

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 991 403**

51 Int. Cl.:

E03B 7/04 (2006.01)

F24D 17/00 (2012.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.11.2019** **PCT/EP2019/000317**

87 Fecha y número de publicación internacional: **19.11.2020** **WO20228921**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.11.2019** **E 19868154 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.05.2024** **EP 4007832**

54 Título: **Procedimiento para el funcionamiento de un sistema de circulación y sistema de circulación**

30 Prioridad:

15.05.2019 WO PCT/EP2019/062547

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

03.12.2024

73 Titular/es:

**LTZ - ZENTRUM FÜR LUFT- UND
TRINKWASSERHYGIENE GMBH (100.0%)
Tempelhofer Weg 70a
10829 Berlin, DE**

72 Inventor/es:

**BAWEY, ROBERTO;
OPITZ, PATRIC y
HEINECKE, OLAF**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 991 403 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

Procedimiento para el funcionamiento de un sistema de circulación y sistema de circulación

La invención se refiere a un procedimiento para el funcionamiento de un sistema de circulación y a un sistema de circulación, en cada caso según las características indicadas en el preámbulo de las reivindicaciones independientes.

- 5 Para impedir el crecimiento microbiano en redes de agua fría, la norma DIN EN 806 y la directiva VDI 6023 exigen para instalaciones de agua potable en edificios una limitación de la temperatura del agua potable fría (PWC) a un valor máximo de +25 °C en todo momento en todas las tuberías de las instalaciones. Según la norma DIN EN 806-2,3.6, la temperatura del agua en los puntos de agua no ha de superar +25 °C 30 segundos después de abrir por completo un punto de toma. Además, con el fin de evitar un estancamiento del agua, la instalación de agua fría se ha de diseñar
- 10 de tal modo que, bajo condiciones de funcionamiento normales, el agua potable se renueve regularmente en todas las tuberías de la instalación. De forma similar, la directriz VDI 6023 también incluye la recomendación de mantener la temperatura del agua potable a ser posible por debajo de +25 °C. Se entiende que a menudo también se considera necesaria una limitación de la temperatura del agua para otras instalaciones de agua, por ejemplo para las instalaciones de agua de uso industrial.
- 15 La aparición de altas temperaturas de PWC es favorecida por la presencia individual o conjunta de diferentes circunstancias, entre otras cosas por:
- altas temperaturas de PWC ya en la acometida;
 - influencia térmica en las áreas de instalación, por ejemplo por la situación y orientación del edificio o de las áreas de instalación dentro del edificio;
- 20 • aislamiento insuficiente de las tuberías de PWC contra la entrada de calor;
- instalación de tuberías de PWC en espacios y centrales técnicas con fuentes de calor, en áreas de instalación conjuntas como por ejemplo en pozos, canales, falsos techos y paredes de instalación con medios exotérmicos (por ejemplo tuberías de calefacción, agua caliente sanitaria (PWH) e instalaciones de circulación de agua caliente sanitaria (PWH-C), canales de entrada y salida de aire, lámparas);
- 25 • fases de estancamiento en las áreas de instalación anteriormente mencionadas;
- instalaciones de PWC muy ramificadas, con los grandes volúmenes de instalación consiguientes;
 - tuberías de PWC con un dimensionamiento demasiado grande.

El método preferido hasta la fecha en el intento de cumplir las regulaciones legales en fases de estancamiento consiste en el barrido forzado de las instalaciones con chorro de agua para imitar el funcionamiento previsto en estas fases.

- 30 Ya se han propuesto diferentes sistemas de circulación refrigerados para la red de agua fría con el fin de proporcionar agua potable fría.

Por el documento EP 1 626 034 A1 ya se conoce un sistema de circulación refrigerado en el que está prevista una adición controlada de un agente desinfectante al agua.

- 35 Por el documento DE 10 2014 013 464 A1 se conoce un procedimiento para el funcionamiento de una instalación de circulación con un acumulador de calor, una bomba de circulación, una unidad de regulación y al menos dos ramas, y con una estructura de la red de distribución por lo demás desconocida. Delante de cada punto de mezcla entre las ramas están dispuestos unos sensores de temperatura que corresponden a las ramas, las cuales disponen en cada caso de una válvula regulable a través de un accionamiento por motor. Los accionamientos por motor y/o la bomba de circulación están conectados de forma inalámbrica o por cable con la unidad de regulación para el intercambio de
- 40 datos. La unidad de regulación está configurada para llevar a cabo una compensación térmica y una desinfección térmica mediante una limitación de carrera de temperaturas medidas y/o una adaptación de la potencia de bomba en función de una diferencia entre un valor real de temperatura y un valor de consigna de temperatura.

- 45 Por el documento DE 20 2015 007 277 U1 se conoce un dispositivo de suministro de agua de uso industrial de un edificio con una acometida para agua fría que está conectada a la red de distribución pública. El dispositivo de suministro incluye al menos una tubería de circulación que está provista de una bomba y que conduce al menos a un consumidor. En la tubería de circulación está previsto un intercambiador de calor que extrae calor del agua.

- 50 Además, en el documento EP 3 159 457 A1 se describe un dispositivo de suministro de agua potable e industrial del tipo conocido por el documento DE 20 2015 007 277 U1, en el que el intercambiador de calor está formado por un acumulador de calor latente y presenta una válvula de limpieza accionada por motor que está prevista en la tubería de circulación y que, en lo que respecta al control, está conectada con un dispositivo de control. La válvula de limpieza está dispuesta entre el acumulador de calor latente y una desembocadura de la acometida en la tubería de circulación, y está situada detrás del acumulador de calor latente en el sentido de la corriente.

En los sistemas de circulación conocidos con refrigeración del agua, en parte no está garantizado en modo alguno, o en cualquier caso no de forma eficaz, que la temperatura del agua se mantenga por debajo de la temperatura deseada en todos los tramos y en todos los momentos durante el funcionamiento del sistema de circulación.

En el documento PCT/EP2019/062547 de la solicitante de la presente solicitud ya se ha descrito un procedimiento para el funcionamiento de un sistema de circulación con un dispositivo de refrigeración, con las etapas consistentes en:

- determinar, en particular calcular, una variación de temperatura del agua entre el área inicial y el área final correspondientemente a un modelo de la variación de temperatura axial para el primer tramo conectado al orificio (12b, 14b) de salida, a partir de un valor inicial de temperatura $T_{MA}^* < T_{soll}$ y un valor inicial de flujo volumétrico V_z^* ;
- determinar, en particular calcular, una variación de temperatura del agua entre el área inicial y el área final para cada otro tramo dado correspondientemente al modelo de la variación de temperatura, bajo la condición límite de que la temperatura del agua en el área inicial del tramo dado sea igual a la temperatura del agua en el área final del tramo al que está conectado el tramo dado; y
- elegir el valor T_a de la temperatura del agua y el valor V_z del flujo volumétrico en el orificio (12b, 14b) de salida de tal modo que en el área final de cada tramo la temperatura del agua sea $T_{ME} < T_{soll}$ y en el orificio (12a, 14b) de entrada la temperatura del agua se ajuste a $T_b < T_{soll}$, con $T_{soll} - T_b < \theta$, en donde $\theta > 0$ es un valor predeterminado.

En caso de una red de agua caliente existe un problema similar al de una red de agua fría. En este contexto cambian las temperaturas de funcionamiento, utilizándose un depósito o calentador en lugar de un dispositivo de refrigeración. Las temperaturas en la red de agua caliente han de estar entre 60 °C en la salida del depósito y 55 °C en la entrada del depósito. A diferencia de la red de agua fría, en la que se produce un aumento de temperatura a causa de la obtención de calor del entorno, las pérdidas de calor conducen a una disminución de la temperatura en la red de agua caliente.

Por lo tanto, el objetivo de la presente invención consiste en lograr de forma eficaz que la temperatura del agua se mantenga dentro de un intervalo de temperatura deseado en todos los tramos y en todos los momentos durante el funcionamiento de un sistema de circulación.

Otro objetivo de la presente invención consiste en lograr de forma eficaz que la temperatura del agua se mantenga por encima de una temperatura de consigna en todos los tramos y en todos los momentos durante el funcionamiento del sistema de circulación.

Este objetivo se resuelve según la invención con las características indicadas en las reivindicaciones independientes.

Por lo tanto, la invención, con adaptaciones correspondientes de las fórmulas utilizadas para el cálculo según el modelo, también incluye en general el caso en el que en lugar de un dispositivo de refrigeración se utiliza un dispositivo de regulación de temperatura, que puede calentar o enfriar el agua. Preferiblemente, el dispositivo de regulación de temperatura está configurado como dispositivo de calentamiento.

El procedimiento según la invención se refiere en particular a un sistema de circulación con un dispositivo de regulación de temperatura con un orificio de entrada y un orificio de salida para la refrigeración de agua y con un sistema de tuberías con varias ramas, que presentan uno o más tramos con un acoplamiento térmico determinado con un entorno y que están conectadas mediante nudos, en donde una o más de las tuberías del sistema de tuberías están configuradas como tuberías de avance, al menos una tubería de alimentación individual conectada con un punto de toma y al menos una tubería configurada como tubería de circulación está conectada con la o las tuberías de avance.

El procedimiento según la invención para el funcionamiento del sistema de circulación se caracteriza por que a partir de un valor inicial de temperatura $T_{MA}^* < T_{soll}$ y un valor inicial de flujo volumétrico V_z^* para el primer tramo conectado al orificio de salida se determina una variación de temperatura del agua entre el área inicial y el área final correspondientemente a un modelo de la variación de temperatura axial, se determina una variación de temperatura del agua entre el área inicial y el área final para cada otro tramo dado conectado al primer tramo correspondientemente al modelo de la variación de temperatura, bajo la condición límite de que la temperatura del agua en el área inicial del tramo dado sea igual a la temperatura del agua en el área final del tramo al que está conectado el tramo dado en el sentido de la corriente del agua, y el valor T_a de la temperatura del agua y el valor V_z del flujo volumétrico en el orificio de salida se eligen de tal modo que en el área final de cada tramo del sistema de circulación la temperatura del agua sea $T_{ME} < T_{soll}$ y en el orificio de entrada la temperatura del agua sea $T_b < T_{soll}$, con $T_{soll} - T_b < \theta$, en donde $\theta > 0$ es un valor predeterminado.

Preferiblemente, la determinación consiste en un cálculo según el modelo de la variación de temperatura axial del agua entre el área inicial y el área final del tramo, es decir, de la parte de tubería correspondiente, debida a la absorción de calor del entorno del tramo. Por lo tanto, comenzando con el primer tramo conectado al dispositivo de regulación de temperatura se va recorriendo sucesivamente todo el sistema de los tramos y, en consecuencia, se calcula la temperatura en todo el sistema.

De acuerdo con la invención, en el procedimiento se determinan el valor T_a de la temperatura del agua y el valor V_z del flujo volumétrico en el orificio de salida con los que se logra que en el área final de cada tramo del sistema de

circulación la temperatura del agua sea $T_{ME} < T_{soll}$ y en el orificio de entrada la temperatura del agua sea $T_b < T_{soll}$, con $T_{soll} - T_b < \theta$, en donde $\theta > 0$ es un valor predeterminado, se determinan, preferiblemente se calculan, mediante una modelización de temperatura y flujos volumétricos del agua que circula por el sistema de tuberías. Preferiblemente, esto tiene lugar para un estado con un V_z estacionario.

- 5 El dispositivo de regulación de temperatura y en caso dado una bomba de circulación del sistema de circulación se ajustan entonces de tal modo que la temperatura del agua y el flujo volumétrico adopten los valores T_a determinados y el valor V_z .

- 10 De acuerdo con la invención se propone que en un orificio de salida se ajuste una temperatura, que sobre la base de la misma se calculen variaciones de temperatura y que éstas sean utilizadas para la modelización según las especificaciones indicadas en la parte característica de la reivindicación 1.

La ventaja del cálculo consiste en que no se requiere ningún sensor para medir nada, y en que se pueden evaluar y variar magnitudes de influencia y eventualmente también hacer predicciones.

- 15 En comparación con una regulación a dos posiciones y/o una regulación subyacente por plantas o regulación por ramas, el cálculo tiene la ventaja de que se requieren menos puntos de medición y que el sistema es en conjunto menos susceptible a las vibraciones.

Por lo tanto, en comparación con el estado actual de la técnica, la regulación según la invención tiene lugar mediante una intervención de ajuste en el orificio de salida, basándose el diseño del regulador no obstante en todo el sistema de tuberías de agua con parámetros distribuidos con un cálculo de múltiples temperaturas TME. Por consiguiente, para proporcionar la temperatura T_a fundamentalmente se requieren solo un regulador y solo un ajuste de temperatura.

- 20 La siguiente fórmula es aplicable tanto para la caída de temperatura en una red de agua caliente como para el aumento de temperatura en una red de agua fría.

$$\Delta\theta = \dot{q} \frac{l}{\dot{m} \cdot c_w} = \dot{q} \frac{l}{\dot{V} \cdot \rho \cdot c_w}$$

$\dot{q}$ = corriente térmica específica en W/m

$\Delta\theta = \vartheta$ medio, inicio - ϑ medio, fin agua caliente

- 25 $\Delta\theta = \vartheta$ medio, final - ϑ medio, inicio agua fría

Por lo tanto, la invención también incluye el caso análogo de una red de agua caliente, utilizándose un depósito o calentador en lugar de un dispositivo de regulación de temperatura.

Además, las fórmulas arriba mencionadas también son aplicables en una red de agua fría, si la temperatura del agua es más alta que la temperatura ambiente.

