

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 613 958**

51 Int. Cl.:

**G01M 3/28** (2006.01)

**G01M 5/00** (2006.01)

**G01M 3/24** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.12.2007 PCT/FR2007/052547**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.07.2008 WO08081148**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.12.2007 E 07871961 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.11.2016 EP 2097728**

54 Título: **Sistema de detección y localización de un evento en una canalización de transporte de fluido que permite la utilización de medios de comunicación de banda pasante baja**

30 Prioridad:

**21.12.2006 FR 0655821**

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

**29.05.2017**

73 Titular/es:

**CYBERNETIX (100.0%)  
RUE ALBERT EINSTEIN TECHNOPOLE DE  
CHATEAU GOMBERT BP94 DOMAINE DE  
L'ANNONCIADE  
13382 MARSEILLE CEDEX 13, FR**

72 Inventor/es:

**QUESNEL, JEAN-JACQUES y  
BESANCENOT, FABIEN**

74 Agente/Representante:

**CURELL AGUILÁ, Mireia**

ES 2 613 958 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**

Sistema de detección y localización de un evento en una canalización de transporte de fluido que permite la utilización de medios de comunicación de banda pasante baja.

5

**Antecedentes de la invención**

La presente invención se refiere al campo general de los sistemas de detección y localización de un evento en una canalización de transporte de un fluido. El fluido transportado puede estar en fase gaseosa o líquida. El fluido puede ser agua, hidrocarburos líquidos o gaseosos o cualquier otro líquido químico o petroquímico.

10

Más precisamente, la invención se refiere a tales sistemas que utilizan unos módulos remotos colocados en la canalización y asociados a por lo menos un sensor de ondas acústicas, vibraciones o tensiones.

15

Los eventos detectados por el sistema de detección y localización son por lo tanto unos eventos que generan la propagación de una onda acústica, vibraciones o tensiones en el fluido y/o en la estructura misma de la canalización a fin de poder ser registrados por los sensores utilizados en un sistema de detección y localización según la invención.

20

El sistema de detección y localización según la invención será, por lo tanto, apto para detectar y localizar los impactos mecánicos, entre los cuales se incluyen choques, por ejemplo relacionados con trabajos de proximidad o también con el paso de herramientas de inspección, las fugas, ya sean fugas por corrosión o fugas accidentales, los transitorios de presión, que corresponden por ejemplo a la apertura o al cierre de las válvulas, a la manipulación de tomas ilegales o también a la aparición repentina de una fuga, en particular las fugas como consecuencia de una ruptura de la canalización. Puede ocurrir además que una fuga no genere el ruido suficiente para ser detectada de otra manera que por la onda de presión generada al principio o al final del fenómeno de fuga.

25

Actualmente, los sistemas conocidos utilizan unos sensores que permiten la adquisición de una señal temporal. La señal temporal se envía después, por el módulo remoto asociado, hacia un dispositivo centralizador que realiza el análisis de las señales temporales recibidas procedentes de una pluralidad de módulos remotos con el fin de detectar, en estas señales temporales y en sus correlaciones, la presencia de ondas acústicas, vibraciones o tensiones reveladoras de la ocurrencia de un evento.

30

La transmisión de las señales temporales hacia un dispositivo centralizador de análisis presenta el inconveniente de implicar la utilización de medios de comunicación de alto caudal y, por lo tanto, de gran banda pasante, entre los sensores y el dispositivo centralizador. Los sistemas de detección y localización existentes son por lo tanto costosos y complejos de realizar.

35

Los documentos siguientes representan el estado de la técnica en el campo de la detección y la localización de un evento de tipo choque, fuga o transitorios de presión en una canalización: WO 01/81885 A1, WO 98/25121, GB 2 367 362 A, DE 3 726 585 A1, FR 2 503 363, US 5 101 774, WO 2004/031719 A1.

