

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 688 919**

51 Int. Cl.:

G01M 3/28

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.11.2014** **PCT/EP2014/075407**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.06.2015** **WO15082245**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.11.2014** **E 14814689 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.07.2018** **EP 3060898**

54 Título: **Procedimiento para detectar fugas en una red, equipo y red**

30 Prioridad:

03.12.2013 DE 102013224752

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

07.11.2018

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Werner-von-Siemens-Straße 1
80333 München, DE**

72 Inventor/es:

**ALLMARAS, MORITZ;
WEHRSTEDT, JAN CHRISTOPH y
WEVER, UTZ**

74 Agente/Representante:

LOZANO GANDIA, José

ES 2 688 919 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).

PROCEDIMIENTO PARA DETECTAR FUGAS EN UNA RED, EQUIPO Y RED

DESCRIPCIÓN

5 Ámbito de la invención

La presente invención se refiere a un procedimiento para detectar fugas en una red, un equipo correspondiente y una red.

10 Fundamento técnico

La presente invención se describirá a continuación principalmente con referencia a redes de abastecimiento de agua. Desde luego la presente invención no queda limitada a su utilización en redes de abastecimiento de agua. Más bien puede utilizarse la presente invención en una pluralidad de redes, por ejemplo redes de gas, redes de calor a distancia o también redes de suministro eléctrico.

El agua potable ha llegado a constituir con el tiempo uno de los bienes más importantes en el siglo XXI. No obstante, en redes de distribución de agua pueden producirse en parte considerables pérdidas de agua.

La reducción de pérdidas de agua significa por lo tanto un gran desafío en cuanto a la detección y localización de fugas en redes de agua. Una posibilidad es la detección de pérdidas de agua mediante un balance de masas, en el que se midan todas las cantidades de agua introducidas y en particular las cantidades de agua de salida de todos los consumidores de agua individuales. Evidentemente este procedimiento sobrepasa, incluso cuando se trata de pequeñas redes de abastecimiento de agua, los límites de la factibilidad en cuanto a gasto. La legislación vigente dificulta además mediciones de consumo y registros de consumo con todos los datos del cliente y con exactitud en el tiempo.

Para la detección de fugas en redes de abastecimiento de agua puede medirse por ejemplo también la cantidad de agua total que fluye hacia la red en un tiempo determinado. Estos valores se archivan en una serie temporal, que a continuación se analiza en cuanto a si existe un aumento repentino del consumo, lo que podría indicar que hay una fuga.

Usualmente se dividen grandes redes de abastecimiento de agua en zonas de abastecimiento de agua. Estas zonas se dividen a su vez en subzonas, que también se denominan district meter area (DMA, distritos hidrométricos). Los DMAs se crean de tal manera que los mismos sólo tienen un flujo de entrada, cuyo caudal se mide observando esta medición del flujo se deduce si hay irregularidades en el consumo de agua y con ello si existen fugas. Al respecto se realiza usualmente un llamado "night flow analysis" (análisis del flujo nocturno). Al respecto se determina registrando el flujo de entrada nocturno en una DMA, por ejemplo cada 5 segundos entre las 2:00 - 4:00 horas, un flujo de entrada mínimo, que incluye el flujo nocturno normal y fugas ya existentes.

Para la vigilancia de la red de abastecimiento de agua se registra entonces solamente un valor por cada noche en el tiempo que transcurre entre las 2:00h y las 4:00h. A partir de estos valores se confecciona a lo largo de días y semanas una serie temporal. Un aumento repentino del flujo de entrada mínimo puede tener como causa una nueva fuga y activar una alarma en la red de abastecimiento de agua.

Las posibilidades citadas por un lado son muy generales y pueden además, en particular temporalmente, no tener en cuenta con suficiente exactitud efectos especiales.

Por el documento alemán de publicación DE 10 2011 078240 A1 (SIEMENS AG, Alemania) 3 de enero de 2013 (2013-01-03) se conoce un procedimiento apoyado por computadora para detectar fugas en una zona (DMA) de una red de abastecimiento con las siguientes etapas:

- a) instalación fija de caudalímetros en entradas y salidas del flujo de la zona;
- b) instalación de sensores para determinar el caudal de paso o la presión del agua dentro de la zona;
- c) determinación del consumo de agua para la zona dentro de uno o varios periodos de medida fijados mediante los caudalímetros en las entradas y salidas del flujo y los valores de medida de los sensores dentro del área;
- d) representación de la topología de la red de abastecimiento en un simulador hidráulico y confección de un modelo de simulación hidráulico para la zona;
- e) determinación de los consumos dentro de la zona mediante determinación aleatoria en base a los perfiles de consumo y a los flujos de entrada y de salida de la zona;
- f) cálculo del comportamiento en cuanto a flujo y a presión en la red de abastecimiento dentro de uno de los periodos de medida fijados mediante simulación de Monte-Carlo y

- g) determinación de si existe una fuga mediante comparación de los resultados determinados mediante la simulación de Monte-Carlo con los valores de medida aportados por los sensores dentro de la zona.

5 Resumen de la invención

El objetivo de la presente invención consiste en proporcionar una posibilidad mejor para detectar fugas en una red de abastecimiento de agua.

- 10 Este objetivo se logra de acuerdo con la invención en cuanto al procedimiento mediante las características de acuerdo con la reivindicación independiente 1 y en cuanto al equipo mediante las características de la reivindicación independiente 5.

- 15 Puesto que según la presente invención las presiones y/o caudales se calculan en toda la red mediante una reconstrucción de las presiones o caudales medidos realmente por los primeros sensores en unas pocas posiciones de sensor, puede evitarse así el problema de que los valores de consumo reales para toda la red no son conocidos en general en un instante predeterminado.

- 20 El presente procedimiento es adecuado en particular también para tener en cuenta efectos dinámicos, aperiódicos y/o efectos especiales en la detección de fugas. Un tal efecto especial puede ser por ejemplo una pausa de juego durante un partido de fútbol.

- 25 En la búsqueda de fugas en una red pueden además utilizarse sensores instalados temporalmente como segundos sensores, lo cual aporta al operador de la red posibilidades de análisis adicionales.

- En conjunto proporciona el procedimiento propuesto una mayor fiabilidad y una inferior tasa de errores en la detección de fugas en redes.

- 30 Ventajosas formas de realización y perfeccionamientos resultan de las reivindicaciones secundarias, así como de la descripción con referencia a las figuras.