- 30 Como ya se ha mencionado, la invención, con adaptaciones correspondientes de las fórmulas utilizadas para el cálculo según el modelo, incluye el caso en el que en lugar de un dispositivo de regulación de temperatura se utiliza un intercambiador de calor, que puede calentar o enfriar el agua.

El concepto "rama" designa una tubería consistente en un tramo o en varios tramos entre dos nudos, entre los cuales no hay ningún otro nudo. Las ramas están conectadas a través de nudos.

- 35 Preferiblemente, la condición límite de que la temperatura del agua en el área inicial del tramo dado sea igual a la temperatura del agua en el área final del tramo al que está conectado el tramo dado se refiere únicamente a los tramos de una rama en cada caso.

- 40 La temperatura y la magnitud del flujo volumétrico que sale de un nudo a un tramo posterior dependen de las temperaturas y las magnitudes de los flujos volumétricos entrantes. La invención presupone que éstas están dadas por el diseño del sistema de tuberías.

La invención presupone que la distribución de los flujos volumétricos que salen de un nudo entre las diferentes tuberías o tramos salientes está dada preferiblemente por el diseño del sistema de tuberías.

Las temperaturas de mezcla en caso de unión de ramas así como las temperaturas en caso de división de ramas se calculan preferiblemente a partir de una división porcentual de flujos volumétricos.

- 45 En el procedimiento según la invención se da por sentado el sistema de tuberías, entendiéndose que el sistema de tuberías está diseñado correspondientemente a las especificaciones de la norma DIN 1988-300 para el diseño de redes de tuberías, con la que están prescritos en particular determinados diámetros nominales de las tuberías de PWC

(Potable Water Cold - Agua Potable Fría) y valores del acoplamiento térmico del agua circulante con el entorno. Se entiende que en general también se pueden tener en cuenta los diseños de la red de tuberías prescritos o recomendados en otros países o regiones.

5 Preferiblemente, como valor inicial de flujo volumétrico V_z^* se elige el valor máximo admisible de acuerdo con el diseño del sistema de tuberías. Este valor se reduce hasta que la temperatura del agua circulante sea cercana a T_{soll} , ya que, con un flujo volumétrico decreciente, la temperatura del agua circulante se incrementa y, por lo tanto, la temperatura en el orificio de entrada aumenta.

Preferiblemente, el valor T_{MA}^* se varía y se elige el valor máximo T_a de la temperatura del agua con el que la temperatura del agua en el orificio de entrada sea $T_b < T_{soll}$, con $T_{soll} - T_b < \theta$, en donde $\theta > 0$ es un valor predeterminado.

10 Mediante la especificación $T_{soll} - T_b < \theta$ se garantiza que la temperatura del agua en el sistema de circulación no se ajusta a un valor demasiado frío y que el sistema no funciona de forma energéticamente ineficaz. Por regla general, θ está en un intervalo entre 1 °C y 5 °C, pero también puede estar en otro intervalo.

15 La determinación de la variación de temperatura del agua entre el área inicial y el área final de cada tramo puede tener lugar correspondientemente a modelos que son conocidos en sí, por ejemplo mediante cálculos de simulación o también fórmulas correspondientes conocidas.

20 En la realización del procedimiento según la invención, el sistema de circulación funciona preferiblemente en un estado en el que no tiene lugar ninguna toma de agua ni ninguna absorción de agua, ya que en este estado es de esperar un mayor calentamiento del agua que en un estado en el que tiene lugar una toma de agua y, por lo tanto, al utilizar los parámetros T_a y V_z determinados conforme al procedimiento está asegurada una distancia de seguridad con respecto a un estado con una alta temperatura no deseable del agua.

Los parámetros T_a y V_z determinados mediante el procedimiento se utilizan ventajosamente para modelizar un sistema de circulación dado, en el que el sistema de tuberías está diseñado correspondientemente a las disposiciones legales relativas a los diámetros nominales y el acoplamiento térmico del agua circulante con el entorno, y hacerlo funcionar de tal modo que se cumplan las regulaciones legales relativas a la temperatura del agua potable en el sistema de circulación.

25 Las simulaciones de la solicitante para instalaciones ya existentes han mostrado que con los parámetros ajustados según la invención a) se cumplen dichas regulaciones legales y b) se logra una mayor eficiencia energética del funcionamiento de la instalación.

30 Los parámetros T_a y V_z determinados mediante el procedimiento se utilizan ventajosamente para, en un sistema de circulación dado, en el que el sistema de tuberías está diseñado correspondientemente a las disposiciones legales relativas a los diámetros nominales y el acoplamiento térmico del agua circulante con el entorno, determinar el diseño del dispositivo de regulación de temperatura en lo que respecta a su potencia de refrigeración. Además, en caso dado se puede determinar el diseño de una bomba de circulación en lo que respecta a su potencia de bombeo.

Los siguientes conceptos se utilizan en este texto con un significado específico, estando orientada la definición a la norma DIN EN 806.

35 Como tubería de circulación del sistema de circulación se designa una tubería aguas abajo de un punto de toma en el circuito en el que el agua fluye desde el orificio de salida de un dispositivo de regulación de temperatura de vuelta al orificio de entrada del dispositivo de refrigeración si en esa tubería no está conectado ningún otro punto de toma.

40 El concepto "nudo" se utiliza para un elemento de tubería en el que están conectadas tuberías. En un nudo pueden entrar al menos dos flujos volumétricos y salir exactamente un flujo volumétrico, o puede entrar exactamente un flujo volumétrico y salir al menos dos flujos volumétricos. Un nudo corresponde a una ramificación.

Preferiblemente, en un nudo entran exactamente dos flujos volumétricos y sale un flujo volumétrico, o entra exactamente un flujo volumétrico y salen exactamente dos flujos volumétricos, como por ejemplo en una pieza en T.

45 Para los nudos del sistema de circulación es aplicable, análogamente a los circuitos de corriente eléctrica, la primera ley de Kirchhoff, según la cual la suma de los flujos volumétricos entrantes es igual a la suma de los flujos volumétricos salientes.

Preferiblemente, en cada punto de nudo, los flujos volumétricos salientes se dividen en flujos volumétricos salientes del mismo tamaño. Se entiende que también son posibles otras divisiones.

50 En caso de un nudo con exactamente un flujo volumétrico saliente con diferentes temperaturas y exactamente un flujo volumétrico entrante se supone preferiblemente que la temperatura t_m y el flujo másico m_m del agua de mezcla del flujo volumétrico saliente están relacionados con la temperatura t_k y el flujo másico m_k de la corriente más fría o la temperatura t_w y el flujo másico m_w de la corriente más caliente a través de la siguiente relación:

$$t_m = \frac{t_k \cdot m_k + t_w \cdot m_w}{m_m}$$

t_m = temperatura del agua de mezcla (°C)

t_k = temperatura del agua más fría (°C)

t_w = temperatura del agua más caliente (°C)

5 m_m = masa/volumen (caudal) del agua de mezcla (kg; m³; kg/h; m³/h o %)

m_k = masa/volumen (caudal) del agua fría (kg; m³; kg/h; m³/h o %)

m_w = masa/volumen (caudal) del agua caliente (kg; m³; kg/h; m³/h o %)

Para la determinación de la variación de temperatura del agua entre el área inicial y el área final de un tramo, además de la longitud del tramo también se utilizan preferiblemente los siguientes parámetros:

10 T_{Luft} = temperatura del aire ambiente (°C)

k_R = coeficiente de transmisión térmica de la tubería (W/(m²K))

m_M = flujo másico del agua en el tramo (kg/s)

$c_{p,m}$ = capacidad térmica específica del agua (J/(kgK))

V_M = flujo volumétrico del agua en el tramo (m³/s)

15 ρ_M = densidad del agua (kg/m³)

Ventajosamente, en caso de un flujo volumétrico estacionario se puede calcular para cada tramo del sistema de circulación una variación de temperatura del agua entre su área inicial y su área final, seleccionándose en el área final de un tramo dada una temperatura del agua igual a la temperatura del agua en el área inicial de siguiente tramo conectado al tramo dado en el sentido de la corriente del agua circulante. Por lo tanto, para cada tramo del sistema de circulación, a partir de la temperatura en el área inicial se puede determinar la temperatura del agua en el área final del tramo correspondiente.

Ventajosamente, en caso de un flujo volumétrico estacionario, a partir de una temperatura en el orificio de salida se puede determinar la temperatura del agua circulante para cada tramo, es decir, un valor T_a de la temperatura del agua en el orificio de salida también se puede determinar como temperatura inicial del tramo conectado al orificio de salida, siendo la temperatura del agua $T_{ME} < T_{soll}$ para todas las áreas finales de todos los tramos.

En otra forma de realización de la invención está previsto determinar los valores T_a y V_z en un procedimiento de aproximación iterativo, en el que, a partir de un valor inicial de temperatura $T_{MA}^* < T_{soll}$ y un valor inicial de flujo volumétrico V_z^* para el primer tramo conectado al orificio de salida, se calcula la temperatura del agua T_{ME} para cada tramo dado en su área final, en donde la temperatura del agua T_{MA}' en el área inicial del siguiente tramo conectado se elige igual a la temperatura del agua T_{ME} en el área final del tramo dado.

En otra forma de realización de la invención está previsto que los tramos estén configurados a lo largo de su longitud entre su área inicial y su área final de modo uniforme en dirección axial en lo que respecta a su acoplamiento térmico con el entorno, por lo tanto, que éste no varíe en dirección axial. Esto permite simplificar los cálculos.

En otra forma de realización de la invención está previsto que en el área final de al menos un tramo de longitud L se determine la temperatura del agua T_{ME} mediante la fórmula

$$T_{ME} = (T_{MA} - T_{Luft}) \cdot e^{-\frac{k_R \cdot L}{m_M \cdot c_{p,m}}} + T_{Luft}$$

en donde

L = longitud (m) del tramo uniforme (T_{s1})

T_{MA} = temperatura del agua en el área inicial (°C)

40 T_{ME} = temperatura del agua en el área final (°C)

T_{Luft} = temperatura del aire ambiente (°C)

- k_R = coeficiente de transmisión térmica de la tubería (W/(m²·K))
 m_M = flujo másico del agua en el tramo (kg/s)
 $c_{p,m}$ = capacidad térmica específica del agua (J/(kg·K))
 V_M = flujo volumétrico del agua en el tramo (m³/s)
 5 ρ_M = densidad del agua (kg/m³)

Esta fórmula posibilita una buena aproximación de la variación de temperatura para tramos uniformes.

En otra forma de realización de la invención está previsto que el coeficiente de transmisión térmica de los tramos esté determinado según la fórmula

$$\frac{1}{k_R} = \frac{1}{\alpha_i \cdot d_i \cdot \pi} + \frac{1}{\lambda_R} + \frac{1}{\alpha_a \cdot d_a \cdot \pi}$$

10 en donde

- $1/k_R$ = resistencia de transmisión térmica de la tubería (m²·K/W)
 α_i = coeficiente de convección interior (W/(m²·K))
 $1/\lambda_R$ = resistencia térmica (m²·K/W)
 α_a = coeficiente de convección exterior (W/(m²·K))
 15 d_a = diámetro exterior (m)
 d_i = diámetro interior (m)

y

$$\frac{1}{\lambda_R} = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \left(\frac{1}{\lambda_r} \cdot \ln \frac{d_{aR}}{d_{iR}} + \frac{1}{\lambda_D} \cdot \ln \frac{d_{aD}}{d_{iD}} \right)$$

20 Para determinar las variaciones de temperatura y la obtención de calor en agua debido a la diferencia de temperatura con el entorno, en adelante se utilizan las Ecuaciones 1-4.

Para ello, la Ecuación 1 para la resistencia térmica se sustituye en la Ecuación 2 y, por consiguiente, se determina la resistencia de transmisión térmica. Con el valor recíproco de la Ecuación 2 se calcula el coeficiente de transmisión térmica en la Ecuación 3.

Resistencia térmica

25 $\frac{1}{\lambda_{ges}}$

de una tubería incluyendo el aislamiento

$$\frac{1}{\lambda_{ges}} = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \left(\frac{1}{\lambda_R} \cdot \ln \frac{d_{aR}}{d_{iR}} + \frac{1}{\lambda_D} \cdot \ln \frac{d_{aD}}{d_{iD}} \right)$$

Ecuación 1, véase VDI 2055, 2008

Resistencia de transmisión térmica $\frac{1}{U_R}$ de la tubería aislada

$$\frac{1}{U_R} = \frac{1}{d_{iR} \cdot \alpha_i \cdot \pi} + \frac{1}{\lambda_{ges}} + \frac{1}{d_{aD} \cdot \alpha_a \cdot \pi}$$

Ecuación 2, véase VDI 2055, 2008

$$\frac{1}{U_R} = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \left(\frac{1}{\lambda_R} \cdot \ln \frac{d_{aR}}{d_{iR}} + \frac{1}{\lambda_D} \cdot \ln \frac{d_{aD}}{d_{iD}} \right) + \frac{1}{d_{aD} \cdot \alpha_a \cdot \pi}$$

Coeficiente de transmisión térmica U_R de la tubería aislada

$$U_R = \frac{\pi}{\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{1}{\lambda_s} \cdot \ln \frac{d_s}{d_{is}} + \frac{1}{\lambda_o} \cdot \ln \frac{d_o}{d_{ie}} \right) + \frac{1}{d_{ie} \cdot \alpha_s}} \quad \text{Ecuación 3}$$

El coeficiente de transmisión térmica es un componente central de la Ecuación 4 para el cálculo de una temperatura al final de un tramo.