40

**Objeto y resumen de la invención**

La presente invención tiene por lo tanto como objetivo principal paliar tales inconvenientes proponiendo un sistema de detección y localización de un evento de tipo impacto mecánico, fuga o transitorio de presión en una canalización de transporte de fluido, que comprende por lo menos dos módulos remotos de detección destinados a ser colocados en la canalización separados unos de otros por unas distancias conocidas, incluyendo cada módulo remoto cada uno por lo menos unos medios de adquisición de una señal temporal que procede de por lo menos un sensor de ondas acústicas o vibraciones asociado al módulo remoto y localizado con respecto a éste, unos medios de horofechado de la señal temporal, unos medios de tratamiento de la señal temporal aptos para calcular un descriptor multicomponentes representativo de la señal temporal, basado en una descomposición en N niveles procedentes de la densidad espectral de la señal temporal en N bandas de frecuencia y en por lo menos un nivel procedente de cálculos estadísticos de orden superior y para analizar estos niveles con el fin de detectar un impacto mecánico o una fuga o un transitorio, unos medios de emisión para emitir una señal de detección que comprende por lo menos una parte de este descriptor asociado al indicador de tiempo de la señal temporal que corresponde a la detección, comprendiendo esta parte del descriptor los niveles en las bandas de frecuencia reveladores de la ocurrencia del evento detectado, hacia por lo menos un módulo remoto adyacente o hacia un dispositivo de análisis apto para analizar las señales de detección, para confirmar y para localizar los impactos mecánicos o las fugas o los transitorios producidos.

45

50

55

60

Con tal sistema de detección y localización, cada módulo remoto está provisto de medios de tratamiento de las señales temporales locales para calcular un descriptor de la señal temporal que comprende menos datos que la señal temporal en sí, ya que muestrea la densidad de potencia espectral de la señal sobre sólo un cierto número de bandas de frecuencias. Los medios de tratamiento realizan además un análisis de las bandas de frecuencia de esta descomposición con el fin de detectar directamente un impacto mecánico, una fuga o un transitorio.

