

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 545 086**

51 Int. Cl.:

G01K 17/10

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.12.2009** **E 09805946 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.05.2015** **EP 2376884**

54 Título: **Contabilización de calor para instalación de energía térmica central**

30 Prioridad:

22.12.2008 IT TO20080961

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

08.09.2015

73 Titular/es:

INGENIA S.R.L. (100.0%)

Via Valdieri, 32

10139 Torino (TO), IT

72 Inventor/es:

ARESTA, ALESSIO;

BARI, FEDERICO;

FRONTERRE', MICHELE;

GRECO, COSIMO;

MALAN, STEFANO;

MASOERO, MARCO y

VANDONI, GIORGIO

ES 2 545 086 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

Contabilización de calor para instalación de energía térmica central

5 La presente invención se refiere a un sistema y un método para estimar la energía térmica intercambiada entre una pluralidad de intercambiadores de calor de una instalación central para generar y suministrar energía térmica y un complejo de usuarios.

10 En la técnica anterior existen contadores o dispositivos de medición de calor, también denominados contadores de calor directos, contadores de costes de calefacción directos o contadores térmicos, que en todos los casos requieren mediciones instantáneas directas del caudal del fluido portador de calor a través de cada unidad de calefacción (o grupo de unidades de calefacción) y de la diferencia de temperatura del mismo fluido entre la entrada y la salida de la unidad de calefacción (o grupo). Por tanto, estos dispositivos de contabilización están constituidos por los siguientes componentes:

- 15 • dos sensores de temperatura
- un sensor de caudal
- 20 • un sistema electrónico para tratar y muestrear las señales procedentes de los tres sensores y procesarlas
- una memoria para almacenar la medición de calor
- un componente de visualización de medición, y
- 25 • si es necesario, un componente para transmitir los datos medidos.

30 Los datos recibidos desde los sensores (un sensor de caudal y dos sensores de temperatura) se recopilan y almacenan por el sistema electrónico del contador de calor y a continuación se calcula la integral con respecto al tiempo para obtener su elemento de dato de energía. Este elemento de dato puede visualizarse en una unidad de visualización del dispositivo, si está presente, y/o puede guardarse en su memoria interna y/o enviarse a una unidad de control remoto genérica. Este tipo de dispositivo de contabilización de calor es económicamente ventajoso sólo para instalaciones de calefacción que tienen lo que se conoce como suministro "horizontal", "en anillo" o "de área" del fluido portador de calor.

35 Este tipo de sistema requiere un anillo de suministro interno en cada unidad de alojamiento (o un número limitado de anillos) que da servicio a todas las unidades de calefacción de la unidad de alojamiento y que está conectado a un único punto de ramificación del suministro principal. En este caso, la energía suministrada por todas las unidades de calefacción de una única unidad de alojamiento puede contabilizarse mediante un único contador directo para cada anillo interno de la unidad de alojamiento. De manera similar, la temperatura puede regularse en este caso controlando el flujo del fluido portador de calor, interponiendo una unidad de válvula de solenoide para un anillo de suministro cerca de la rama del suministro principal.

45 Por otro lado, si los sistemas de suministro son de tipo ascendente o vertical, en el que cada unidad de calefacción de una única unidad de alojamiento está conectada a una tubería diferente del suministro principal que discurre en vertical por todo el edificio, el sistema de contabilización de calor directo es caro desde el punto de vista económico, porque cada unidad de calefacción requiere un contador de calor independiente y por tanto un grupo de sensores independiente (dos sensores de temperatura y un sensor de caudal) con su sistema electrónico. Por tanto, esta última solución requeriría un trabajo de instalación altamente invasivo, implicaría aumentos de costes de manera proporcional al número de unidades de calefacción y tendría un efecto marcado sobre el aspecto de la unidad de alojamiento. Surge un inconveniente adicional por el hecho de que las dimensiones globales del sensor de caudal superan el espacio disponible entre la unidad de calefacción y el muro en el que están insertadas las tuberías de alimentación y retorno de fluido portador de calor; además, el sensor de caudal requiere tramos de tubería rectos aguas arriba y aguas abajo adicionales para limitar el desarrollo de turbulencia en el fluido, lo que degradaría la precisión de medición. Por tanto, por motivos físicos, el sensor de caudal generalmente no puede instalarse en cada unidad de calefacción. Además, dependiendo del principio físico usado por cualquier sensor de caudal dado, puede tener otros inconvenientes. Por ejemplo, el rendimiento de los sensores de caudal mecánicos se degrada con el tiempo si el fluido tiene un alto contenido en impurezas suspendidas, lo que de hecho es el caso de fluidos usados en instalaciones de calefacción. Otros tipos de sensor de caudal tales como sensores electromagnéticos o ultrasónicos requieren demasiada energía para su alimentación eléctrica y son demasiado caros. Por consiguiente, aunque los contadores de calor directos son dispositivos ideales para medir el calor transferido, nunca se han usado en el pasado para contabilizar el calor intercambiado entre un sistema de calefacción central de tipo ascendente y sus usuarios.

65 Otro tipo de sistema para contabilizar el consumo de los usuarios a los que dan servicio instalaciones de calefacción o refrigeración central usa asignadores de costes de calor (*heat cost allocator*). Los asignadores de costes de calor

son dispositivos que existen desde hace décadas y fueron diseñados para solucionar el problema de contabilizar el calor para instalaciones verticales (ascendentes). El principio de funcionamiento se basa en:

- la medición de la temperatura media de la unidad de calefacción mediante los asignadores de costes de calor que están colocados en la superficie frontal de la unidad de calefacción;

- la medición directa, si es necesario, de la energía térmica total intercambiada entre la unidad térmica y toda la instalación de suministro del edificio;

- un modelo simplificado de la unidad de calefacción, y

- la medición, si es necesario, de la temperatura media del entorno en el que funciona cada unidad de calefacción.

Aunque los asignadores de costes de calor son el tipo de sistema más extendido, presentan diversos inconvenientes, incluyendo el hecho de que tienen que colocarse en la superficie frontal de cada unidad de calefacción en una posición específica que representa la temperatura media de la unidad. Además, su accesibilidad es tal que pueden manipularse fácilmente y la asignación de costes se ve degradada con un aumento en la variación de las condiciones de funcionamiento de la unidad de calefacción con las que está asociado cada asignador de costes de calor individual. Surgen otros inconvenientes de esta técnica conocida usada comúnmente por el hecho de que la precisión de la asignación de costes de calor se ve degradada en presencia de muebles u objetos situados delante de la unidad de calefacción y el asignador de costes de calor colocado en la misma. Finalmente, es un conocimiento común que los parámetros que describen el modelo de la unidad de calefacción en la que están instalados los asignadores de costes de calor, y que son necesarios para la configuración de los asignadores de costes de calor con fines de contabilización, no siempre son conocidos, porque sólo se identifica un determinado porcentaje de unidades de calefacción mediante mediciones apropiadas en una cámara para pruebas climática por los fabricantes de sistemas basándose en asignadores de costes de calor. Estos parámetros también pueden variar de una manera no conocida con los años, si el flujo del fluido portador de calor se bloquea parcialmente en la unidad de calefacción, por ejemplo como resultado de sedimentos que se depositan en sus válvulas o en su extremo inferior.

Otro método, que es menos preciso y por tanto se usa menos, puede aplicarse a instalaciones de suministro de área e instalaciones ascendentes. En este método, la asignación del consumo de calefacción de cada unidad de alojamiento se basa únicamente en los periodos de uso. Sin embargo, esto no tiene en cuenta muchos factores físicos que en realidad hacen imposible tener un mismo caudal y una misma temperatura del fluido portador de calor entrante para cualquier estado de uso dado, debido a pérdidas de presión (también denominadas pérdidas de carga) y pérdidas térmicas que se producen en el fluido portador de calor en su flujo a lo largo de la línea de suministro.

Además, los tipos y tamaños de las unidades de calefacción en cada unidad de alojamiento pueden haberse modificado con el tiempo, debido a una reconstrucción por ejemplo, y puede ser que ya no sean uniformes de una unidad de alojamiento a la siguiente.

Otra estrategia de contabilización se basa en las mediciones de cantidades físicas indirectas tales como las del entorno en la unidad de alojamiento cuya absorción o liberación de energía térmica va a contabilizarse. A continuación se proporciona una breve descripción de parte de la bibliografía de patentes relevante.

Según la patente alemana DE 30 12 267, la energía térmica intercambiada entre la instalación de calefacción y cada unidad de alojamiento se estima usando el conocimiento topográfico de la relación de proximidad entre unidades de alojamiento y las constantes térmicas (transmitancia) y superficies de los muros divisorios con el fin de calcular la "sustracción de calor" por unidades más calientes de unidades más frías. Esta tecnología se basa esencialmente en el conocimiento de la temperatura interna de cada uno de los entornos calentados, las constantes térmicas de los elementos separadores (muros, suelos, marcos de puertas y ventanas, y techos), y la temperatura externa. La energía térmica liberada por la instalación de calefacción se estima a partir de los efectos sobre los entornos internos de las unidades de alojamiento y algunos parámetros estructurales del complejo de usuarios.

Este tipo de sistema presenta varios inconvenientes, que incluyen la necesidad de situar un gran número de sensores en las unidades de alojamiento; cuando este método se usa con un menor número de sensores de temperatura ambiental, como ocurre a menudo, la precisión de la contabilización se ve degradada. Esto se debe a que la temperatura del aire dentro de los entornos de la unidad de alojamiento puede variar ampliamente tanto de una sala a otra como dentro de la misma sala, por ejemplo como resultado de la altura entre el suelo y el techo a la que se ubica el sensor de temperatura, o la proximidad a una ventana, a una unidad de calefacción, o a un muro perimetral que está fuera del edificio, en lugar de ser una división interna.

El documento EP 0 844 468 usa la idea de derivar el consumo de calor a partir del conocimiento de los volúmenes de aire presentes en cada entorno monitorizado y a partir de la diferencia de temperatura entre temperaturas mínimas y máximas sucesivas medidas en cada entorno (debido por ejemplo a periodos en los que las unidades de calefacción cambian del estado "apagado" al "encendido"), para mantener la temperatura en la región del valor

deseado.

Un inconveniente de este sistema es que este método no sólo presenta los mismos problemas graves que en el caso anterior, relativos a la medición de una temperatura que represente de manera coherente la temperatura media interna en las diversas unidades de alojamiento, dando como resultado una degradación de la precisión de contabilización, sino que también tiene el inconveniente de que ignora la pérdida de energía térmica hacia el entorno exterior durante los periodos en los que las unidades de calefacción se llevan a su estado de funcionamiento regular, dicho de otro modo con el fin de mantener la temperatura interna en la región del nivel deseado, después del periodo transitorio de calefacción desde una temperatura anterior inferior, y con el fin de compensar las pérdidas de calor hacia el exterior solamente, teniendo en cuenta por tanto solamente la energía requerida para elevar la temperatura interna del aire.

El documento WO 03/60448 describe un método para asignar costes de calefacción a las diferentes salas de una vivienda según el nivel de confort térmico elegido. El método funciona basándose en el conocimiento de la temperatura ambiente dentro de las salas, los volúmenes de las salas y las temperaturas ambiente exteriores, realizando correcciones basándose en grados día. Específicamente, el método estima la energía transferida desde los entornos interiores de un edificio hacia el entorno exterior, modelando (en parte) los entornos interiores y midiendo las temperaturas ambiente, suponiendo que esta energía es igual a la liberada por la instalación de calefacción.

El método descrito tiene el inconveniente de que supone que la energía térmica intercambiada entre los entornos dentro del edificio y el entorno exterior es igual a la intercambiada internamente con la instalación de calefacción, e incorrectamente supone que la energía térmica intercambiada entre el interior y el exterior de las unidades de alojamiento puede deducirse solamente a partir de los volúmenes interiores y a partir del confort térmico, que se define como la temperatura alcanzada en una unidad de alojamiento sin tener en cuenta la transmitancia térmica. Esto significa que, si hay viviendas que tienen volúmenes idénticos, pero uno de ellos tiene pérdidas mayores, por ejemplo debido a marcos de puertas y ventanas más antiguos o una exposición externa diferente, entonces si esta vivienda alcanza la misma temperatura media (nivel de confort térmico) que las demás, se registrará el mismo consumo. Paradójicamente, por tanto, este método no premia el comportamiento del usuario con respecto al ahorro de energía (conseguido por ejemplo al invertir en un mejor aislamiento de muros o marcos, o limitando el tiempo durante el cual las ventanas están abiertas), porque éste se ignora por la contabilización de energía. Por ejemplo, una vivienda en la que las ventanas están siempre abiertas, y que por tanto tiene un consumo máximo, se contabilizaría basándose en un gasto de cero o casi cero, puesto que la temperatura interior sería similar a la temperatura exterior. También es bastante difícil determinar con precisión la temperatura media de una vivienda o una sala, puesto que puede variar, en ocasiones en gran medida, con la altura o con la posición con respecto a los muros o aberturas. Aunque se especifica que los sensores se sitúan a lo largo del circuito de suministro de fluido portador de calor, estos sensores se usan para iniciar o detener la contabilización, pero no participan en la estimación del consumo de calor.

Además, el método no tiene en cuenta factores transitorios de calefacción, dicho de otro modo una posible necesidad de alcanzar la temperatura deseada después de un periodo prolongado de desuso de la instalación local, ni tiene en cuenta el consumo de energía requerido para elevar la temperatura interior por encima de las pérdidas hacia el exterior.

El documento US 4 509 679 da a conocer un sistema para monitorizar el uso de energía con el fin de permitir la asignación de costes de energía a los usuarios basándose en su uso de energía.

Finalmente, la norma UNI 9019 que describe el método de contabilización basándose en el principio de "grados día" también se basa en la medición del efecto térmico de la instalación de calefacción sobre los entornos dentro de las unidades de alojamiento, y presenta problemas de precisión similares.

Un objetivo de la presente invención es proporcionar un sistema y un método mejorados para medir el calor, que puedan superar estos y otros inconvenientes de la técnica conocida, y que también puedan aplicarse de una manera sencilla y económica.

Este y otros objetivos se alcanzan según la presente invención por medio de un sistema de contador de calor virtual según se define en la reivindicación 1 adjunta, y un método para estimar la energía térmica intercambiada entre una pluralidad de dispositivos intercambiadores de calor de un instalación térmica central y un complejo de usuarios, según se define en la reivindicación 13 adjunta.