- 5 Con ayuda de la Ecuación 4 se determinan las respectivas temperaturas iniciales y finales del agua fría de todos los tramos relevantes. La deducción de la fórmula para el calentamiento axial de agua en una tubería comienza con la Ecuación 5:

$$\vartheta_{ME} = \Delta\vartheta_a \cdot e^{\frac{-U_R \cdot l}{m \cdot c_w}} + \vartheta_{Luft} \quad \text{Ecuación 4}$$

$$\Delta\vartheta = \Delta\vartheta_a \left(1 - e^{\frac{-U_R \cdot l}{m \cdot c_w}} \right) \quad \text{Ecuación 5, véase VDI 2055, 2008}$$

$$\Delta\vartheta = \vartheta_{MA} - \vartheta_{ME}$$

$$\vartheta_{MA} - \vartheta_{ME} = \Delta\vartheta_a \left(1 - e^{\frac{-U_R \cdot l}{m \cdot c_w}} \right)$$

$$\vartheta_{ME} = -\Delta\vartheta_a \left(1 - e^{\frac{-U_R \cdot l}{m \cdot c_w}} \right) + \vartheta_{MA}$$

$$\vartheta_{ME} = -\Delta\vartheta_a + \Delta\vartheta_a e^{\frac{-U_R \cdot l}{m \cdot c_w}} + \vartheta_{MA}$$

utilizar $\Delta\vartheta = \vartheta_{MA} - \vartheta_{Luft}$ y a continuación resumir.

$$\vartheta_{ME} = \Delta\vartheta_a e^{\frac{-U_R \cdot l}{m \cdot c_w}} + \vartheta_{Luft}$$

- 10 A través de un cálculo iterativo mediante aumento a pequeños saltos/paso a paso del flujo volumétrico se busca aquel flujo volumétrico con el que la instalación de agua fría funciona con una divergencia buscada/especificada de, por ejemplo, 5 K (15 °C / 20 °C).

- 15 Con este planteamiento, además de la determinación en primer plano de un flujo volumétrico de la instalación de circulación, también se puede determinar una temperatura del agua para cualquier punto de la red de tuberías en cuestión.

Preferiblemente, el procedimiento de aproximación iterativo consiste en la búsqueda de valores objetivo Excel, conocida en sí; véase Excel y VBA: Einführung mit praktischen Anwendungen in den Naturwissenschaften (Introducción con Aplicaciones Prácticas en las Ciencias Naturales) de Franz Josef Mehr, Maria Teresa Mehr, Wiesbaden 2015, Sección 8.1.

- 20 De acuerdo con la invención, en el programa se introducen datos orientativos del sistema de tuberías, incluyendo los

parámetros de los tramos arriba indicados, y mediante la búsqueda de valores objetivo se determina el flujo volumétrico V_z con el que se alcanza la temperatura objetivo T_b del agua potable; por ejemplo de la siguiente manera:

3.1.1 Características físicas del agua

Nº		Valor /
MT	Designación	Unidades
MT1	Temperatura de entrada del agua potable después del orificio de salida	15,0 °C
MT2	Temperatura objetivo del agua potable	20,0 °C
MT3	Densidad del agua a 17,5 °C	998,8 kg/m³
MT4	Flujo volumétrico V_z	0,022 m³/h
MT5	Capacidad térmica específica	1,163 Wh/(kg·K)

5 3.1.2 Coeficientes de convección

Nº			
W	Designación		(W/(m²·K))
Wi	Coeficientes de convección exterior	α_a	5
Wa	Coeficientes de convección interior	α_i	0

3.1.3 Temperaturas ambientales

Nº		Temperatura
UT	Designación	t_{Luf} en °C
UT1	Cámara de calentamiento	30 °C
UT2	Pasillo de sótano	20 °C
UT3	Capa	30 °C
UT4	Pasillo falso techo	33 °C
UT5	Pared delantera baño	26 °C
UT6	Retorno de pozo	26 °C

3.1.4 Aislamiento

Nº			Coeficiente de transmisión térmica
DA	Designación	Material	λ_{DA} en W/(m·K)
DA1	Rockwool con PVC	Cámara de calentamiento	0,035
DA2	Rockwool con revestimiento de aluminio	Pasillo de sótano	0,035
DA3	Rockwool con revestimiento de aluminio	Elevador	0,035
DA4	Rockwool con revestimiento de aluminio	Techo en pasillo	0,035
DA5	Flex EL-Conel 24x18	Pared delantera baño	0,032
DA6	Con 9 mm de aislamiento en FB	FB-baño	0,04

3.1.5 Materiales de tubería

Nº		Diámetro nominal	Espesor de pared	Coefficiente de transmisión térmica
DA	Designación	mm	mm	λ_R en W/(m²K)
R1	Viega Raxofix	16 x 2,2	2,2	0,4
R2	Viega Raxofix	20 x 2,8	2,8	0,4
R3	Viega Raxofix	25 x 2,7	2,7	0,4
R4	Viega Raxofix	32 x 3,2	3,2	0,4
R5	Viega Raxofix con aislamiento	16 x 2,2	2,2	0,35
R6	Viega Raxofix con aislamiento	20 x 2,8	2,8	0,35
R7	Viega Raxofix con aislamiento	25 x 2,7	2,7	0,35
R8	Viega Raxofix con aislamiento	32 x 3,2	3,2	0,35
R9	Viega Sanpress	15 x 1,0	1	23
R10	Viega Sanpress	18 x 1,0	1	23
R11	Viega Sanpress	22 x 1,2	1,2	23
R12	Viega Sanpress	28 x 1,2	1,2	23
R13	Viega Sanpress	35 x 1,5	1,5	23
R14	Viega Sanpress	42 x 1,5	1,5	23
R15	Viega Sanpress	54 x 1,5	1,5	23
R16	Viega Sanpress	64 x 2	2	23

En este ejemplo, el flujo volumétrico V_z calculado con el que, en caso de una temperatura de entrada T_a de 15 °C, se alcanza una temperatura objetivo T_b de 20°, se indica en la línea MT4.

- 5 En otra forma de realización de la invención está previsto que en el sistema de circulación esté integrada una bomba de circulación con la que se puede ajustar un flujo volumétrico deseado.

Se entiende que también pueden estar previstos varios dispositivos de regulación de temperatura y/o bombas de circulación.

- 10 A continuación se describen formas de realización con estructuras de tuberías tal como se utilizan normalmente en instalaciones de agua potable en edificios.

Una tubería de conexión es una tubería entre una tubería de alimentación y una instalación de agua potable o el sistema de circulación.

- 15 Una tubería de consumo es una tubería que conduce agua desde el grifo de cierre principal hasta las conexiones de los puntos de toma y en caso dado al interior de aparatos. Una tubería de alimentación colectiva es una tubería de consumo horizontal entre el grifo de cierre principal y una tubería ascendente. Una tubería ascendente (descendente) se extiende entre planta y planta y de ella se ramifican las tuberías de planta o tuberías de alimentación individuales. Una tubería de planta es la tubería que se ramifica de la tubería ascendente (descendente) dentro de una planta y de la que se ramifican tuberías de alimentación individuales. Una tubería de alimentación individual es la tubería que conduce a un punto de toma.

- 20 En una forma de realización de la invención está previsto que al menos una tubería de avance esté conectada con al menos una tubería anular.

En otra forma de realización de la invención está previsto que al menos una ramificación de la tubería de circulación salga de la al menos una tubería de avance.

- 25 En otra forma de realización de la invención está previsto que al menos una ramificación de la al menos una tubería de circulación salga de la al menos una tubería anular.

En otra forma de realización de la invención está previsto que la al menos una tubería de avance incluya al menos una tubería ascendente y/o una tubería de planta.

En otra forma de realización de la invención está previsto que la al menos una tubería de avance incluya una tubería

de alimentación colectiva que está unida a una red de distribución de agua con una conexión.

En otra forma de realización de la invención está previsto que la conexión esté unida con al menos una tubería de conexión y/o al menos una tubería de consumo.

- 5 En otra forma de realización de la invención está previsto que en la al menos una tubería de avance y/o en la al menos una tubería anular esté dispuesto al menos un divisor de flujo estático o dinámico, con el que está conectado preferiblemente un punto de toma de agua. Preferiblemente tiene lugar una división porcentual de los flujos volumétricos de un 95% en la bajada y un 5% en el paso.

- 10 En otra forma de realización de la invención está previsto que por medio del dispositivo de regulación de temperatura para la refrigeración del agua circulante se transfiera energía térmica desde el agua circulante hasta otro flujo de material, preferiblemente mediante un intercambiador de calor, con lo que se puede lograr una optimización del proceso de refrigeración mediante la elección adecuada del otro flujo de material, por ejemplo propano, y una reducción de la energía requerida para el funcionamiento del dispositivo de refrigeración.

- 15 En otra forma de realización de la invención está previsto que el dispositivo de refrigeración esté acoplado térmicamente con un generador de frío, preferiblemente una bomba de calor, un enfriador de agua o una red de suministro de frío, con lo que también se puede lograr una reducción de la energía requerida para el proceso de refrigeración.

- 20 En otra forma de realización de la invención están previstas la determinación de una curva característica de consumo de la bomba de circulación en función del flujo volumétrico transportado de la bomba de circulación, y la determinación de una curva característica de consumo del dispositivo de refrigeración en función de una temperatura del agua en el orificio de salida, y el ajuste de un flujo volumétrico V_z y una temperatura del agua T_a en el orificio de salida de tal modo que el consumo de potencia de la bomba de circulación y el dispositivo de refrigeración adopte un valor mínimo relativo o absoluto, con lo que se mejora la eficiencia energética del procedimiento.

En otra forma de realización de la invención está previsto convenientemente que para la temperatura T_{soll} se elija un valor de 20 °C +/- 5 °C y para la temperatura del agua T_a en el orificio de salida se elija un valor de 15 °C +/- 5 °C.

- 25 En otra forma de realización de la invención está previsto que al menos un tramo del sistema de tuberías esté configurado como tubería de circulación exterior, ya que en particular en sistemas de circulación ya existentes generalmente están instaladas tuberías de circulación exteriores.

En otra forma de realización de la invención está previsto que al menos un tramo esté configurado como tubería de circulación interior, ya que con frecuencia éstas están instaladas en sistemas de circulación recientes o nuevos.

Otras ventajas se desprenden de la siguiente descripción de los dibujos.

- 30 En los dibujos están representados ejemplos de realización en la descripción. Los dibujos, la descripción y las reivindicaciones incluyen numerosas características en combinación. El experto convenientemente también considerará las características de forma individual y las agrupará en otras combinaciones útiles.

Se muestran a modo de ejemplo:

- Figura 1a: un sistema de circulación en una representación esquemática;
- 35 Figura 1b: una representación de un sistema de circulación según la invención;
- Figura 2: otra forma de realización de un sistema de circulación;
- Figura 3, 3b, 3c: otra forma de realización de un sistema de circulación;
- Figura 4: otra forma de realización de un sistema de circulación;
- Figura 5: otra forma de realización de un sistema de circulación;
- 40 Figura 6: otra forma de realización de un sistema de circulación;
- Figura 7: otra forma de realización de un sistema de circulación;
- Figura 8: otra forma de realización de un sistema de circulación;
- Figura 9: otra forma de realización de un sistema de circulación según la invención;
- Figura 10: otra forma de realización de un sistema de circulación según la invención.

- 45 Los sistemas de circulación representados en las Figuras solo representan ejemplos, sin que por ello la invención esté limitada a estos sistemas. En todos los sistemas representados, en un nudo entran exactamente dos flujos volumétricos y sale un flujo volumétrico, o entra exactamente un flujo volumétrico y salen exactamente dos flujos

volumétricos, como por ejemplo en caso de una pieza en T. No obstante, la invención no está limitada a sistemas con nudos de este tipo. En principio, todas las tuberías representadas entre nudos y entre nudos y el orificio de entrada así como entre nudos y el orificio de salida consisten en uno o más tramos, tal como se define más arriba.

Los componentes del mismo tipo están provistos de símbolos de referencia iguales.

- 5 Para una mejor comprensión de la invención, en primer lugar se describe en contraste un sistema de circulación ya descrito en el documento PCT/EP2019/062547, según la Figura 1a.

En el sistema de circulación representado en la Figura 1a, un nudo K1 está conectado a través de una tubería 4a de avance a un orificio 12b de salida de un dispositivo 12 de refrigeración. El dispositivo 12 de refrigeración tiene conexiones en el lado del circuito de refrigeración y una bomba 13 en el lado del circuito de refrigeración.

- 10 En el nudo K1 están previstas una ramificación a una tubería colectiva 4, una tubería de conexión a una conexión 1 en una red de distribución de agua y una tubería 3 de consumo, no perteneciendo esta última ni la tubería de conexión al sistema de circulación. Por lo tanto, en el nudo K1 no tiene lugar ninguna división de flujos volumétricos.

- La tubería 4 de alimentación colectiva está conectada con una tubería ascendente 5 que desemboca en un nudo K2. El nudo K2 se ramifica en una tubería 6 de planta y una tubería ascendente 5, que desemboca en un nudo K3 y en el
15 que tiene lugar una ramificación a una tubería 6 de planta y una tubería ascendente 5, está conectada con una tubería 6 de planta que desemboca en un nudo K4. El nudo K2 está conectado con un nudo K6 a través de una tubería 6 de planta. El nudo K3 está conectado con un nudo K5 a través de una tubería 6 de planta.

