

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 970 844**

51 Int. Cl.:

G01F 15/10 (2006.01)

G01F 1/00 (2012.01)

E03B 7/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.03.2022** **E 22161296 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.11.2023** **EP 4063804**

54 Título: **Procedimiento de predicción del riesgo de congelación de un líquido y contador de líquido asociado**

30 Prioridad:

25.03.2021 FR 2103048

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

30.05.2024

73 Titular/es:

SAGEMCOM ENERGY & TELECOM SAS (100.0%)
4 Allée des Messageries
92270 Bois-Colombes, FR

72 Inventor/es:

SABRAOUI, ABBAS;
ABID, OUSSAMA y
LECOCQ, GUILLAUME

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 970 844 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 de predicción del riesgo de congelación de un líquido y contador de líquido asociado

5 La invención se refiere al campo de los contadores de líquido.

Antecedentes de la invención

10 Las olas de frío en invierno someten regularmente a duras pruebas las tuberías de agua. Un peligro real surge si el agua contenida en las tuberías se congela. Entonces el volumen del agua aumenta, lo que puede provocar la aparición de grietas, o incluso la destrucción de tuberías, cañerías o incluso contadores de agua.

15 Los documentos US 2017/0138023 A1 o KR 2014 0104592 A divulgan procedimientos basados en una medición de la temperatura de la superficie de una tubería o en una medición de la temperatura del agua dentro de una tubería.

20 Todos estos daños representan un verdadero inconveniente para el distribuidor de agua, pero también para el cliente, que se ve privado de agua por un lado y, en ocasiones, obligado a efectuar reparaciones por su cuenta, por otro.

Algunos contadores de agua existentes evalúan el riesgo de congelación midiendo la temperatura del agua, comparando la temperatura del agua con un umbral predeterminado (por ejemplo igual a 3 °C), y generando una alarma cuando la temperatura del agua llega a ser inferior al umbral predeterminado.

25 Este método presenta los siguientes inconvenientes. Como la alarma se genera tan pronto como la temperatura del agua cae por debajo del umbral predeterminado, el cliente generalmente no tiene el tiempo necesario para tomar las medidas adecuadas que permitan proteger el contador de agua y su instalación.

30 Además, este método no es fiable y tiene un alto riesgo de "falsos positivos". De este modo, es posible que el agua, cuando fluye con un cierto caudal, alcance una temperatura cercana a 0 °C sin congelarse, por ejemplo si el contador está instalado en el interior y el agua viene del exterior. El simple hecho de tener en cuenta la temperatura del agua para detectar la congelación del agua provoca en este caso la generación de una falsa alarma, lo que constituye un cierto inconveniente para el distribuidor y para el cliente.

Objeto de la invención

35 El objeto de la invención es predecir el riesgo de congelación de un líquido que circula por el conducto de un contador, de forma fiable y suficientemente anticipada para permitir al distribuidor o al cliente actuar.

Sumario de la invención

40 Con vistas a la realización de esta finalidad, se propone un procedimiento de predicción de la congelación de un líquido que circula por un conducto de un contador de líquido, que comprende las etapas de:

- adquirir mediciones de la temperatura del aire en el contador de líquido;
- evaluar a partir de las mediciones de la temperatura del aire un parámetro de predicción de la temperatura del aire representativo de una evolución futura de la temperatura del aire;
- evaluar a partir del parámetro de predicción de la temperatura del aire un parámetro de predicción de la temperatura del líquido representativo de una evolución futura de la temperatura del líquido;
- utilizar el parámetro de predicción de la temperatura del líquido para estimar un plazo de congelación que separa un momento presente de un momento en el que el líquido corre el riesgo de congelarse;
- 50 - generar una alarma si el plazo de congelación es inferior a un umbral de tiempo predeterminado.

55 Cuando la temperatura ambiente disminuye, la temperatura del aire en el contador de líquido disminuye más rápidamente que la temperatura del líquido que circula por el conducto del contador. Esto se debe a la diferencia de inercia térmica entre los dos medios.

60 Por lo tanto, la utilización del parámetro de predicción de la temperatura del aire permite predecir con cierto plazo la evolución futura de la temperatura del líquido. Por lo tanto, la invención permite evaluar de forma fiable el plazo de congelación mucho antes de que se produzca la congelación del líquido y, por tanto, predecir la hora de congelación del líquido con suficiente antelación para permitir al distribuidor o al cliente proteger la instalación y el contador.

Se observa que, en el caso de que el contador incluya un componente de procesamiento que integre un sensor de temperatura, por ejemplo un microcontrolador, dicho sensor de temperatura se puede utilizar para producir mediciones de la temperatura del aire. Por lo tanto, la invención se puede implementar sin introducir un nuevo componente en el contador de líquido y, por lo tanto, de manera económica.

65 También se propone un procedimiento de predicción como se ha descrito anteriormente, en el que el parámetro de

predicción de la temperatura del aire es una pendiente de la temperatura del aire en función del tiempo, y en el que el parámetro de predicción de la temperatura del líquido es una pendiente de la temperatura del líquido en función del tiempo.

- 5 También se propone un procedimiento de predicción como se ha descrito anteriormente, en el que la pendiente de la temperatura del líquido en función del tiempo se calcula a partir de la siguiente fórmula:

$$\Omega = \alpha/X,$$

- 10 donde α es la pendiente de la temperatura del aire en función del tiempo, y donde X es una primera constante que depende del líquido.

También se propone un procedimiento de predicción como se ha descrito anteriormente, en el que el líquido es agua y en el que se aplica:

15
$$X = 4.$$

- 20 También se propone un procedimiento de predicción como se ha descrito anteriormente, que comprende las etapas de verificar si la pendiente de la temperatura del aire en función del tiempo es positiva o negativa, y evaluar la pendiente de la temperatura del líquido en función del tiempo solo si la pendiente de la temperatura del aire en función del tiempo es negativa.

- 25 También se propone un procedimiento de predicción como se ha descrito anteriormente, que comprende las etapas de comparar la temperatura del aire con un umbral de temperatura predeterminado, y aumentar la frecuencia de las mediciones de la temperatura del aire si la temperatura del aire es inferior al umbral de temperatura predeterminado.

- 30 También se propone un procedimiento de predicción como se ha descrito anteriormente, que comprende las etapas de adaptar un plazo de medición entre dos mediciones sucesivas de la temperatura del aire en función de al menos un parámetro de riesgo representativo de un riesgo de congelación.

También se propone un procedimiento de predicción como se ha descrito anteriormente, en el que el parámetro de riesgo es la pendiente de la temperatura del líquido en función del tiempo, y en el que el plazo de medición T se evalúa a partir de la siguiente fórmula:

35
$$T = 1/(\Omega/Y),$$

donde Ω es la pendiente de la temperatura del líquido en función del tiempo y donde Y es una segunda constante.

- 40 También se propone un procedimiento de predicción como se ha descrito anteriormente, en el que la segunda constante Y está comprendida entre -0,1 °C/minuto y -0,3 °C/minuto.