El método de contabilización según el sistema y el método propuestos por la presente invención no se basa en mediciones de los efectos sobre el entorno de la instalación de calefacción dentro de las unidades de alojamiento, o en métodos de tipo asignador de costes de calor. Por tanto, a diferencia de la técnica anterior, el sistema y el método según la presente invención, descritos en detalle a continuación, de nuevo hacen uso del principio de medir directamente el calor asociado con cada dispositivo intercambiador de calor, evitando así todas las características negativas de los métodos indirectos descritos anteriormente, pero prescinden de la instalación y el uso de

dispositivos de contabilización de calor para cada unidad de calefacción, reduciendo así drásticamente el número de sensores y dispositivos de contabilización instalados, al tiempo que se consigue una contabilización muy precisa del calor absorbido por cada usuario de energía térmica. En particular, el sistema y el método según la presente invención hacen posible aplicar el principio de la contabilización de calor directa a cada unidad de calefacción sin instalar ni usar el sensor de caudal y el sistema de procesamiento electrónico para cada unidad de calefacción, que son algunos de los componentes que constituyen un contador de calor directo.

Por estos y otros motivos, el sistema y el método propuestos por la presente invención son particularmente útiles, por ejemplo, para la conversión de instalaciones de calefacción central antiguas en instalaciones funcionalmente autónomas para contabilizar costes de energía para usuarios finales.

Otras características y ventajas de la presente invención resultarán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada, que se proporciona meramente a modo de ejemplo no limitativo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- la figura 1 es un diagrama de bloques de una posible realización a modo de ejemplo del sistema según la presente invención;

- la figura 2 es una representación esquemática de un ejemplo de una instalación de calefacción a la que se aplica el sistema de la figura 1; y

- la figura 3 es un diagrama de bloques que muestra a modo de ejemplo un modelo térmico y de dinámica de fluidos de la instalación de calefacción mostrada en la figura 2.

En la presente descripción y en las reivindicaciones, se hará referencia a una serie de términos cuyo significado previsto se proporciona en las siguientes definiciones.

Complejo de usuarios: es la estructura o grupo de estructuras con la/el que la instalación de calefacción intercambia energía térmica. Por ejemplo, este complejo pueden ser una o más estructuras de diversos tipos, tales como edificios residenciales (tales como bloques de viviendas, casas adosadas, bungalós, etc.), edificios comerciales, edificios industriales o edificios independientes.

Usuario de energía térmica: es una parte genérica del complejo de usuarios cuyo consumo de energía térmica va a monitorizarse, particularmente con el fin de cualquier contabilización posterior. Puede ser una unidad de alojamiento o un grupo tales unidades, un área o subárea específica de una unidad de alojamiento, una sala de una unidad de alojamiento, o incluso el entorno calentado por un único intercambiador de calor de la instalación.

Instalación térmica central: es una instalación prevista para generar y transferir energía térmica a los usuarios de energía térmica del complejo de usuarios por medio de un fluido portador de calor a través de un circuito de suministro, o prevista para tomar energía térmica de los usuarios y liberarla al entorno exterior. La instalación puede ser una instalación o bien de calefacción o bien de refrigeración. En los ejemplos de realización de la presente invención, se describirá como una instalación de calefacción de un tipo conocido que tiene una unidad térmica (o caldera) para calentar el fluido portador de calor y un dispositivo de bombeo para establecer una circulación forzada de este fluido en un circuito de suministro cerrado.

La instalación térmica comprende:

i) Circuito de suministro: es el conjunto de tuberías, ramas, juntas y dispositivos de válvula que forma el trayecto del fluido portador de calor hasta sus terminaciones a las que están conectados los intercambiadores de calor de la instalación.

ii) Unidad térmica: es un aparato para generar una variación de la energía térmica en el fluido portador de calor que fluye obtenido desde el circuito de suministro. Si van a calentarse uno o más usuarios de energía térmica, la variación de energía térmica en el fluido portador de calor será positiva. Por el contrario, si van a refrigerarse uno o más usuarios de energía térmica, la variación de energía térmica en el fluido portador de calor será negativa. Por ejemplo, en el caso de una instalación de calefacción, la unidad térmica puede ser una caldera de un tipo conocido.

iii) Dispositivo de bombeo: puede ser cualquier aparato para establecer una circulación forzada del fluido portador de calor a través del circuito de suministro.

iv) Dispositivos intercambiadores de calor: son elementos individuales usados para intercambiar calor (por convección o radiación, por ejemplo) entre el fluido portador de calor que fluye en el circuito de suministro y los usuarios de energía térmica. Ejemplos de tales dispositivos intercambiadores de calor pueden ser unidades de calefacción genéricas (tales como termosifones usados para calentar los entornos dentro de un edificio) o ventilosconectores (que funcionan por medio de ventilación forzada y pueden usarse tanto para calefacción como para refrigeración).

Con referencia a la figura 1, muestra un diagrama de bloques esquemático de una posible realización a modo de ejemplo de un sistema según la presente invención.

5 Todo el sistema está indicado mediante el número de referencia 10, y está asociado con un complejo de usuarios U calentado por una instalación térmica central I. En la realización en cuestión, se considera que el complejo de usuarios U es un edificio residencial, mientras que se considera que la instalación térmica central I es una instalación de calefacción. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, y como resultará evidente para los expertos en la técnica a partir de la presente descripción, los principios de la invención también pueden aplicarse a diferentes tipos de complejo de usuarios, incluyendo el caso de una instalación de refrigeración tal como una instalación de aire acondicionado para el verano.

10 Tal como se muestra en la figura 1, el complejo de usuarios U comprende una pluralidad de usuarios de energía térmica, tal como m unidades de alojamiento $U_1, \dots, U_m$, previstas para recibir calor desde la instalación de calefacción I. Esta instalación de calefacción I comprende:

- un circuito de suministro C, previsto para que un fluido portador de calor fluya a través del mismo,
- una unidad térmica G, tal como una caldera, dispuesta para generar la variación deseada de la energía térmica en el fluido portador de calor obtenido desde el circuito de suministro C, y
- un dispositivo de bombeo P, tal como una bomba, de un tipo conocido, para establecer una circulación forzada a través del circuito de suministro C.

25 La instalación de calefacción I también comprende una pluralidad de dispositivos intercambiadores de calor, tal como $n=n_1+\dots+n_m$ unidades de calefacción, donde el índice m significa el número total de unidades de alojamiento $U_1, \dots, U_m$, indicadas mediante los símbolos $H_{1,1}, \dots, H_{1,n_1}, H_{2,1}, \dots, H_{2,n_2}, \dots, H_{m,1}, \dots, H_{m,n_m}$, donde el primer subíndice indica la unidad de alojamiento en cuestión, mientras que el segundo subíndice identifica la unidad de calefacción específica dentro de esta unidad de alojamiento. Las unidades de calefacción $H_{1,1}, \dots, H_{1,n_1}, H_{2,1}, \dots, H_{2,n_2}, \dots, H_{m,1}, \dots, H_{m,n_m}$ están conectadas al circuito de suministro C de modo que se distribuyen entre las m unidades de alojamiento $U_1, \dots, U_m$, y están adaptadas para transferir el calor del fluido portador de calor al entorno en el que están situadas. Dependiendo del tipo de instalación de calefacción I, la distribución de las unidades de calefacción $H_{1,1}, \dots, H_{1,n_1}, \dots, H_{2,1}, H_{2,n_2}, \dots, H_{m,1}, \dots, H_{m,n_m}$ entre las unidades de alojamiento individuales y su tipo, incluso dentro de las unidades de alojamiento, puede variar. Las unidades de calefacción $H_{1,1}, \dots, H_{1,n_1}, \dots, H_{2,n_1}, H_{2,n_2}, \dots, H_{m,1}, \dots, H_{m,n_m}$ también pueden estar conectadas o bien a una instalación de suministro ascendente (también denominada sistema de suministro "vertical") o bien a una instalación de suministro de anillo interna (también denominada sistema de suministro "horizontal").

40 El sistema 10 incluye una pluralidad de dispositivos de válvula de control, tal como $p=p_1+\dots+p_m$ válvulas de solenoide $EV_{1,1}, \dots, EV_{1,p_1}, EV_{2,1}, \dots, EV_{2,p_2}, \dots, EV_{m,1}, \dots, EV_{m,p_m}$, para las que el primer subíndice indica la unidad de alojamiento en cuestión, mientras que el segundo subíndice identifica el elemento de válvula específico asociado con esta unidad de alojamiento. Las válvulas de solenoide $EV_{1,1}, \dots, EV_{1,p_1}, EV_{2,1}, \dots, EV_{2,p_2}, EV_{m,1}, \dots, EV_{m,p_m}$ están interpuestas y distribuidas entre las ramas de las tuberías del circuito de suministro C y las n unidades de calefacción $H_{1,1}, \dots, H_{1,n_1}, H_{2,1}, \dots, H_{2,n_2}, \dots, H_{m,1}, \dots, H_{m,n_m}$. Por tanto el trayecto del fluido portador de calor a través del circuito de suministro C y las n unidades de calefacción $H_{1,1}, \dots, H_{1,n_1}, H_{2,1}, \dots, H_{2,n_2}, \dots, H_{m,1}, \dots, H_{m,n_m}$ se controla según el estado de actuación de cada una de las válvulas de solenoide individuales $EV_{1,1}, \dots, EV_{1,p_1}, EV_{2,1}, \dots, EV_{2,p_2}, \dots, EV_{m,1}, \dots, EV_{m,p_m}$.

50 Se supone que las válvulas de solenoide individuales $EV_{1,1}, \dots, EV_{1,p_1}, EV_{2,1}, \dots, EV_{2,p_2}, \dots, EV_{m,1}, \dots, EV_{m,p_m}$ están configuradas para ponerse en dos estados de funcionamiento, concretamente "abierto" o "cerrado", según si se desea o no calentar los entornos de las unidades de calefacción asociadas $H_{1,1}, \dots, H_{1,n_1}, H_{2,1}, \dots, H_{2,n_2}, \dots, H_{m,1}, \dots, H_{m,n_m}$. Por tanto el circuito de suministro C puede adoptar 2^p configuraciones de funcionamiento diferentes, para cada una de las cuales se define un trayecto de suministro específico para el fluido portador de calor a través de los n radiadores $H_{1,1}, \dots, H_{1,n_1}, H_{2,1}, \dots, H_{2,n_2}, \dots, H_{m,1}, \dots, H_{m,n_m}$. La actuación de las válvulas de solenoide $EV_{1,1}, \dots, EV_{1,p_1}, EV_{2,1}, \dots, EV_{2,p_2}, \dots, EV_{m,1}, \dots, EV_{m,p_m}$ puede controlarse manualmente por un usuario o automáticamente por el controlador electrónico de cada válvula de solenoide individual si éste está dotado de un sensor de temperatura ambiente, o por una unidad de control local asociada con cada unidad de alojamiento $U_1, \dots, U_m$, tal como un termostato o temporizador de termostato de un tipo conocido, que se encarga de controlar la temperatura en las unidades de alojamiento individuales $U_1, \dots, U_m$.

60 Como se conoce en la técnica, en el caso de un suministro ascendente, las n_i unidades de calefacción $H_{i,1}, \dots, H_{i,n_i}$ de la unidad de alojamiento de orden i U_i están asociadas normalmente con q_i válvulas de solenoide correspondientes $E_{i,1}, \dots, E_{i,q_i}$, donde $n_i=q_i$. En un suministro de anillo interno, sin embargo, todas las n_i unidades de calefacción $H_{i,1}, \dots, H_{i,n_i}$ que pertenecen a la misma unidad de alojamiento U_j están asociadas generalmente con una única válvula de solenoide EV_k , que intercepta la rama desde la columna vertical hasta el anillo de suministro interno al que están conectadas todas las n_i unidades de calefacción. Si un dispositivo de válvula está colocado en cada

unidad de calefacción, la acción de control y por consiguiente la contabilización puede dividirse además independientemente para cada subgrupo de unidades de calefacción en la misma unidad de alojamiento. Por ejemplo, las n_i unidades de calefacción pueden dividirse en dos grupos, de x e y elementos cada uno, de modo que $n_i = x + y$, proporcionando un control de temperatura independiente y por tanto una contabilización independiente para el grupo de unidades de calefacción $H_{i,1}, \dots, H_{i,x}$ (en el periodo de día, por ejemplo) y para el grupo $H_{i,x+1}, \dots, H_{i,y}$ (en el periodo de noche, por ejemplo). Esto también puede conseguirse fácilmente en el caso de un circuito de suministro horizontal, si están presentes dos anillos de suministro en la unidad de alojamiento en cuestión, dando uno servicio al grupo de unidades de calefacción $H_{i,1}, \dots, H_{i,x}$ y dando el otro servicio al grupo $H_{i,x+1}, \dots, H_{i,y}$; en este caso, solamente son necesarios dos dispositivos de válvula, uno para cada anillo.

En un modo de funcionamiento normal que se describirá en detalle a continuación para un periodo de tiempo Δt_{TOT} , la instalación de calefacción I suministra energía térmica E al complejo de usuarios U por medio de las unidades de calefacción $H_{1,1}, \dots, H_{1,n1}, H_{2,1}, \dots, H_{2,n2}, \dots, H_{m,1}, \dots, H_{m,nm}$, a las que se suministra el fluido portador de calor que fluye a través del circuito de suministro C . La energía térmica total E mencionada anteriormente se distribuye entre las unidades de alojamiento individuales $U_1, \dots, U_m$ en cantidades individuales correspondientes de energía térmica $E_1, \dots, E_m$. Como se mencionó anteriormente, el fin del sistema 10 según la presente invención es obtener valores estimados $E_1, \dots, E_m$ de la energía térmica intercambiada individualmente entre la instalación de calefacción térmica I y las unidades de alojamiento $U_1, \dots, U_m$.

El sistema 10 comprende una pluralidad de sensores principales dispuestos para medir cantidades físicas indicativas del funcionamiento del circuito de suministro C a intervalos de muestreo Δt durante el periodo de tiempo específico Δt_{TOT} mencionado anteriormente y para suministrar primeras señales indicativas de estos datos para cada uno de estos intervalos de muestreo Δt .

Más específicamente, el sistema 10 comprende al menos el siguiente grupo de sensores principales:

- un dispositivo 12 de medición de caudal principal dispuesto para suministrar primeras señales Q_{man} indicativas del caudal de fluido portador de calor que fluye en una parte de alimentación principal C_{man} del circuito de suministro C al que están conectadas una pluralidad de unidades de calefacción;

- un primer y un segundo sensor 14, 16 de temperatura principal, configurados para suministrar segundas señales principales T_{man} y T_{rit} indicativas de una primera y una segunda temperatura, respectivamente, del fluido portador de calor en la parte de alimentación C_{man} y en una parte de retorno C_{rit} , respectivamente, del circuito de suministro C al que están conectadas una pluralidad de unidades de calefacción; y

- un primer y un segundo sensor 18, 20 de presión principal, dispuestos para suministrar terceras señales principales P_{man} y P_{rit} indicativas de una primera y una segunda presión del fluido portador de calor en la parte de alimentación C_{man} y en una parte de retorno C_{rit} del circuito de suministro C al que están conectadas una pluralidad de unidades de calefacción.