65

- 5 El envío subsiguiente de una parte del descriptor asociado al indicador de tiempo de la señal temporal correspondiente hacia un dispositivo de análisis es entonces suficiente para que éste confirme y localice los impactos mecánicos, las fugas o los transitorios producidos. La invención permite por lo tanto no transmitir la señal temporal integral o parcial hacia el dispositivo de análisis. Además, los niveles transmitidos son aquellos gracias a los cuales la detección se ha podido realizar y aquellos que serán útiles para las correlaciones útiles para la confirmación del evento.
- 10 Enviando sólo los niveles observados en las bandas de frecuencia en las que se ha detectado un evento en el seno del módulo, la invención permite limitar los datos que transitan entre los módulos remotos o hacia el dispositivo de análisis. La invención permite realizar una detección y una localización de eventos utilizando unos bandas pasantes bajas en las redes de comunicación utilizadas para las transmisiones en el seno del sistema según la invención. La invención permite también utilizar unas redes de comunicaciones que presentan caudales bajos de transporte de datos.
- 15 La detección se realiza localmente y sólo una parte seleccionada y pretratada se envía hacia unos medios de localización.
- 20 Según una característica ventajosa de la invención, la detección de un evento es efectiva cuando se observa la superación de un umbral de nivel previamente determinado sobre por lo menos uno de los componentes del descriptor procedente de la señal temporal adquirida.
- 25 Con tal característica, los medios de detección pueden constituirse con la ayuda de un simple comparador de datos, lo que permite implementar de manera muy simple las funciones de la invención.
- 30 En una realización ventajosa, los umbrales utilizados para cada uno de los componentes del descriptor son autoadaptativos, realizándose su adaptación con la ayuda del nivel medio observado en cada uno de los componentes del descriptor.
- 35 Según una característica particular, el umbral adaptativo para por lo menos uno de los componentes del descriptor se calcula según la fórmula siguiente: Nivel medio del componente + M.(desviación estándar media del componente). M es, por ejemplo, superior a 3 y está ventajosamente comprendido entre 3 y 10. El cálculo del nivel medio y de la desviación estándar se efectúa por ejemplo con la aplicación de un factor de olvido decreciente hacia las mediciones más antiguas. Esto da como resultado que los valores más antiguos tienen menos peso en los cálculos de las medias.
- 40 Según una característica ventajosa de la invención, los tipos de eventos están cada uno de ellos asociado a algunos componentes del descriptor con el fin de permitir su distinción.
- 45 Además, ventajosamente, unos intervalos de duraciones de superación de umbral en una o unas bandas de frecuencia se asocian cada uno de ellos a un tipo de evento con el fin de permitir la distinción de los eventos.
- 50 Según un modo de realización preferido, el sistema de detección y localización según la invención es tal que cada módulo remoto es tal que los medios de emisión son adecuados para emitir una señal de detección con destino al o a los módulos remotos adyacentes cuando tiene lugar la detección interna por los medios de tratamiento de la señal del módulo remoto de ondas acústicas o vibraciones o tensiones reveladoras de un impacto mecánico o de una fuga o de un transitorio de presión, y por que cada módulo remoto comprende además unos medios de recepción adecuados para recibir una o varias señales de detección que proceden del o de los módulos remotos adyacentes y cada módulo remoto comprende además unos medios de confirmación y localización adecuados para analizar la coherencia de las señales de detección con el fin de confirmar y localizar el impacto mecánico o la fuga o el transitorio de presión.
- 55 Con tal característica, los módulos remotos aseguran la función de confirmación y localización sin utilizar un dispositivo centralizador. Cada módulo remoto es por lo tanto un dispositivo de análisis adecuado para confirmar y localizar el impacto mecánico, la fuga o el transitorio de presión a partir de las señales de detección que comprenden los descriptores o una parte del descriptor que corresponde a una detección de eventos en los módulos remotos adyacentes.
- 60 Ventajosamente, cada módulo remoto es capaz de funcionar según dos modos, un modo denominado detector y un modo denominado confirmador, siendo activada la basculación en módulo remoto confirmador cuando, tras una detección en el seno del módulo remoto considerado, el módulo remoto recibe por lo menos una señal de detección en el caso en el que el módulo remoto posea un solo módulo remoto adyacente, o cuando el módulo remoto recibe por lo menos dos señales de detección en el caso en el que el módulo remoto posea dos módulos remotos adyacentes.
- 65 Con tal característica, después de una detección, cada módulo remoto envía una señal de detección al o a los

módulos remotos próximos y asume la función de confirmador de la detección cuando recibe una o unas señales de detección que proceden del o de los módulos remotos próximos, comportándose los demás de alguna manera como dependientes en la red de módulos remotos y teniendo por función sólo la de detector. La función de confirmación es no obstante activable en el seno de todos los módulos remotos del sistema de detección y localización, pudiendo cada uno de estos módulos remotos, por lo tanto, estar uno detrás de otro en función del sitio en el que tiene lugar el evento detectado.

La invención se refiere también a un procedimiento de detección y localización de un evento de tipo impacto mecánico, fuga o transitorio de presión en una canalización de transporte de fluido, usando el procedimiento por lo menos dos módulos remotos de detección destinados a ser colocados en la canalización separados unos de otros por unas distancias conocidas, comprendiendo el procedimiento las etapas siguientes, realizadas en el seno de cada módulo remoto, adquisición de una señal temporal que proviene de por lo menos un sensor de ondas acústicas o vibraciones o tensiones asociado al módulo remoto y localizado con respecto a éste, horofechado de la señal temporal, tratamiento de la señal temporal que incluye una subetapa de cálculo de un descriptor multicomponentes representativo de la señal temporal, basado en una descomposición en N niveles procedentes de la densidad espectral de la señal temporal en N bandas de frecuencia y en por lo menos un nivel procedente de cálculos estadísticos de orden superior y una subetapa de análisis de estos niveles con el fin de detectar un impacto mecánico o una fuga o un transitorio, emisión de una señal de detección que comprende por lo menos una parte de este descriptor asociado a la marca temporal de la señal temporal que corresponde a la detección, comprendiendo esta parte del descriptor los niveles en las bandas de frecuencia reveladoras de la ocurrencia del evento detectado, hacia por lo menos un módulo remoto adyacente o hacia un dispositivo de análisis apto para analizar las señales de detección, para confirmar y localizar los impactos mecánicos o fugas o transitorios producidos.

