito primario y uno secundario dispuestos para comunicar calor entre dicha fuente de calor y dicha carga térmica y un conducto (21) de realimentación que conecta fluidamente la salida (122) del circuito secundario a la entrada (121) del circuito secundario para permitir que fluido de salida del circuito secundario vuelva a la entrada del circuito secundario, caracterizado porque el flujo a través de dicho conducto de realimentación está controlado en respuesta a indicaciones de la temperatura en el circuito primario, de modo que se puede regular la temperatura del circuito primario.
- 25 6. Un método de acuerdo con la reivindicación 5, donde el flujo a través de dicho conducto (21) de realimentación está controlado por una válvula (14) de control que conecta la salida (122) de dicho circuito secundario a la carga (1) térmica y el circuito de realimentación.
- 30 7. Un método de acuerdo con la reivindicación 6, donde la válvula (14) de control está dispuesta para recibir señales de control para controlar selectivamente el flujo a través de dicho conducto de realimentación.
8. Un método de acuerdo con la reivindicación 5, 6 ó 7, donde la fuente (19) de calor tiene una temperatura de operación máxima y donde la temperatura del circuito primario está regulada para mantener la temperatura de operación de la fuente de calor por debajo de dicho máximo.

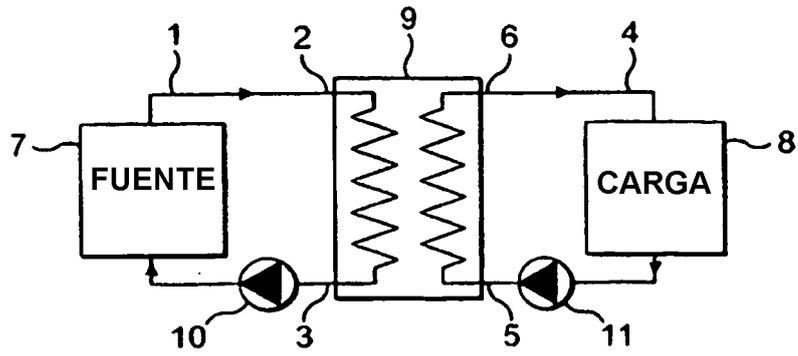


FIG. 1

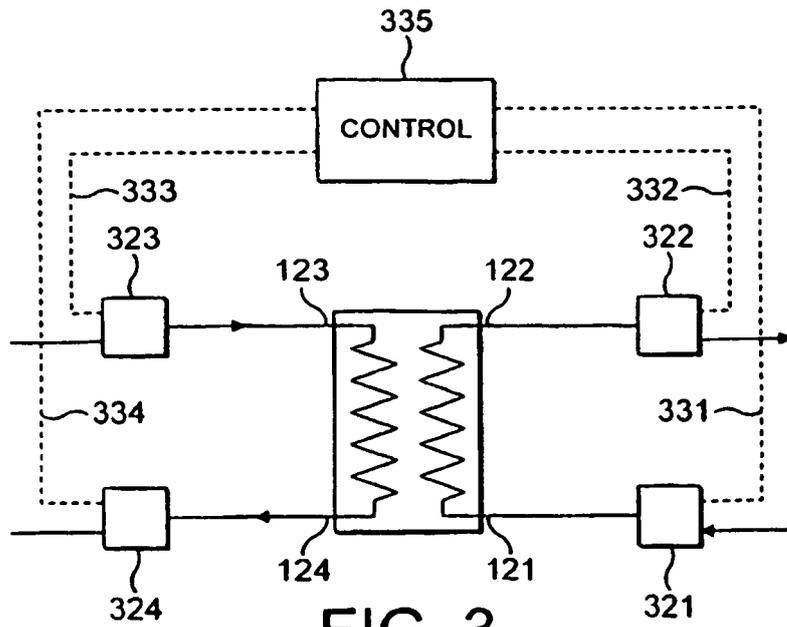


FIG. 3

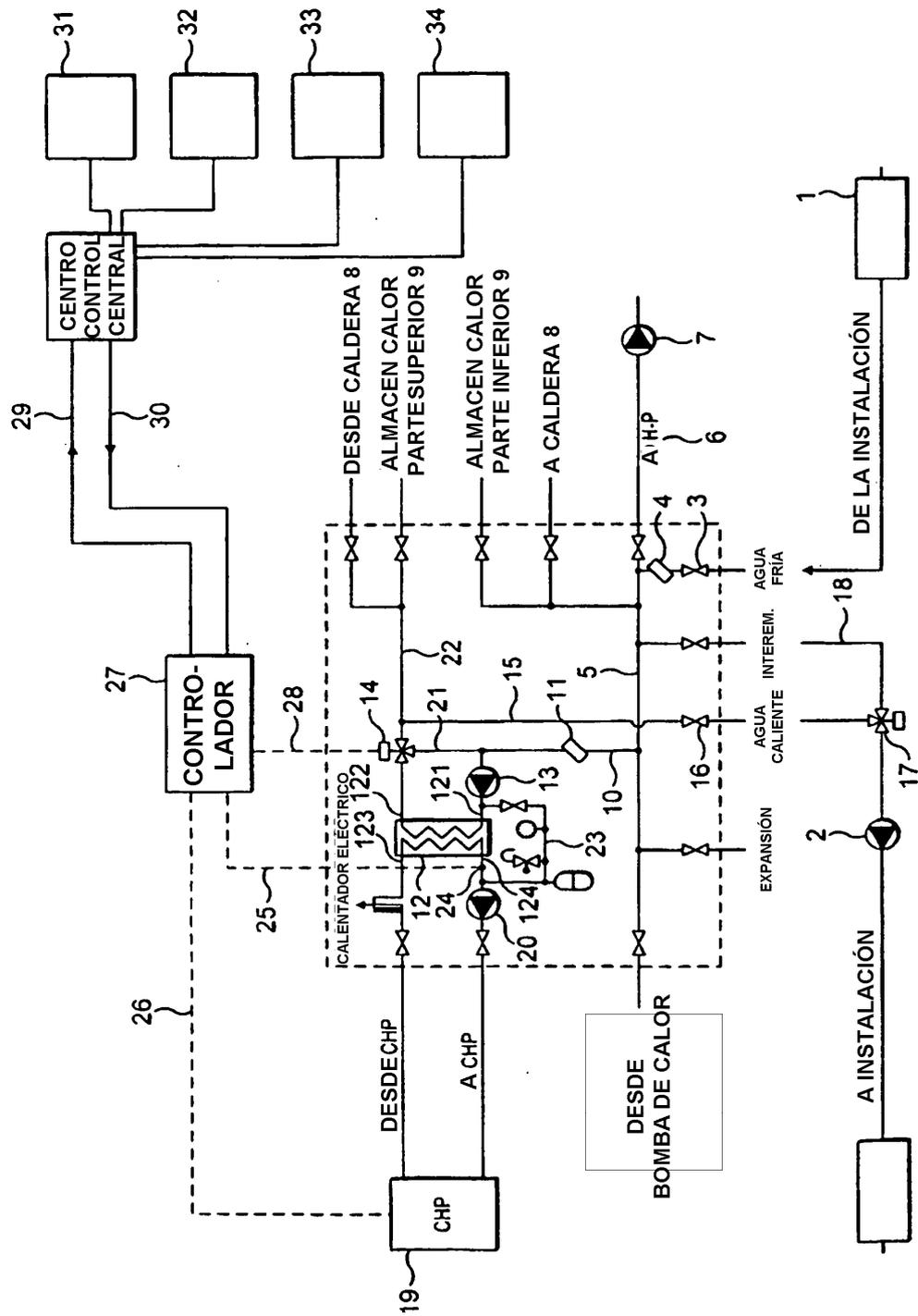
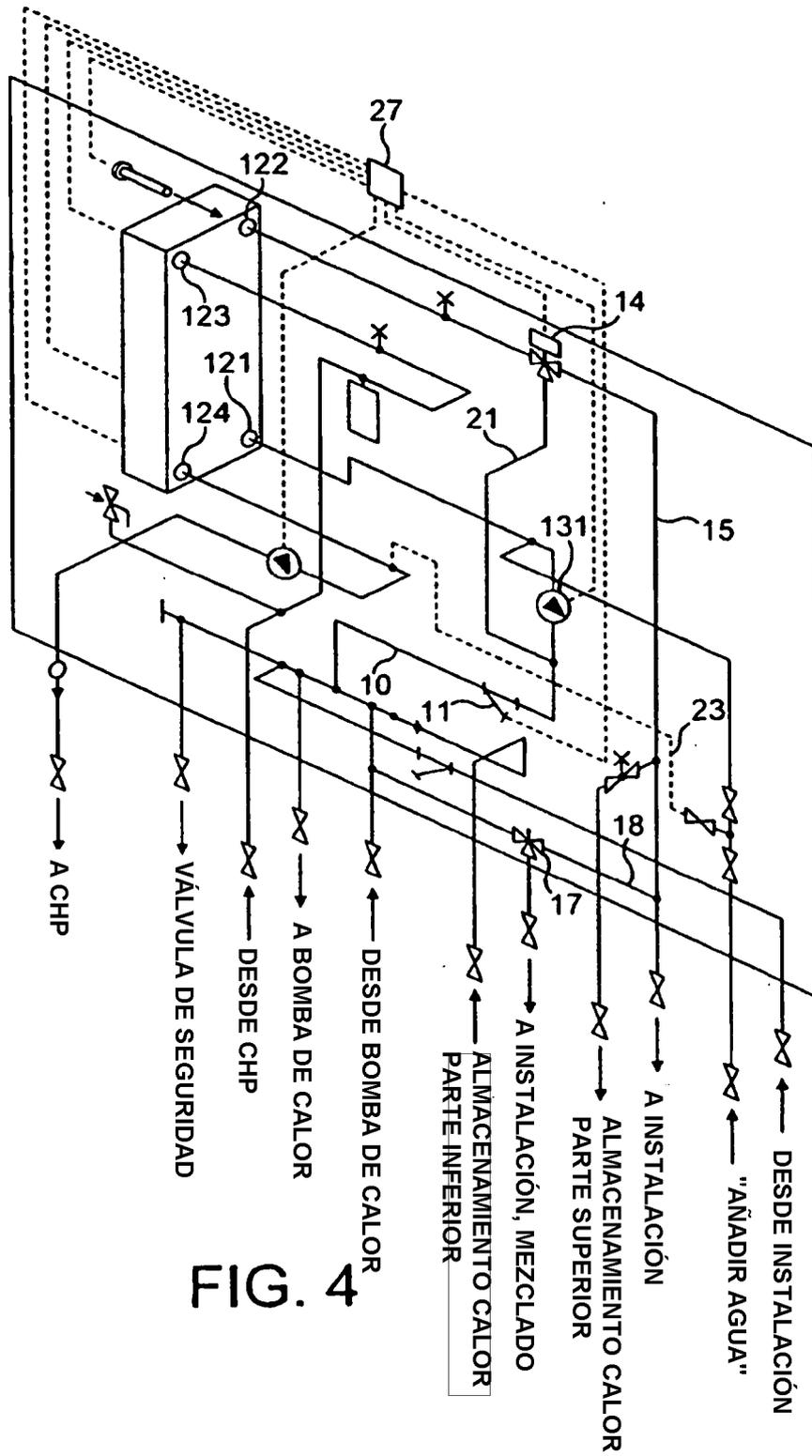