Como resultará evidente para los expertos en la técnica, los sensores de presión principales primero y segundo 18, 20 pueden sustituirse ventajosamente por un único sensor de presión diferencial que tiene la función de hallar la diferencia Δp entre las presiones P_{man} y P_{rit} (dicho de otro modo, la caída de presión total a través del circuito de suministro).

Adicionalmente, como se describirá más completamente a continuación, las válvulas de solenoide $EV_{1,1}, \dots, EV_{1,p1}, EV_{2,1}, \dots, EV_{2,p2}, \dots, EV_{m,1}, \dots, EV_{m,pm}$ están dispuestas para suministrar directamente al sistema 10 cuartas señales principales $s = s_{1,1}, \dots, s_{1,p1}, s_{2,1}, \dots, s_{2,p2}, \dots, s_{m,1}, \dots, s_{m,pm}$ indicativas de sus respectivos estados de funcionamiento (dicho de otro modo, válvula abierta o cerrada, en la realización a modo de ejemplo en cuestión). En el resto de la presente descripción, el vector s también se denomina "vector de configuración de funcionamiento". Basándose en las cuartas señales principales $s = s_{1,1}, \dots, s_{1,p1}, s_{2,1}, \dots, s_{2,p2}, \dots, s_{m,1}, \dots, s_{m,pm}$, es posible determinar de una manera inequívoca el trayecto de suministro del fluido portador de calor a través del circuito de suministro C , determinando así la configuración de funcionamiento adoptada por este último. En otras variantes de realización (no mostradas), el sistema puede dotarse de dispositivos controladores o detectores locales asociados con las unidades de alojamiento y separados de las válvulas de solenoide, de modo que puedan establecerse y detectarse sus estados de funcionamiento y configurados para suministrar señales indicativas de estos estados de actuación. Por ejemplo, si las unidades de alojamiento están dotadas de dispositivos de temporizador de termostato que controlan las válvulas de solenoide, éstas pueden almacenar y suministrar toda la información necesaria perteneciente a la manera en la que se varían los estados de actuación $s_{1,1}, \dots, s_{1,p1}, s_{2,1}, \dots, s_{2,p2}, \dots, s_{n,1}, \dots, s_{n,pn}$ durante el periodo de tiempo Δt_{TOT} en cada instante de muestreo Δt .

Preferiblemente, el dispositivo 12 de medición de caudal principal está ubicado en el circuito de suministro C inmediatamente aguas abajo de la bomba P , con respecto a la dirección transmitida al fluido portador de calor.

Preferiblemente, el primer sensor 14 de temperatura principal está ubicado en el circuito de suministro C

inmediatamente aguas arriba de la unidad térmica G, y el segundo sensor 16 de calor principal está ubicado en el circuito de suministro C inmediatamente aguas abajo del grupo que comprende la unidad térmica G y la bomba P, con respecto a la dirección transmitida al fluido portador de calor.

5 Preferiblemente, el primer sensor 18 de presión principal está ubicado en el circuito de suministro C inmediatamente aguas arriba de la unidad térmica G, y el segundo sensor 20 de presión principal está ubicado en el circuito de suministro C inmediatamente aguas abajo del grupo que comprende la unidad térmica G, la bomba P y el dispositivo 12 de medición de caudal, con respecto a la dirección transmitida al fluido portador de calor.

10 El sistema 10 también comprende una unidad 22 de control que incluye un módulo 23 de memoria para recibir y almacenar datos relativos a las señales principales $Q_{man.}$, $T_{man.}$, $T_{rit.}$, $P_{man.}$, $P_{rit.}$ y s suministradas por el grupo de sensores principales mencionado anteriormente en cada intervalo de muestreo Δt . Se observará que el intervalo de muestreo elegido Δt es convenientemente menor que las constantes de tiempo características del comportamiento físico de la instalación de calefacción.

15 Los datos relativos a un modelo térmico y de dinámica de fluidos M que representa el circuito de suministro C, la instalación de calefacción I y el sistema 10 se almacenan inicialmente en el módulo 23 de memoria. Las características y los procedimientos de la definición e identificación del modelo térmico y de dinámica de fluidos M se describen a continuación.

20 La unidad 22 de control también comprende un módulo 24 de procesador configurado para adquirir a partir del módulo 23 de memoria (o de manera alternativa, directamente a partir del mismo grupo de sensores principales) las señales principales almacenadas $Q_{man.}$, $T_{man.}$, $T_{rit.}$, $P_{man.}$, $P_{rit.}$ y s, y para procesar éstas basándose en el modelo térmico y de dinámica de fluidos M que también se almacena en la memoria 23.

25 El módulo 24 de procesador está dispuesto por tanto para suministrar datos de salida $\hat{E}_1, \dots, \hat{E}_m$ que representan la estimación de la energía térmica real $E_1, \dots, E_m$ intercambiada individualmente entre la instalación térmica I y cada usuario de energía térmica $U_1, \dots, U_m$ durante todo el periodo de tiempo Δt_{TOT} , usando una estimación de la energía intercambiada por cada unidad de calefacción $H_{i,k}$, $\hat{E}_{i,k}$ perteneciente al usuario o unidad de alojamiento de orden i.

30 Opcionalmente, el módulo 24 de procesador puede comprender un primer y un segundo submódulo 24a y 24b.

El primer submódulo 24a está dispuesto para llevar a cabo la operación intermedia de procesar las señales principales $Q_{man.}$, $T_{man.}$, $T_{rit.}$, $P_{man.}$, $P_{rit.}$ y s, y está configurado para suministrar los siguientes datos intermedios primeros y segundos, basándose en el modelo térmico y de dinámica de fluidos M:

$$\hat{Q}_{1,1}, \dots, \hat{Q}_{1,n1}; \hat{Q}_{2,1}, \dots, \hat{Q}_{2,n2}; \dots; \hat{Q}_{m,1}, \dots, \hat{Q}_{m,nm}$$

y

$$\Delta \hat{T}_{1,1}, \dots, \Delta \hat{T}_{1,n1}; \Delta \hat{T}_{2,1}, \dots, \Delta \hat{T}_{2,n2}; \dots; \Delta \hat{T}_{m,1}, \dots, \Delta \hat{T}_{m,nm}$$

que representan, respectivamente, la estimación en cada intervalo de muestreo Δt de los caudales individuales de fluido portador de calor que fluye a través de cada unidad de calefacción y la estimación de la diferencia térmica entre el fluido portador de calor en la entrada y salida de cada unidad de calefacción, formando así un contador de calor virtual aplicado a las terminaciones de cada unidad de calefacción.

En el contexto de la presente invención, el término "contador de calor virtual" designa un dispositivo para medir y calcular el calor intercambiado mediante un dispositivo intercambiador de calor, a través del que fluye un fluido portador de calor, con su entorno, basándose en el principio del contador de calor convencional, pero sin usar ninguna medición directa del caudal del fluido portador de calor a través del elemento, y posiblemente sin mediciones de temperatura, que se estiman basándose en mediciones física y respectivamente homogéneas (es decir, mediciones de caudal y temperatura) relativas a partes más grandes del circuito de suministro que incluyen tanto el intercambiador de calor en cuestión como una pluralidad de otros elementos intercambiadores de la instalación.

55 El segundo submódulo 24b está configurado para recibir los datos intermedios mencionados anteriormente

$$\hat{Q}_{1,1}, \dots, \hat{Q}_{1,n1}; \hat{Q}_{2,1}, \dots, \hat{Q}_{2,n2}; \dots; \hat{Q}_{m,1}, \dots, \hat{Q}_{m,nm}$$

60 y

$$\Delta \hat{T}_{1,1}, \dots, \Delta \hat{T}_{1,n1}; \Delta \hat{T}_{2,1}, \dots, \Delta \hat{T}_{2,n2}; \dots; \Delta \hat{T}_{m,1}, \dots, \Delta \hat{T}_{m,nm}$$

y está dispuesto para suministrar los datos de salida

$$\hat{E}_{1,1}, \dots, \hat{E}_{1,n1}; \hat{E}_{2,1}, \dots, \hat{E}_{2,n2}; \dots; \hat{E}_{1,m}, \dots, \hat{E}_{1,nm}$$

que se refieren en conjunto a un periodo de tiempo Δt_{TOT} (por ejemplo todo el periodo de funcionamiento de toda la instalación de calefacción) y representan la estimación de energía térmica intercambiada entre cada intercambiador de calor $H_{i,k}$ y la unidad de alojamiento a la que pertenece U_i . Para obtener los datos de energía de salida mencionados anteriormente $\hat{E}_{1,1}, \dots, \hat{E}_{1,n1}; \hat{E}_{2,1}, \dots, \hat{E}_{2,n2}; \dots; \hat{E}_{1,m}, \dots, \hat{E}_{1,nm}$, el segundo submódulo 24b calcula una suma o una integración con respecto al tiempo de la potencia térmica transferida por el intercambiador de calor

genérico $H_{i,k}$ a la unidad de alojamiento U_i a la que pertenece, es decir, la cantidad $\hat{W}_i$. La potencia térmica total intercambiada entre las unidades de calefacción de la unidad de alojamiento de orden i genérica y el entorno interno de esta unidad de alojamiento de orden i es por tanto igual a la suma $\hat{W}_i = \hat{W}_{i,1} + \dots + \hat{W}_{i,ni}$ que puede hallarse a partir de los datos intermedios

$$\hat{Q}_i = (\hat{Q}_{i,1}, \dots, \hat{Q}_{i,ni}) \quad y \quad \Delta \hat{T}_i = (\Delta \hat{T}_{i,1}, \dots, \Delta \hat{T}_{i,ni})$$

suministrados por el primer submódulo 24a basándose en las fórmulas:

$$\hat{W}_{i,j} = \hat{Q}_{i,j}(t_k) * c_p * \Delta \hat{T}_{i,j}(t_k)$$

$$\hat{E}_i = \sum_{j=1}^{j=n_i} \sum_{k=0}^{k=k_{fin}} \hat{W}_{i,j}(t_k) * \Delta t = \sum_{j=1}^{j=n_i} \sum_{k=0}^{k=k_{fin}} \hat{Q}_{i,j}(t_k) * c_p * \Delta \hat{T}_{i,j}(t_k) * \Delta t$$

La fórmula mencionada anteriormente es una discretización de la ecuación de tiempo continuo que expresa la energía intercambiada por medio de un fluido portador de calor que fluye

$$\hat{E}_i = \sum_{j=1}^{j=n_i} \hat{E}_{i,j} = \sum_{j=1}^{j=n_i} \int_{t_{in}}^{t_{fin}} \hat{W}_{i,j}(t) dt = \sum_{j=1}^{j=n_i} \int_{t_{in}}^{t_{fin}} \hat{Q}_{i,j}(t) * c_p * \Delta \hat{T}_{i,j}(t) dt,$$

en la que:

- c_p es la capacidad térmica del fluido,

- $\Delta \hat{T}_{i,j}(t_k)$ es la diferencia de temperatura del fluido portador de calor entre la entrada y salida de la unidad de calefacción de orden j de la unidad de alojamiento de orden i ,

- $\hat{Q}_{i,j}(t)$ es el caudal másico del fluido a través de la unidad de calefacción de orden j de la unidad de alojamiento de orden i ,

- $t_k = t_{in} + k * \Delta t$ es el instante de muestreo de orden k ,

- t_{in} es el instante de muestreo inicial para $k=0$, y

- $t_{fin} = t_{in} + k_{fin} * \Delta t$ es el final

y de modo que

$$\Delta t_{TOT} = t_{fin} - t_{in} = k_{fin} * \Delta t.$$

Los datos de energía de salida $\hat{E}_1, \dots, \hat{E}_m$, relativos respectivamente a los usuarios $U_1, \dots, U_m$ e iguales a la suma de las estimaciones de transferencia de energía de cada unidad de calefacción perteneciente al mismo usuario de orden i ($\hat{E}_i = \hat{E}_{i,1} + \dots + \hat{E}_{i,ni}$), pueden almacenarse de una manera adecuada en la memoria 23 o pueden transmitirse a dispositivos remotos adicionales para su procesamiento posterior.

Se entenderá que la transmisión de las señales principales $Q_{man.}$, $T_{man.}$, $T_{rit.}$, $P_{man.}$, $P_{rit.}$ y s a la unidad 22 de control puede tener lugar de cualquier manera conocida para los expertos en la técnica, por ejemplo por medio de enlaces inalámbricos o de radio de tipos conocidos. Evidentemente, las indicaciones anteriores también son válidas para los

5

$$\hat{Q}_{1,1}, \dots, \hat{Q}_{1,n1}; \hat{Q}_{2,1}, \dots, \hat{Q}_{2,n2}; \dots; \hat{Q}_{m,1}, \dots, \hat{Q}_{m,nm}$$

$$\Delta \hat{T}_{1,1}, \dots, \Delta \hat{T}_{1,n1}; \Delta \hat{T}_{2,1}, \dots, \Delta \hat{T}_{2,n2}; \dots; \Delta \hat{T}_{m,1}, \dots, \Delta \hat{T}_{m,nm}$$

10

y los datos de salida

$$\hat{E}_{1,1}, \dots, \hat{E}_{1,n1}; \hat{E}_{2,1}, \dots, \hat{E}_{2,n2}; \dots; \hat{E}_{1,m}, \dots, \hat{E}_{1,nm}$$

15 Por consiguiente, los módulos y submódulos que constituyen la unidad 22 de control también pueden distribuirse en diferentes ubicaciones dentro o fuera del complejo de usuarios.