Dos tramos TS1 y TS2, caracterizados explícitamente como tales, están conectados a través del nudo K4, representando el tramo TS1 la tubería 6 de planta y TS2 una tubería de circulación.

- 20 En el nudo K4 tiene lugar además una ramificación a través de una tubería 7 de alimentación individual a un punto 9 de toma. Para simplificar, las tuberías de alimentación individuales y los puntos de toma conectados con los nudos K2 o K3 no están provistos de símbolos de referencia. Dado que el sistema de circulación según la invención para la realización del procedimiento según la invención funciona en un estado en el que no tiene lugar ninguna toma de agua, en adelante aquellos nudos que están asignados a puntos de toma están excluidos de las consideraciones y, a
25 excepción del nudo K4, correspondientemente no están provistos de símbolos de referencia en los dibujos.

El tramo TS2 está conectado a una tubería 10a de circulación vertical que desemboca en el nudo K5. El nudo K5 está conectado a una tubería 10a de circulación que desemboca en el nudo K6. El nudo K6 está conectado a una tubería 10a de circulación vertical que está conectada a una tubería 10a de circulación horizontal, que a su vez está conectada a la bomba 10b de circulación a través de una tubería de circulación vertical.

- 30 El sistema de circulación según la invención representado en la Figura 1b para agua potable caliente PWC tiene una estructura análoga a la del sistema representado en la Figura 1a, pero el número de referencia 12 designa un dispositivo de calentamiento que está conectado al orificio 12a de entrada para agua potable fría PWC a través de una tubería 4' de conexión. El orificio 12b de salida está conectado a una tubería ascendente 5. El número de referencia 9 designa el último punto de toma para agua caliente PWH. La tubería 10a de circulación del sistema de circulación PWH-
35 C está conectada al orificio 12a de entrada a través de la bomba 10b de circulación. El dispositivo de calentamiento tiene conexiones en el lado del circuito de calentamiento y una bomba 13 en el lado del circuito de calentamiento.

En otra forma de realización de la invención en la Figura 1a, en el punto de nudo K1, está prevista una válvula que puede cerrar temporalmente el suministro de agua de la conexión 1, pudiendo calentarse agua potable, designando el número de referencia 12 un dispositivo de calentamiento o un dispositivo de regulación de temperatura.

- 40 El sistema de circulación representado en la Figura 2 tiene una estructura análoga a la del sistema de la Figura 1a, pero en las tuberías 6 de planta están previstas tuberías anulares, utilizándose un símbolo de referencia 8 únicamente en la tubería anular más alta representada en la Figura 2, para simplificar. La tubería anular 8 tiene asignado un divisor 8a de flujo opcional. Las tuberías anulares tienen asignados nudos K21 a K32. Se entiende que la invención también incluye aquellos sistemas que solo presentan una tubería anular.

- 45 En la Figura 3 está representado otro sistema con nudos K31 a K34, en el que, sin embargo, las tuberías 10a de circulación que desembocan en los nudos K34 y K35 se extienden paralelas a las tuberías 6 de planta que salen de los nudos K32 y K33.

- Además, en la tubería 6 de planta más alta está dispuesto un dispositivo 14 de refrigeración descentralizado con un orificio 14a de entrada y un orificio 14b de salida, no estando representadas las conexiones presentes de un circuito
50 del lado frío así como una bomba correspondiente, para simplificar la representación.

Análogamente, en las otras tuberías de planta pueden estar dispuestos otros dispositivos de refrigeración descentralizados, como está representado en la Figura 3a.

En otra forma de realización análoga a la Figura 3 se puede omitir el intercambiador 12 de calor, en cuyo caso es obligatorio el uso de un dispositivo 14 de refrigeración o de varios dispositivos 14 de refrigeración, como está

representado en la Figura 3b.

Análogamente a la forma de realización de la Figura 3, en las tuberías ascendentes 5 o en las tuberías de planta de las formas de realización de las Figuras 1, 2 y 4 a 8 pueden estar previstos dispositivos de refrigeración, por ejemplo como en la Figura 3 con un dispositivo 12' de refrigeración.

- 5 La Figura 4 muestra un sistema con nudos K41 a K51 como en la Figura 3, pero en las tuberías de planta están previstas tuberías anulares 8.

La Figura 5 muestra un sistema con nudos K51 a K55, en el que unas tuberías 10 de circulación se extienden paralelas a las tuberías ascendentes 5 conectadas a los nudos K52, K53.

- 10 La Figura 6 muestra un sistema con los nudos K61 a K69b, estando previstas tuberías anulares entre los nudos K63, K64, K66, K67 así como K68, K69.

La Figura 7 muestra un sistema con los nudos K71 a K75, estando unas tuberías ascendentes 5 conectadas con los nudos K72 y K73.

La Figura 8 muestra un sistema con nudos K81 a K89b análogo al de la Figura 7, pero con tuberías anulares dispuestas entre los nudos K89a, K89b, K88, K89 así como K84 y K85.

- 15 La Figura 9 muestra un sistema con un dispositivo 12', que está conectado a través de una tubería 2' con el orificio 12a' de entrada a un suministro 1 de agua. El orificio 12b' de salida está conectado con una tubería colectiva 4a al nudo K91 y tuberías ascendentes 5. La tubería 10a de circulación está conectada al orificio 12a' de entrada.

El dispositivo 12' puede estar configurado como dispositivo de refrigeración, dispositivo de calentamiento o dispositivo de regulación de temperatura.

- 20 La Figura 10 muestra un sistema con un dispositivo 20, que está conectado a través de una tubería 2' con el orificio 20a' de entrada a un suministro 1 de agua. El orificio 20b' de salida está conectado con una tubería colectiva 4a al nudo K101 y tuberías ascendentes 5. La tubería 10a de circulación está conectada aguas abajo del orificio 20b' de salida.

El dispositivo 20 puede estar configurado como dispositivo de refrigeración, dispositivo de calentamiento o dispositivo de regulación de temperatura.

- 25 El sistema incluye además el dispositivo 12, cuyo orificio 12b de salida está conectado con una tubería colectiva 4a al nudo K101 y tuberías ascendentes 5. La tubería 10a de circulación está conectada al orificio 12a de entrada.

El dispositivo 12 puede estar configurado como dispositivo de refrigeración, dispositivo de calentamiento o dispositivo de regulación de temperatura.

- 30 Las formas de realización representadas en las Figuras 1, 3, 5, 7 también pueden permitir la circulación solo en áreas parciales. Así, los tramos también pueden representar, por ejemplo, instalaciones en viviendas que, debido a diversos requisitos (interrupción del consumo de agua), no han de participar en la circulación. En este caso, un intercambio de agua para mantener la temperatura deseada sería posible por medio de programadores de lavado.

- 35 El procedimiento según la invención se realiza en los sistemas de las Figuras 1 a 8 del modo arriba descrito, en donde, a partir de un valor inicial de temperatura $T_{MA}^* < T_{soll}$ y un valor inicial de flujo volumétrico V_z^* para el primer tramo conectado al orificio (12b) de salida, se determina una variación de temperatura del agua entre el área inicial y el área final correspondientemente a un modelo de la variación de temperatura.

- 40 Además se determina una variación de temperatura del agua entre el área inicial y el área final para cada otro tramo dado correspondientemente al modelo de la variación de temperatura, bajo la condición límite de que la temperatura del agua en el área inicial del tramo dado sea igual a la temperatura del agua en el área final del tramo al que está conectado el tramo dado.

Preferiblemente se utiliza el modelo de la variación de temperatura axial arriba descrito, según el cual en el área final de un tramo de longitud L se determina la temperatura del agua T_{ME} mediante la fórmula

$$T_{ME} = (T_{MA} - T_{Luf}) \cdot e^{-\epsilon \cdot L} + T_{Luf}$$

$$\epsilon = \frac{k_2}{m \cdot M \cdot c_{pm}} = \frac{k_2}{V_M \cdot \rho_M \cdot c_{pm}}$$

El valor T_a de la temperatura del agua y el valor V_z del flujo volumétrico en el orificio 12b de salida se eligen de tal modo

que en el área final de cada tramo del sistema de circulación la temperatura del agua sea $T_{ME} < T_{soll}$ y en el orificio 12a de entrada la temperatura del agua sea $T_b < T_{soll}$, con $T_{soll} - T_b < \theta$, en donde $\theta > 0$ es un valor predeterminado.

Se entiende que la bomba 10b de circulación no funciona siempre con un flujo volumétrico constante, es decir, independientemente de si la temperatura en el orificio 12a de entrada tiene exactamente el valor ajustado o incluso está por debajo de éste.

Si por diversos motivos la temperatura en el orificio 12a de entrada fuera, por ejemplo, de aproximadamente 17 °C, estando predeterminados por ejemplo como máximo 20 °C, el flujo volumétrico desplazado de la bomba 10b de circulación se podría reducir. Esto puede tener lugar, por ejemplo, de forma automática controlado por la temperatura. Como resultado de ello se producirían ahorros de energía.

Del mismo modo, en un caso así el flujo volumétrico desplazado de la bomba 13 también se puede reducir por control de temperatura.

Si por diversos motivos la temperatura en el orificio de entrada fuera, por ejemplo, de aproximadamente 17 °C (estando predeterminados por ejemplo como máximo 20 °C), también se podría adaptar la temperatura de salida en el circuito de refrigeración. Como resultado de ello se producirían ahorros de energía.

Lista de símbolos de referencia

- | | |
|------|---|
| 1 | Conexión a una red de distribución de agua |
| 2 | Tubería de conexión |
| 3 | Tubería de consumo |
| 4 | Tubería de alimentación colectiva |
| 4a | Tubería de alimentación colectiva |
| 5 | Tubería ascendente (descendente) |
| 6 | Tubería de planta |
| 7 | Tubería de alimentación individual |
| 8 | Tubería anular |
| 8a | Divisor de flujo estático o dinámico |
| 9 | Punto de toma |
| 10 | Sistema de circulación |
| 10a | Tubería de circulación |
| 10b | Bomba de circulación |
| 12 | Dispositivo de regulación de temperatura, dispositivo de refrigeración, intercambiador de calor |
| 12a | Orificio de entrada |
| 12b | Orificio de salida |
| 12' | Dispositivo de regulación de temperatura, dispositivo de refrigeración, intercambiador de calor |
| 12a' | Orificio de entrada |
| 12b' | Orificio de salida |
| 13 | Bomba |
| 13' | Bomba |
| 14 | Dispositivo de regulación de temperatura, dispositivo de refrigeración, intercambiador de calor |
| 14a | Orificio de entrada |
| 14b | Orificio de salida |
| 14' | Dispositivo de regulación de temperatura, dispositivo de refrigeración, intercambiador de calor |
| 15 | Bomba |
| 20 | Dispositivo de regulación de temperatura, dispositivo de refrigeración, intercambiador de calor |
| 20a | Orificio de entrada |
| 20b | Orificio de salida |
| 21 | Bomba |
| 21a | Orificio de entrada |
| 21b | Orificio de salida |

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para el funcionamiento de un sistema (10) de circulación con un dispositivo de regulación de temperatura con un orificio de entrada y un orificio de salida para la regulación de temperatura de agua y con un sistema de tuberías con varias ramas, que presentan uno o más tramos con un acoplamiento térmico determinado con un entorno y que están conectadas mediante nudos, en donde una o más de las tuberías del sistema de tuberías están configuradas como tuberías (4, 5, 6) de avance, al menos una tubería (7) de alimentación individual conectada con un punto (9) de toma y al menos una tubería configurada como tubería (10a) de circulación está conectada con la o las tuberías (4, 5, 6) de avance,
 - 5 con las etapas consistentes en
 - 10 - ajustar una temperatura de agua en el orificio de salida a un valor T_a por medio del dispositivo de regulación de temperatura;
 - ajustar un flujo volumétrico en el orificio de entrada a un valor V_z ;
 caracterizado por las siguientes etapas
 - 15 - determinar, en particular calcular, una variación de temperatura del agua entre el área inicial y el área final correspondientemente a un modelo de la variación de temperatura axial para el primer tramo conectado al orificio de salida, a partir de un valor inicial de temperatura T_{MA}^* y un valor inicial de flujo volumétrico V_z^* ;
 - determinar, en particular calcular, una variación de temperatura del agua entre el área inicial y el área final para cada otro tramo dado correspondientemente al modelo de la variación de temperatura, bajo la condición límite de que la temperatura del agua en el área inicial del tramo dado sea igual a la temperatura del agua en el área final del tramo al que está conectado el tramo dado; y
 - 20 - elegir el valor T_a de la temperatura del agua y el valor V_z del flujo volumétrico en el orificio de salida de tal modo que en el área final de cada tramo la temperatura del agua T_{ME} esté en un intervalo de temperatura alrededor de T_{soll} ,
 en particular
 - 25 que la temperatura del agua en el orificio de entrada se ajuste a $T_b < T_{soll}$, con $T_{soll} - T_b < \theta$, en donde $\theta > 0$ es un valor predeterminado, y
 - que el dispositivo (12') de regulación de temperatura esté conectado con su orificio (12a') de entrada a la tubería (10a) de circulación y, a través de una tubería (2'), a una distribución (1) de agua, o
 - 30 que esté previsto un dispositivo para refrigerar agua (20), que está conectado a través de una tubería (2) con un orificio (20a) de entrada a una distribución (1) de agua, en donde la tubería (10a) de circulación está conectada aguas debajo de un orificio (20b) de salida del dispositivo (20).
 2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que los valores T_a y V_z se determinan en un procedimiento de aproximación iterativo, en el que, a partir de un valor inicial de temperatura T_{MA}^* y un valor inicial de flujo volumétrico V_z^* para el primer tramo conectado al orificio de salida, para cada otro tramo dado se calcula la variación de temperatura del agua entre el área inicial y el área final, bajo la condición límite de que la temperatura del agua en el área inicial del tramo dado sea igual a la temperatura del agua en el área final del tramo al que está conectado el tramo dado.
 3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que los tramos están configurados a lo largo de la longitud entre su área inicial y su área final de modo uniforme en cuanto a su acoplamiento térmico con el entorno.
 - 40 4. Procedimiento según la reivindicación 3, caracterizado por que en el área final de al menos un tramo de longitud L se determina la temperatura del agua T_{ME} mediante la fórmula

$$T_{ME} = (T_{MA} - T_{Luft}) * e^{-\epsilon * L} + T_{Luft}$$

$$\epsilon = \frac{k_g}{m \dot{M} + c_{pm}} = \frac{k_g}{V \dot{M} + \dot{M} * c_{pm}}$$

en donde

L = longitud del tramo uniforme (T_{SI}) (m)

- T_{MA} = temperatura del agua en el área inicial ($^{\circ}C$)
 T_{ME} = temperatura del agua en el área final ($^{\circ}C$)
 T_{Luft} = temperatura del aire ambiente ($^{\circ}C$)
 k_R = coeficiente de transmisión térmica de la tubería ($W/(m^2 \cdot K)$)
5 m_M = flujo másico del agua en el tramo (kg/s)
 $c_{p,m}$ = capacidad térmica específica del agua ($J/(kg \cdot K)$)
 V_M = flujo volumétrico del agua en el tramo (m^3/s)
 ρ_M = densidad del agua (kg/m^3).