- 35 En una forma de realización presenta la determinación de perfiles de consumo las etapas de clasificar los consumidores de la red, determinar el consumo total teórico de la red basándose en los consumidores clasificados, asignar un valor de consumo de 0 a cada uno de los consumidores clasificados y determinar una cantidad Q del medio transportado por la red, que es inferior al consumo total teórico determinado, medir el consumo total de la red, incrementar el valor de consumo de uno de los consumidores elegido aleatoriamente en el valor Q, siempre que la suma de los valores de consumo de todos los consumidores sea inferior al consumo total medido, correspondiendo la probabilidad de que se elija un consumidor a su participación en el consumo total teórico determinado. Las etapas aquí citadas se realizan en una forma de realización para cada intervalo de medida individual de un periodo de tiempo de medida.

- 45 Al respecto un intervalo de medida es una fracción predeterminada del periodo de tiempo de medida. En una forma de realización el periodo de tiempo de medida es de entre uno y tres minutos. La cantidad Q puede corresponder en una red de abastecimiento de agua por ejemplo a 3 litros. Esto hace posible una determinación muy sencilla de perfiles de consumo individuales para los distintos consumidores de la red.

- 50 En una forma de realización, al clasificar los consumidores se cualifican los consumidores cualitativamente, tal que resulta posible una comparación de los distintos consumidores entre sí. Esto hace posible una confección muy sencilla de los perfiles de consumo. De acuerdo con la invención, se realiza al calcular perfiles de presión y/o perfiles de caudal al menos una simulación de la red, realizándose la simulación en particular más de dos veces. Como resultado de la simulación se dispone de distribuciones de la presión en los distintos nodos de la red y distribuciones de caudal en los distintos segmentos de tubería de la red. Realizando varias veces la simulación en función de la idea del muestreo de Monte-Carlo, se dispone para cada periodo de observación de varios resultados de simulación, que pueden utilizarse en la siguiente etapa de la compresión de datos. De acuerdo con la invención, en la reducción de los datos se reducen los datos de la simulación basándose en un desarrollo serie matemático, en particular en un desarrollo serie basado en el procedimiento Proper Orthogonal Decomposition (POD, descomposición ortogonal propia). La reducción de los datos basándose en un desarrollo serie posibilita una reconstrucción de los estados en la red basándose solamente en unos pocos valores de sensor reales de los primeros sensores.

- 65 En una forma de realización se realiza el procedimiento para un periodo de medida predeterminado, siendo el periodo de medida en particular un periodo de bajo consumo en la red. De esta manera se mantiene reducida la desviación entre la simulación y el comportamiento real de la red.

En una forma de realización están configurados la presión y/o los caudales en la red como presión fluida y/o caudal fluido. Esto posibilita utilizar la presente invención con cualquier red de abastecimiento que transporta fluidos.

En una forma de realización están configurados la presión y/o los caudales en la red como tensión eléctrica y/o intensidad o corriente eléctrica. Esto posibilita utilizar la presente invención en redes de suministro eléctrico. Igualmente es posible la utilización de la presente invención en otras clases de redes de suministro.

Las variantes de configuración y perfeccionamientos anteriores pueden combinarse entre sí de cualquier forma. Otras posibles variantes de configuración, perfeccionamientos e implementaciones de la invención incluyen también combinaciones no citadas explícitamente de características de la invención descritas antes o en lo que sigue relativas a los ejemplos de realización. En particular añadirá al respecto el especialista también aspectos individuales como mejoras o complementos a la correspondiente forma básica de la presente invención.

Indicaciones sobre el contenido de los dibujos

La presente invención se describirá a continuación más en detalle en base a los ejemplos de realización indicados en las figuras esquemáticas de los dibujos. Al respecto muestran:

figura 1 un diagrama secuencial de una forma de realización del procedimiento de acuerdo con la invención;

figura 2 un diagrama secuencial de otra forma de realización del procedimiento de acuerdo con la invención;

figura 3 un diagrama de conexiones de bloques de una forma de realización de un equipo de acuerdo con la presente invención;

figura 4 un diagrama de conexiones de bloques de una forma de realización de una red de acuerdo con la presente invención;

figura 5 un diagrama de conexiones de bloques de una forma de realización de una red de acuerdo con la presente invención;

figura 6 un diagrama de bloques de una forma de realización de una red de acuerdo con la presente invención;

figura 7 un diagrama de una evolución de la presión;

figura 8 un diagrama de una evolución de la presión.

En todas las figuras se han dotado los mismos elementos y equipos o los que realizan la misma función de las mismas referencias, siempre que no se indique otra cosa.

Bajo una red ha de entenderse en el marco de esta solicitud de patente una red en la cual se transporta un medio desde una o varias fuentes o entradas del flujo hasta al menos un consumidor. Al respecto puede ser el medio un fluido, por ejemplo agua o gas. Pero también puede transportarse por ejemplo una corriente eléctrica. En el marco de esta solicitud de patente puede ser también una red sólo una parte o una zona de una red más grande de orden superior. Una red puede ser en el marco de esta solicitud de patente por ejemplo también una subred o "District Meter Area", DMA.

Bajo una fuga ha de entenderse en el marco de esta solicitud de patente cualquier salida del flujo de la red que no viene provocada por un consumidor. Una fuga puede ser también una salida de la red provocada por un consumidor, pero no autorizada por el operador de la red.

En el marco de esta solicitud de patente ha de entenderse bajo un consumidor cualquier consumidor que toma el medio transportado en la red. En una red de abastecimiento de agua puede ser un consumidor por ejemplo una casa unifamiliar, una casa plurifamiliar, un edificio de oficinas, una escuela o similares. Lo mismo es válido en relación con redes de calor a distancia y redes de suministro eléctrico.

Bajo perfiles de consumo correspondientes a los consumidores han de entenderse en el marco de esta solicitud de patente perfiles que caracterizan el consumo de los consumidores durante un periodo de tiempo predeterminado.

La clasificación de consumidores significa en el marco de esta solicitud de patente que a cada consumidor se le asigna un comportamiento de consumo característico, con el que pueden representarse el consumo total diario del correspondiente consumidor en el día de que se trate. Por ejemplo las casas unifamiliares tienen otro comportamiento en cuanto a consumo distinto del que tiene por ejemplo una casa plurifamiliar, un edificio de oficinas o una escuela.

Bajo perfiles de presión o perfiles de caudal han de entenderse en el marco de esta solicitud de patente perfiles que indican respectivamente la evolución en el tiempo y de la presión en nodos de la red o la evolución en el tiempo del caudal en tuberías de la red.

Descripción de ejemplos de realización

La figura 1 muestra un diagrama secuencial de una forma de realización del procedimiento de acuerdo con la invención.

El procedimiento prevé en una primera etapa S1 la determinación de los perfiles de consumo 13-1 - 13-n para cada consumidor 12-1 - 12-n de la red 2.