Como también se describirá más completamente a continuación, una de las ventajas obtenidas mediante el uso de este enfoque para obtener los datos de salida $\hat{E}_{1,1}, \dots, \hat{E}_{1,n1}; \hat{E}_{2,1}, \dots, \hat{E}_{2,n2}; \dots; \hat{E}_{1,m}, \dots, \hat{E}_{1,nm}$ se encuentra en la reducción drástica de las cantidades físicas que tienen que medirse durante el modo de funcionamiento de la instalación y que son necesarias para una estimación fiable del consumo térmico de las unidades de alojamiento individuales $U_1, \dots, U_m$. Se produce una consiguiente reducción en el número de sensores y dispositivos que tienen que instalarse en el complejo de usuarios U y en la instalación térmica central I. Esto se debe a que simplemente usando las señales principales $Q_{man.}$, $T_{man.}$, $T_{rit.}$, $P_{man.}$, $P_{rit.}$, s que representan las condiciones de funcionamiento globales del circuito de suministro C y aplicadas al modelo térmico y de dinámica de fluidos, es posible predecir, con una precisión incluso mayor que la de los sistemas existentes alternativos descritos anteriormente, la cantidad del intercambio de calor entre la instalación térmica I, por medio de los elementos intercambiadores de calor $H_{i,k}$ individuales, y las unidades de alojamiento $U_1, \dots, U_m$, tanto en condiciones estacionarias como en condiciones transitorias hidráulicas y/o térmicas, y también en caso de cualquier anomalía. Esto simplifica y mejora los procedimientos de instalación, reduce los costes globales del sistema, reduce el trabajo de mantenimiento y limita el impacto visual de los dispositivos instalados en las unidades de alojamiento $U_1, \dots, U_m$.

20

25

30

Preferiblemente, el sistema 10 comprende un grupo de sensores secundarios que incluyen sensores de calor secundarios (no mostrados) dispuestos para suministrar señales secundarias o de identificación, que indican la temperatura del fluido portador de calor que fluye en partes adicionales del circuito de suministro C, y particularmente en sus ramas secundarias o en terminaciones cerca de las unidades de calefacción.

35

Por ejemplo, si hay numerosos conductores ascendentes en el circuito de suministro C, es posible instalar estos sensores de calor secundarios en la parte de conductor ascendente inmediatamente aguas abajo de la rama de alimentación del conductor ascendente desde el circuito principal e inmediatamente aguas arriba de la unión de la tubería de retorno vertical hacia el circuito de suministro principal. Estos sensores, si es necesario, pueden colocarse en todos los conductores ascendentes o, de manera conveniente, en una muestra representativa limitada.

40

En otro ejemplo, es posible incluir uno o más sensores de caudal secundarios (no mostrados) en una o más partes de derivación que pueden estar ya presentes a lo largo de la línea de suministro principal. Un sensor de caudal secundario de este tipo está dispuesto para suministrar señales secundarias indicativas de la medición de caudal en la correspondiente parte de derivación según la configuración de funcionamiento adoptada por el circuito de fluido C (es decir, basándose en los estados de funcionamiento de los dispositivos de válvula de control). El sensor de caudal secundario mencionado anteriormente es por tanto útil para hallar las caídas de presión de fluido a lo largo de la parte de suministro cerrada en la derivación correspondiente.

45

50

Según un ejemplo adicional, también es posible incluir uno o más sensores de temperatura secundarios adicionales (no mostrados) en una o más partes de derivación que pueden estar presentes. Un sensor de temperatura secundario de este tipo está dispuesto para suministrar señales secundarias indicativas de la temperatura en la parte terminal de la parte de derivación, y representativas de las pérdidas térmicas a lo largo de toda la parte del circuito de suministro que conduce a la derivación correspondiente.

55

Según otro ejemplo, es posible obtener información adicional sobre el funcionamiento del circuito hidráulico C incluyendo sensores de calor secundarios adicionales dispuestos para suministrar señales indicativas de la temperatura del fluido portador de calor en la entrada y/o en la salida de una o más de las unidades de calefacción $H_{1,1}, \dots, H_{1,n1}, H_{2,1}, \dots, H_{2,n2}, \dots, H_{m,1}, \dots, H_{m,nm}$.

60

Finalmente, según otro ejemplo, es posible incluir uno o más sensores de presión, o bien únicos o bien diferenciales, en partes del circuito en las que puede medirse de manera conveniente la presión para determinar la caída de

presión de fluido entre dos puntos del mismo circuito de suministro; o para proporcionar conexiones autosellantes para la colocación de sensores de presión móviles.

Este grupo de sensores secundarios no se usa preferiblemente por el sistema 10 para realizar mediciones en tiempo real directas en el modo de funcionamiento para contabilizar la energía térmica intercambiada, aunque todos los sistemas de técnica anterior descritos anteriormente se usen de esta manera. Más bien, estos sensores se usan en el modo de identificación del modelo térmico y de dinámica de fluidos M que se describe a continuación, con el único fin de identificar (es decir, determinar) los correspondientes valores de los parámetros característicos del modelo térmico y de dinámica de fluidos M definido para cada instalación I específica en la que funciona el sistema. Por tanto, el grupo de sensores secundarios puede instalarse de manera conveniente de modo que pueden retirarse de la instalación de calefacción I y del circuito de suministro C en particular. Como resultará evidente para los expertos en la técnica, el proceso de identificar el modelo térmico y de dinámica de fluidos M se vuelve más preciso a medida que aumenta el número de sensores secundarios colocados (es decir, a medida que aumenta el número de partes del circuito de suministro C en el que se miden las cantidades físicas significativas). Por tanto el modelo térmico y de dinámica de fluidos M puede suministrar en su salida una estimación más precisa de la energía térmica intercambiada entre la instalación de calefacción I, a través de los intercambiadores de calor $H_{i,n}$, y las unidades de alojamiento $U_1, \dots, U_m$.

Para un funcionamiento más preciso, algunos de los sensores secundarios, particularmente los sensores de calor secundarios dispuestos para suministrar señales indicativas de la temperatura del fluido portador de calor en la entrada y/o en la salida de una o más de las unidades de calefacción, pueden incluirse entre los sensores principales del sistema, es decir los usados durante el funcionamiento de la instalación I para una contabilización la energía térmica intercambiada.

Además, si es necesario, el sistema 10 puede comprender un grupo de sensores auxiliares (no mostrados) dispuestos para suministrar señales auxiliares indicativas de cantidades físicas relativas a elementos y componentes externos al circuito de suministro C, pero de nuevo con el fin de identificar el modelo térmico y de dinámica de fluidos o para mejorar la precisión de la estimación de la energía intercambiada entre cada unidad de calefacción y su usuario en ausencia de los sensores secundarios de la temperatura del fluido portador de calor en la entrada y salida de la misma unidad de calefacción, y no con el fin de recopilar mediciones para estimar la energía térmica liberada por los entornos internos y el entorno externo del edificio, como sería el caso con los métodos conocidos mencionados anteriormente.

Por tanto, como ejemplo adicional, el segundo grupo de sensores puede incluir sensores térmicos auxiliares (no mostrados) configurados para suministrar señales indicativas de la temperatura ambiente en una correspondiente área interna de las unidades de alojamiento $U_1, \dots, U_m$. Puesto que la temperatura puede variar sustancialmente entre las salas dentro de las unidades de alojamiento $U_1, \dots, U_m$, también es posible instalar una pluralidad de estos sensores de temperatura ambiente internos auxiliares, uno por área o uno por sala, no tanto como soporte directo para el método de contabilización descrito en el presente documento, sino más bien como acompañamiento al sistema de control de temperatura que puede incluir una división del entorno interno de una única unidad de alojamiento en varias áreas controladas independientemente, haciendo posible establecer la temperatura deseada para cada área independientemente. En tal caso, como se mencionó anteriormente, las unidades de calefacción $H_{i,1}, \dots, H_{i,n_i}$ se dividen en grupos, cada uno relativo a un área de control específica, estando asociada cada área con uno o más sensores que detectan una temperatura ambiente interna representativa de la temperatura media del área a la que se refiere. En este caso también, la información sobre el estado abierto o cerrado de las válvulas de solenoide de una unidad de alojamiento de orden i puede representarse mediante el vector de configuración de funcionamiento $s_i(t)$.

Sin embargo, como están disponibles mediciones de temperatura interna y/o externa ambiente adicionales con fines de control, el modelo térmico y de dinámica de fluidos M también puede tener en cuenta la contribución hecha por las siguientes señales auxiliares adicionales para aumentar la precisión del método de estimación de la energía térmica intercambiada

- señales auxiliares suministradas por los sensores de calor auxiliares, y
- señales auxiliares externas suministradas por los sensores de calor auxiliares externos.

Adicionalmente, la unidad 22 de control comprende ventajosamente un módulo 28 de identificación dispuesto para llevar a cabo una identificación preliminar de los parámetros característicos del modelo térmico y de dinámica de fluidos M y a continuación para suministrar sus valores al módulo 23 de memoria.

El procedimiento de identificación comprende una primera etapa completamente automática o semiautomática que tiene lugar en el momento de la instalación.

El fin de esta primera etapa es obtener los valores de los parámetros característicos del modelo térmico y de dinámica de fluidos M que describe el comportamiento físico de cada instalación térmica central I individual y de los

sensores y actuadores del sistema. Este procedimiento de identificación se lleva a cabo en cada instalación térmica I en la que se coloca el sistema propuesto por la invención. Preferiblemente, se usa un laboratorio para identificar los modelos de comportamiento de componentes convencionales tales como sensores, bombas y actuadores y para verificar las características declaradas por los fabricantes, y no es necesario repetir todo el procedimiento de identificación para cada instalación si se instalan los mismos componentes. Por otro lado, cuando se trata de instalación térmica central I en cuestión, la innovación de esta estimación de las energías térmicas intercambiadas es tal que se define un modelo térmico y de dinámica de fluidos M de la instalación I, válido para cada instalación individual, y se identifica de manera eficaz realizando una pluralidad de mediciones en diferentes configuraciones de funcionamiento predeterminadas que se procesan en línea o fuera de línea para obtener los valores de los parámetros característicos mencionados anteriormente. Por tanto, todos los elementos físicos relativos a la instalación térmica central I específica se modelan e identifican de manera eficaz y no se suponen simplemente basándose en tablas predeterminadas, como en el caso de los asignadores de costes de calor y las unidades de calefacción en las que se colocan los asignadores.

Para facilitar la determinación de los valores de estos parámetros característicos, es preferible usar un conjunto de suposiciones físicas, que permiten simplificar todo el procedimiento de identificación mientras se garantiza que el modelo identificado de este modo cumple con los requisitos de precisión deseados.

Las suposiciones físicas son las siguientes:

- constancia de los coeficientes independientemente de una variación de temperatura: se supone que las caídas de presión no varían en función de las fluctuaciones de temperatura del fluido portador de calor en los intervalos de funcionamiento reales, y

- caracterización completa independientemente de la variación de las condiciones de flujo (turbulento o laminar): se supone que la variación de la caída de presión en las diferentes condiciones de flujo se caracteriza completa y suficientemente por el uso de las correspondientes fórmulas convencionales para el cálculo de las caídas de presión en las condiciones laminar y turbulenta.

El procedimiento de identificación está previsto para proporcionar las condiciones de funcionamiento requeridas para cada etapa de identificación en caso necesario. Por ejemplo, puede ser necesario crear condiciones de funcionamiento de estado estacionario estabilizadas con respecto a las características térmicas y de fluido. Por tanto, durante un cambio de una condición de funcionamiento anterior a la siguiente, es una práctica general esperar hasta que se ha completado un periodo de estabilización transitorio y se han establecido las nuevas condiciones de funcionamiento regulares. Estas condiciones de estado estacionario pueden ser útiles, por ejemplo, para determinar las pérdidas de calor o presión a lo largo de partes específicas del circuito de suministro. En otras etapas de identificación, el procedimiento está previsto para proporcionar condiciones transitorias controladas para crear estímulos adecuados en la entrada del elemento que está identificándose. Esto puede tener lugar, por ejemplo, en la identificación del comportamiento térmico de las unidades de calefacción.

Aunque se ha realizado una elección específica en el siguiente ejemplo con respecto al modelado, el sistema y el método según la presente invención se refieren a una estimación de la energía térmica intercambiada entre un complejo de usuarios y una instalación térmica central que puede obtenerse con cualquier tipo de modelo matemático, siempre que represente de manera coherente el comportamiento físico real de cada unidad de componente de la instalación térmica. El objetivo es obtener un contador de calor virtual asociado con cada dispositivo intercambiador de calor, dicho de otro modo obtener una medición estimada coherente y precisa de la energía liberada por cada unidad de calefacción sin usar sensores físicos (sensor de temperatura de entrada, sensor de temperatura de salida, sensor de caudal de fluido portador de calor y sistema de procesamiento electrónico) para construir el contador de calor. Los tipos generales posibles de modelo incluyen el tipo de "caja negra", "caja gris" y "caja blanca"; la elección del tipo de modelo y del modelo específico afectarán al procedimiento de identificación.

El término "modelo de caja blanca" significa un modelo basado en la identificación y uso directo de las ecuaciones que describen los fenómenos físicos que dirigen la operación del objeto descrito.

El término "modelo de caja negra" significa un modelo que no requiere tener conocimiento de las leyes físicas del sistema real que va a representarse. El modelo está caracterizado por "estimular" el sistema real con entradas adecuadas y medir las salidas del sistema real que han generado los "estímulos". A continuación se usan criterios estadísticos para caracterizar este tipo de modelo.

El término "modelo de caja gris" significa un híbrido de los dos tipos anteriores, basándose en ecuaciones paramétricas derivadas de un conocimiento parcial de los fenómenos físicos que dirigen el comportamiento del sistema físico real. Este tipo de modelo también se somete a "estímulos" apropiados y se usan las salidas resultantes para determinar los parámetros de las ecuaciones.

Para la primera etapa del procedimiento de identificación, se determinan los parámetros característicos que van a estimarse principalmente mediante la estructura y el comportamiento estático y dinámico, y en parte por el modelo

específico elegido para cada unidad de componente de la instalación térmica, de la siguiente manera:

- la instalación de calefacción,

5 - el circuito de suministro,

- las unidades de calefacción,

- las válvulas de solenoide, y

10 - los sensores colocados en el sistema.

Ventajosamente, el módulo 28 de identificación lleva a cabo procedimientos de actuación y medición para identificar los parámetros característicos indicativos del comportamiento de la bomba P, del dispositivo 12 de medición de caudal principal, de las válvulas de solenoide $EV_{1,1}, \dots, EV_{1,p1}, EV_{2,1}, \dots, EV_{2,p2}, \dots, EV_{m,1}, \dots, EV_{m,pm}$, de los sensores 14 y 16 de temperatura, del circuito de suministro C, y de las unidades de calefacción $H_{1,1}, \dots, H_{1,n1}, \dots, H_{2,1}, H_{2,n2}, \dots, H_{m,1}, \dots, H_{m,nm}$. Como se mencionó anteriormente, estos procedimientos pueden llevarse a cabo de manera conveniente o bien en el laboratorio o bien directamente en la instalación térmica central I, según las circunstancias, y se ejecutan:

- estableciendo los estados de actuación tal como los estados de los dispositivos de válvula y las condiciones de funcionamiento de bomba;

- estimulando de manera apropiada las entradas de los elementos que están identificándose, si es necesario;

- adquiriendo las mediciones que responden a los estímulos en las salidas de los elementos individuales o de toda la instalación térmica, y

- procesando los datos de medición para extraer los valores de los parámetros característicos relativos al modelo específico.