- 10 5. Procedimiento según la reivindicación 4, caracterizado por que el coeficiente de transmisión térmica de los tramos está determinado según la fórmula

$$\frac{1}{k_R} = \frac{1}{d_i \cdot \alpha_i \cdot \pi} + \frac{1}{\Lambda_R} + \frac{1}{d_a \cdot \alpha_a \cdot \pi}$$

en donde

- $1/k_R$ = resistencia de transmisión térmica de la tubería ($m^2 \cdot K/W$)
 α_i = coeficiente de convección interior ($W/(m^2 \cdot K)$)
15 $1/\Lambda_R$ = resistencia térmica ($m^2 \cdot K/W$)
 α_a = coeficiente de convección exterior ($W/(m^2 \cdot K)$)
 d_a = diámetro exterior (m)
 d_i = diámetro interior (m)
y

20
$$\frac{1}{\Lambda_R} = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \left(\frac{1}{\lambda_r} \cdot \ln \frac{d_{aR}}{d_{iR}} + \frac{1}{\lambda_b} \cdot \ln \frac{d_{aB}}{d_{iB}} \right)$$

6. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que en el sistema (10) de circulación está integrada una bomba (10b) de circulación.

- 25 7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que los parámetros T_a y V_z se utilizan para, en un sistema de circulación dado, en el que el sistema de tuberías está diseñado correspondientemente a las disposiciones legales relativas a los diámetros nominales y el acoplamiento térmico del agua circulante con el entorno, determinar el diseño del dispositivo de regulación de temperatura en lo que respecta a su potencia de refrigeración.

8. Procedimiento según la reivindicación 6 o 7, caracterizado por
- la determinación de una curva característica de consumo de la bomba (10b) de circulación en función del flujo volumétrico transportado de la bomba (10b) de circulación;
 - 30 - la determinación de una curva característica de consumo del dispositivo de regulación de temperatura en función de una temperatura del agua en el orificio de salida;
 - el ajuste de un flujo volumétrico V_z y una temperatura T_a del agua en el orificio de salida del dispositivo de regulación de temperatura, de tal modo que el consumo de potencia de la bomba (10b) de circulación y el dispositivo de regulación de temperatura adopte un valor mínimo relativo o absoluto.

- 35 9. Sistema de circulación con un dispositivo de regulación de temperatura con un orificio de entrada, un orificio de salida y con un sistema de tuberías con varias ramas, que presentan uno o más tramos con un acoplamiento térmico determinado con un entorno y que están conectadas mediante nudos,

- en donde, con una división predeterminada de los flujos volumétricos que salen de los nudos, se determina una temperatura de agua de mezcla de los flujos volumétricos que salen de los nudos en función de los flujos volumétricos que entran en los nudos;
- 40

- en donde una o más de las tuberías del sistema de tuberías están configuradas como tuberías (4, 5, 6) de avance, al menos una tubería (7) de alimentación individual conectada con un punto (9) de toma y al menos una tubería configurada como tubería (10a) de circulación está conectada con la o las tuberías (4, 5, 6) de avance;

5 con

- medios para ajustar la temperatura del agua en el orificio de salida a un valor T_a mediante el dispositivo de regulación de temperatura;
- medios para ajustar un flujo volumétrico estacionario de agua circulante en el orificio de entrada a un valor V_z ;

caracterizado por

- 10
- medios de dispositivo para determinar una variación de temperatura del agua entre el área inicial y el área final de cada tramo, bajo la condición límite de que la temperatura del agua en el área final de un tramo dado sea igual a la temperatura del agua en el área inicial del tramo que está conectado al tramo dado en el sentido de la corriente del agua circulante; y

- 15
- medios de dispositivo para elegir el valor T_a de la temperatura del agua y el valor V_z del flujo volumétrico en el orificio de salida de tal modo que en el área final de cada tramo la temperatura del agua T_{ME} esté en un intervalo predeterminado alrededor de T_{soll} , en particular que en el orificio de entrada la temperatura del agua se ajuste a $T_b < T_{soll}$, con $T_{soll} - T_b < \theta$, en donde $\theta > 0$ es un valor predeterminado; y

- que el dispositivo (12') de regulación de temperatura esté conectado con su orificio (12a') de entrada a la tubería (10a) de circulación y, a través de una tubería (2') a un suministro (1) de agua;

20 o

- que esté previsto un dispositivo para refrigerar agua (20), que está conectado a través de una tubería (2) con un orificio (20a) de entrada a un suministro (1) de agua, en donde
- la tubería (10a) de circulación está conectada aguas debajo de un orificio (20b) de salida del dispositivo (20).

- 25
10. Sistema de circulación según la reivindicación 9, caracterizado por que están previstos medios de dispositivo para determinar los valores T_a y V_z en un procedimiento de aproximación iterativo, en el que, a partir de un valor inicial de temperatura $T_{MA}^* < T_{soll}$ y un valor inicial de flujo volumétrico V_z^* para el primer tramo conectado al orificio (12b) de salida, para cada tramo dado se calcula la temperatura del agua T_{ME} en su área final, en donde la temperatura del agua T_{MA}' en el área inicial del siguiente tramo conectado se elige igual a la temperatura del agua T_{ME} en el área final del tramo dado.

- 30
11. Sistema de circulación según la reivindicación 9 o 10, caracterizado por que los tramos están configurados a lo largo de la longitud entre su área inicial y su área final de modo uniforme en cuanto a su acoplamiento térmico con el entorno.

12. Sistema de circulación según las reivindicaciones 1 a 11, caracterizado por que en el sistema (10) de circulación está integrada una bomba (7) de circulación.

- 35
13. Sistema de circulación según las reivindicaciones 9 a 12, caracterizado por que por medio del dispositivo (12, 14) de regulación de temperatura se puede transferir energía térmica desde el agua circulante hasta otro flujo de material, preferiblemente mediante un intercambiador de calor.

- 40
14. Sistema de circulación según las reivindicaciones 9 a 13, caracterizado por que los parámetros T_a y V_z se utilizan para, en un sistema de circulación dado, en el que el sistema de tuberías está diseñado correspondientemente a las disposiciones legales relativas a los diámetros nominales y el acoplamiento térmico del agua circulante con el entorno, determinar el diseño del dispositivo de regulación de temperatura en lo que respecta a su potencia de refrigeración.