En particular pueden determinarse los perfiles de consumo 13-1 - 13-n para un periodo de medida predeterminado. El periodo de medida puede ser por ejemplo de entre 1 minuto y 1 hora. En una forma de realización puede ser también el periodo de medida de hasta media hora, en particular también de hasta 10 minutos o de hasta 3 minutos.

En una segunda etapa S2 se calculan perfiles de presión 14-1 - 14-n y/o perfiles de caudal 15-1 - 15-n para la red 2 basándose en los perfiles de consumo 13-1 - 13-n determinados. El cálculo de los perfiles de presión 14-1 - 14-n y/o de los perfiles de caudal 15-1 - 15-n puede realizarse por ejemplo en base a una simulación hidráulica o eléctrica de la red 2. La simulación de la red 2 puede realizarse en particular también varias veces. De esta manera se proporcionan para cada periodo de observación una pluralidad de perfiles de presión 14-1 - 14-n y/o perfiles de caudal 15-1 - 15-n. Este cálculo repetido de los perfiles de presión 14-1 - 14-n y/o perfiles de caudal 15-1 - 15-n corresponde entonces a la idea del muestreo de Monte Carlo.

La tercera etapa S3 prevé la reducción de los datos de los perfiles de presión 14-1 - 14-n calculados y de los perfiles de caudal 15-1 - 15-n calculados. Entonces pueden reducirse los datos de los perfiles de presión 14-1 - 14-n calculados y de los perfiles de caudal 15-1 - 15-n calculados en una forma de realización basada en un desarrollo serie, en particular en un desarrollo serie matemático. En una forma de realización se basa el desarrollo serie en el procedimiento Proper Orthogonal Decomposition o también llamado procedimiento POD o análisis de los componentes principales.

El análisis de los componentes principales sirve para simplificar bloques de datos. Para ello se realiza una aproximación de una pluralidad de variables estadísticas, aquí los perfiles de presión 14-1 - 14-n calculados y los perfiles de caudal 15-1 - 15-n calculados, mediante un pequeño número de combinaciones lineales expresivas.

Una cuarta etapa S4 prevé la colocación de primeros sensores 5-1 - 5-n y al menos un segundo sensor 6-1 - 6-n en la red 2, estando configurados los primeros sensores 5-1 - 5-n y los segundos sensores 6-1 - 6-n para medir la presión y/o el caudal. Los primeros y segundos sensores 5-1 - 5-n, 6-1 - 6-n se colocan entonces basándose en el procedimiento Gappy-POD (Karen Wilcox, MIT 2004). En el mismo se colocan los sensores 5-1 - 5-n, 6-1 - 6-n en un procedimiento heurístico primeramente en los lugares óptimos locales para los distintos modos POD. Mediante la minimización de la condición (condition number) de la matriz de coeficientes M del procedimiento Gappy-POD, puede seguir mejorándose la colocación de los sensores.

Una quinta etapa S5 prevé el cálculo de valores de presión y/o caudales para las posiciones de los segundos sensores 6-1 - 6-n en la red 2 basándose en los valores de medida 7-1 - 7-n de los primeros sensores 5-1 - 5-n y los datos reducidos. En una forma de realización se calculan para ello, en base a la serie matemática de la etapa S3, para cualesquiera nudos o líneas en la red 2, valores de presión y/o caudales.

La sexta etapa S6 prevé la determinación de la diferencia 16 entre los valores de presión calculados y/o los caudales calculados y los valores de presión medidos por el correspondiente segundo sensor 6-1 - 6-n y/o los caudales medidos por el correspondiente segundo sensor 6-1 - 6-n. Para calcular la diferencia, pueden elegirse en una forma de realización los valores de presión y/o caudales de la etapa S5 para las posiciones de los segundos sensores 6-1 - 6-n y compararse con los valores realmente medidos de los segundos sensores 6-1 - 6-n o bien deducirse de los mismos o a la inversa.

Finalmente prevé la séptima etapa S7 la emisión de una señal de alarma 17 cuando la diferencia 16 determinada es superior a un valor de umbral 18 predeterminado.

La figura 2 muestra un diagrama secuencial de otra forma de realización del procedimiento de acuerdo con la invención.

El diagrama secuencial de la figura 2 muestra las distintas etapas S1-1 - S1-5 que se realizan en la etapa S1 del procedimiento de acuerdo con la invención en una forma de realización.

En una forma de realización se ejecutan la etapa S1 y/o el procedimiento de acuerdo con la invención solamente para un periodo de medida predeterminado. El periodo de medida predeterminado puede ser entonces un periodo de bajo consumo en la red 2. Si la red 2 es una red de abastecimiento de agua,

puede ser el periodo de medida por ejemplo un intervalo de tiempo de 3 minutos, que se encuentra entre las 2 y las 3 horas en la noche.

La etapa S1-1 prevé la clasificación de los consumidores 12-1 - 12-n de la red 2.

Al respecto pueden determinarse las clasificaciones cualitativamente en una forma de realización tal que resulte posible comparar entre sí el consumo de los distintos consumidores 12-1 - 12-n. Por ejemplo puede predeterminarse como valor de base el consumo del consumidor 12-1 - 12-n con el consumo más bajo, por ejemplo el consumo de una pequeña casa unifamiliar. Los consumos de los segundos consumidores 12-1 - 12-n pueden entonces presentar simplemente un factor, en el que el consumo de los demás consumidores 12-1 - 12-n sobrepasa el valor de base. Para una casa con dos familias podría haberse dado por ejemplo un factor de 2.

Las clasificaciones pueden memorizarse en otra forma de realización por ejemplo en un banco de datos y elegirse en base al correspondiente tipo de edificio. El tipo de edificio puede ser por ejemplo una casa unifamiliar, una casa plurifamiliar, un chalet adosado, un edificio de oficinas, una escuela o similares. Las clasificaciones de los distintos consumidores 12-1 - 12-n pueden presentar para el consumo de los distintos consumidores valores diferentes para horas del día distintas. Al respecto puede indicarse el consumo de los distintos consumidores 12-1 - 12-n en las clasificaciones en cada caso para periodos de tiempo predeterminados de por ejemplo 10 minutos o similares.

La etapa S1-2 prevé la determinación del consumo total teórico de la red 2 basándose en los consumidores clasificados 12-1 - 12-n. Esto puede realizarse mediante una sencilla extrapolación de los consumos indicados en las clasificaciones para los distintos consumidores 12-1 - 12-n.

La determinación propiamente dicha de los perfiles de consumo 13-1 - 13-n se realiza en las etapas S1-3 - S1-5.