- 45 También se propone un procedimiento de predicción como se ha descrito anteriormente, cuya implementación utiliza un algoritmo que tiene una arquitectura modular que comprende un primer módulo dispuesto para adquirir mediciones de la temperatura del aire y mediciones de la temperatura del líquido y para guardar dichas mediciones, un segundo módulo dispuesto para calcular el parámetro de predicción de la temperatura del aire, el parámetro de predicción de la temperatura del líquido y el plazo de congelación, y un tercer módulo dispuesto para generar la alarma utilizando el plazo de congelación.

- 50 También se propone un procedimiento de predicción como se ha descrito anteriormente, en el que el segundo módulo está dispuesto para adaptar un plazo de medición entre dos mediciones sucesivas de la temperatura del aire en función del parámetro de predicción de la temperatura del líquido, y en el que el primer módulo está dispuesto para utilizar dicho plazo de medición.

- 55 También se propone un contador de líquido que incluye un conducto por el que circula un líquido, un dispositivo de medición que comprende un sensor de temperatura del líquido dispuesto para producir mediciones de la temperatura del líquido y un sensor de temperatura del aire dispuesto para producir las mediciones de la temperatura del aire, y un componente de procesamiento dispuesto para implementar el procedimiento de predicción como se ha descrito anteriormente.

- 60 También se propone un contador de líquido como se ha descrito anteriormente, en el que el componente de procesamiento es un microcontrolador en el que está integrado el sensor de temperatura del aire.

- 65 Se propone además un programa informático que comprende instrucciones que hacen que el componente de procesamiento del contador de líquido, como se ha descrito anteriormente, ejecute las etapas del procedimiento de predicción como se ha descrito anteriormente.

También se propone un medio de grabación legible por ordenador, en el que está grabado el programa informático como se ha descrito anteriormente.

- 5 La invención se comprenderá mejor con la lectura de la descripción que sigue de modos de realización particulares no limitativos de la invención.

Breve descripción de los dibujos

- 10 Se hará referencia a los dibujos adjuntos, entre los cuales:

[Fig. 1] La figura 1 muestra una vista en sección transversal de un contador de agua en el que se implementa la invención;

- 15 [Fig. 2] La figura 2 es un gráfico que incluye curvas de variación de la temperatura del aire en función del tiempo (C1) y de variación de la temperatura del agua en función del tiempo (C2);

[Fig. 3] La figura 3 es un gráfico similar al de la figura 2, aproximándose la variación de la temperatura del agua en función del tiempo mediante una función lineal; [Fig. 4] La figura 4 representa las etapas del procedimiento de predicción según un primer modo de realización de la invención;

- 20 [Fig. 5] la figura 5 representa etapas del procedimiento de predicción según un segundo modo de realización de la invención.

Descripción detallada de la invención

- 25 Con referencia a la figura 1, la invención se implementa aquí en un contador de líquido que es en este caso un contador de agua 1 utilizado para medir el consumo de agua suministrada por una red de distribución a la instalación de un cliente.

- 30 El contador 1 incluye en primer lugar un módulo de comunicación (no representado) que permite que el contador 1 se comunique con un Sistema de Información (SI) del distribuidor, posiblemente a través de un concentrador de datos, una puerta de enlace o bien otro contador (tal como un contador de agua comunicante de distrito o un contador de electricidad comunicante). El módulo de comunicación es capaz de implementar cualquier tipo de comunicación, y por ejemplo comunicación a través de una red celular de tipo 2G, 3G, 4G, Cat-M o NB-IOT, una comunicación según el protocolo LoRa, una comunicación por radio según el estándar Wize que opera a la frecuencia de 169 MHz, etc. El contador 1 transmite al SI a través del módulo de comunicación, a intervalos regulares, las mediciones realizadas.

- 35 El contador 1 incluye además un conducto 2 por el que circula el agua suministrada por la red de distribución a la instalación del cliente, así como un dispositivo de medición 3.

- 40 El agua circula por el conducto 2 de aguas arriba a aguas abajo, como lo indica la dirección de las flechas F.

- 45 El dispositivo de medición 3 incluye un transductor aguas arriba 4a y un transductor aguas abajo 4b que permiten realizar mediciones ultrasónicas del caudal de agua en el conducto 2. El transductor aguas arriba 4a y el transductor aguas abajo 4b están emparejados. El transductor aguas arriba 4a y el transductor aguas abajo 4b son aquí transductores piezoeléctricos.

- El dispositivo de medición 3 también incluye un módulo de medición 5 conectado al transductor aguas arriba 4a y al transductor aguas abajo 4b.

- 50 El módulo de medición 5 incluye una tarjeta electrónica 6 que comprende un componente de procesamiento 7 que está adaptado para ejecutar instrucciones de un programa para implementar el procedimiento de predicción según la invención. El programa se almacena en una memoria conectada a o integrada en el componente de procesamiento 7. El componente de procesamiento 7 es aquí un microcontrolador, pero podría ser un componente diferente, por ejemplo un procesador, un DSP (para *Digital Signal Processor*, que puede traducirse como "procesador de señal digital"), o un circuito lógico programable como tal un FPGA (por ejemplo *Field Programmable Gate Arrays*) o un ASIC (para *Application Specific Integrated Circuit*).

- 55 El dispositivo de medición 3 incluye además un sensor de temperatura del agua 8, que mide la temperatura del agua que circula por el conducto 2.

- 60 El dispositivo de medición 3 también incluye un sensor de temperatura del aire 9, que mide la temperatura del aire en el contador 1. El sensor de temperatura del aire 9 está aquí integrado en el microcontrolador 7.

- En primer lugar se describe rápidamente la forma en que el dispositivo de medición 3 mide el caudal de agua que circula por el conducto 2 del contador 1.

- 65 El microcontrolador 7 controla el transductor aguas arriba 4a y el transductor aguas abajo 4b.

El transductor aguas arriba 4a y el transductor aguas abajo 4b cumplen, cada uno, sucesivamente la función de un transductor emisor y de un transductor receptor.

5 El microcontrolador 7 genera una señal eléctrica de excitación S_e y suministra al transductor emisor la señal eléctrica de excitación S_e . El microcontrolador 7 hace así que el transductor emisor emita una señal ultrasónica de medición S_m . El transductor receptor recibe la señal ultrasónica de medición S_m después de que la señal ultrasónica de medición S_m haya recorrido, en el agua, un trayecto de longitud definida L .

10 El trayecto de longitud definida L es aquí un trayecto rectilíneo entre el transductor aguas arriba 4a y el transductor aguas abajo 4b. La longitud definida L típicamente es igual a 7 cm.

La señal eléctrica de excitación S_e es aquí una señal rectangular que tiene una frecuencia f_{us} y para el periodo T_{us} . La frecuencia f_{us} está convencionalmente comprendida entre 900 kHz y 4 MHz.