Todos los parámetros descritos a continuación significativos para los diversos elementos del sistema y de la instalación térmica se refieren a un ejemplo para el cual se han elegido modelos matemáticos específicos, pero no exclusivos, para representar el comportamiento térmico y de fluido de cada elemento.

En relación con la bomba P, los parámetros característicos que se suministran ventajosamente en la entrada del módulo 28 de identificación comprenden los enumerados en la tabla a continuación.

SÍMBOLO	NOMBRE
R_p	Intervalo de fluctuación de la presión de bomba
$\varepsilon_{p,\infty}$	Error estático de la presión de bomba
τ_p	Retardo para estabilización de la presión de bomba
$\dot{m}_{P,max}$	Caudal máximo de la bomba
$\dot{m}_{P,min}$	Caudal mínimo de la bomba
$\tau_{P,rec,td}$	Tiempo de recuperación descendente: el tiempo necesario para que la bomba cambie de la altura de elevación máxima (diferencia de presión entre sus terminaciones) al valor mínimo o de cero
$\tau_{P,rec,dt}$	Tiempo de recuperación ascendente: el tiempo necesario para que la bomba cambie del valor mínimo o de cero de la altura de elevación al valor máximo

Con referencia al dispositivo 12 de medición de caudal principal, los parámetros característicos que se identifican ventajosamente y a continuación se evalúan por el módulo 28 de identificación comprenden los enumerados en la siguiente tabla:

SÍMBOLO	NOMBRE
τ_{FM}	Retardo de medición
$\varepsilon_{FM,max}$	Precisión a caudal máximo
$\dot{m}_{P,min}$	Caudal mínimo del dispositivo de medición de caudal
$\dot{m}_{P,max}$	Caudal máximo del dispositivo de medición de caudal

Con referencia a las válvulas de solenoide $EV_{1,1}, \dots, EV_{1,p1}, EV_{2,1}, \dots, EV_{2,p2}, \dots, EV_{m,1}, \dots, EV_{m,pm}$, los parámetros

característicos que se identifican y a continuación se evalúan por el módulo 28 de identificación comprenden los enumerados en la tabla a continuación, suponiendo que el modelo del comportamiento de las válvulas de solenoide (por ejemplo, una válvula mecánica con un actuador lento, que tiene tiempos de actuación de aproximadamente 120 segundos) se representa de la siguiente manera:

- para el comportamiento de fluido de la válvula mecánica en un estado de apertura completa, por una pérdida de presión concentrada y por tanto por la ecuación convencional (modelo de “caja blanca”):

$$\Delta P_{EV} = k_{EV} \cdot \dot{m}^2$$

donde ΔP_{EV} es la pérdida de presión (caída de presión de fluido) a través de la válvula de solenoide, k_{EV} es el coeficiente de pérdida de presión, y $\dot{m}$ es el caudal, y

- para el actuador, se supone que un modelo de “encendido/apagado” que simplifica los transitorios de apertura y cierre con retardos de actuación medios no degrada la precisión de la contabilización global si se identifica de manera apropiada.

SÍMBOLO	NOMBRE
$\tau_{EV,oad}$	Retardo de actuación de apertura
$\tau_{EV,cad}$	Retardo de actuación de cierre
$\tau_{EV,ofbsd}$	Retardo de señal de retroalimentación de apertura
$\tau_{EV,cfbsd}$	Retardo de señal de retroalimentación de cierre
$\tau_{EV,od}$	Retardo de apertura
$\tau_{EV,cd}$	Retardo de cierre
k_{EV}	Coeficiente de pérdida de presión para la válvula de solenoide (que se considera como unidad total que comprende el actuador y la válvula mecánica)

También se observará con respecto a las válvulas de solenoide $EV_{1,1}, \dots, EV_{1,p1}, EV_{2,1}, \dots, EV_{2,p2}, \dots, EV_{m,1}, \dots, EV_{m,pm}$ que, si son de tipo de funcionamiento lento (por ejemplo válvulas de actuación electotérmica con transitorios de conmutación de aproximadamente 120 segundos en ambas direcciones), las pérdidas de presión por transitorios ΔP_{EV} son variables y por tanto no pueden representarse por un único parámetro a menos que se encuentre que una cantidad estadística total tal como el valor medio es significativa en un segundo análisis. En cualquier caso, la pérdida de presión por transitorios ΔP_{EV} viene dada por el conjunto de mediciones de diferencia de presión a través de las válvulas de solenoide individuales $EV_{1,1}, \dots, EV_{1,p1}, EV_{2,1}, \dots, EV_{2,p2}, \dots, EV_{m,1}, \dots, EV_{m,pm}$ durante todo el periodo de apertura y cierre. En todos los casos, las pérdidas de presión cambian en función del tipo y tamaño de la válvula en la que está colocado el actuador, y del tipo de actuador usado (válvula recta, válvula en L, etc.), y por tanto la identificación debe repetirse en cada caso.

Con referencia a los sensores 18, 20 de temperatura principales, y a los sensores secundarios, los parámetros característicos que se identifican, y a continuación evalúan, mediante el módulo 28 de identificación comprenden los enumerados en la tabla a continuación.

SÍMBOLO	NOMBRE
$\Delta T_{T\Sigma, \eta\beta, i, k}$	Desplazamiento entre el par de sensores formado por los sensores de temperatura de entrada y salida del dispositivo térmico de orden k perteneciente a la unidad de alojamiento de orden i U_i .
$\Delta T_{T\Sigma, \delta\pi, \varphi}$	Desplazamiento entre el par de orden j formado por un sensor de alimentación y un sensor de retorno situados en cualquier parte del circuito de suministro que no sea un dispositivo térmico.
$\Delta T_{T\Sigma, \rho\epsilon\phi, \eta\beta, i, k}$	Desplazamiento entre el par formado por el sensor de temperatura de referencia de la instalación (que se define como un sensor en la línea principal elegido de manera nominal como sensor de referencia para toda la instalación) y el sensor de temperatura en el dispositivo térmico de orden k de la unidad de alojamiento de orden i U_i .
$\Delta T_{T\Sigma, \rho\epsilon\phi, \delta\pi, i, t}$	Desplazamiento entre el par de orden i formado por el sensor de temperatura de referencia de la instalación y el sensor de temperatura de alimentación o retorno de orden i situados en cualquier parte del circuito de suministro que no sea un dispositivo térmico
$T_{cal, TS, hb, i, k}, T_{cal, TS, dpl, i}, T_{cal, TS, ref, hb, i, k}, T_{cal, TS, ref, dpl, i}$	Las temperaturas respectivas a las que se realizan las mediciones anteriores del desplazamiento.

Con referencia a las diversas partes y elementos que constituyen el circuito de suministro, los parámetros característicos que se identifican, y a continuación se evalúan, mediante el módulo 28 de identificación comprenden los enumerados en la tabla a continuación, siempre que se elija un modelo dinámico fluido descriptivo de tipo “caja blanca”, por ejemplo, según se representa mediante la ecuación general

$$\Delta P = k \cdot \dot{m}^2$$

donde k es el correspondiente coeficiente de pérdida de presión (caída de presión) a través del elemento, m es el caudal másico del fluido portador de calor a través del elemento que en este ejemplo se supone que funciona en condiciones completamente turbulentas. Pueden realizarse otras especificaciones según se requiera mediante una variación en el tipo de elementos del circuito de suministro de fluido (partes rectas y curvas, conectores/desconectores, colectores, etc.) y/o mediante una variación en la condición de fluido que puede representarse mediante el número de Reynolds.

SÍMBOLO	NOMBRE
$k_{PL,bypass,k}$	Coeficiente de pérdida de presión para la parte de derivación de orden k.
$k_{PI,bypass,k}$	Coeficiente de caída de presión para la parte de orden i del circuito principal.
$\gamma_{imp.distr.princ.}$	Coeficiente de transmisión térmica por unidad de longitud de la parte de suministro principal.
$\gamma_{vpl,k}$	Coeficiente de transmisión térmica por unidad de longitud del conductor ascendente de orden k.
$k_{vpl,1,k}, \dots, k_{vpl,N,k}$	Coeficiente de pérdida de presión asociado con las diversas partes del conductor ascendente de orden k con un cambio de planta de 1 a orden N.
$k_{a,N,k}$	Coeficientes de pérdida de presión asociados con las ramas de los diversos usuarios de energía térmica (sus dispositivos térmicos) desde los conductores ascendentes.

Con referencia a las unidades de calefacción para las que se ha elegido un modelo matemático de “caja negra”, o más específicamente un filtro ARX de segundo orden, en el ejemplo, los parámetros característicos que se identifican, y a continuación se evalúan, mediante el módulo 28 de identificación se derivan de algoritmos de estimación numérica de mínimos cuadrados. Este tipo de filtro aproxima de manera eficaz la variación de la temperatura del fluido portador de calor medida en la salida de la unidad de calefacción. La ecuación de ARX de segundo orden del modelo térmico de “caja negra” de la unidad de calefacción es la siguiente:

$$T_{hbout,i,k}(j) = a_1 T_{hbout,i,k}(j-1) + a_2 T_{hbout,i,k}(j-2) + b_{11} \dot{m}_{hbout,i,k}(j-1) + b_{12} \dot{m}_{hbout,i,k}(j-2) + b_{21} T_{hbout,i,k}(j-1) + b_{22} T_{hbout,i,k}(j-2)$$

y su identificación se basa preferiblemente en el muestreo de la temperatura de entrada y salida y del correspondiente caudal en diferentes condiciones de funcionamiento transitorias y de estado estacionario de la unidad de calefacción.

Como se mencionó anteriormente, la etapa de identificar las diversas unidades de modelado que constituyen todo el modelo térmico y de dinámica de fluidos M usado por el sistema y el método según la presente invención va precedida habitualmente de un análisis de la instalación térmica central por un operario humano, que está adaptado para definir lo siguiente:

- la estructura de la instalación térmica existente;
- la disposición topológica de los diversos elementos de la instalación de generación y suministro con respecto a las salas del edificio;
- la disposición de los dispositivos y sensores del sistema con respecto a la estructura de la instalación y del edificio;
- la definición funcional del sistema de control, tal como la división en áreas controladas independientemente dentro de una única unidad de alojamiento.

Esta información se proporciona al módulo 28 de identificación para implementar el procedimiento de identificación. Este procedimiento puede automatizarse completamente si el módulo 28 de identificación puede establecer todos los estímulos y/o estados de funcionamiento necesarios y medir todas las cantidades físicas necesarias para el procedimiento.

Alternativamente, el procedimiento de identificación puede ser semiautomático si se implementa mediante el módulo 28 de identificación con el soporte de un operario humano que establece manualmente estados de funcionamiento particulares y/o usa instrumentos de medición móviles para determinar cantidades físicas específicas en puntos en el sistema de suministro. Esto puede ser necesario para resolver puntos críticos en la identificación de instalaciones térmicas específicas sin tener que instalar sensores fijos que sólo se usarán una vez.

Esencialmente, en esta etapa del proceso de identificación, el módulo 28 de identificación está dispuesto para:

- establecer una secuencia predeterminada de configuraciones de funcionamiento $s(t)$ y estimación de la instalación en el circuito de suministro C (particularmente con respecto a las alturas de elevación específicas creadas por la bomba y las temperaturas del fluido portador de calor que abandona la unidad térmica), e

- identificar el modelo térmico y de dinámica de fluidos M definido inicialmente determinando la variación de las señales principales $Q_{man.}, T_{man.}, T_{rit.}, P_{man.}, P_{rit.}, s(t)$ y de las señales secundarias mencionadas anteriormente en función de la secuencia de configuraciones de funcionamiento $s(t)$ establecidas en el circuito de suministro C.

En todos los casos, en condiciones de funcionamiento, dicho de otro modo cuando es necesario que el sistema estime el calor desprendido (en invierno) o absorbido (en verano) hacia o de los usuarios de energía térmica, el conjunto de medición usado es extremadamente pequeño, puesto que solamente es necesario determinar las cantidades ΔP (diferencia de presión a lo largo de toda la línea principal), ΔT (diferencia de temperatura a lo largo de toda la línea principal) y m (caudal a lo largo de la línea principal) del fluido portador de calor asociado de manera global con el circuito de suministro C y el vector de configuración de funcionamiento $s(t)$ que en este caso no se establece externamente por el módulo de identificación, sino que se establece local e independientemente dentro de cada unidad de alojamiento con el fin de controlar la temperatura y mantenerla próxima al valor elegido libremente por cada usuario; todas las cantidades intermedias, incluyendo las que son significativas para el intercambio de calor entre unidades de calefacción y los entornos internos de las unidades de alojamiento, son cantidades estimadas mediante el modelo térmico y de dinámica de fluidos M de la instalación que usa el sistema y el método. Dicho de otro modo, el valor estimado de la temperatura, el valor estimado del caudal del fluido portador de calor y el valor estimado de las pérdidas de presión en la salida y a través de una unidad estructural modelada (véase el ejemplo en la figura 3) se determinan basándose en el modelo y sus parámetros característicos y en función de las estimaciones de los mismos tipos de cantidades físicas realizadas para la unidad anterior. Excepciones de esta regla son las cantidades físicas de presión, temperatura y caudal del fluido portador de calor que en realidad se miden en las partes de alimentación y retorno de todo el circuito de suministro principal; en el ejemplo en la figura 3, la primera unidad A1 modela la primera parte de alimentación de la línea de suministro principal inmediatamente aguas abajo de la bomba en la que se miden las cantidades físicas de presión, temperatura y caudal instantáneos dentro del circuito de fluido. De manera similar, la presión y temperatura del fluido portador de calor se determinan en la parte de retorno final de la línea de suministro principal, que corresponde a la unidad de modelado A11 en el ejemplo en la figura 3. Debido a este enfoque innovador, en el que los valores de las cantidades en la entrada de cada una de las unidades de modelado de los elementos individuales de los circuitos son valores estimados con una precisión muy alta mediante la unidad anterior, el número de sensores y dispositivos se reduce drásticamente, mientras se mantienen las especificaciones deseadas con respecto a la calidad de la estimación de la energía térmica intercambiada.