Entonces se asigna a cada uno de los consumidores clasificados 12-1 - 12-n en la etapa S1-3 un valor de consumo de 0. Además se determina una cantidad Q del medio transportado por la red 2, que es inferior al consumo total teórico determinado. Entonces determina el valor de la cantidad Q la exactitud de los perfiles de consumo. En una red de abastecimiento de agua puede ser la cantidad Q por ejemplo 3 litros, lo que corresponde aproximadamente a la mitad de una descarga de retrete.

A continuación se mide en la etapa S1-4 el consumo total de la red 2. Esto puede realizarse por ejemplo con un sensor de consumo 10, situado en la entrada de la red 2.

Finalmente se incrementa en la etapa S1-5 el valor de consumo de uno de los consumidores 12-1 - 12-n aleatoriamente elegido en el valor Q. Este aumento del valor del consumo de uno de los consumidores 12-1 - 12-n elegido aleatoriamente se repite siempre que la suma de los valores de consumo de todos los consumidores 12-1 - 12-n sea inferior al consumo total medido. Al respecto se elige en cada iteración un nuevo consumidor 12-1 - 12-n aleatoriamente. La probabilidad de que se elija un consumidor 12-1 - 12-n corresponde a la participación del correspondiente consumidor 12-1 - 12-n en el consumo total determinado teóricamente de la red 2.

La figura 3 muestra un diagrama de conexiones de bloques de una forma de realización de un equipo 1 de acuerdo con la presente invención.

El equipo 1 de la figura 3 presenta una interfaz de sensor 4, que está configurada para conectar el equipo 1 con primeros sensores 5-1 - 5-n y con segundos sensores 6-1 - 6-n. Los primeros sensores 5-1 - 5-n y los segundos sensores 6-1 - 6-n transmiten valores de medida 7-1 - 7-n a través de la interfaz de sensor 4 a un equipo de cálculo 8 del equipo 1. El equipo de cálculo 8 está configurado para ejecutar un procedimiento según la presente invención, tal como ya se ha descrito en relación con las figuras 1 y 2. Si los cálculos del equipo de cálculo 8 dan como resultado que podría existir una fuga en la red 2, emite el equipo de cálculo 8 una señal de alarma 17.

En una forma de realización está configurado el equipo de cálculo 8 en particular para determinar perfiles de consumo 13-1 - 13-n para cada consumidor 12-1 - 12-n de la red 2, calcular perfiles de presión 14-1 - 14-n y/o perfiles de caudal 15-1 - 15-n para la red 2 basándose en los perfiles de consumo 13-1 - 13-n determinados, reducir los datos de los perfiles de presión calculados 14-1 - 14-n y de los perfiles de caudal calculados 15-1 - 15-n, calcular valores de presión y/o valores de caudal para las posiciones de los segundos sensores 6-1 - 6-n en la red 2 basándose en los valores de medida 7-1 - 7-n de los primeros sensores 5-1 - 5-n y los datos reducidos, determinar la diferencia 16 entre los valores de presión calculados y/o los caudales calculados y los valores de presión medidos por el correspondiente segundo sensor 6-1 - 6-n y/o los valores de caudal medidos por el correspondiente segundo sensor 6-1 - 6-n y emitir una señal de alarma cuando la diferencia 16 determinada es superior a un valor de umbral 18 predeterminado.

El equipo de cálculo 8 puede ser un equipo de cálculo 8 individual, por ejemplo una computadora o microprocesador individual. Pero el equipo de cálculo 8 puede estar constituido también por una pluralidad de computadoras o procesadores, que están acoplados entre sí por ejemplo en una red.

5 Además puede estar constituido el equipo de cálculo en una forma de realización para calcular los valores de presión y/o caudales para las posiciones de los segundos sensores 6-1 - 6-n y los datos reducidos en un instante en el que no se realiza ninguna vigilancia de la red 2 y memorizar estas informaciones calculadas de antemano. Cuando se vigila la red 2 pueden bajarse estas informaciones memorizadas y compararse con valores de medida reales de los segundos sensores 6-1 - 6-n. En particular pueden realizarse los cálculos a realizar previamente por ejemplo sobre un equipo de cálculo 8 que no es aquel equipo de cálculo 8 que se utiliza para vigilar la red 2. Así pueden realizarse los cálculos que necesitan un gran trabajo de cálculo por ejemplo previamente en una computadora potente y la vigilancia de la red 2 puede realizarse por ejemplo en computadoras menos potentes, por ejemplo en sistemas embebidos.

15 La figura 4 muestra un diagrama de conexiones de bloques de una forma de realización de una red 2 según la presente invención.

20 La red 2 presenta una pluralidad de líneas 20-1 - 20-9 y nodos 21-1 - 21-8. La línea 20-1 es el flujo de entrada de la red 2 y presenta un sensor de consumo 10. El nodo 21-1 conecta la línea 20-1 con las líneas 20-2 y 20-9. La línea 20-2 continúa en la línea 20-3. El nodo 21-2 conecta la línea 20-3 con la línea 20-8. La línea 20-8 está conectada en su otro extremo a través del nodo 21-8 con la línea 20-9. La línea 20-3 está acoplada a través del nodo 21-4 con la línea 20-6, que está acoplada a través del nodo 21-6 con la línea 20-7. La línea 20-7 está acoplada a través del nodo 21-7 con la línea 20-8 y a través del nodo 21-5 con la línea 20-5. La línea 20-5 conecta la línea 20-3 con la línea 20-9. Además está acoplada entre los nodos 21-2 y 21-4 la línea 20-3 a través del nodo 21-3 con la línea 20-4.

Los consumidores 12-1 - 12-n se representan como flechas, que están dispuestas en las correspondientes líneas 20-1 - 20-9.

30 Los consumidores 12-1, 12-3 y 12-4 están dispuestos en la línea 20-3. El consumidor 12-1 está dispuesto delante del nodo 21-2, el consumidor 12-3 está dispuesto detrás del nodo 21-3 y el consumidor 12-4 está dispuesto después del nodo 21-4 en la línea 20-3.

35 En la red 2 están dispuestos además tres primeros sensores 5-1 - 5-3, que transmiten valores de medida 7-1 - 7-3 al equipo 1. El primer sensor 5-1 está dispuesto entre el consumidor 12-1 y el nodo 21-2 en la línea 20-3. El primer sensor 5-2 está dispuesto entre el nodo 21-7 y el nodo 21-6 en la línea 20-7. El primer sensor 5-3 está dispuesto entre el nodo 21-8 y el consumidor 12-6 en la línea 20-9.

40 La red 2 presenta además un segundo sensor 6-1, que está dispuesto en la línea 20-6. Los primeros sensores 5-1 - 5-3 están representados en la figura 4 como círculos y el segundo sensor 6-1 está representado como cuadrado.