15 Cuando el transductor emisor es el transductor aguas arriba 4a, la señal ultrasónica de medición S_m recorre así, entre el transductor aguas arriba 4a y el transductor aguas abajo 4b, el trayecto de longitud definida L desde aguas arriba hasta aguas abajo. El transductor receptor (transductor aguas abajo 4b) capta entonces la señal ultrasónica de medición S_m y genera una señal eléctrica de medición.

20 Cuando el transductor emisor es el transductor aguas abajo 4b, la señal ultrasónica de medición S_m recorre, entre el transductor aguas abajo 4b y el transductor aguas arriba 4a, el trayecto de longitud definida L desde aguas abajo hasta aguas arriba. El transductor receptor (transductor aguas arriba 4a) capta entonces la señal ultrasónica de medición S_m y genera una señal eléctrica de medición.

25 El módulo de medición 5 digitaliza las señales eléctricas de medición. El microcontrolador 7 adquiere las señales eléctricas de medición digitalizadas y mide un tiempo de transferencia global TAB desde el transductor aguas arriba 4a al transductor aguas abajo 4b, y un tiempo de transferencia global TBA desde el transductor aguas abajo 4b al transductor aguas arriba 4a.

30 El microcontrolador 7 determina el DToF a partir del tiempo de transferencia global TAB y del tiempo de transferencia global TBA, que es el tiempo de vuelo diferencial (Differential Time of Flight).

35 Ahora bien, el DToF es proporcional a la velocidad media del agua, y a continuación el microcontrolador 7 calcula la velocidad media del agua utilizando el DToF. La velocidad media tiene signo y puede ser positiva, negativa o nula.

El microcontrolador 7 deduce entonces de la velocidad media del agua el caudal de agua que circula por el conducto 2 del contador 1.

40 El dispositivo de medición 3 también permite predecir de antemano la congelación del agua.

Se ha constatado que, cuando la temperatura del medio ambiente en el que se encuentra el contador 1 disminuye, la temperatura del aire en el contador 1 disminuye más rápidamente que la temperatura del agua que circula por el conducto 2 del contador 1. Por lo tanto, la variación de la temperatura del agua es lenta en comparación con la de la temperatura del aire. Esto se debe a la diferencia de inercia térmica entre los dos medios. Se estima que la inercia del agua es unas cuatro veces menor que la del aire.

45 De este modo, en el ejemplo de la figura 2, se ve que, cuando la temperatura del aire en el contador 1 (curva C1), medida por el sensor de temperatura del aire 9, tarda 15 minutos en pasar de 20 °C a 0 °C, la temperatura del agua en el conducto 2, medida por el sensor de temperatura del agua 8, tarda 60 minutos en pasar de 20 °C a 0 °C. La temperatura del aire aquí alcanza los 0 °C a las 10h00, mientras que la temperatura del agua aquí alcanza los 0 °C a las 10h45. Por lo tanto, la temperatura del agua no alcanza la temperatura del aire hasta después de 45 minutos (equilibrio térmico).

50 La invención utiliza este desfase temporal que resulta de la diferencia de inercia térmica entre los dos medios. La invención consiste en evaluar la evolución de la temperatura del aire para predecir de antemano la evolución de la temperatura del agua y, en particular, para predecir la hora de congelación del agua de antemano.

55 La diferencia de inercia térmica permite, por lo tanto, predecir la hora de congelación del agua y generar una alarma antes de la congelación y con suficiente antelación para permitir al distribuidor o al cliente actuar para proteger el contador 1 y la instalación a la que está conectado el contador 1.

60 En el presente documento, por ejemplo, la alarma se puede generar a las 10h00 (en tiempo A) especificando que la hora de congelación es las 10h45. De este modo, el contador avisa al distribuidor o al cliente 45 minutos antes del riesgo de congelación. El mensaje de alarma se puede integrar en una trama emitida por el módulo de comunicación del contador 1.

Con referencia a la figura 3, la variación de la temperatura del aire en función del tiempo puede aproximarse mediante una función lineal C3.

5 En el ejemplo de la figura 3, esta función lineal tiene como ecuación:

$$y = -0,8x + 20,5,$$

representando y la temperatura en °C y x el tiempo (en minutos).

10

Por lo tanto, la temperatura del aire pasa de 20,5 °C a 0 °C en aproximadamente 26 minutos.

De igual manera, la variación de la temperatura del agua en función del tiempo puede aproximarse mediante una función lineal C4.

15

En el ejemplo de la figura 3, esta función lineal tiene como ecuación:

$$Y = -0,2x + 20,5.$$

20

Por lo tanto, la temperatura del agua pasa de 20,5 °C a 0 °C en aproximadamente 102 minutos.

Ahora se describe con más detalle, con referencia a la figura 4, la implementación del procedimiento de predicción según un primer modo de realización de la invención. Las diferentes etapas del procedimiento de predicción se presentan secuencialmente.

25

El microcontrolador 7 adquiere mediciones de la temperatura del agua que circula por el conducto 2 (etapa E1). Las mediciones de la temperatura del agua son producidas por el sensor de temperatura del agua 8.

30

El microcontrolador 7 compara la temperatura del agua T°agua con un primer umbral predeterminado, aquí igual a 3 °C (etapa E2). Si la temperatura del agua es inferior (aquí inferior o igual) al primer umbral predeterminado, se genera una alarma instantáneamente (etapa E3). La alarma advierte de un riesgo de congelación inminente.

35

Si la temperatura del agua T°agua es superior (aquí estrictamente) al primer umbral de temperatura predeterminado, el microcontrolador 7 adquiere mediciones de la temperatura del aire T°aire en el contador 1 (etapa E4). Las mediciones de la temperatura del aire T°aire son producidas por el sensor de temperatura del aire 9 integrado en el microcontrolador 7.

40

El microcontrolador 7 compara la temperatura del aire con un segundo umbral de temperatura predeterminado, aquí igual a 5 °C (etapa E5). Si la temperatura del aire es superior (aquí estrictamente) al segundo umbral de temperatura predeterminado, se descarta el riesgo de congelación a corto plazo y el procedimiento vuelve a la etapa E1.

Si la temperatura del aire es inferior (aquí inferior o igual) al segundo umbral de temperatura predeterminado, el procedimiento pasa a la etapa E6.

45

En la etapa E6, debido a la temperatura del aire, existe riesgo de congelación del agua: se aumenta la frecuencia de las mediciones de la temperatura del aire. También se puede aumentar la frecuencia de las mediciones de la temperatura del agua.

50

El microcontrolador 7 evalúa, a partir de las mediciones de la temperatura del aire, un parámetro de predicción de la temperatura del aire representativo de una evolución futura de la temperatura del aire (etapa E7). El parámetro de predicción de la temperatura del aire aquí es una pendiente α de la temperatura del aire en función del tiempo.

La pendiente α se expresa aquí en °C/minutos.