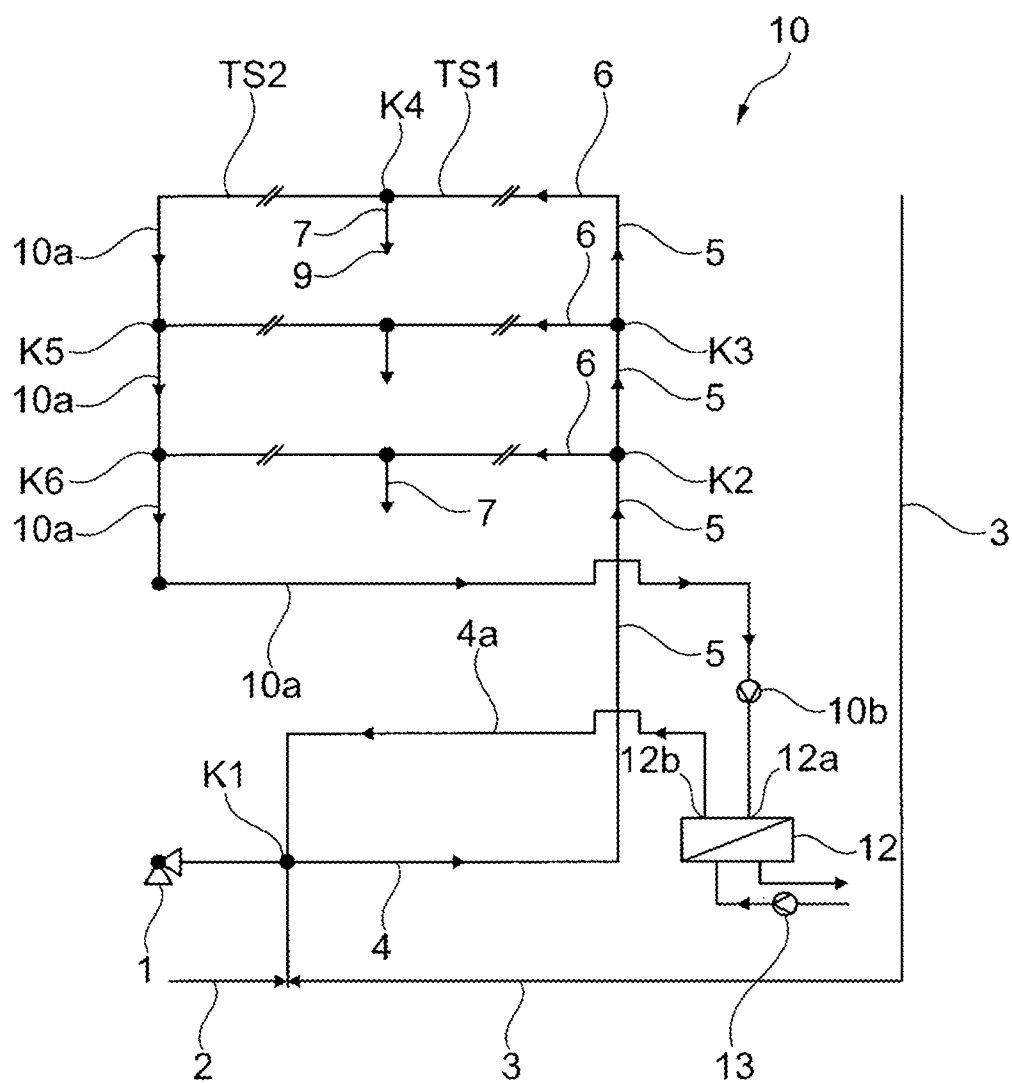


Fig. 1a

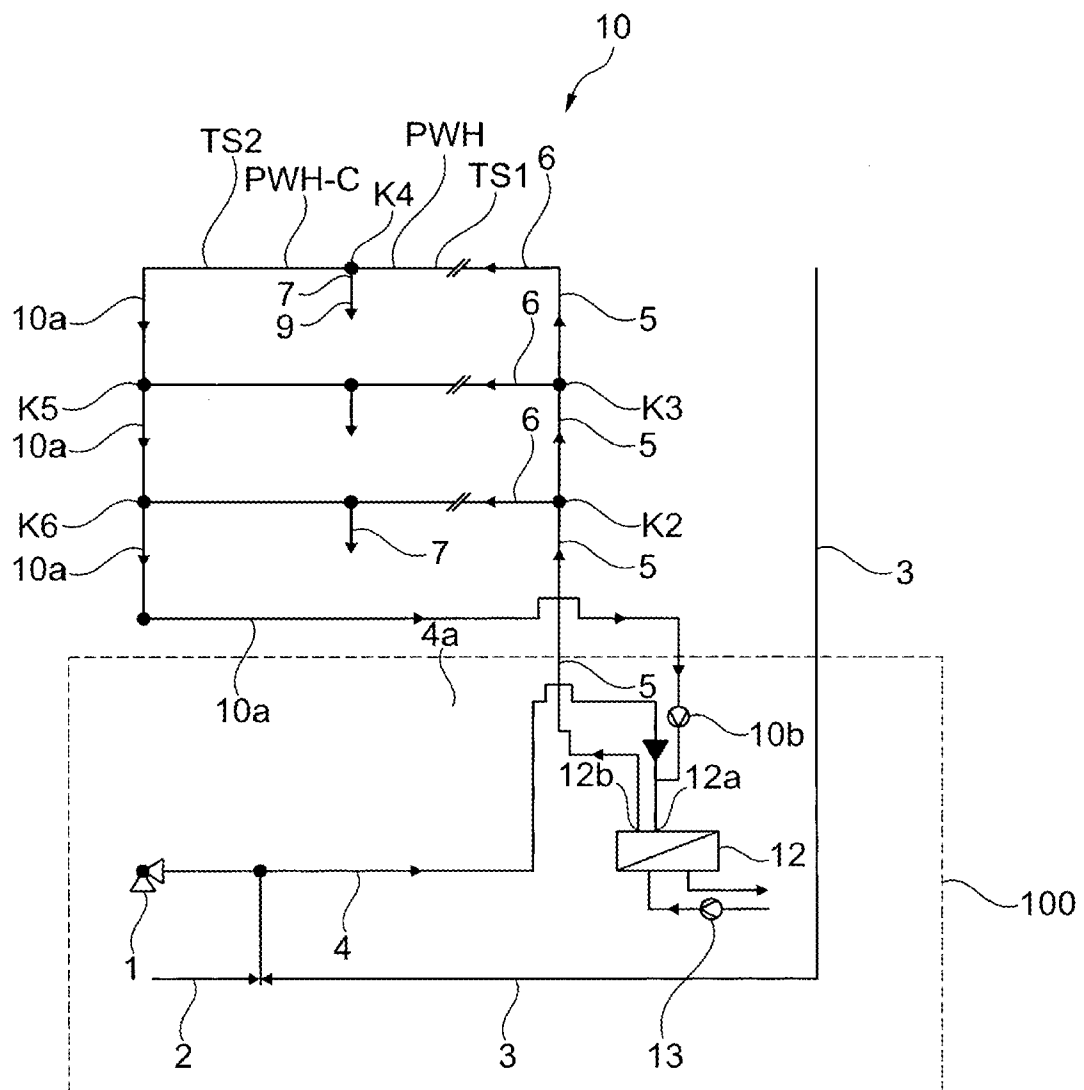


Fig. 1b

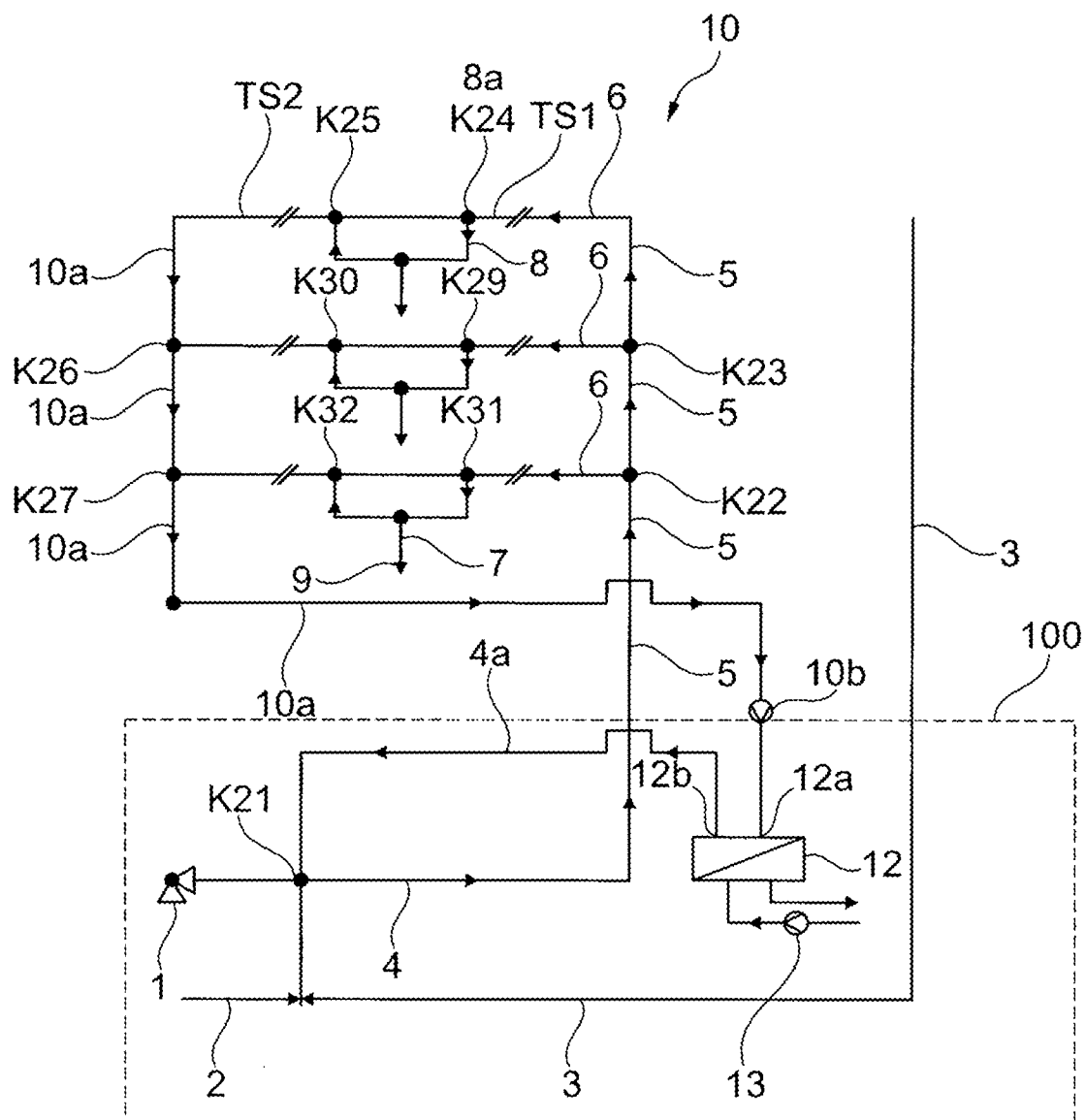


Fig. 2

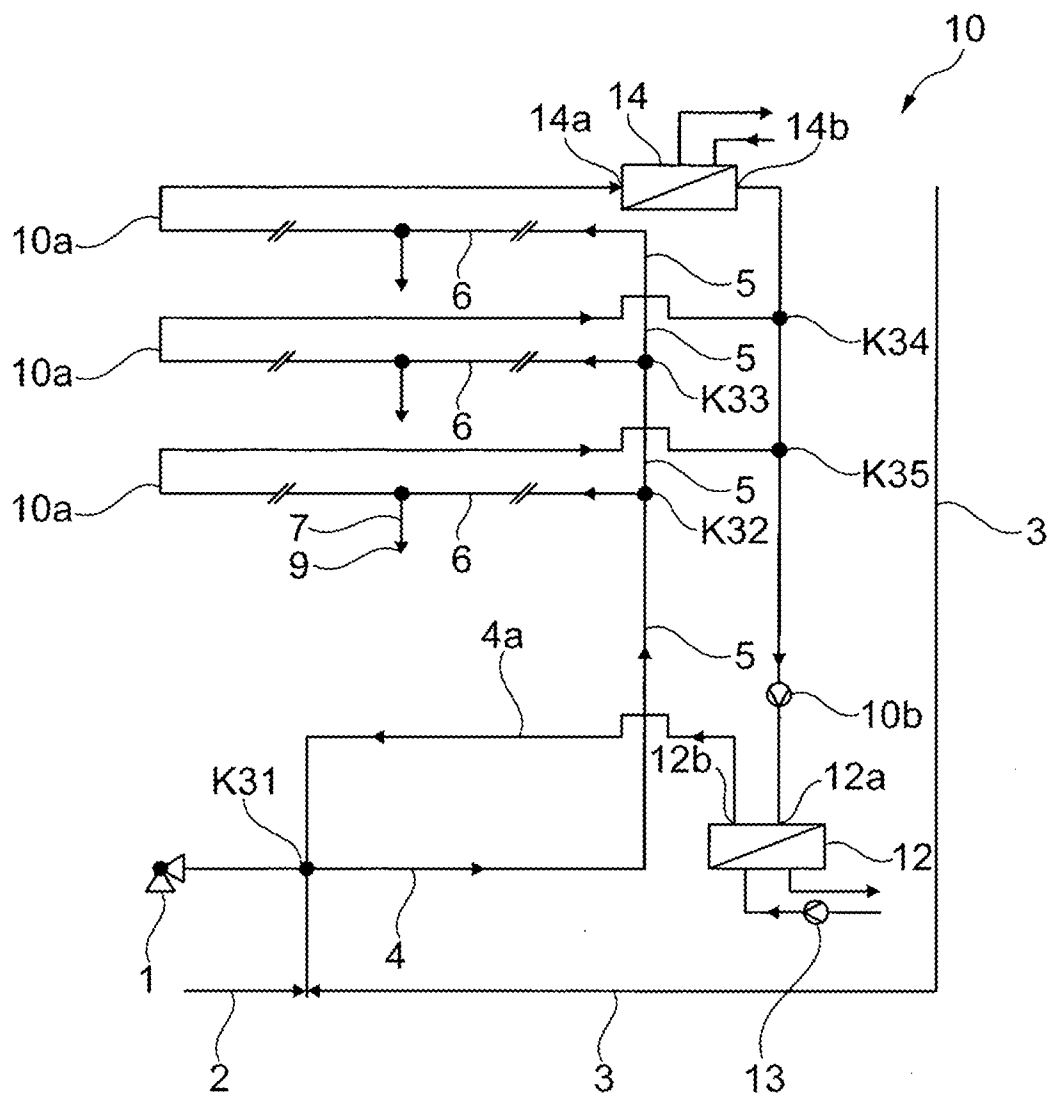


Fig. 3