45 Finalmente presenta la red 2 un equipo 1 que presenta una interfaz de sensor 4, un banco de datos 9 y un equipo de cálculo 8. El equipo de cálculo 8 está constituido para determinar perfiles de usuario 13-1 - 13-n para los consumidores 12-1 - 12-8. A partir de los perfiles de usuario 13-1 - 13-n calcula el equipo de cálculo 8 perfiles de presión 14-1 - 14-n y/o perfiles de caudal 15-1 - 15-n para la red 2 y reduce los datos de los perfiles de presión 14-1 - 14-n y/o perfiles de caudal 15-1 - 15-n. Esto se representa en la figura 4 mediante líneas discontinuas. A partir de los datos reducidos y de los valores de medida 7-1 - 7-3 de los primeros sensores 5-1 - 5-3 calcula el equipo de cálculo 8 valores de caudal para la posición del segundo sensor 6-1, es decir, para la línea 20-6. Este valor lo toma el equipo de cálculo 8 del valor medido por el segundo sensor 6-1 para el caudal en la línea 20-6 y compara la diferencia 16 con el valor de umbral 18 predeterminado. Si la diferencia 18 es mayor que el valor de umbral 18, emite el equipo de cálculo 8 una señal de alarma 17.

55 La figura 5 muestra un diagrama de conexiones de bloques de una forma de realización de una red 2 según la presente invención.

60 La figura 5 sirve para mostrar la primera etapa del procedimiento S1, en la cual se determinan para los consumidores 12-1 - 12-8 de la red 2 perfiles de consumo 13-1 - 13-8. La red 2 de la figura 5 se basa en la red 2 de la figura 4. Para mayor claridad del conjunto, se han dotado en la figura 5 de referencias solamente los perfiles de consumo 13-1 - 13-8.

65 En la figura 5 puede verse que a cada uno de los consumidores 12-1 - 12-8 se le asocia un perfil de consumo propio 13-1 - 13-8, que indica, al menos cualitativamente, la evolución en el tiempo del consumo para el correspondiente consumidor 12-1 - 12-8. En una forma de realización pueden indicar los perfiles de consumo 13-1 - 13-8 el consumo no sólo cualitativamente, sino también con gran exactitud. En una forma de realización pueden indicar los perfiles de consumo 13-1 - 13-8 el consumo de forma discreta en

el tiempo y cuantificadamente. Las etapas de tiempo y las etapas de cuantificación pueden adaptarse entonces en función del caso de aplicación y de la potencia de cálculo disponible.

- 5 La figura 6 muestra otro diagrama de conexiones de bloques de una forma de realización de una red 2 de acuerdo con la presente invención.
- 10 La figura 6 muestra para alguna de las líneas 20-1 - 20-9 perfiles de caudal y para algunos de los nodos 21-1 - 21-8 perfiles de presión 14-1 - 14-7, que fueron confeccionados basándose en perfiles de consumo 13-1 - 13-8 representados en la figura 5.
- 15 El perfil de caudal 15-1 indica el caudal para la tubería 20-2. El perfil de caudal 15-2 indica el caudal para la tubería 20-8. El perfil de caudal 15-3 indica el caudal para la tubería 20-9. El perfil de caudal 15-4 indica el caudal para la tubería 20-5.
- 20 El perfil de presión 14-1 indica la presión en el nodo 21-1. El perfil de presión 14-2 indica la presión en el nodo 21-8. El perfil de presión 14-3 indica la presión en el nodo 21-7. El perfil de presión 14-4 indica la presión en el nodo 21-3. El perfil de presión 14-5 indica la presión en el nodo 21-4. El perfil de presión 14-6 indica la presión en el nodo 21-6. El perfil de presión 14-7 indica la presión en el nodo 21-5.
- 25 Los perfiles de caudal 15-1 - 15-4 y los perfiles de presión 14-1 - 14-7 pueden calcularse por ejemplo mediante una simulación basándose en los datos de los perfiles de consumo 13-1 - 13-8 representados en la figura 5. Los pictogramas de los perfiles de caudal 15-1 - 15-4 y de los perfiles de presión 14-1 - 14-7 de la figura 6 se indican solamente a modo de ejemplo y pueden desviarse en cuanto a formas de realización de la presente invención de los perfiles de caudal 15-1 - 15-4 y perfiles de presión 14-1 - 14-7. Lo mismo es válido para los pictogramas de los perfiles de consumo 13-1 - 13-8 representados en la figura 5.
- 30 La figura 7 muestra un diagrama de la evolución de una presión. En la figura 7 muestra el eje de abscisas el tiempo y el eje de ordenadas la presión. El diagrama de la figura 7 muestra la evolución de una presión a modo de ejemplo para uno cualquiera de los nodos 21-1 - 21-n de una red 2 vigilada. Al respecto se muestra la evolución de la presión real, o medida por un segundo sensor 6-1 - 6-n mediante una curva representada con una línea continua y la evolución de la presión teórica calculada para la posición del correspondiente segundo sensor 6-1 - 6-n mediante una curva representada con una línea discontinua. Ambas curvas tienen una evolución oscilante. La curva real presenta entonces una componente de alta frecuencia que se representa como una oscilación de la curva alrededor de la curva plana del valor teórico.
- 35 En la figura 7 puede observarse que ambas curvas se encuentran una sobre otra y con ello la presión calculada teóricamente y la presión medida mediante el segundo sensor 6-1 - 6-n son iguales, excepto las oscilaciones de alta frecuencia.
- 40 En consecuencia no hay ningún indicio de una fuga en la red 2 vigilada.
- 45 La figura 8 muestra igualmente un diagrama de la evolución de una presión. En la figura 8 muestra igualmente el eje de abscisas el tiempo y el eje de ordenadas la presión.
- 50 El diagrama de la figura 8 corresponde en amplia medida al diagrama de la figura 7. Por supuesto en el diagrama de la figura 8 se encuentra la curva de la evolución de la presión real o medida claramente por encima de la curva de la evolución de la presión calculada. En la figura 8 se dibuja además sobre la curva para la evolución de la presión calculada también el valor de umbral 18. Puede observarse que la curva de la evolución de la presión real o medida se encuentra por encima del valor de umbral 18.
- 55 El diagrama de la figura 8 indica claramente que hay una fuga en la red 2 y provoca la emisión de una señal de alarma 17.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para detectar fugas (3) en una red (2), con las etapas:

- 5 - Determinación (S1) de perfiles de consumo (13-1 - 13-n) para cada consumidor (12-1 - 12-n) de la red (2);
- cálculo (S2) de perfiles de presión (14-1 - 14-n) y/o perfiles de caudal (15-1 - 15-n) para la red (2) basándose en los perfiles de consumo (13-1 - 13-n) determinados, realizándose al calcular perfiles de presión (14-1 - 14-n) y/o perfiles de caudal (15-1 - 15-n) al menos una simulación de la red (2), realizándose la simulación en particular más de dos veces;
- 10 - reducción (S3) de los datos de los perfiles de presión (14-1 - 14-n) calculados y de los perfiles de caudal (15-1 - 15-n) calculados, reduciéndose, al reducir los datos, los datos de la simulación basándose en un desarrollo serie matemático, en particular en un desarrollo serie basado en el procedimiento Proper Orthogonal Decomposition (procedimiento POD);
- 15 - colocación (S4) de primeros sensores (5-1 - 5-n) y al menos un segundo sensor (6-1 - 6-n) en la red (2), estando configurados los primeros sensores (5-1 - 5-n) y los segundos sensores (6-1 - 6-n), de los que al menos hay uno, para medir presión y/o caudales, determinándose al colocar primeros sensores (5-1 - 5-n) las posiciones de los primeros sensores (5-1 - 5-n) y/o de los segundos sensores (6-1 - 6-n), de los que al menos hay uno, en la red (2) basándose en el procedimiento POD;
- 20 - cálculo (S5) de valores de presión y/o caudales para las posiciones de los segundos sensores (6-1 - 6-n), de los que al menos hay uno, en la red (2) basándose en los valores de medida (7-1 - 7-n) de los primeros sensores (5-1 - 5-n) y los datos reducidos;
- 25 - determinación (S6) de la diferencia (16) entre los valores de presión calculados y/o los caudales calculados y los valores de presión medidos por el correspondiente segundo sensor (6-1 - 6-n) y/o los caudales medidos por el correspondiente segundo sensor (6-1 - 6-n);
- emisión (S7) de una señal de alarma (17) cuando la diferencia (16) determinada es superior a un valor de umbral (18) predeterminado.

30 2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1,

en el que la determinación (S1) de perfiles de consumo (13-1 - 13-n) presenta las siguientes etapas:

- clasificar (S1-1) al menos uno de los consumidores (12-1 - 12-n) de la red (2);
- determinar (S1-2) el consumo total teórico de la red (2) basándose en los consumidores (12-1 - 12-n) clasificados;
- 35 - asignar (S1-3) un valor de consumo de 0 a cada uno de los consumidores (12-1 - 12-n) clasificados y determinar una cantidad Q del medio transportado por la red (2), que es inferior al consumo total teórico determinado;
- medir (S1-4) el consumo total de la red (2);
- 40 - incrementar (S1-5) el valor de consumo de uno de los consumidores (12-1 - 12-n) elegido aleatoriamente en el valor Q, siempre que la suma de los valores de consumo de todos los consumidores (12-1 - 12-n) sea inferior al consumo total medido, correspondiendo la probabilidad de que se elija un consumidor (12-1 - 12-n) a su participación en el consumo total teórico determinado.

45 3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2,

en el que al clasificar (S1-1) los consumidores (12-1 - 12-n) se cualifican los consumidores (12-1 - 12-n) cualitativamente, tal que resulta posible una comparación de los distintos consumidores entre sí.

50 4. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes,

en el que el procedimiento se realiza para un periodo de medida predeterminado, siendo el periodo de medida en particular un periodo de bajo consumo en la red (2).

55 5. Equipo (1) para la detección de fugas en una red (2),

con primeros sensores (5-1 - 5-n) y al menos un segundo sensor (6-1 - 6-n) y una interfaz de sensor (4),

que está configurado para captar valores de medida (7-1 - 7-n) de los primeros sensores (5-1 - 5-n) y del segundo sensor (6-1 - 6-n), de los que al menos hay uno, en la red (2), estando configurados los primeros sensores (5-1 - 5-n) y el segundo sensor (6-1 - 6-n), de los que al menos hay uno, para medir una presión o caudales,

60 **caracterizado por** un equipo de cálculo (8), que está diseñado para

- determinar (S1) perfiles de consumo (13-1 - 13-n) para cada consumidor (12-1 - 12-n) de la red (2);
- calcular (S2) perfiles de presión (14-1 - 14-n) y/o perfiles de caudal (15-1 - 15-n) para la red (2) basándose en los perfiles de consumo (13-1 - 13-n) determinados, realizándose al calcular perfiles de presión (14-1 - 14-n) y/o perfiles de caudal (15-1 - 15-n) al menos una simulación de la red (2), realizándose la simulación en particular más de dos veces;
- 65 - reducir (S3) los datos de los perfiles de presión (14-1 - 14-n) calculados y de los perfiles de caudal (15-1 - 15-n) calculados, reduciéndose los datos de la simulación en la reducción de los datos

- basándose en un desarrollo serie matemático, en particular un desarrollo serie basado en el procedimiento Proper Orthogonal Decomposition (procedimiento POD);
- determinar posiciones de los primeros sensores (5-1 - 5-n) y/o del segundo sensor (6-1 - 6-n), de los que al menos hay uno, en la red (2) basándose en el procedimiento POD;
 - calcular valores de presión y/o valores de caudal para las posiciones de los segundos sensores (6-1 - 6-n) en la red (2) determinadas mediante el procedimiento POD basándose en los valores de medida (7-1 - 7-n) de los primeros sensores (5-1 - 5-n) y los datos reducidos,
 - determinar (S6) la diferencia (16) entre los valores de presión calculados y/o los caudales calculados y los valores de presión medidos por el correspondiente segundo sensor (6-1 - 6-n) y/o los valores de caudal medidos por el correspondiente segundo sensor (6-1 - 6-n);
 - emitir (S7) una señal de alarma (17) cuando la diferencia (16) determinada es superior a un valor de umbral (18) predeterminado.
6. Equipo de acuerdo con la reivindicación 5,
- con un banco de datos (9) en el que están memorizados datos relativos a los distintos consumidores (12-1 – 12-n) de la red (2),
 - con un sensor de consumo (10), que está configurado para captar el consumo total de la red (2);
 - realizando el equipo de cálculo (8) al determinar los perfiles de consumidor (13-1 – 13-n) lo siguiente: clasifica los consumidores (12-1 – 12-n) de la red (2) basándose en los datos memorizados y/o una introducción por parte de un usuario;
 - determina el consumo total teórico de la red (2) basándose en los consumidores (12-1 – 12-n) clasificados;
 - asigna un valor de consumo de 0 a cada uno de los consumidores (12-1 – 12-n) clasificados y determina una cantidad Q del medio transportado por la red (2), que es inferior al consumo total teórico determinado e
 - incrementa el valor de consumo de uno de los consumidores (12-1 – 12-n) elegido aleatoriamente en el valor Q, siempre que la suma de los valores de consumo de todos los consumidores (12-1 – 12-n) sea inferior al consumo total medido por el sensor de consumo (10), correspondiendo la probabilidad de que se elija un consumidor (12-1 – 12-n) a su participación en el consumo total teórico determinado.
7. Equipo de acuerdo con la reivindicación 5,
- en el que el equipo de cálculo está constituido además para realizar las características adicionales, en relación con las características de la reivindicación 1, de acuerdo con una de las reivindicaciones 2 a 4.
8. Red (2),
- con una pluralidad de nodos y líneas y con al menos un primer sensor (5-1 - 5-n) y con al menos un segundo sensor (6-1 - 6-n), estando configurado el primer sensor (5-1 - 5-n) de los que al menos hay uno y el segundo sensor (6-1 - 6-n); de los que al menos hay uno, para medir presión y/o caudales;
 - con un equipo de acuerdo con una de las reivindicaciones 5 – 7.