55

La pendiente α se mide durante un período de medición β , de la siguiente manera. El período de medición β incluye una pluralidad de puntos de medición. Para cada par de puntos de medición sucesivos, se calcula la pendiente de la línea que pasa por dichos puntos de medición sucesivos. La pendiente α es igual a la media durante el período de medición β de las pendientes de dichas rectas. El período de medición β tiene una duración igual a, por ejemplo, 5 minutos.

60

El microcontrolador 7 verifica entonces si la pendiente α es positiva o negativa: por lo tanto, la pendiente α se compara con una pendiente nula igual a 0 °C/minuto (etapa E8).

Si la pendiente α es positiva (aquí positiva o nula), es decir, si la temperatura del aire es constante o está aumentando,

se descarta el riesgo de congelación a corto plazo y el procedimiento de predicción vuelve a la etapa E1.

Si la pendiente α es negativa (aquí estrictamente negativa), es decir, si la temperatura del aire está disminuyendo, el procedimiento de predicción pasa a la etapa E9.

En la etapa E9, el microcontrolador 7 evalúa a partir del parámetro de predicción de la temperatura del aire un parámetro de predicción de la temperatura del agua representativo de una evolución futura de la temperatura del agua. El parámetro de predicción de la temperatura del agua aquí es una pendiente Ω de la temperatura del agua en función del tiempo. Por lo tanto, la pendiente Ω se calcula a partir de la pendiente α . El microcontrolador 7 evalúa la pendiente Ω sólo si la pendiente α es negativa.

La pendiente Ω también se expresa en °C/minutos.

Aquí se utiliza la siguiente fórmula:

$$\Omega = \alpha/X,$$

donde X es una primera constante que depende del fluido que circula por el conducto 2. En el presente documento, el fluido es agua y se aplica:

$$X = 4.$$

A continuación se vuelve a medir la temperatura del agua (etapa E10; esta etapa es opcional porque la temperatura del agua ya se midió en la etapa E1).

El microcontrolador 7 utiliza la pendiente Ω para estimar un plazo de congelación que separa un momento presente de un momento en el que el agua corre el riesgo de congelarse (etapa E11).

El momento en el que el agua corre el riesgo de congelarse se define aquí como el momento en que la temperatura del agua se vuelve inferior (aquí inferior o igual) a un tercer umbral de temperatura predeterminado, aquí igual a 3 °C.

El plazo de congelación se expresa aquí en minutos.

A continuación se genera una alarma, que indica el plazo de congelación y la hora estimada de congelación del agua (etapa E12).

Ahora se describe, con referencia a la figura 5, la implementación del procedimiento de predicción según un segundo modo de realización de la invención.

La implementación del procedimiento de predicción utiliza un algoritmo que tiene una arquitectura modular que comprende un primer módulo 12 (módulo de adquisición de mediciones) dispuesto para adquirir mediciones de la temperatura del aire y mediciones de la temperatura del agua y para guardar dichas mediciones, un segundo módulo 13 (módulo estimador de riesgo) dispuesto para calcular el parámetro de predicción de la temperatura del aire, el parámetro de predicción de la temperatura del agua y el plazo de congelación, y un tercer módulo 14 (módulo de toma de decisiones de alarma) dispuesto para generar una alarma a partir del plazo de congelación.

Los tres módulos intercambian datos pero son independientes entre sí.

Durante la ejecución del primer módulo 12, el microcontrolador 7 adquiere en primer lugar una medición de la temperatura del agua $T^{\circ}\text{agua}$ (etapa E20).

Después, el microcontrolador 7 adquiere una medición de la temperatura del aire $T^{\circ}\text{aire}$ (etapa E21).

La medición de la temperatura del agua y la medición de la temperatura del aire se guardan a continuación en una tabla de medición (etapa E22). El tamaño de la tabla de medición corresponde al número de mediciones realizadas durante un período de medición β . Se considera aquí que la frecuencia de las mediciones de la temperatura del agua es igual a la frecuencia de las mediciones de la temperatura del aire, de modo que la tabla de medición contenga tantas mediciones de la temperatura del agua como mediciones de la temperatura del aire.

No es obligatorio que la frecuencia de las mediciones de la temperatura del agua sea igual a la frecuencia de las mediciones de la temperatura del aire. En particular, sería posible predecir que la frecuencia de las mediciones de la temperatura del aire es mayor que la frecuencia de las mediciones de la temperatura del agua.

El microcontrolador 7 espera entonces durante un plazo de medición T (etapa E23).

Después del plazo de medición T, el primer módulo 12 vuelve a la etapa E20.

El plazo de medición T corresponde, por lo tanto, al tiempo entre dos mediciones sucesivas de la temperatura del aire (y aquí, al tiempo entre dos mediciones sucesivas de la temperatura del agua).

- 5 Por lo tanto, el plazo de medición T es igual a la inversa de la frecuencia de las mediciones de la temperatura del aire (y del agua).

10 Durante la ejecución del segundo módulo 13, el microcontrolador 7 extrae las mediciones de la temperatura del aire de la tabla de medición y calcula la pendiente α de la temperatura del aire en función del tiempo durante el período de medición β (etapa E30).

A continuación, el microcontrolador 7 calcula la pendiente Ω a partir de la pendiente α utilizando la fórmula:

$$15 \quad \Omega = \alpha / 4 \quad (\text{etapa E31}).$$

El microcontrolador 7 utiliza la pendiente Ω para estimar el plazo de congelación D que separa un momento presente de un momento en el que el agua corre el riesgo de congelarse.

20 El microcontrolador 7 calcula entonces un parámetro representativo del riesgo de congelación y adapta el plazo de medición T y, por lo tanto, la frecuencia de las mediciones de la temperatura del aire, en función de este parámetro (etapa E32).

25 El parámetro representativo del riesgo de congelación aquí es la pendiente Ω . Cuanto mayor sea la pendiente Ω (en valor absoluto), mayor será el riesgo de congelación. Por lo tanto, el segundo módulo 13 adapta el plazo de medición en función del parámetro de predicción de la temperatura del agua.

El nuevo plazo de medición T se inyecta entonces en el primer módulo 12 que utiliza este nuevo plazo de medición durante su ejecución.

30 Cuando el riesgo aumenta, es decir cuando la pendiente Ω es negativa y aumenta en valor absoluto, el microcontrolador 7 reduce el plazo de medición T y por lo tanto aumenta la frecuencia de las mediciones de la temperatura del aire (y por lo tanto la frecuencia de las mediciones de la temperatura del agua).

35 Al contrario, cuando el riesgo disminuye, el microcontrolador 7 aumenta el plazo de medición T y por lo tanto reduce la frecuencia de las mediciones de la temperatura del aire (y por lo tanto la frecuencia de las mediciones de la temperatura del agua).

40 Esta gestión permite optimizar tanto la precisión de las mediciones como el consumo eléctrico del dispositivo de medición 3 y, por lo tanto, del contador 1. El consumo eléctrico es de hecho un parámetro crítico, porque el contador 1 aquí funciona con pilas y su consumo eléctrico debe ser limitado. El aumento de la frecuencia de las mediciones conduce a un aumento del consumo eléctrico del dispositivo de medición 3.