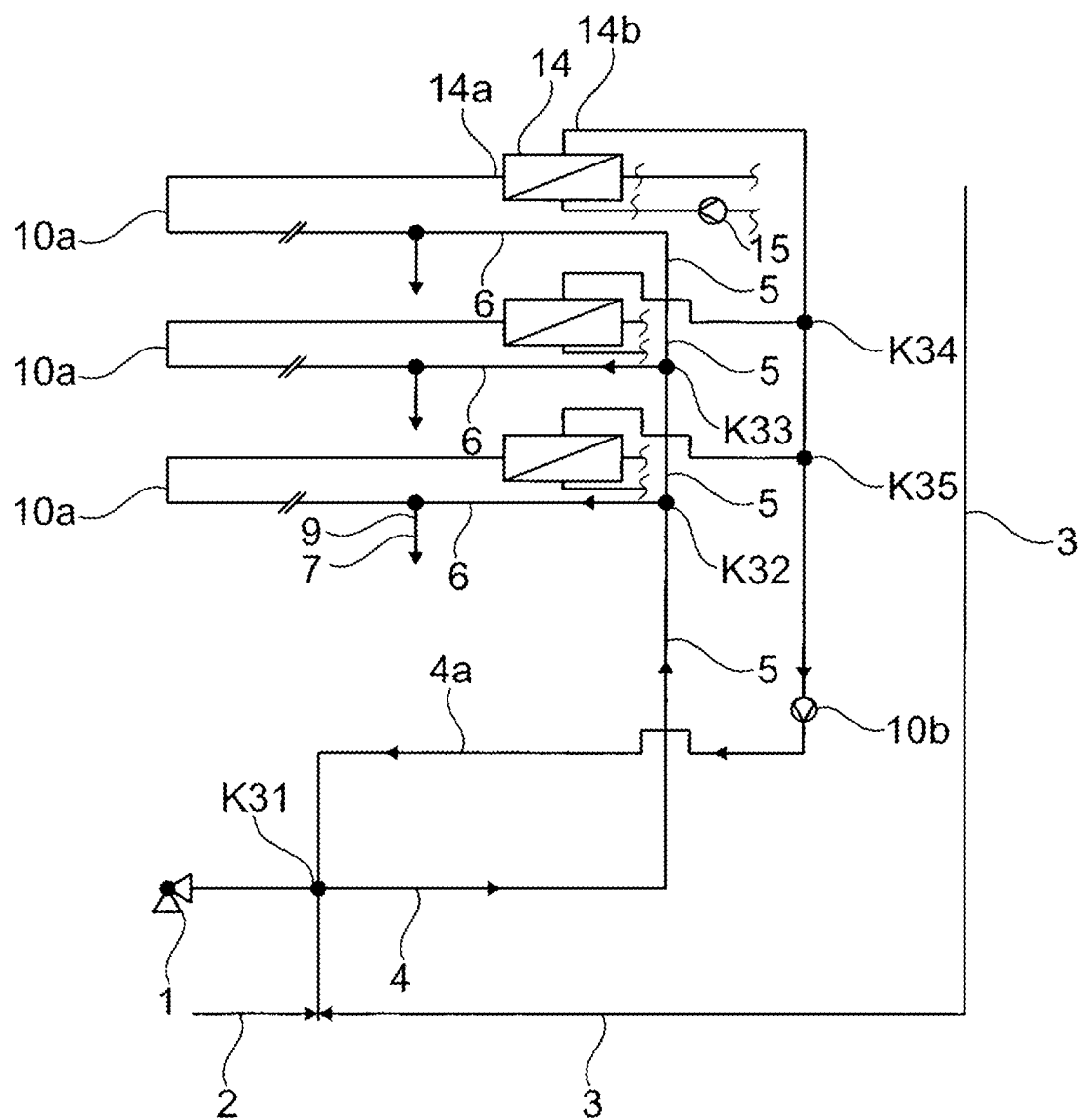


Fig. 3b

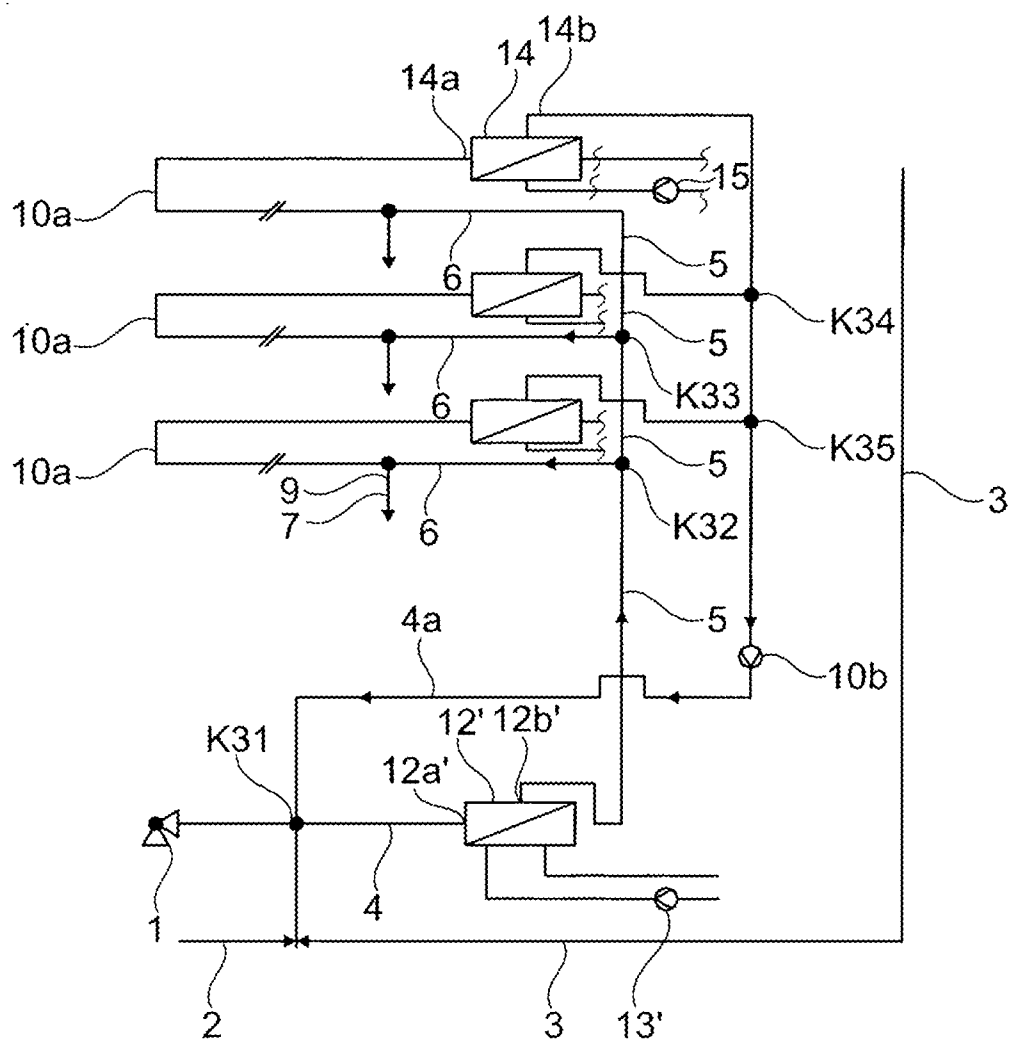


Fig. 3c

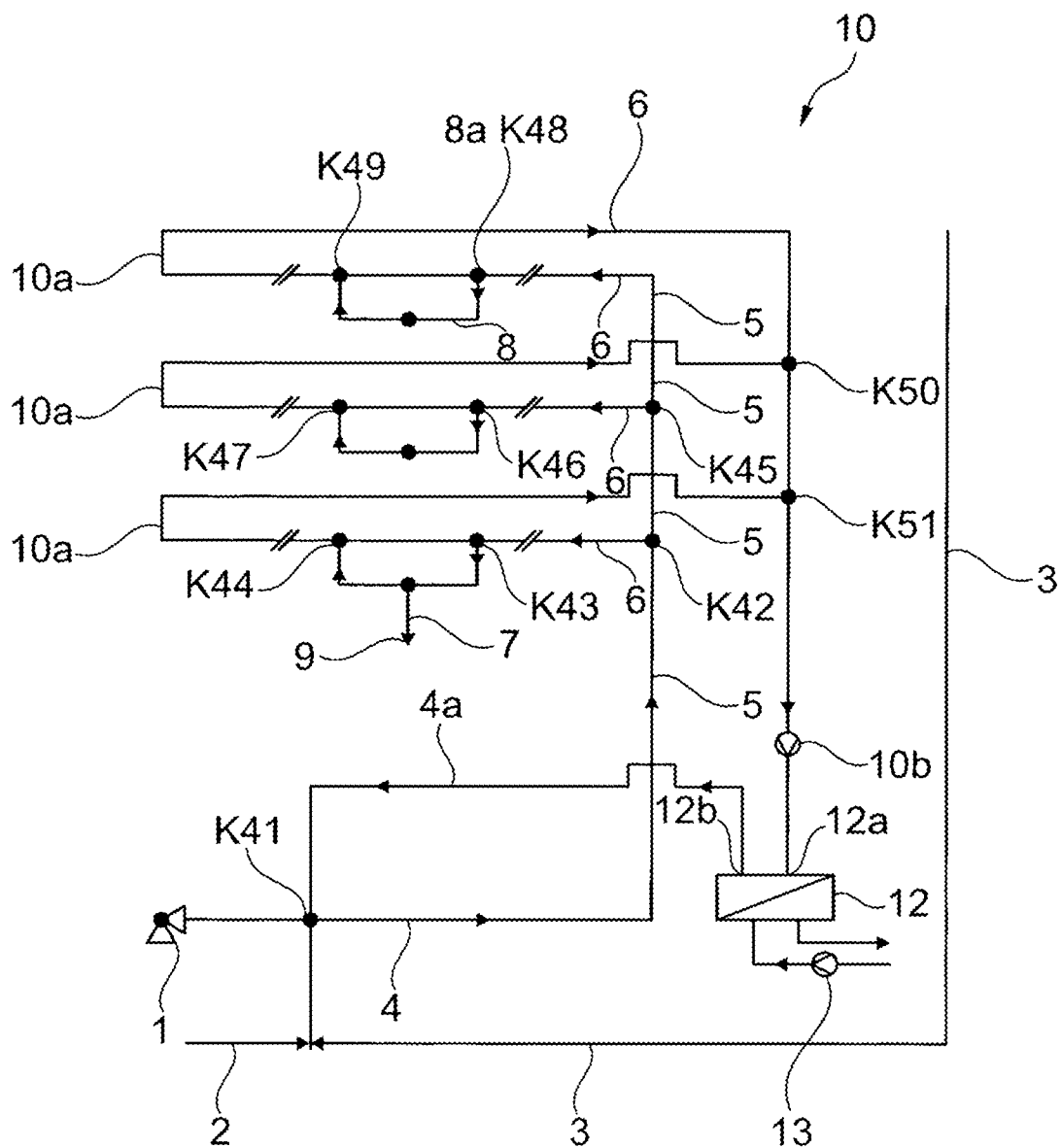


Fig. 4

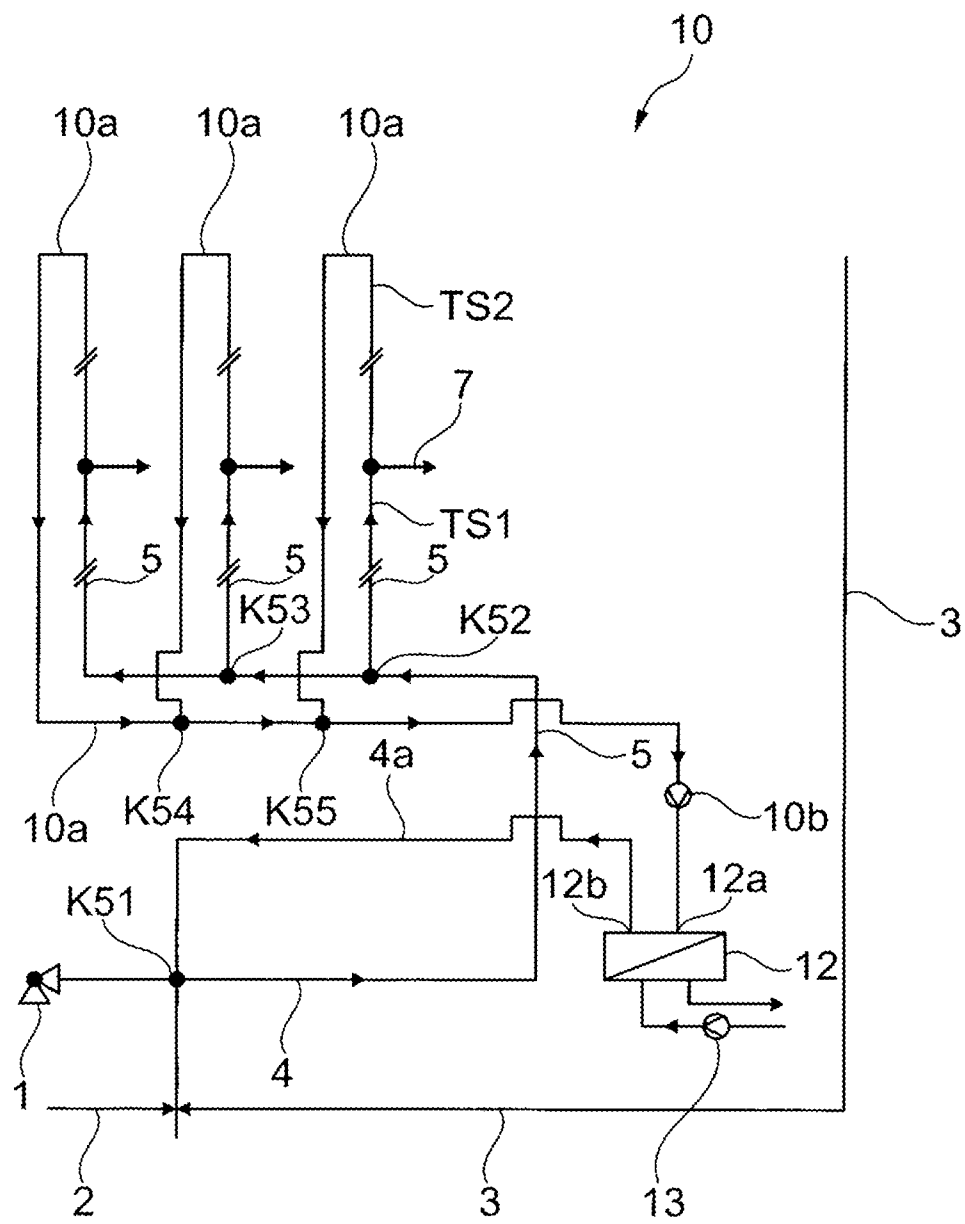


Fig. 5

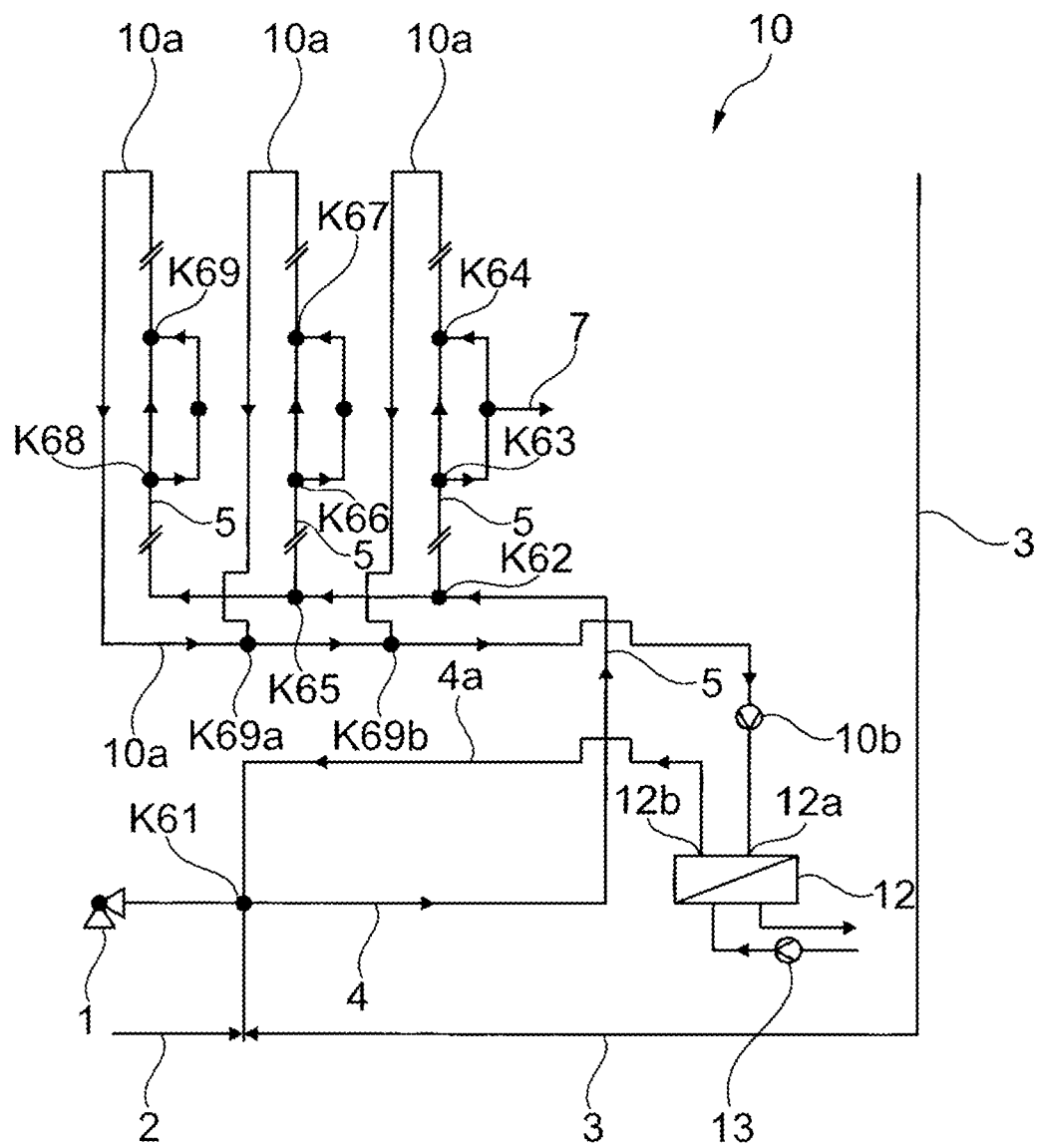