FIG 1

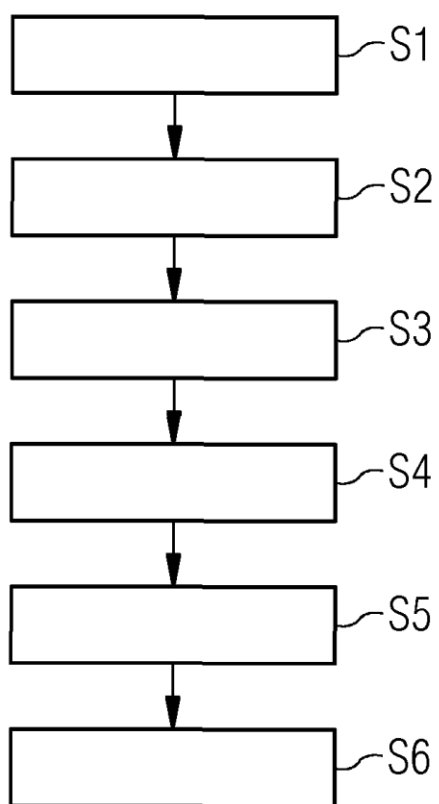


FIG 2

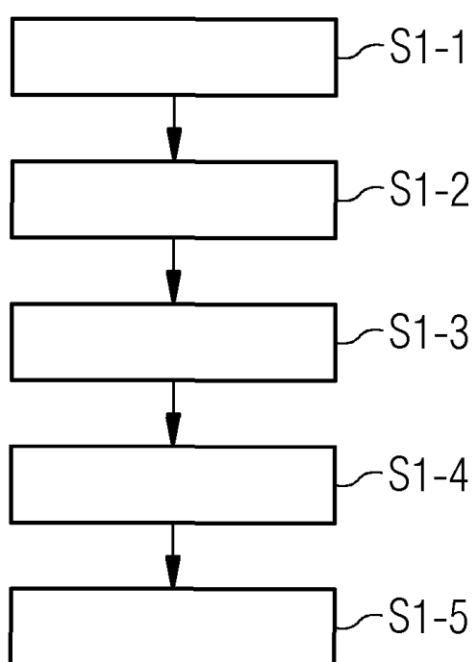


FIG 3

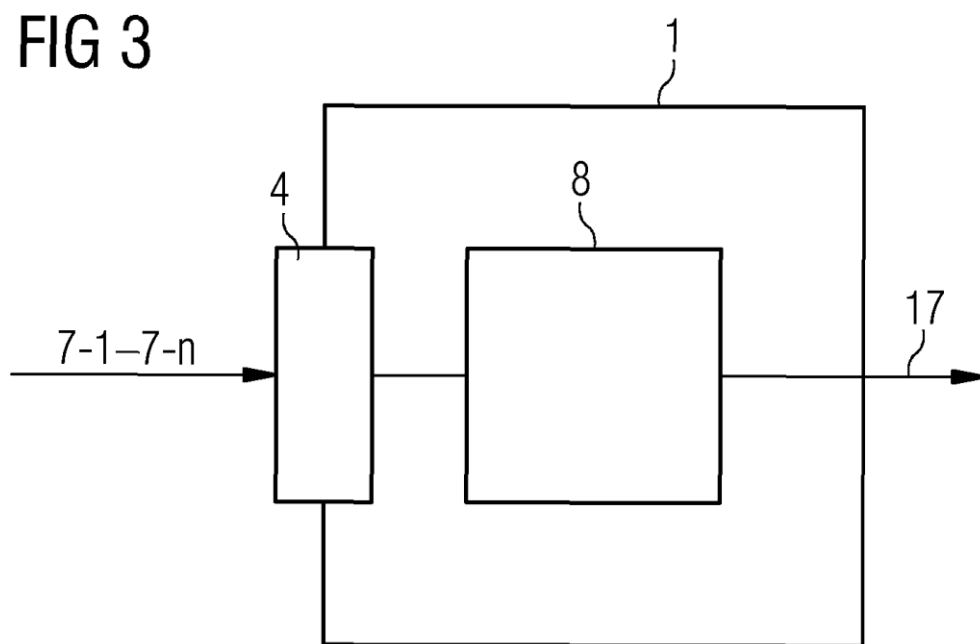


FIG 4