45 Por lo tanto, es muy ventajoso aumentar la frecuencia de las mediciones cuando el riesgo es alto, a fin de proporcionar una estimación precisa del tiempo de congelación y evitar falsas alarmas, y reducirla cuando se reduzca el riesgo, porque entonces ya no es necesaria una alta frecuencia de mediciones. La disminución de la frecuencia de las mediciones permite reducir el consumo eléctrico.

El plazo de medición T se evalúa a partir de la siguiente fórmula:

$$50 \quad T = 1 / (\Omega / Y),$$

donde Y es una segunda constante.

55 La segunda constante Y está ventajosamente comprendida entre -0,1°C/minuto y -0,3°C/minuto. En el presente documento, la segunda constante Y es igual a -0,2 °C/minuto.

60 La segunda constante es un valor de referencia que permite, para una variación en la temperatura del agua de 20 °C a 0 °C en 100 minutos, obtener un plazo de medición T igual a 1 segundo. Este plazo de medición T es, en estas condiciones, un valor optimizado que permite obtener una estimación precisa del tiempo de congelación sin realizar mediciones con una frecuencia demasiado elevada que penalizaría el balance de consumo eléctrico del dispositivo de medición 3 y, por lo tanto, del contador 1.

65 Cabe señalar que el plazo de medición está limitado entre un valor máximo (aquí igual a 1 segundo) y un valor mínimo (aquí igual a 0,1 segundo). De este modo se evita que la fórmula para el plazo de medición en función de la pendiente Ω genere retardos de medición demasiado altos o demasiado bajos.

El segundo módulo 13 vuelve entonces a la etapa E30.

5 El tercer módulo 14, por su parte, adquiere en el segundo módulo 13 el plazo de congelación D, y lo compara con un umbral de tiempo predeterminado (etapa E40). El umbral de tiempo predeterminado aquí es igual a 2 horas.

Si el plazo de congelación D es superior (aquí superior o igual) al umbral de tiempo predeterminado, se genera una alarma, que indica el plazo de congelación y la hora estimada de congelación del agua (etapa E41).

10 Si no, el tercer módulo 14 vuelve a la etapa E40.

Evidentemente, la invención no se limita a los modos de realización descritos sino que abarca cualquier variante que entre dentro del alcance de la invención tal como se define en las reivindicaciones.

15 La invención no se implementa necesariamente en un contador ultrasónico, sino que se puede implementar en cualquier tipo de contador (por ejemplo en un contador mecánico) capaz de medir la temperatura del líquido.

La invención se puede implementar en un contador de líquido distinto del agua, por ejemplo en un contador de petróleo. La invención también se puede implementar en un contador de energía térmica.

20 Las diferentes etapas del procedimiento de predicción no necesariamente se implementan todas en el contador. Por ejemplo, se podría planificar que el contador realice mediciones del aire y del agua y las transmita a un equipo remoto (concentrador de datos, servidor, etc.) que estima el plazo de congelación y genera la alarma si es necesario.

25 El sensor de temperatura del aire no está necesariamente integrado en un microcontrolador; el componente de procesamiento en el que se implementa (total o parcialmente) la invención y el sensor de temperatura del aire pueden ser componentes distintos.

30 El parámetro de predicción de la temperatura del aire no es necesariamente una pendiente, sino que podría ser un parámetro diferente, por ejemplo uno o más valores de una función derivada no constante (en el caso de que la variación de la temperatura del aire no sea lineal), o bien una duración que separa el momento presente de un momento en el que la temperatura del aire alcanzará un umbral predeterminado, etc. El parámetro de predicción también podría ser una función de varios parámetros.

35 Esto también es válido para el parámetro de predicción de la temperatura del agua.

De igual manera, el parámetro de riesgo no es necesariamente la pendiente de la temperatura del agua en función del tiempo, sino que podría ser un parámetro diferente: pendiente de la temperatura del aire, plazo de congelación, etc. El parámetro de riesgo también podría ser una función de varios parámetros.

40

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de predicción de la congelación de un líquido que circula por un conducto (2) de un contador de líquido (1), que comprende las etapas de:

- adquirir mediciones de la temperatura del aire en el contador de líquido (1);
- evaluar a partir de las mediciones de la temperatura del aire un parámetro de predicción de la temperatura del aire representativo de una evolución futura de la temperatura del aire;
- evaluar a partir del parámetro de predicción de la temperatura del aire un parámetro de predicción de la temperatura del líquido representativo de una evolución futura de la temperatura del líquido;
- utilizar el parámetro de predicción de la temperatura del líquido para estimar un plazo de congelación que separa un momento presente de un momento en el que el líquido corre el riesgo de congelarse;
- generar una alarma si el plazo de congelación es inferior a un umbral de tiempo predeterminado.

2. Procedimiento de predicción según la reivindicación 1, en el que el parámetro de predicción de la temperatura del aire es una pendiente de la temperatura del aire en función del tiempo, y en el que el parámetro de predicción de la temperatura del líquido es una pendiente de la temperatura del líquido en función del tiempo.

3. Procedimiento de predicción según la reivindicación 2, en el que la pendiente de la temperatura del líquido en función del tiempo se calcula a partir de la siguiente fórmula:

$$\Omega = \alpha / X,$$

donde α es la pendiente de la temperatura del aire en función del tiempo, y donde X es una primera constante que depende del líquido.

4. Procedimiento de predicción según la reivindicación 3, en el que el líquido es agua y en el que se aplica:

$$X = 4.$$

5. Procedimiento de predicción según la reivindicación 2, que comprende las etapas de verificar si la pendiente de la temperatura del aire en función del tiempo es positiva o negativa, y evaluar la pendiente de la temperatura del líquido en función del tiempo solo si la pendiente de la temperatura del aire en función del tiempo es negativa.

6. Procedimiento de predicción según la reivindicación 2, que comprende las etapas de comparar la temperatura del aire con un umbral de temperatura predeterminado, y aumentar la frecuencia de las mediciones de la temperatura del aire si la temperatura del aire es inferior al umbral de temperatura predeterminado.

7. Procedimiento de predicción según la reivindicación 2, que comprende las etapas de adaptar un plazo de medición entre dos mediciones sucesivas de la temperatura del aire en función de al menos un parámetro de riesgo representativo de un riesgo de congelación.

8. Procedimiento de predicción según la reivindicación 7, en el que el parámetro de riesgo es la pendiente de la temperatura del líquido en función del tiempo, y en el que el plazo de medición T se evalúa a partir de la siguiente fórmula:

$$T = 1 / (\Omega / Y),$$

donde Ω es la pendiente de la temperatura del líquido en función del tiempo y donde Y es una segunda constante.

9. Procedimiento de predicción según la reivindicación 8, en el que la segunda constante Y está comprendida entre -0,1 °C/minuto y -0,3 °C/minuto.