Según una implementación preferida, las diferentes etapas del procedimiento son determinadas por unas instrucciones de programas informáticos.

Por consiguiente, la invención se refiere también a un programa informático en un soporte de informaciones, siendo este programa susceptible de ser puesto en un microprocesador de un módulo remoto, comprendiendo este programa unas instrucciones adecuadas para la realización de las etapas siguientes:

- adquisición de una señal temporal que proviene de por lo menos un sensor de ondas acústicas o vibraciones o tensiones asociado al módulo remoto y localizado con respecto a éste,
- horofechado de la señal temporal,
- tratamiento de la señal temporal que incluye una subetapa de cálculo de un descriptor multicomponentes representativo de la señal temporal, basado en una descomposición en N niveles procedentes de la densidad espectral de la señal temporal en N bandas de frecuencia y en por lo menos un nivel procedente de cálculos estadísticos de orden superior y una subetapa de análisis de estos niveles con el fin de detectar un impacto mecánico o una fuga o un transitorio,
- emisión de por lo menos una parte de este descriptor asociado a la marca temporal de la señal temporal correspondiente hacia por lo menos un módulo remoto adyacente o hacia un dispositivo de análisis apto para analizar las señales de detección, para confirmar y para localizar los impactos mecánicos o fugas o transitorios producidos.

Este programa puede utilizar cualquier lenguaje de programación, y ser en forma de código fuente, código objeto o código intermedio entre código fuente y código objeto, tal como en una forma parcialmente compilada, o en cualquier otra forma deseable.

La invención se dirige también a un soporte de informaciones legible por un microprocesador y que comprende unas instrucciones de un programa informático tal como se ha mencionado anteriormente.

El soporte de informaciones puede ser cualquier entidad o dispositivo capaz de almacenar el programa. Por ejemplo, el soporte puede comprender un medio de almacenamiento, tal como ROM, por ejemplo un CD ROM o una ROM de circuito microelectrónico, o también un medio de grabación magnética, por ejemplo un disquete (floppy disc) o un disco duro o también una tarjeta de impacto mecánico.

Por otro lado, el soporte de informaciones puede ser un soporte transmisible tal como una señal eléctrica u óptica, que puede ser transmitida a través de un cable eléctrico u óptico, por radio o por otros medios. El programa según la invención puede ser, en particular, descargado en una red de tipo Internet.

Alternativamente, el soporte de informaciones puede ser un circuito integrado en el que el programa está incorporado, estando adaptado el circuito para ejecutar o ser utilizado en la ejecución del procedimiento en cuestión.

**Breve descripción de los dibujos**

5 Otras características y ventajas de la presente invención resultarán evidentes a partir de la descripción realizada a continuación, en referencia a los dibujos anexos que ilustran un ejemplo de realización desprovisto de cualquier carácter limitativo.

En las figuras:

- 10 - la figura 1 representa esquemáticamente un sistema de detección y localización de evento en una canalización de transporte de fluido,
- la figura 2 representa esquemáticamente un módulo remoto según la invención,
- 15 - las figuras 3a, 3b, 3c y 3d ilustran esquemáticamente la descomposición de una señal temporal en una pluralidad de bandas de frecuencia así como se propone según la invención.

**Descripción detallada de un modo de realización**

20 La figura 1 representa un sistema de detección y localización de un evento de tipo impacto mecánico, fuga o transitorio de presión en una canalización 1 de transporte de fluido.

Este sistema está constituido por por lo menos dos módulos remotos de detección  $10_{i-1}$  y  $10_i$ , destinados a estar unidos entre sí por una red 12 y a ser colocados cerca de la canalización 1 y separados por una distancia conocida  $D_{i-1,i}$ .