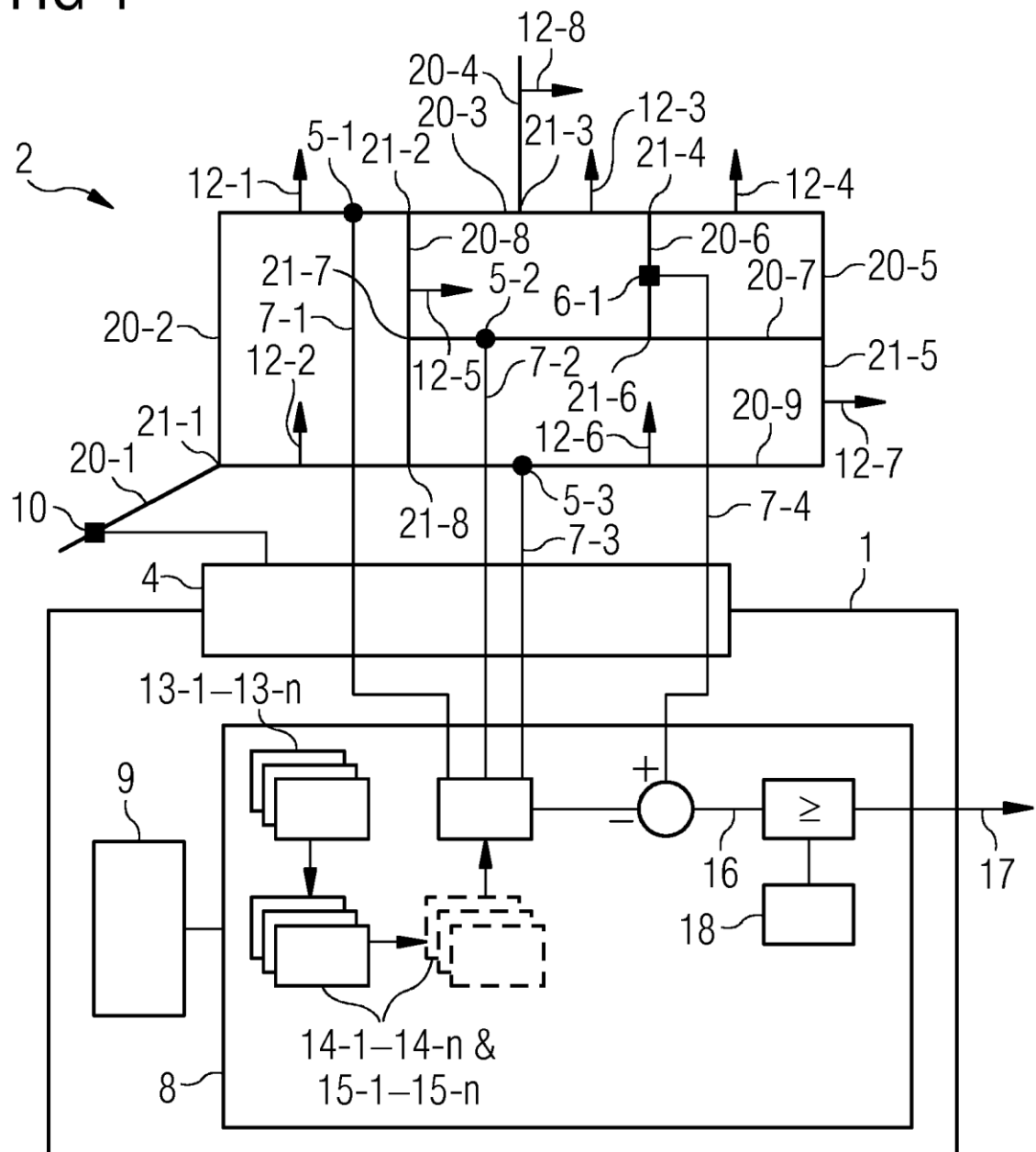


FIG 5

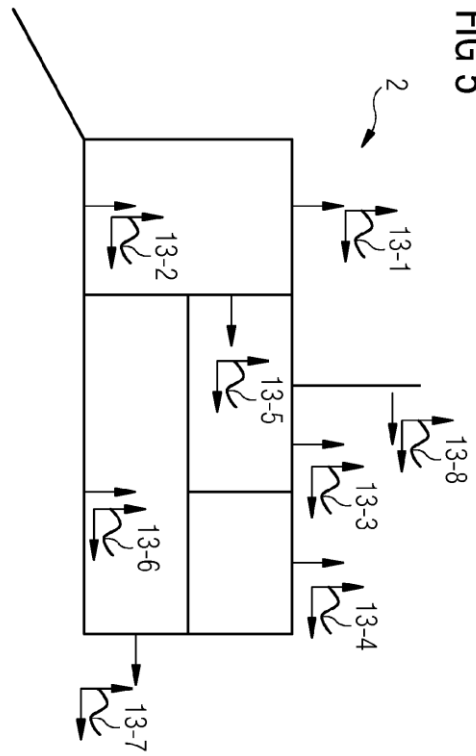


FIG 6

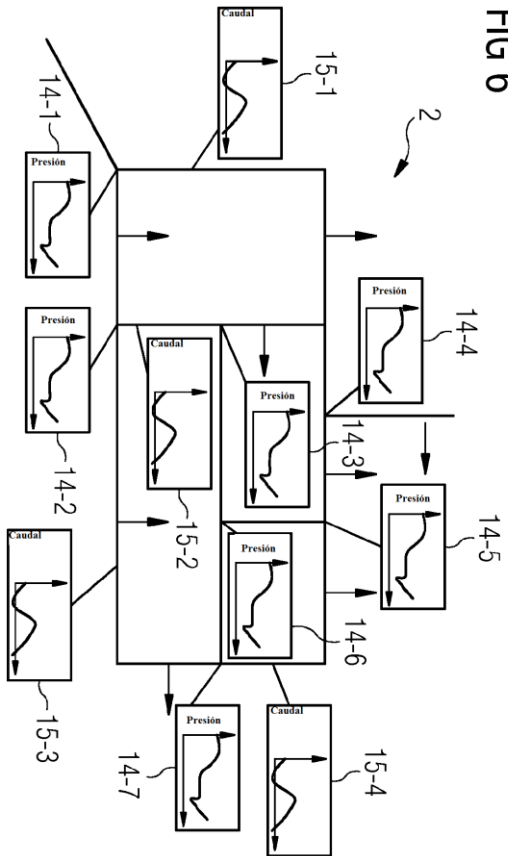


FIG 7

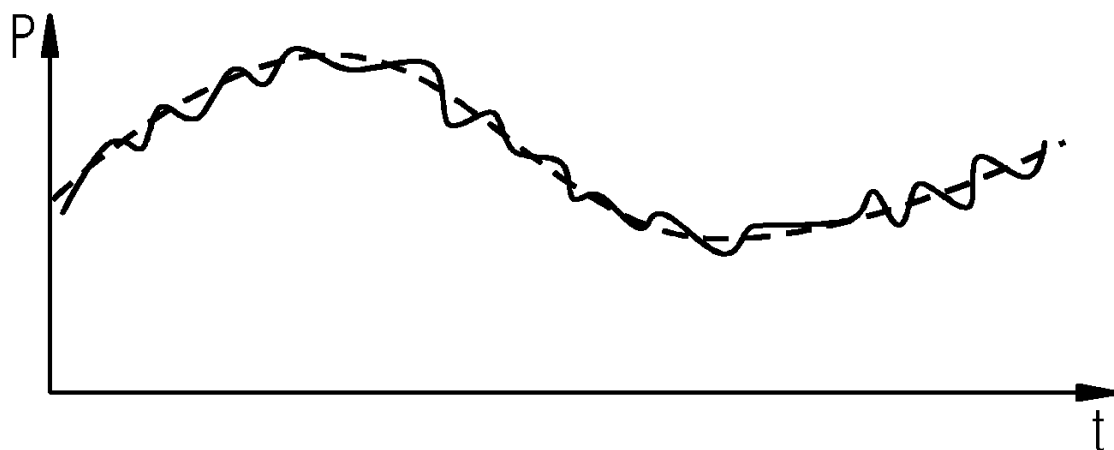


FIG 8