FIG. 2



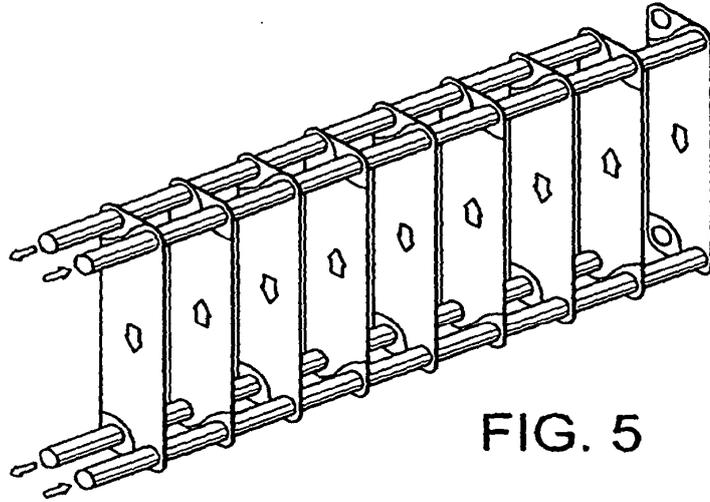


FIG. 5

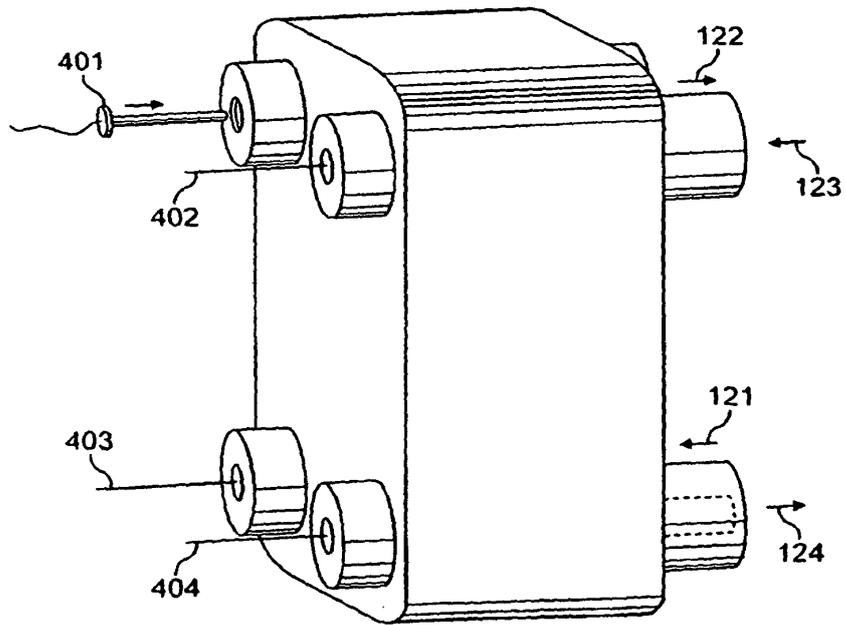


FIG. 6

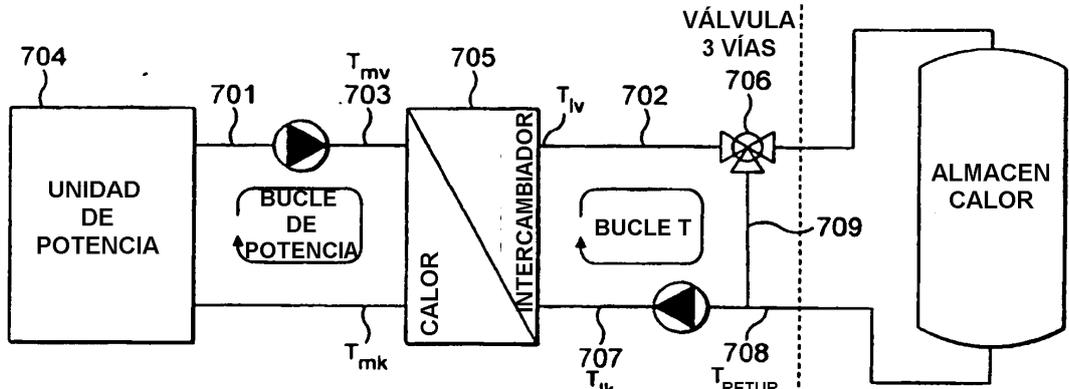


FIG. 7

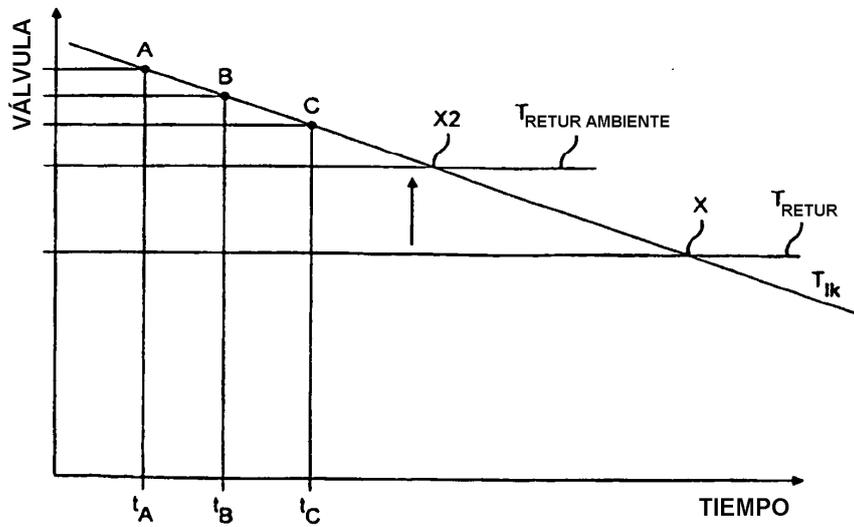


FIG. 8