La figura 2 describe más precisamente un módulo remoto  $10_i$  según la invención. Cada módulo remoto  $10_i$  incluye por lo menos unos medios de adquisición 101 de una señal acústica temporal  $20_i$  que proviene de por lo menos un sensor  $11_i$  de ondas acústicas, vibraciones o también de tensiones asociado al módulo remoto  $10_i$ .

30 Como se ilustra en la figura 1, el sensor  $11_i$  está colocado en la canalización 1, generalmente al contacto de ésta. Está localizado geográficamente con respecto al módulo remoto  $10_i$  al que está asociado y, por consiguiente, con respecto a los otros sensores asociados a los otros módulos remotos. Cuanto mayor sea la precisión con la que se conocen las distancias entre los sensores que reciben las ondas acústicas, las vibraciones o las tensiones, mayor será la precisión de localización de los impactos mecánicos y de las fugas.

Por lo demás, se puede considerar que una pluralidad de sensores localizados con respecto a un módulo remoto estén asociados a este mismo módulo que adquiere entonces las señales temporales que provienen de cada uno de estos sensores.

40 Sin embargo, a continuación, la descripción considera un módulo remoto asociado a un único sensor.

El sistema de detección y localización es apto para detectar y localizar un evento C que tiene lugar entre los dos módulos remotos  $10_{i-1}$  y  $10_i$ . A fin de poder ser detectado por el sistema de detección y localización según la invención, el evento C debe dar lugar a una propagación de onda, por ejemplo acústica.

Puede tratarse de un impacto mecánico, una fuga o también un transitorio de presión. Los transitorios de presión se observan, en particular, cuando tienen lugar aperturas o cierres de válvulas, manipulaciones de picados clandestinos o también en la aparición o la cese de una fuga. Presentan la ventaja de ser unas ondas de baja frecuencia, generalmente poco atenuadas, incluso en los fluidos muy viscosos en los que las ondas acústicas no se detectan rápidamente.

Para realizar la detección, cada módulo remoto  $10_i$  comprende unos medios de tratamiento 103 de la señal temporal  $20_i$  recibida procedente de los medios de adquisición 101. Estos medios de tratamiento 103 son aptos para detectar unas ondas acústicas, unas vibraciones o unas tensiones reveladoras de un impacto mecánico, de una fuga o también de un transitorio.

Para ello, los medios de tratamiento 103 de la señal temporal  $20_i$  que procede del sensor  $11_i$  incluyen una unidad de cálculo 104 apta para calcular un descriptor multicomponentes  $21_i$  representativo de la señal temporal  $20_i$ . Si es necesario, la señal temporal se filtra previamente a tal cálculo.

La estructura del descriptor  $21_i$  según la invención se ilustra en la figura 3a. El descriptor  $21_i$  está basado en una descomposición en N niveles procedentes de N bandas de frecuencia en las que está descompuesta la densidad espectral de potencia de la señal temporal previamente calculada. En la figura 3a, se representan doce frecuencias entre las cuales se definen N=11 bandas de frecuencia.

Dentro de la unidad de cálculo 104, la señal temporal 20<sub>i</sub> se descompone por lo tanto en forma de niveles Niv en cada una de d bandas de frecuencia centradas en las once frecuencias representadas. La descomposición se obtiene por fragmentación temporal seguida de un cálculo de densidad espectral de potencia que se muestrea después en N bandas de frecuencias. Los niveles Niv de valores eficaces se calculan como la suma o la integral de los valores de la densidad espectral de potencia entre las frecuencias mínima y máxima de cada banda.

Se obtienen entonces unos niveles de valores eficaces (RMS por Root Mean Square) distribuidos en las bandas de frecuencias. Son once valores que permiten describir la señal temporal de manera suficiente para que sean detectados unos eventos.