Por tanto, durante la fase de funcionamiento del sistema identificado previamente, para realizar una estimación independiente de la energía térmica intercambiada entre los usuarios de energía térmica y la instalación térmica central I, el primer módulo 24a de procesamiento puede correlacionar cada unidad estructural del modelo con las unidades anteriores y sucesivas, para obtener un modelo térmico y de dinámica de fluidos M único que, usando adicionalmente un conocimiento de la variación temporal del vector de configuración de funcionamiento $s = s_{1,1}, \dots, s_{1,p1}, s_{2,1}, \dots, s_{2,p2}, \dots, s_{m,1}, \dots, s_{m,pm}$, expresa las siguientes relaciones:

- la del caudal del fluido portador de calor $Q_{man.}$ que fluye en la parte de alimentación principal $C_{man.}$ inmediatamente aguas abajo del dispositivo de bombeo del circuito de suministro C;

- la de las pérdidas de presión estimadas $\Delta \hat{P}_{ij}$ de cada parte del circuito de suministro;

- la de la diferencia de presión $P_{man.} - P_{rit.}$ del fluido portador de calor entre la parte de alimentación principal $C_{man.}$ y la parte de retorno principal $C_{rit.}$ respectivamente del circuito de suministro C con la estimación del caudal del fluido portador de calor $\hat{Q}_{1,1}, \dots, \hat{Q}_{1,n1}, \hat{Q}_{2,1}, \dots, \hat{Q}_{2,n2}, \dots, \hat{Q}_{m,1}, \dots, \hat{Q}_{m,nm}$ que fluye a través de cada unidad de calefacción (en el caso de un sistema de suministro ascendente) o cada grupo de unidades de calefacción (en el caso de un sistema de suministro horizontal o de áreas) $H_{1,1}, \dots, H_{1,n1}, H_{2,1}, \dots, H_{2,n2}, \dots, H_{m,1}, \dots, H_{m,nm}$ de los usuarios de energía térmica $U_1, \dots, U_m$;

- la de las temperaturas primera y segunda $T_{man.}, T_{rit.}$ del fluido portador de calor presente, respectivamente, en la parte de alimentación principal $C_{man.}$ inmediatamente aguas abajo del dispositivo de bombeo y en la parte de retorno

principal C_{rit} inmediatamente aguas arriba del generador de calor del circuito de suministro C;

- la de los caudales del fluido portador de calor estimados $\hat{Q}_{1,1}, \dots, \hat{Q}_{1,n1}, \hat{Q}_{2,1}, \dots, \hat{Q}_{2,n2}, \dots, \hat{Q}_{m,1}, \dots, \hat{Q}_{m,nm}$ a través de cada unidad de calefacción, y

- la de las pérdidas térmicas estimadas $\Delta \hat{T}_{ij}$ asociadas con cada parte del circuito de suministro con la estimación de los diferenciales térmicos $\Delta \hat{T}_{1,1}, \dots, \Delta \hat{T}_{1,n1}, \Delta \hat{T}_{2,1}, \dots, \Delta \hat{T}_{2,n2}, \dots, \Delta \hat{T}_{m,1}, \dots, \Delta \hat{T}_{m,nm}$ relativos a cada unidad de calefacción $H_{1,1}, \dots, H_{1,n1}, H_{2,1}, \dots, H_{2,n2}, \dots, H_{m,1}, \dots, H_{m,nm}$ de los usuarios de energía térmica U_1, U_m .

Evidentemente, las relaciones mencionadas anteriormente dependen de los estados de actuación $s_{1,1}, \dots, s_{1,p1}, s_{2,1}, \dots, s_{2,p2}, \dots, s_{m,1}, \dots, s_{m,pm}$ de las válvulas de solenoide $EV_{1,1}, \dots, EV_{1,p1}, EV_{2,1}, \dots, EV_{2,p2}, \dots, EV_{m,1}, \dots, EV_{m,pm}$, que definen una diferente configuración de funcionamiento del circuito de suministro C en cada caso.

Con referencia a las figuras 2 y 3 en particular, se proporciona una ilustración de un ejemplo simplificado de una instalación térmica para la cual se define e identifica el modelo térmico y de dinámica de fluidos M. La estructura examinada es una instalación térmica I con dos conductores ascendentes y dos unidades de alojamiento U_1 y U_2 , cada una de las cuales tiene dos correspondientes unidades de calefacción.

En este ejemplo, la instalación térmica está compuesta por diversas unidades estructurales que están indicadas por referencias alfanuméricas, comprendiendo cada una, una letra seguida por un número.

Cada letra representa el tipo de cada unidad estructural identificada, de la siguiente manera:

- la letra A indica las partes rectas de tubería del circuito de suministro, que se caracterizan por pérdidas de presión distribuidas;

- la letra B indica las partes de tubería caracterizadas por pérdidas de presión concentradas, como en el caso de partes curvadas, mariposas, válvulas de compensación, sensores colocados en la línea, etc.;

- la letra C indica una junta en T que combina dos flujos entrantes independientes en un único flujo saliente;

- la letra D indica una rama en T que divide el flujo entrante en dos flujos salientes independientes;

- la letra F indica una válvula de derivación;

- la letra G indica una unidad de calefacción, y

- la letra U indica un usuario de energía térmica.

Cada número tras la correspondiente letra proporciona una identificación única de cada elemento en la instalación de calefacción. En el ejemplo de la figura 2, las unidades de calefacción G_{28} y G_{29} están asociadas con el usuario de energía térmica U_1 , que puede ser una unidad de alojamiento por ejemplo, mientras que las unidades de calefacción G_{30} y G_{31} están asociadas con el usuario U_2 .

Adicionalmente, en la figura 3 las referencias Q , T_{man} , T_{rit} , P_{man} y P_{rit} representan las mediciones realizadas por medio de los sensores del sistema según la presente invención. Por otro lado, cuando las referencias m y T mencionadas anteriormente van acompañadas de un subíndice y el símbolo “^”, se refieren al valor estimado en la salida de la unidad estructural del modelo que se identifica por el subíndice. Por ejemplo, $\hat{m}_{20}$ identifica el valor estimado del caudal del fluido portador de calor que abandona la unidad estructural A20, según el modelo térmico y de dinámica de fluidos M.

Como se indicó anteriormente, el operario debe describir la estructura de la instalación de generación y suministro de calor I y a continuación la estructura del correspondiente modelo térmico y de dinámica de fluidos antes de que comience el proceso de identificación. Esta definición se produce especificando las unidades estructurales del modelo que representa cada elemento de la línea de suministro, y disponiéndolas en una relación de entrada/salida entre sí. También se disponen en su contexto topológico con respecto a la estructura del edificio. Se observará que, con fines de brevedad, las pérdidas de presión estimadas ΔP_{ij} se omiten en la figura 3, pero se estiman entre el fluido entrada y salida de cada unidad estructural.

Como resultado de la introducción de los parámetros característicos especificados anteriormente, que se identifican y a continuación se evalúan mediante el módulo 28 de identificación, el módulo 24 de procesamiento hace uso del modelo térmico y de dinámica de fluidos M (en este ejemplo) que expresa la relación entre:

- el caudal del fluido portador de calor en la entrada Q_{man} , la temperatura en la entrada T_{man} , y en la salida T_{rit} , y la

pérdida de presión $P_{man}-P_{rit}$ determinada realmente en los extremos del circuito de suministro C, y

- los valores de salida estimados del caudal del fluido portador de calor $\hat{m}_{28}, \hat{m}_{29}, \hat{m}_{30}, \hat{m}_{31}$ las temperaturas de entrada $\hat{T}_{15}, \hat{T}_{23}, \hat{T}_{13}, \hat{T}_{21}$ y las temperaturas de salida $\hat{T}_{28}, \hat{T}_{29}, \hat{T}_{30}, \hat{T}_{31}$ estimadas y las pérdidas de presión $\Delta P_{28}, \Delta P_{29}, \Delta P_{30}, \Delta P_{31}$ para cada uno de los dispositivos térmicos G28, G29, G30, G31. Como se mencionó anteriormente, la relación mencionada anteriormente también depende de los estados de actuación $s_{1,1}, \dots, s_{1,p1}, s_{2,1}, \dots, s_{2,p2}, \dots, s_{m,1}, \dots, s_{m,pm}$ de las válvulas de solenoide $EV_{1,1}, \dots, EV_{1,p1}, EV_{2,1}, \dots, EV_{2,p2}, \dots, EV_{m,1}, \dots, EV_{m,pm}$. Usando la nomenclatura de la figura 1, se encuentran las siguientes igualdades:

- para el usuario de la unidad de alojamiento U_1 :

$$\hat{Q}_{1,1} = \hat{m}_{15} = \hat{m}_{28}, \hat{Q}_{1,2} = \hat{m}_{23} = \hat{m}_{29}$$

- para el usuario de la unidad de alojamiento U_2 :

$$\hat{Q}_{2,1} = \hat{m}_{13a} = \hat{m}_{30}, \hat{Q}_{2,2} = \hat{m}_{21a} = \hat{m}_{31}$$

Por consiguiente, se usa la siguiente fórmula para calcular la energía térmica intercambiada estimada para el primer usuario de energía térmica asociado con la unidad de alojamiento U_1 :

$$\hat{E}_1 = \hat{E}_{G30} + \hat{E}_{G31} = \int_0^{\Delta t_{TOT}} c_p * \hat{m}_{30}(t)(\hat{T}_{13}(t) - \hat{T}_{30}(t))dt + \int_0^{\Delta t_{TOT}} c_p * \hat{m}_{31}(t)(\hat{T}_{21}(t) - \hat{T}_{31}(t))dt$$

donde $\hat{E}_{G30}$ representa la estimación de la energía térmica intercambiada entre el primer usuario de energía térmica y el dispositivo intercambiador de calor G30 en el periodo de tiempo Δt_{TOT} ,

donde $\hat{E}_{G31}$ representa la estimación de la energía térmica intercambiada entre el primer usuario de energía térmica y el dispositivo intercambiador de calor G31 en el periodo de tiempo Δt_{TOT} ,

donde $\hat{m}_{30}(t)$ representa la variación en función del tiempo del caudal másico de fluido portador de calor que fluye a través y luego fuera del dispositivo térmico G30,

donde $\hat{m}_{31}(t)$ representa la variación en función del tiempo del caudal másico de fluido portador de calor que fluye a través y luego fuera del dispositivo térmico G31,

donde $\hat{T}_{13}(t)$ representa la variación en función del tiempo de la temperatura del fluido portador de calor que entra en el dispositivo térmico G30,

donde $\hat{T}_{30}(t)$ representa la variación en función del tiempo de la temperatura del fluido portador de calor que fluye fuera del dispositivo térmico G30,

donde $\hat{T}_{21}(t)$ representa la variación en función del tiempo de la temperatura del fluido portador de calor que entra en el dispositivo térmico G31, y

donde $\hat{T}_{31}(t)$ representa la variación en función del tiempo de la temperatura del fluido portador de calor que fluye fuera del dispositivo térmico G31.

Por consiguiente, una ventaja adicional de la presente invención se encuentra en el hecho de que el método y el sistema 10 según la invención pueden adaptarse automáticamente a la instalación térmica I específica en la que se instalan, por medio de un procedimiento para identificar el modelo térmico y de dinámica de fluidos M usado. Esto es debido a que la identificación de un modelo térmico y de dinámica de fluidos M que reproduce el comportamiento de la instalación de calefacción I no limita la instalación a complejos de usuarios U de cualquier tipo predeterminado.

Como resultará evidente para los expertos en la técnica, el sistema según la presente invención puede asociarse con una pluralidad de complejos de usuarios interrelacionados, por ejemplo en el caso de una pluralidad de edificios que comparten la misma instalación de calefacción. Dependiendo de las circunstancias, puede ser factible usar o bien una única unidad de control central o bien una pluralidad de unidades de control locales jerárquicamente

dependientes de una única unidad de supervisión central.

En variantes de realización de la presente invención que no están ilustradas, es posible proporcionar un dispositivo para convertir parte de la energía cinética y/o térmica del fluido portador de calor que fluye a través del circuito de suministro en energía eléctrica para alimentar eléctricamente al sistema según la invención. De hecho, una de las aplicaciones más prometedoras de los sistemas de contabilización de calor autónomos para instalaciones de calefacción y/o refrigeración central es su conversión en instalaciones que sean funcionalmente autónomas con respecto al control de temperatura y la estimación real del consumo térmico para cada unidad de alojamiento del edificio o del complejo de edificios. La limitación más importante con respecto al desarrollo comercial estos sistemas de conversión es la fuente de alimentación a los dispositivos que forman el sistema de control y contabilización, y particularmente a los sistemas electrónicos y actuadores colocados en las unidades de calefacción o en el anillo de suministro interno. En la actualidad, las tecnologías usadas para alimentar eléctricamente a estos dispositivos son:

- suministro por baterías;
- suministro por la red.

Los inconvenientes principales de la primera solución son:

- la gran cantidad de baterías requerida para suministrar a todos los dispositivos de control de cada unidad de alojamiento;
- la rápida velocidad de descarga de estas baterías, que en muchos casos pueden descargarse incluso durante su primer periodo de uso, a pesar de las promesas de los fabricantes;
- el impacto económico y medioambiental de la sustitución de las baterías;
- la dificultad para sustituir las baterías, una tarea que no es sencilla para un porcentaje sustancial de usuarios que perciben la descarga de las baterías como "rotura del dispositivo".

Por otro lado, los inconvenientes del suministro por la red se deben al hecho de que puede ser necesario convertir instalaciones de calefacción y/o refrigeración central en edificios antiguos que generalmente carecen de conductos dentro de los muros que serían necesarios para el funcionamiento de la línea de alimentación eléctrica de una manera segura y oculta para las unidades de calefacción. Esto hace necesario proporcionar conductos externos, que también pueden ser necesarios para cumplir con las normas de seguridad eléctrica, estando unidos estos conductos al muro entre cada unidad de calefacción y la salida eléctrica más próxima. Esta solución es:

- muy poco atractiva en términos visuales y generalmente inaceptable para el consumidor final, y
- cara en cuanto a dinero y tiempo de construcción.

Una solución alternativa a los dos métodos mencionados anteriormente para alimentar eléctricamente a los dispositivos del sistema puede ser proporcionar, por ejemplo, una microturbina con un rotor que se coloca en una parte del circuito de suministro en la que el fluido portador de calor choca con el rotor de una manera conocida, haciendo así rotar un árbol conectado al rotor, que a su vez acciona un generador eléctrico tal como un alternador. Por medio de disposiciones familiares para los expertos en la técnica, se usa la energía eléctrica generada de este modo para suministrar a los componentes del sistema directamente o para cargar las baterías requeridas para el funcionamiento. Por ejemplo, una turbina y un alternador de este tipo pueden integrarse en el dispositivo de válvula de solenoide y su sistema electrónico. Alternativamente, o para complementar este método de suministro de los dispositivos, es posible usar fenómenos termoelectrónicos tales como los usados por los termopares o el efecto de Peltier. De este modo los sistemas electrónicos y actuadores de las válvulas de solenoide pueden, por ejemplo, recibir un suministro al convertir directamente la energía térmica de las unidades de calefacción controladas por los mismos en energía eléctrica.