10. Procedimiento de predicción según una de las reivindicaciones anteriores, cuya implementación utiliza un algoritmo que tiene una arquitectura modular que comprende un primer módulo (12) dispuesto para adquirir mediciones de la temperatura del aire y mediciones de la temperatura del líquido y para guardar dichas mediciones, un segundo módulo (13) dispuesto para calcular el parámetro de predicción de la temperatura del aire, el parámetro de predicción de la temperatura del líquido y el plazo de congelación, y un tercer módulo (14) dispuesto para generar la alarma utilizando el plazo de congelación.

11. Procedimiento de predicción según la reivindicación 10, en el que el segundo módulo (13) está dispuesto para adaptar un plazo de medición entre dos mediciones sucesivas de la temperatura del aire en función del parámetro de predicción de la temperatura del líquido, y en el que el primer módulo (12) está dispuesto para utilizar dicho plazo de medición.

- 5 12. Contador de líquido (1) que incluye un conducto (2) por el que circula un líquido, un dispositivo de medición (3) que comprende un sensor de temperatura del líquido (8) dispuesto para producir mediciones de la temperatura del líquido y un sensor de temperatura del aire (9) dispuesto para producir mediciones de la temperatura del aire en el contador de líquido (1) y un componente de procesamiento (7) dispuesto para implementar el procedimiento de predicción según una de las reivindicaciones anteriores.
13. Contador de líquido según la reivindicación 12, en el que el componente de procesamiento es un microcontrolador (7) en el que está integrado el sensor de temperatura del aire (9).
- 10 14. Programa informático que comprende instrucciones que hacen que el componente de procesamiento (7) del contador de líquido (1) según una de las reivindicaciones 12 o 13 ejecute las etapas del procedimiento de predicción según una de las reivindicaciones 1 a 11.
- 15 15. Medio de grabación legible por ordenador, en el que está grabado el programa informático según la reivindicación 1.