Las bandas de frecuencia presentadas en la figura 2 son unos ejemplos. La primera banda de frecuencia está ventajosamente centrada en la primera frecuencia de corte de los sensores utilizados, por ejemplo 3Hz. Sin embargo, esta primera frecuencia es parametrizable para adaptar la descomposición de la señal temporal a la sensibilidad del sensor que mide la señal en una unidad marcada con A, que puede ser una unidad de presión, por ejemplo unos pascales Pa.

A fin de detectar un evento, los niveles Niv en las N bandas de frecuencia del descriptor 21<sub>i</sub> se analizan después en el seno de una unidad de detección 105. Un evento se detecta cuando un umbral S se supera en por lo menos una de las N bandas de frecuencia.

Los umbrales S de detección pueden ser previamente definidos por un operario o pueden ser autoadaptativos.

En este último caso, una fase de autorregulación inicial se realiza ventajosamente a demanda del operario del sistema de detección. Se efectúa ventajosamente en la instalación del sistema cuando el conducto 1 está en configuración relajada, es decir que no se observa ningún evento significativo.

Los valores medios y las desviaciones estándar son entonces calculados por banda de frecuencia a partir de las mediciones efectuadas durante esta fase de autorregulación.

Los umbrales en cada banda de frecuencia se calculan después como el nivel medio observado en la banda + M veces la desviación estándar observada en la banda de frecuencia, siendo M el factor de umbral previamente definido y común para todos los componentes del descriptor. M es, por ejemplo, superior a 3 y ventajosamente comprendido entre 3 y 10. El cálculo del nivel medio y de la desviación estándar se efectúa, por ejemplo, con aplicación de un factor de olvido  $a^{k-p}$  decreciente hacia las mediciones más antiguas, siendo a igual a un valor predefinido entre 0,9 y 0,99. Se expresa entonces la media de la siguiente manera:

$$\text{Media} = [(1-a)/(1-a^k)] \text{ suma}[a^{k-p} \cdot |X(p)|] \text{ con } p \text{ que varía de } 1 \text{ a } k \text{ que es el número total de mediciones } X \text{ tenidas en cuenta.}$$

Esto resulta en que los valores más antiguos tienen menos peso en los cálculos de medias.

Se considera también que el sistema pueda ser conmutado en modo autoadaptativo permanente. Según este modo, los umbrales por banda de frecuencia se estiman automáticamente, a lo largo del tiempo, en el seno de cada módulo remoto. El cálculo de los umbrales se interrumpe, por supuesto, a partir del momento en el que una detección de evento ha tenido lugar en una de las bandas de frecuencia. Los valores medios y las desviaciones estándar por banda se calculan entonces permanentemente a partir de las mediciones memorizadas en un periodo dado con aplicación de un factor de olvido, por ejemplo un factor exponencial.

Los cálculos relativos a la fase de autorregulación o relativos al modo autoadaptativo se realizan ventajosamente en el seno de la unidad de cálculo 104, siendo los umbrales S deducidos de estos cálculos utilizados en el seno de la unidad de detección 105.

Por lo demás, cada tipo de evento a detectar, impacto mecánico, fuga o transitorio de presión corresponde a una superación del umbral S en una o varias bandas de frecuencia particulares. Así, las bandas de frecuencias en las que se observan unas superaciones permiten la distinción del tipo de evento.

Esto se ilustra en las figuras 3b, 3c y 3d.

Así, como se representa en la figura 3b, los transitorios de presión que se propagan en forma de una onda de baja frecuencia se traducirán en una superación de umbral en la más baja de las bandas de frecuencia.

Como se representa en la figura 3c, los impactos mecánicos generan la propagación de una onda acústica transitoria caracterizada por una frecuencia intermedia de la o de las bandas superando el umbral S superior a la de los transitorios de presión.

Una superación de umbral de transitorio, por ejemplo de algunos centenares de milisegundos, en una o varias

bandas de frecuencia intermedias será por lo tanto revelador de la ocurrencia de un impacto mecánico.