Fig. 6

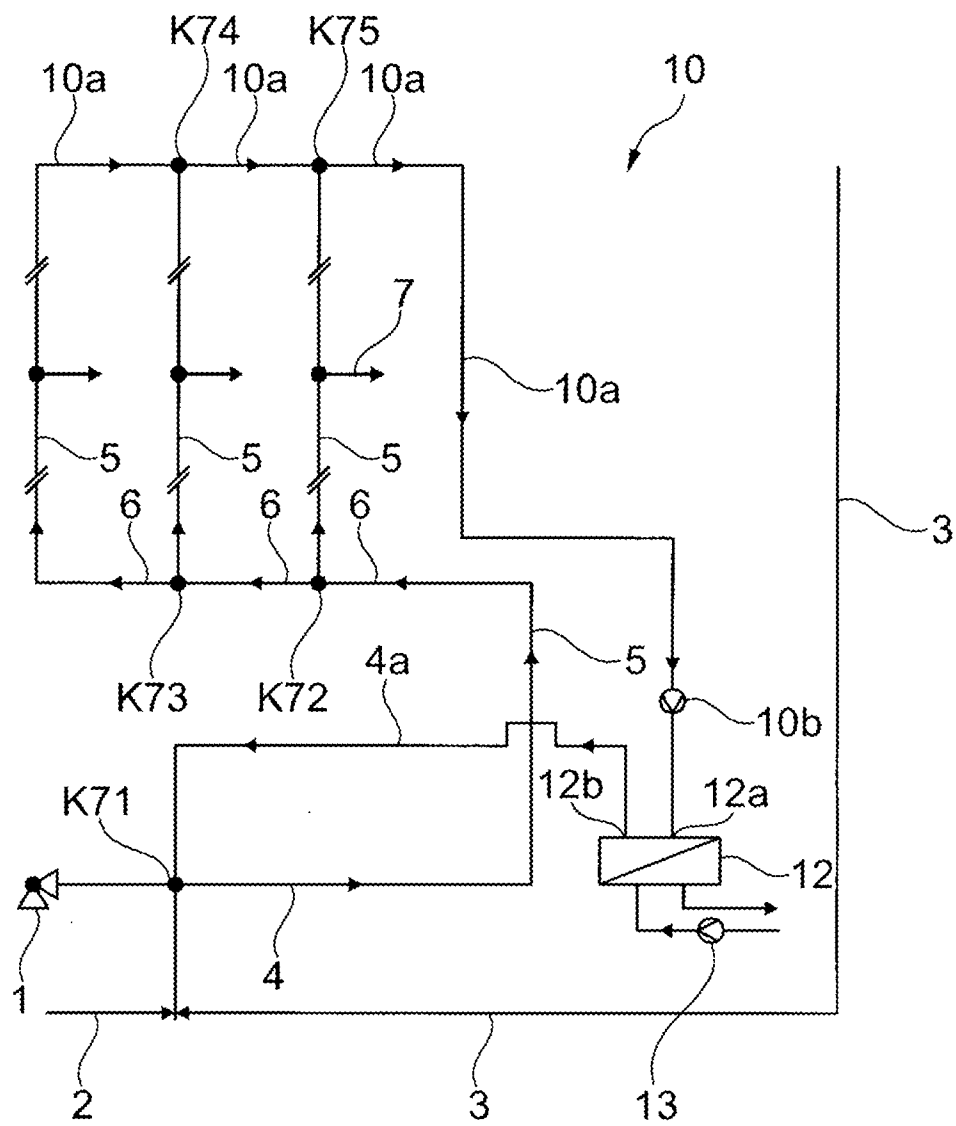


Fig. 7

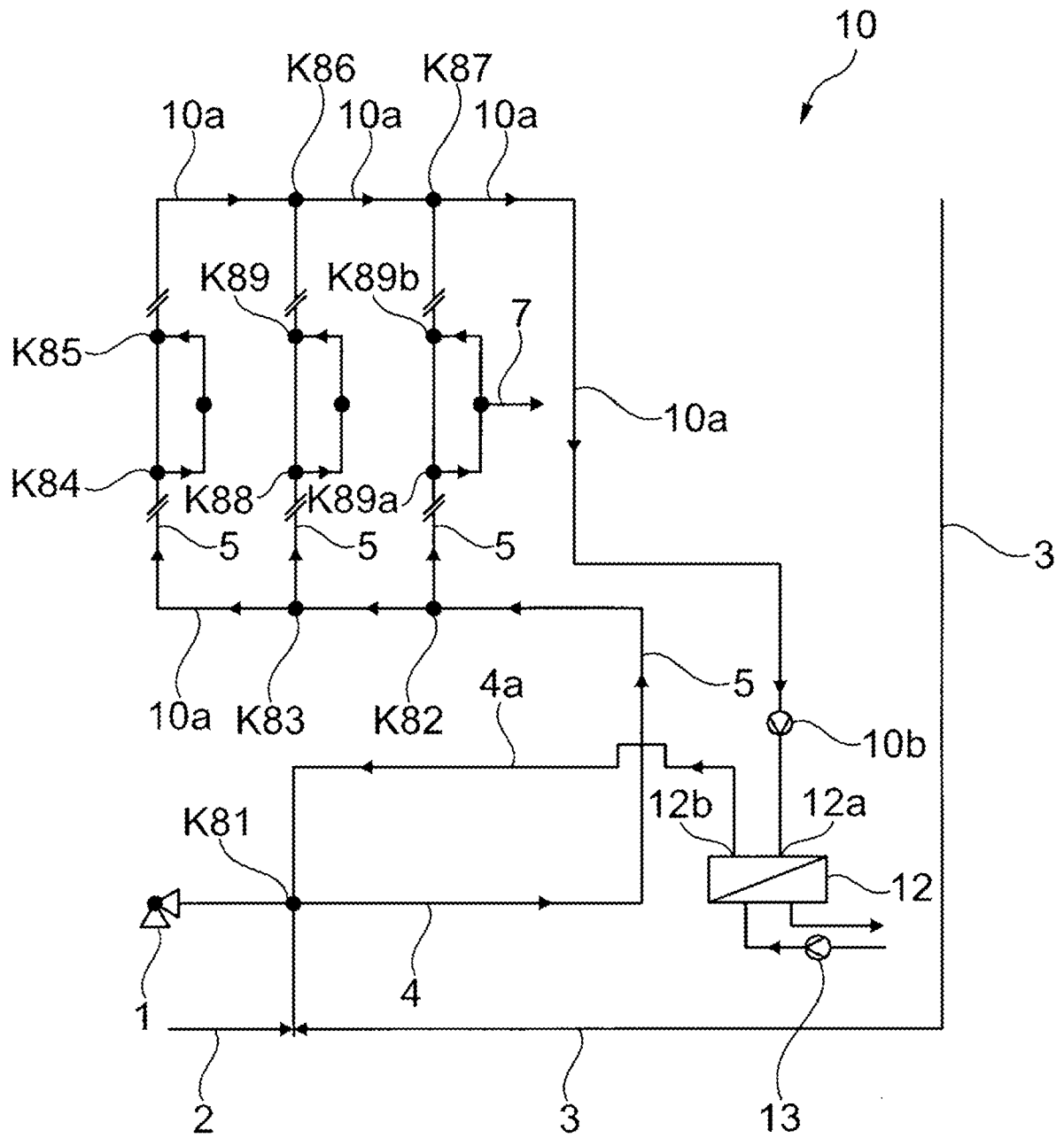


Fig. 8

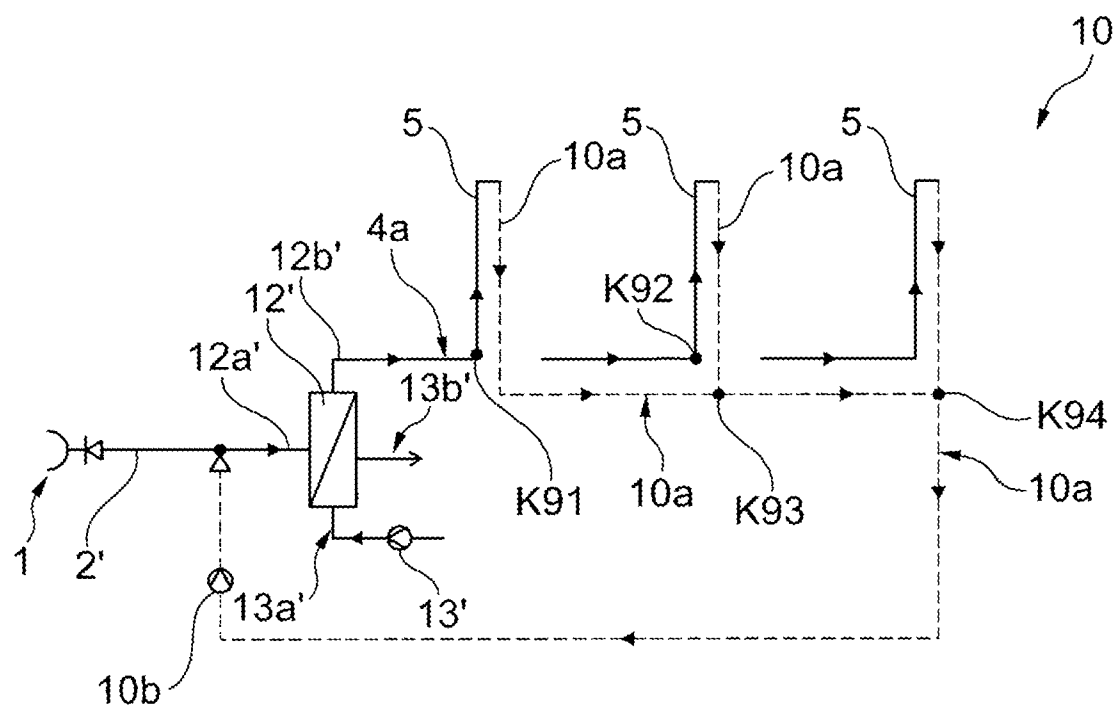


Fig. 9

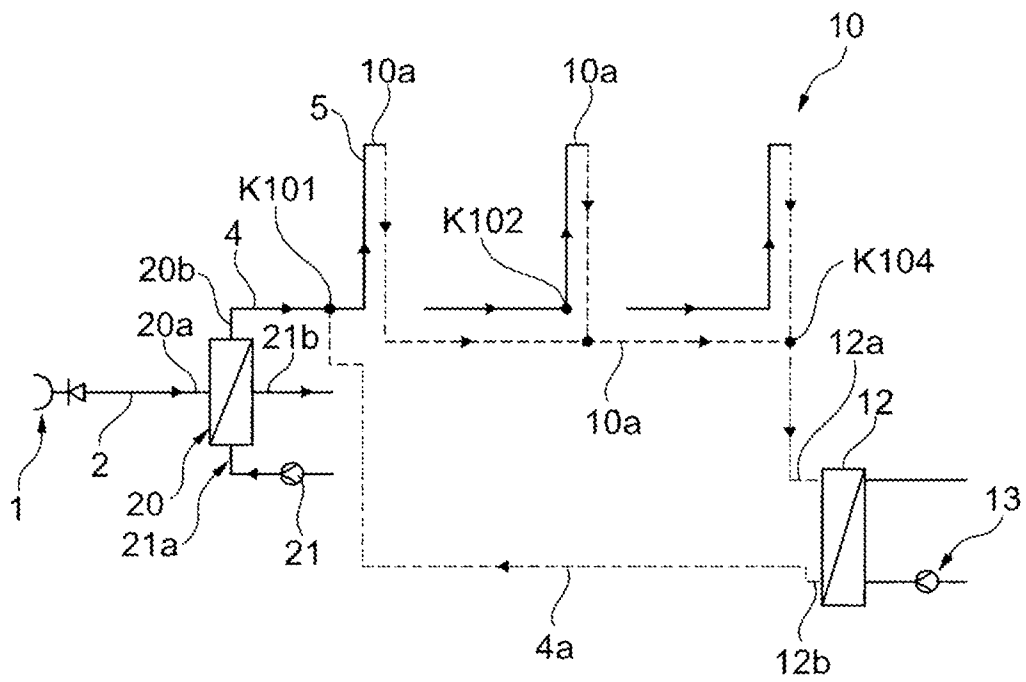


Fig. 10