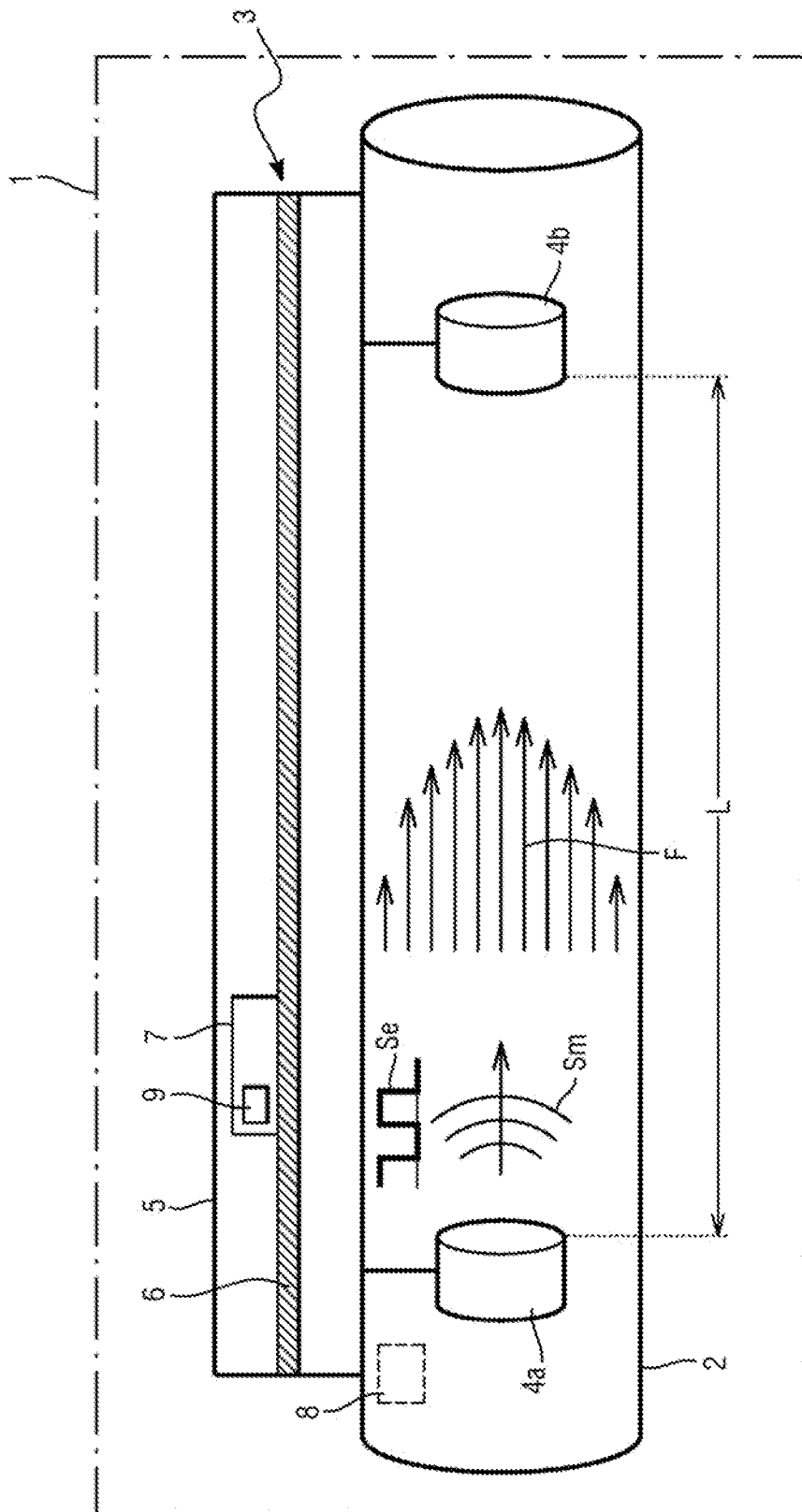


Fig. 1

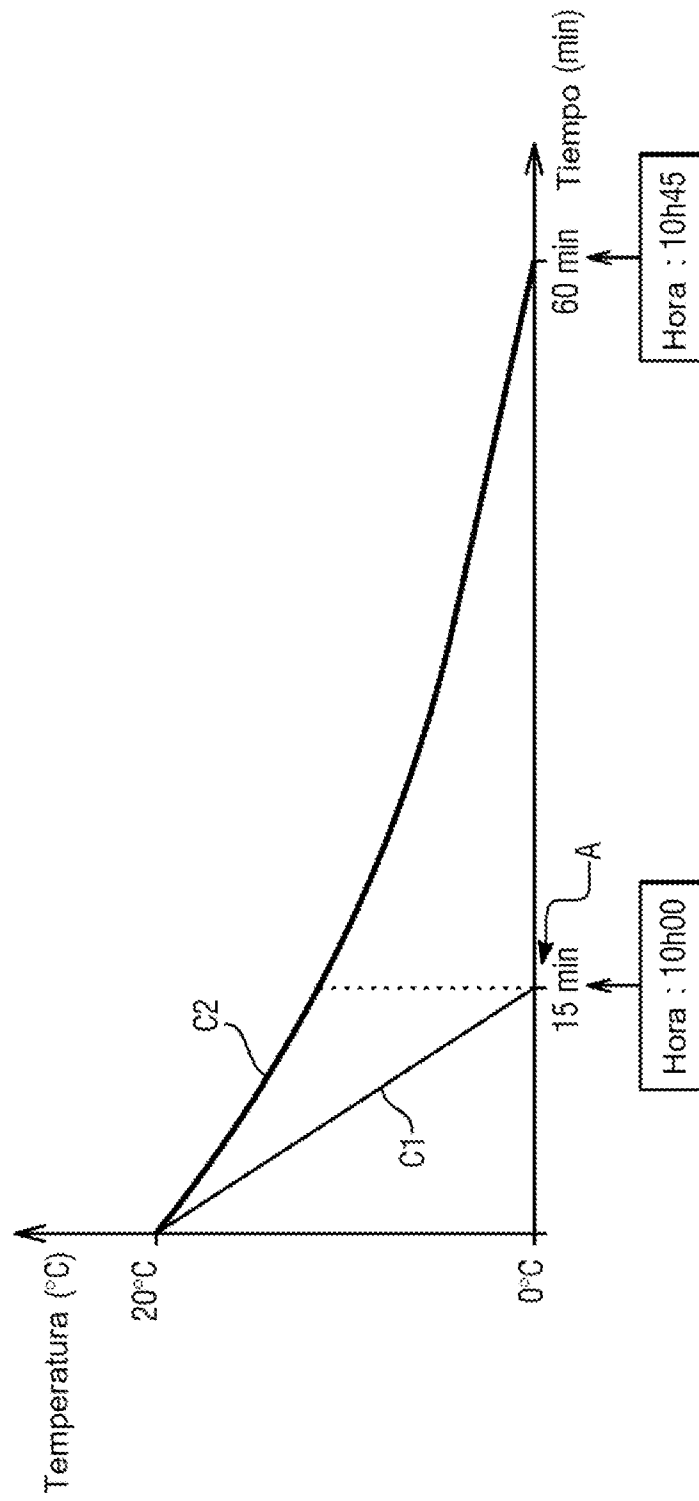


Fig. 2

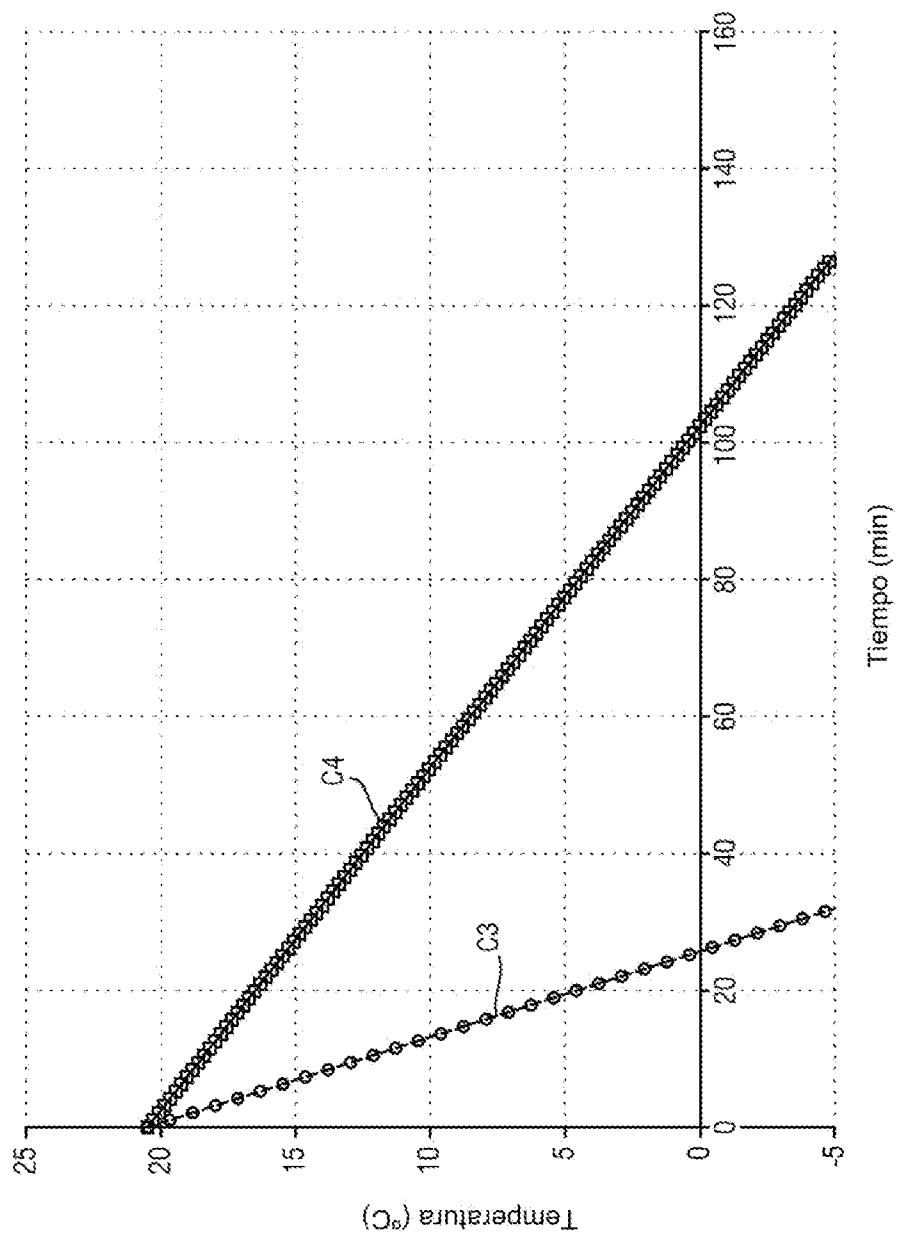