5 Como se ilustra en la figura 3d, las fugas generan una onda acústica permanente cuyas frecuencias características no son predecibles a priori. Sin embargo, en la caso de una fuga, las superaciones de umbral presentadas en la figura 3d persistirán en el tiempo en una o varias bandas de frecuencia, esto permitirá detectar la presencia de una fuga, con respecto a un impacto. Así, los medios de tratamiento son también aptos para medir las duraciones de superación de umbral S a fin de disociar las fugas de los choques. Una duración de superación por ejemplo superior a 30 segundos marcará la presencia de una fuga.

10 Así, se puede caracterizar cada tipo de evento y cada evento por un cierto número de niveles máximos alcanzados en un cierto número de bandas, por el instante de inicio del evento y por el instante de cese del evento.

15 Para afinar la detección, la unidad de cálculo 104 calcula un nivel complementario a partir de cálculos estadísticos de orden superior, además de los niveles en las bandas de frecuencia. El conjunto constituido por este nivel y por los niveles en unas bandas de frecuencia constituyen los componentes del descriptor.

El nivel procedente de los cálculos estadísticos de orden superior puede, por ejemplo, ser el Curtosis, que es un cumulante de orden 3 o también un cumulante de orden 4 definido por la ecuación siguiente:

20 
$$\text{Cumul} = [(1/N) \cdot \text{suma}(X(i)^4)] - [(3/N^2) \cdot [\text{suma}(X(i)^2)^2]]$$

con N = número de las mediciones X, i que varía de 1 a N. X representa por lo tanto los valores analizados que son, por ejemplo, una medición de presión en Pascal realizada por el sensor 11<sub>i</sub>.

25 Las estadísticas se aplican entonces de manera deslizante sobre la señal temporal con cálculo autoadaptativo del umbral de detección que integra un factor de olvido. El nivel así obtenido por cálculo estadístico a los órdenes superiores y se observa entonces de la misma manera que los niveles en las bandas de frecuencia.

30 Una superación en este nivel obtenido por cálculo estadístico a las órdenes superiores adicional permite una detección más precisa de los transitorios, ya sean de presión o debidas a choques. Las fugas, que generan un ruido gaussiano, no marcarán nada en este nivel complementario, lo que permite diferenciarlas automáticamente.

35 Cuando el transitorio es un transitorio de presión, es ventajoso modelizarlo en forma de una modelización polinomial de la onda de como mínimo en el orden 3. La modelización del transitorio de presión se realiza a partir de la señal temporal que contiene la onda y estará ventajosamente constituida por por lo menos tres coeficientes A, B y C que definen la ecuación  $Ax^3 + Bx^2 + Cx$ .

40 Tal modelización es posible ya que los transitorios de presión presentan siempre globalmente la misma estructura en pseudosinusoide que va atenuándose. La regresión sobre tal forma es por lo tanto posible y permite simplificar la correlación de las formas de señales recibidas comparando los valores de los coeficientes de la regresión. Por el contrario, tal regresión sobre tres coeficientes no se puede realizar para los choques que no tienen estructura predeterminada.

45 Así, el análisis, en el seno de la unidad de detección 105, de los niveles en cada una de las bandas de frecuencia del descriptor 21<sub>i</sub> permite detectar un evento y distinguir un impacto mecánico, una fuga o un transitorio de presión.

50 La unidad de detección 105 memoriza entonces los niveles máximos alcanzados sobre las diferentes bandas en las que se ha observado una superación del umbral, así como, llegado el caso, el nivel máximo del nivel obtenido por cálculo estadístico a las órdenes superiores en el caso en el que ha tenido lugar una superación de umbral en este nivel.

55 Los medios de tratamiento 103 disponen por lo tanto del descriptor 21<sup>1</sup> asociado a la señal temporal 20<sup>1</sup> recibida. Este descriptor 21<sup>1</sup> presenta la ventaja de contener menos datos que la señal temporal 20<sup>1</sup> en sí. El descriptor 21<sup>1</sup> se utiliza por lo tanto ventajosamente para comunicar la detección de un evento C a un dispositivo de análisis 13 apto para analizar los descriptores 21<sub>i</sub>. El descriptor 21<sub>i</sub> o por lo menos una parte de éste está entonces incluido por tanto en una señal de detección 23<sub>i</sub> enviada hacia el dispositivo de análisis 13.