Alternativamente, pero no exclusivamente, otros métodos para proporcionar una fuente de alimentación local a los dispositivos del sistema y a los dispositivos de válvula de solenoide en caso necesario son:

- generadores magneto-fluido-dinámicos o magnetohidrodinámicos (MHD) que convierten directamente el movimiento del fluido portador de calor, que se hace eléctricamente conductor mediante aditivos químicos adecuados, en energía eléctrica, o
- un sistema que genera una variación de presión que alterna en el tiempo y es simultáneamente común e igual en las partes de alimentación y retorno principales del circuito de suministro, para obtener, además de la altura de elevación diferencial generada por la bomba P de la instalación I, una presión interna del circuito de suministro que es variable con respecto a la presión externa de una manera uniforme por todo el circuito, y que es adicional a la generada por la bomba en todos los casos. Esta variación común, que alterna en el tiempo, de la presión interna del

circuito C puede convertirse en energía eléctrica mediante un transductor adecuado montado en cualquier posición del circuito de suministro C y colocado en, o cerca de, uno o más dispositivos del sistema que va a recibir suministro, incluyendo las válvulas de solenoide. Este transductor puede ser, por ejemplo, un sistema mecánico que se basa en un pistón movido por esta variación de presión interna común en el circuito C con respecto a la presión externa, y que acciona un generador eléctrico adecuado tal como un alternador o una unidad piezoeléctrica de tipo conocido.

En todos los casos mencionados anteriormente, la energía eléctrica generada localmente o en la vecindad del dispositivo que va a recibir suministro mediante conversión de la energía cinética o térmica del fluido portador de calor que fluye en el circuito C puede almacenarse en acumuladores adecuados integrados en los dispositivos a los que va a suministrarse, tal como las válvulas de solenoide.

El sistema propuesto por la invención también es compatible con la instalación de dispositivos de temporizador de termostato adecuados que también actúan como unidades de control locales (no mostradas) ubicadas en algunas o todas las unidades de alojamiento y diseñadas para monitorizar y regular la temperatura en áreas o subáreas de las correspondientes unidades de alojamiento a las que pertenecen, por medio de una actuación controlada de las válvulas de solenoide de la instalación térmica. Evidentemente, esta disposición no crea conflictos con el funcionamiento regular de la unidad de control de la instalación equipada con el sistema.

Naturalmente, conservando el principio de la invención, pueden variarse las formas de realización y los detalles de construcción en gran medida con respecto a los descritos e ilustrados, que se han proporcionado meramente a modo de ejemplo no limitativo, sin apartarse por ello del alcance de la invención tal como se define en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Sistema (10) de contador de calor virtual para estimar la energía térmica intercambiada entre una pluralidad de dispositivos intercambiadores de calor ($H_{1,1}, \dots, H_{1,n1}, H_{2,1}, \dots, H_{2,n2}, \dots, H_{m,1}, \dots, H_{m,nm}$) de una instalación térmica central (I) para generar y suministrar energía térmica y un complejo de usuarios (U) durante un periodo de tiempo predeterminado (Δt_{TOT});
5
incluyendo dicho complejo de usuarios (U) una pluralidad de usuarios de energía térmica ($U_1, \dots, U_m$) que van a monitorizarse;
10
incluyendo dicha instalación térmica central (I):
- un circuito de suministro (C), adaptado para que un fluido portador de calor pase a través del mismo y dispuesto para adoptar de manera selectiva una pluralidad de configuraciones de funcionamiento (s) en las que define respectivos trayectos de suministro para dicho fluido portador de calor; y
15
- una unidad térmica (G) dispuesta para generar una variación deseada de la energía térmica en el fluido portador de calor que fluye desde el circuito de suministro C;
20
- un dispositivo de bombeo (P) previsto para crear una circulación forzada de dicho fluido portador de calor a través de dicho circuito de suministro (C);
- una pluralidad de dispositivos intercambiadores de calor ($H_{1,1}, \dots, H_{1,n1}, H_{2,1}, \dots, H_{2,n2}, H_{m,1}, \dots, H_{m,nm}$) conectados a dicho circuito de suministro (C), distribuidos entre dichos usuarios de energía térmica ($U_1, \dots, U_m$), y previstos para que dicho fluido portador de calor pase a través de los mismos de manera selectiva según la configuración de funcionamiento adoptada por dicho circuito de suministro (C), y adaptados para permitir el intercambio de calor entre dicho fluido portador de calor y dichos usuarios de energía térmica ($U_1, \dots, U_m$);
25
comprendiendo el sistema (10):
• primeros medios (12, 14, 16, 18, 20) sensores, adaptados para asociarse con el circuito de suministro (C) y dispuestos para suministrar señales principales ($Q_{man.}, T_{man.}, T_{rit.}, P_{man.}, P_{rit.}, s$) indicativas de cantidades físicas que representan el funcionamiento de dicho circuito de suministro (C) en dicho periodo de tiempo (Δt_{TOT});
30
35 en el que dichas señales principales ($Q_{man.}, T_{man.}, T_{rit.}, P_{man.}, P_{rit.}, s$) comprenden señales que representan las siguientes cantidades físicas:
- el caudal ($Q_{man.}$) de fluido portador de calor que fluye en una parte de alimentación principal ($C_{man.}$) del circuito de suministro (C);
40
- una primera y una segunda temperatura ($T_{man.}, T_{rit.}$) del fluido portador de calor en la parte de alimentación principal ($C_{man.}$) y en la parte de retorno principal ($C_{rit.}$), respectivamente, del circuito de suministro (C);
45
- la configuración de funcionamiento (s) adoptada por el circuito de suministro (C); y
- la diferencia de presión (ΔP) que tiene el fluido portador de calor entre la parte de alimentación principal y la parte de retorno principal ($C_{rit.}$), respectivamente, del circuito de suministro (C), y
50
• medios (22) de control que comprenden:
- medios (23) de memoria dispuestos para almacenar datos que representan la variación de dichas señales principales ($Q_{man.}, T_{man.}, T_{rit.}, P_{man.}, P_{rit.}, s$) en el periodo de tiempo (Δt_{TOT}); y
55
- medios (24) de procesamiento, dispuestos para recibir en su entrada dichos datos que representan la variación de dichas señales principales ($Q_{man.}, T_{man.}, T_{rit.}, P_{man.}, P_{rit.}, s$) en el periodo de tiempo (Δt_{TOT}) desde dichos medios (23) de memoria, y configurados para suministrar en su salida datos ($\hat{E}_{1,1}, \dots, \hat{E}_{1,n1}; \hat{E}_{2,1}, \dots, \hat{E}_{2,n2}; \dots; \hat{E}_{m,1}, \dots, \hat{E}_{m,nm}$) que representan la estimación de la energía térmica ($E_{1,1}, \dots, E_{1,n1}; E_{2,1}, \dots, E_{2,n2}; \dots; E_{m,1}, \dots, E_{m,nm}$) intercambiada individualmente entre cada dispositivo intercambiador de calor ($H_{1,1}, \dots, H_{1,n1}; H_{2,1}, \dots, H_{2,n2}; \dots; H_{m,1}, \dots, H_{m,nm}$) y el correspondiente usuario de energía térmica ($U_1, \dots, U_m$), caracterizado porque los medios de memoria también comprenden un modelo térmico y de dinámica de fluidos (M) definido inicialmente y que representa la instalación térmica central (I), que se identifica basándose en cantidades físicas que representan el funcionamiento del circuito de suministro (C) y los dispositivos intercambiadores de calor ($H_{1,1}, \dots, H_{1,n1}, H_{2,1}, \dots, H_{2,n2}, \dots, H_{m,1}, \dots, H_{m,nm}$), detectadas en condiciones
60
65

específicas de funcionamiento y estimulación de la instalación (I); y porque los medios de procesamiento están configurados para procesar dichos datos según el modelo térmico y de dinámica de fluidos (M).

- 5 2. Sistema según la reivindicación 1, en el que los primeros medios (12, 14, 16, 18, 20) sensores están dispuestos para detectar dichas señales principales ($Q_{man.}$, $T_{man.}$, $T_{rit.}$, $P_{man.}$, $P_{rit.}$, s) solamente, y los medios (24) de procesamiento están dispuestos para suministrar dichos datos de salida ($\hat{E}_{1,1}$, ..., $\hat{E}_{1,n1}$; $\hat{E}_{2,1}$, ..., $\hat{E}_{2,n2}$; ..., $\hat{E}_{m,1}$, ..., $\hat{E}_{m,nm}$) solamente en función de dichos primeros datos ($Q_{man.}$, $T_{man.}$, $T_{rit.}$, $P_{man.}$, $P_{rit.}$, s).
- 10 3. Sistema según la reivindicación 1, en el que los primeros medios (12, 14, 16, 18, 20) sensores comprenden adicionalmente medios sensores auxiliares diseñados para detectar datos indicativos de cantidades físicas adicionales relativas a elementos y componentes fuera del circuito de suministro (C).
- 15 4. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende adicionalmente una pluralidad de dispositivos de válvula ($EV_{1,1}$, ..., $EV_{1,p1}$, $EV_{2,1}$, ..., $EV_{2,p2}$, ..., $EV_{m,1}$, ..., $EV_{m,pm}$) interpuestos entre dicho circuito de suministro (C) y dichos dispositivos intercambiadores de calor ($H_{1,1}$, ..., $H_{1,n1}$, ..., $H_{2,1}$, ..., $H_{2,n2}$, ..., $H_{m,1}$, ..., $H_{m,nm}$) para controlar el flujo del fluido portador de calor a través de dichos dispositivos intercambiadores de calor ($H_{1,1}$, ..., $H_{1,n1}$, ..., $H_{2,1}$, ..., $H_{2,n2}$, ..., $H_{m,1}$, ..., $H_{m,nm}$); determinándose dichas configuraciones de funcionamiento por el estado de actuación de dichos dispositivos de válvula ($EV_{1,1}$, ..., $EV_{1,p1}$, $EV_{2,1}$, ..., $EV_{2,p2}$, ..., $EV_{m,1}$, ..., $EV_{m,pm}$).
- 20 5. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende adicionalmente medios (28) de identificación dispuestos para identificar dicho modelo térmico y de dinámica de fluidos (M) inicialmente y para suministrar dicho modelo térmico y de dinámica de fluidos (M) a dichos medios (23) de memoria.
- 25 6. Sistema según la reivindicación 5, en el que los primeros medios (12, 14, 16, 18, 20) sensores comprenden adicionalmente medios sensores secundarios dispuestos para suministrar a los medios (28) de identificación señales secundarias indicativas de cantidades físicas que representan el funcionamiento de dicho circuito de suministro (C) en otras partes intermedias de este último, estando dispuestos dichos medios (28) de identificación para:
 - establecer una secuencia de configuraciones de funcionamiento y estimulación predeterminadas (s) en el circuito de suministro (C); e
 - 35 - identificar dicho modelo térmico y de dinámica de fluidos (M) definido inicialmente detectando la variación de dichas señales principales $Q_{man.}$, $T_{man.}$, $T_{rit.}$, $P_{man.}$, $P_{rit.}$, s(t) y de dichas señales secundarias en función de dicha secuencia de configuraciones de funcionamiento (s) y configuraciones de estimulación establecidas en la instalación (I).
- 40 7. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dichos sensores secundarios pueden montarse de manera retirable con respecto a dicha instalación (I).
- 45 8. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende adicionalmente medios convertidores para convertir la energía térmica y/o cinética del fluido portador de calor que fluye en el circuito de suministro (C) en energía eléctrica prevista para alimentar eléctricamente de manera local a al menos un elemento de dicho sistema.
- 50 9. Sistema según la reivindicación 8, en el que los medios convertidores comprenden microturbinas para convertir la energía cinética del fluido portador de calor en energía eléctrica.
- 55 10. Sistema según la reivindicación 8, en el que los medios convertidores comprenden una unidad de conversión magneto-fluido-dinámica o magnetohidrodinámica, con lo cual el fluido portador de calor se hace eléctricamente conductor mediante la adición de aditivos químicos adecuados.
- 60 11. Sistema según la reivindicación 8, en el que los medios convertidores comprenden una unidad para la conversión directa de la energía térmica que puede extraerse del fluido portador de calor o de las superficies de los elementos intercambiadores de calor en energía eléctrica.
- 65 12. Sistema según la reivindicación 8, en el que los medios convertidores comprenden un sistema para crear una variación común y uniforme en el tiempo de la presión interna del circuito de suministro (C) con respecto a la del entorno externo, además de la presión diferencial generada por la bomba P que es variable en el tiempo, incluyendo el sistema una pluralidad de dispositivos transductores situados a lo largo del circuito de suministro (C) en asociación con los elementos que van a recibir suministro, estando adaptados estos dispositivos para convertir dicha variación de presión en energía eléctrica.
13. Método para estimar la energía térmica intercambiada entre una pluralidad de dispositivos intercambiadores

de calor ($H_{1,1}, \dots, H_{1,n1}, H_{2,1}, \dots, H_{2,n2}, \dots, H_{m,1}, \dots, H_{m,nm}$) de una instalación térmica central (I) para generar y suministrar energía térmica y un complejo de usuarios (U) durante un periodo de tiempo predeterminado (Δt_{TOT});

5 incluyendo dicho complejo de usuarios (U) una pluralidad de usuarios de energía térmica ($U_1, \dots, U_m$) que van a monitorizarse;

incluyendo dicha instalación térmica central (I):

10 - un circuito de suministro (C), adaptado para que un fluido portador de calor pase a través del mismo y dispuesto para adoptar de manera selectiva una pluralidad de configuraciones de funcionamiento (s) en las que define respectivos trayectos de suministro para dicho fluido portador de calor; y

15 - una unidad térmica (G) dispuesta para generar una variación deseada de la energía térmica en el fluido portador de calor recibido desde el circuito de suministro (C);

- un dispositivo de bombeo (P) previsto para crear una circulación forzada de dicho fluido portador de calor a través de dicho circuito de suministro (C);

20 - una pluralidad de dispositivos intercambiadores de calor ($H_{1,1}, \dots, H_{1,n1}, H_{2,1}, H_{2,n2}, \dots, H_{m,1}, \dots, H_{m,nm}$) conectados a dicho circuito de suministro (C), distribuidos entre dichos usuarios de energía térmica ($U_1, \dots, U_m$), y previstos para que dicho fluido portador de calor pase a través de los mismos de manera selectiva según la configuración de funcionamiento adoptada por dicho circuito de suministro (C), y adaptados para permitir el intercambio de calor entre dicho fluido portador de calor y dichos usuarios de energía térmica ($U_1, \dots, U_m$);

comprendiendo el método las siguientes etapas de funcionamiento:

30 - detectar, para un periodo de tiempo predeterminado (Δt_{TOT}), señales principales ($Q_{man.}, T_{man.}, T_{rit.}, P_{man.}, P_{rit.}, s$) indicativas del funcionamiento de dicho circuito de suministro (C) y almacenar datos que representan la variación en el periodo de tiempo (Δt_{TOT}) de dichas señales principales ($Q_{man.}, T_{man.}, T_{rit.}, P_{man.}, P_{rit.}, s$),

en el que dichas señales principales ($Q_{man.}, T_{man.}, T_{rit.}, P_{man.}, P_{rit.}, s$) comprenden señales que representan las siguientes cantidades físicas:

35 - el caudal de fluido portador de calor que fluye en una parte de alimentación principal ($C_{man.}$) del circuito de suministro (C);

40 - una primera y una segunda temperatura ($T_{man.}, T_{rit.}$) del fluido portador de calor en la parte de alimentación principal ($C_{man.}$) y en la parte de retorno principal ($C_{rit.}$), respectivamente, del circuito de suministro (C);

- la configuración de funcionamiento (s) adoptada por el circuito de suministro (C); y

45 - la diferencia de presión (ΔP) que tiene el fluido portador de calor entre la parte de alimentación principal y la parte de retorno principal ($C_{rit.}$), respectivamente, del circuito de suministro (C);

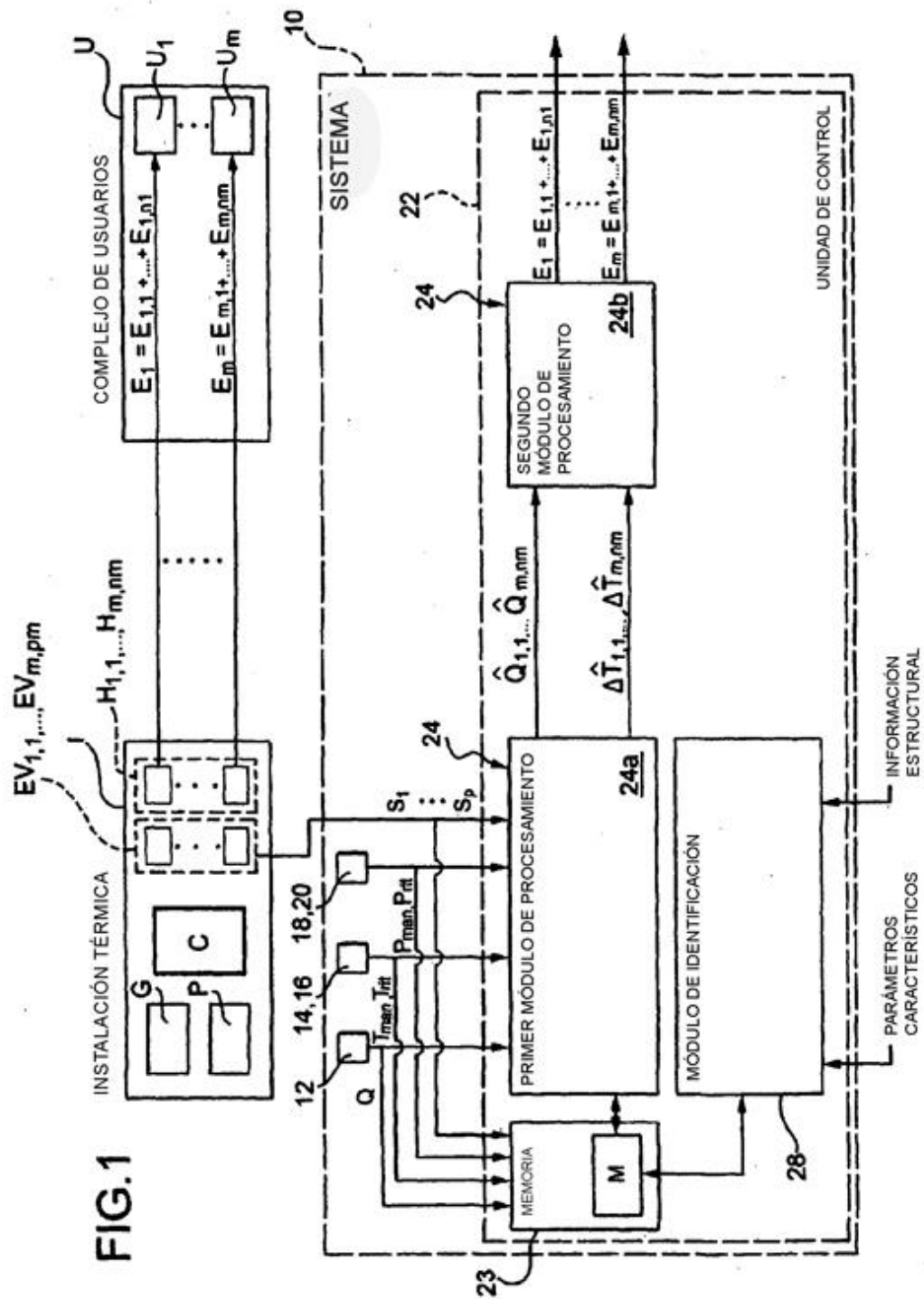
50 - procesar dichos datos que representan la variación de dichas señales principales ($Q_{man.}, T_{man.}, T_{rit.}, P_{man.}, P_{rit.}, s$) en el periodo de tiempo (Δt_{TOT}) para suministrar en la salida los datos ($\hat{E}_{1,1}, \hat{E}_{1,n1}, \hat{E}_{2,1}, \dots, \hat{E}_{2,n2}; \dots; \hat{E}_{m,1}, \dots, \hat{E}_{m,nm}$) que representan la estimación de la energía térmica ($E_{1,1}, \dots, E_{1,n1}; E_{2,1}, \dots, E_{2,n2}; \dots; E_{m,1}, \dots, E_{m,nm}$) intercambiada individualmente entre cada dispositivo intercambiador de calor ($H_{1,1}, \dots, H_{1,n1}; H_{2,1}, \dots, H_{2,n2}; \dots; H_{m,1}, \dots, H_{m,nm}$) y el correspondiente usuario de energía térmica ($U_1, \dots, U_m$),

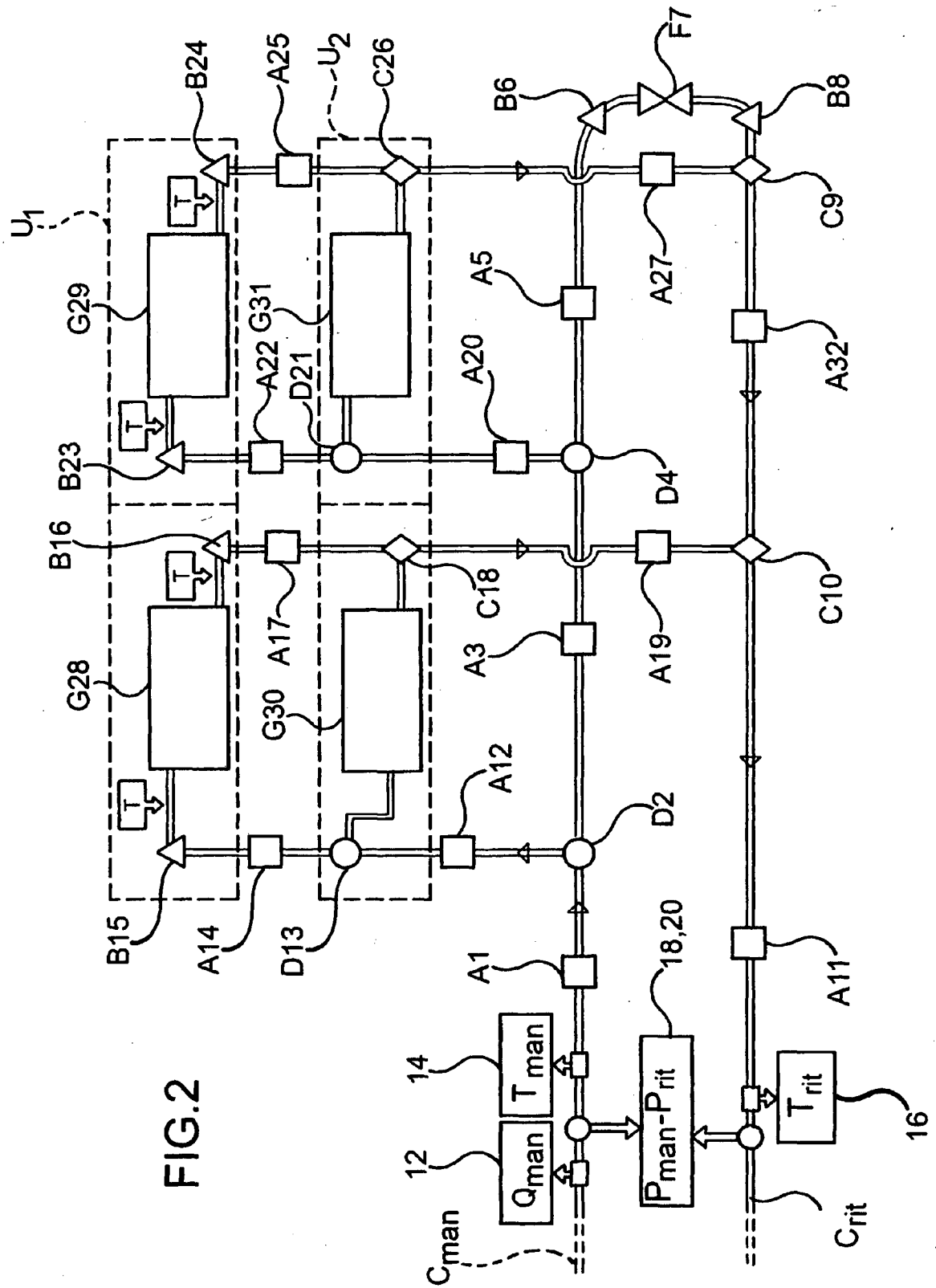
caracterizado porque

55 el método comprende además una etapa de

60 - identificar y almacenar un modelo térmico y de dinámica de fluidos (M) que representa estructural y topológicamente la instalación (I), basándose en cantidades físicas que representan el funcionamiento del circuito de suministro (C) y los dispositivos intercambiadores de calor ($H_{1,1}, \dots, H_{1,n1}, H_{2,1}, \dots, H_{2,n2}, \dots, H_{m,1}, \dots, H_{m,nm}$), detectadas en condiciones específicas de funcionamiento y estimulación de la instalación (I); y

porque el procesamiento de dichos datos se realiza según el modelo térmico y de dinámica de fluidos (M).





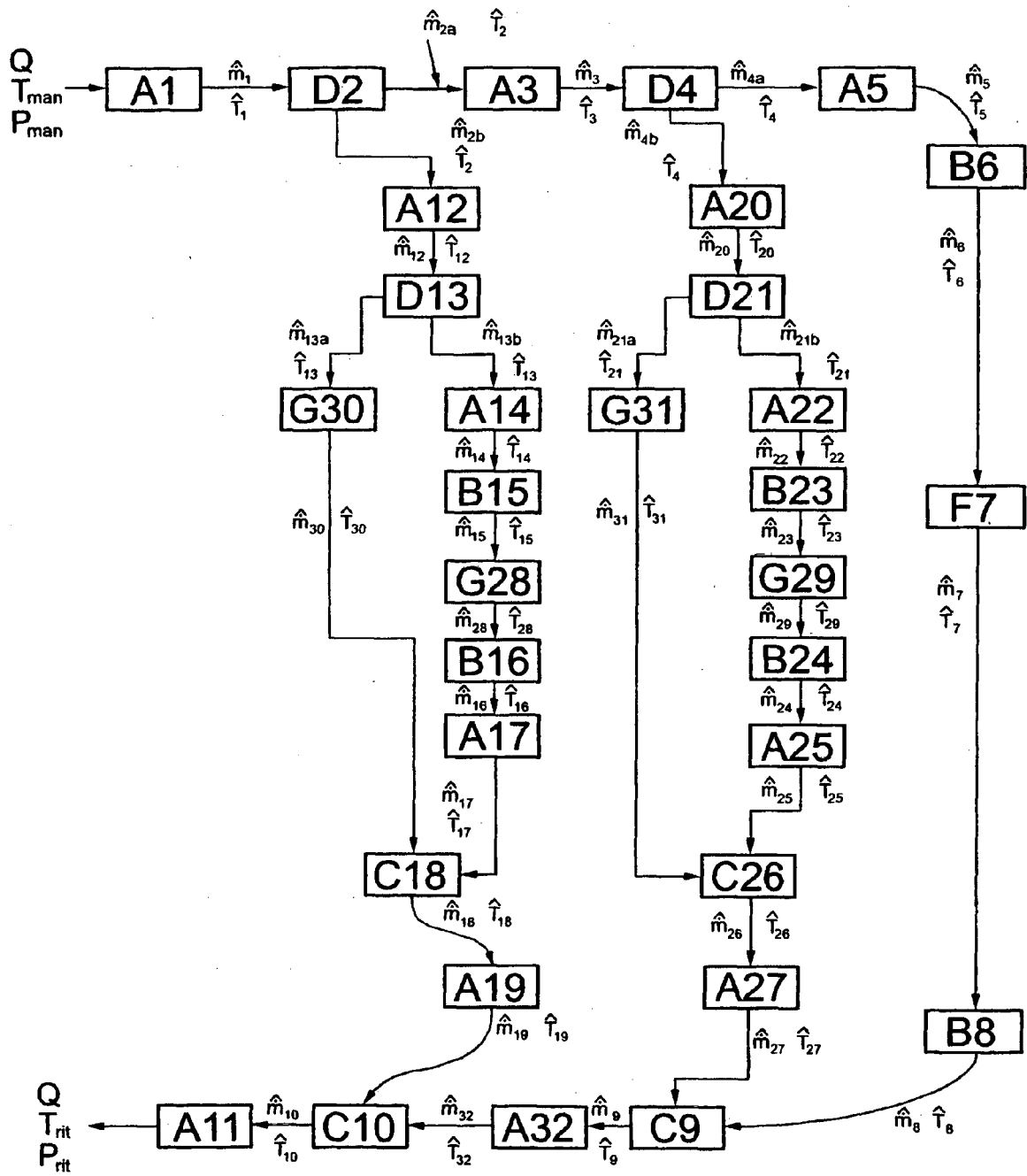


FIG.3