Fig. 3

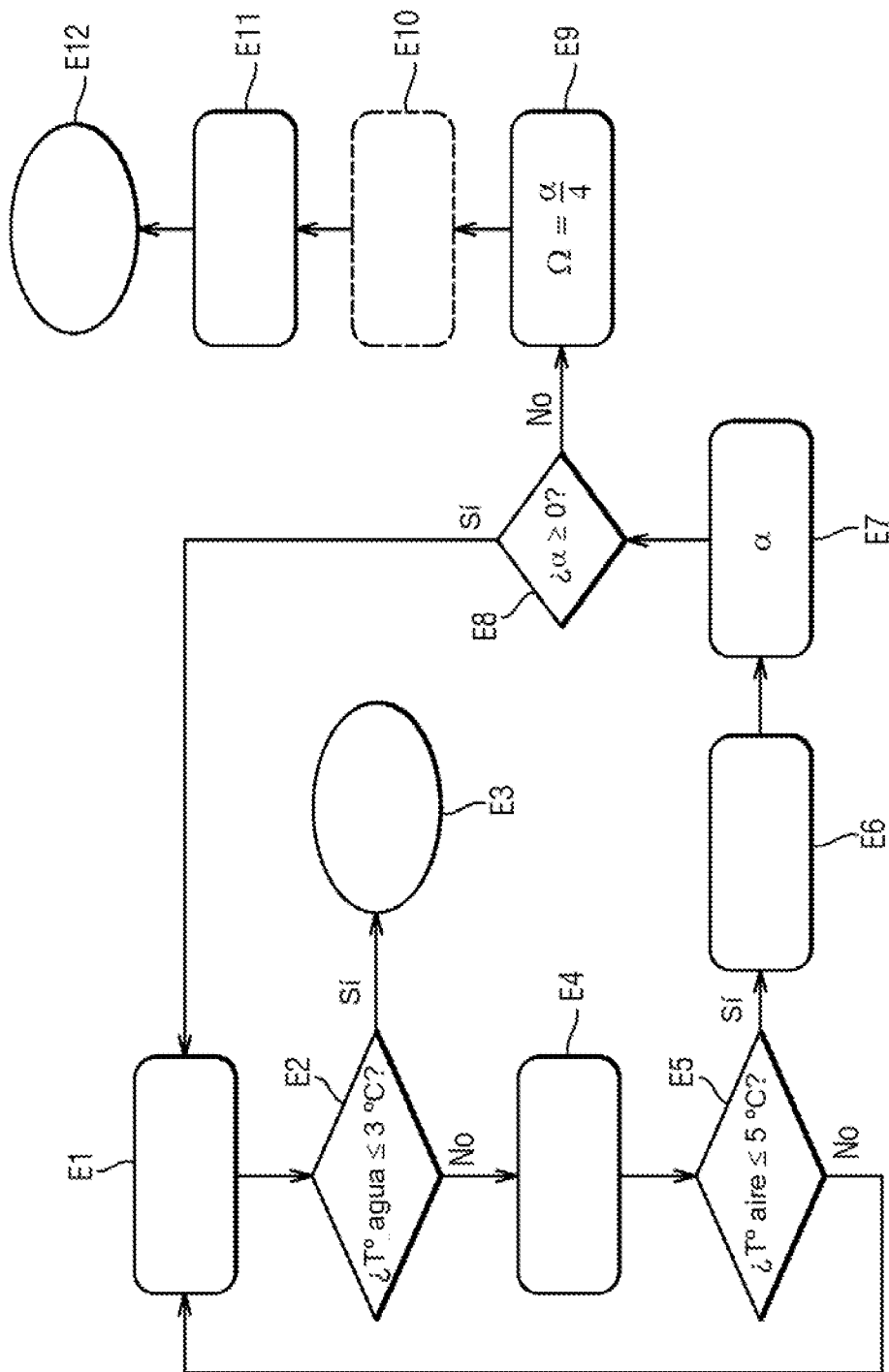


Fig. 4

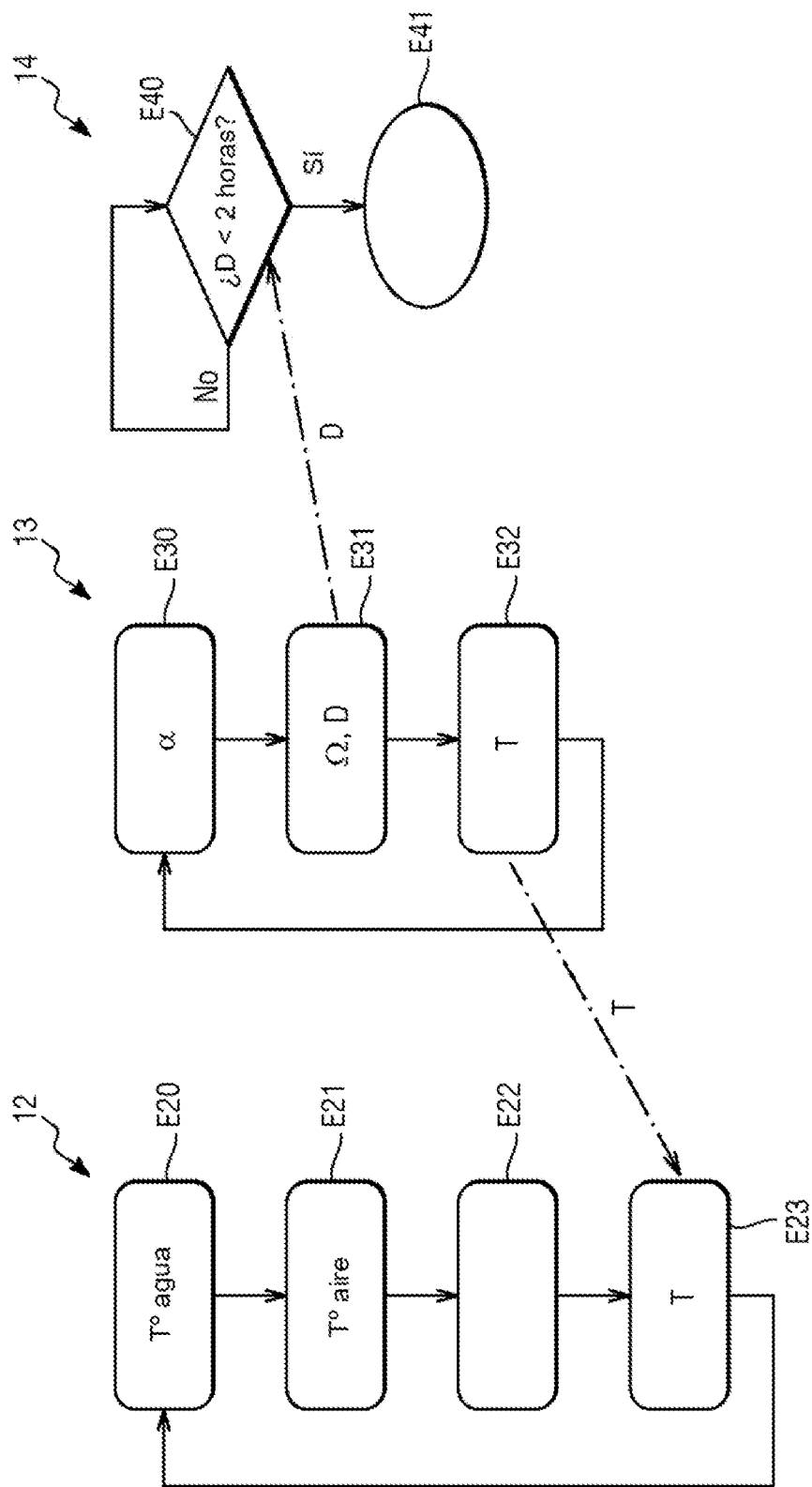


Fig. 5