60 El dispositivo de análisis 13 está ventajosamente unido a los módulos remotos 10<sub>i</sub> por medio de una red de comunicación 12. Ya que el descriptor contiene sólo una baja cantidad de datos, se pueden utilizar numerosas tecnologías, incluso que ofrecen una baja banda pasante y por lo tanto un bajo caudal de datos.

65 Así, las uniones entre los módulos remotos 10<sub>i</sub> y el dispositivo de análisis 13 pueden ser una red de comunicación por cable que utiliza una de las tecnologías RTC (para Red Telefónica Conmutada en inglés), TCP/IP (para Transfert Control Protocol / Internet Protocol en inglés), UDP (para User Datagram Protocol en inglés) o también SCADA (para Supervisory Control and Data Acquisition en inglés), etc.

La red 12 puede también ser una red de comunicación por radio que utiliza una de las tecnologías GSM (para Global System for Mobile communication en inglés), GPRS (para General Packet Radio Service en inglés), satélite, etc.

El módulo remoto  $10_i$  está además provisto de medios de horofechado 102. Por ejemplo, los medios de horofechado pueden estar basados en la utilización de un reloj radiofrecuencial tal como se utiliza generalmente para la puesta en hora a distancia de dispositivos deslocalizados o también estar basados en la utilización de la tecnología GPS (para Global Positioning System en inglés). En el caso en el que la red 12 sea una red rápida, se puede realizar una sincronización de los módulos remotos con la ayuda de una trama de sincronización enviada periódicamente a todos los módulos.

Tales medios presentan la ventaja de ser universales y por lo tanto comunes y sincronizados para todos los módulos remotos, lo que es necesario para la realización de la invención.

Los medios de tratamiento 103 son entonces aptos para memorizar la marca temporal 22, instante en el que se recibe una señal temporal  $20_i$  cuyo descriptor  $21_i$  muestra que hubo una ocurrencia de un evento C. Ventajosamente, con la ayuda de estos medios de horofechado, el módulo remoto  $10_i$  tiene al día un histórico de las detecciones producidas.

Se destaca que la invención permite por lo tanto no transmitir las señales temporales adquiridas, sino únicamente una marca temporal asociada a un descriptor de las señales temporales que incluyen pocos datos. Estos datos, por ejemplo el conjunto de los 11 niveles en las 11 bandas de frecuencia más el nivel obtenido por un cálculo a las órdenes superiores, deben no obstante ser suficientes para permitir al dispositivo de análisis confirmar y localizar el evento.

Así, una señal de detección  $23_i$  que comprende por lo menos un identificador del módulo remoto  $10_i$ , el descriptor  $21_i$ , truncado llegado el caso, y la marca temporal 22 se envía entonces hacia el dispositivo de análisis 13 a través de unos medios de emisión y recepción 107 del módulo remoto  $10_i$ .

La asociación del descriptor  $21_i$  y de su marca temporal en el seno de la señal de detección  $23_i$  enviada al dispositivo de análisis 13 permite a éste confirmar la aparición de un evento y localizar este evento comparando el descriptor y su marca temporal con otros descriptores asociados a su marca temporal recibidas desde otros módulos remotos colocados en la canalización 1.

Además, a fin de permitir la localización del evento, es útil que la velocidad de las ondas acústicas, las vibraciones o las tensiones indicativas de un impacto mecánico o una fuga o también de un transitorio de presión sea conocida por el dispositivo de análisis 13.

Ventajosamente, los módulos remotos pueden por lo tanto realizar un cálculo automático de la velocidad del sonido en la canalización 1. Tal cálculo puede, por ejemplo, efectuarse durante la ocurrencia de un evento C que ha tenido lugar entre los dos módulos remotos  $10_{i-1}$  y  $10_i$ , cuando el evento se detecta también por el módulo remoto  $10_{i+1}$  adyacente al módulo  $10_i$ . Se utilizará entonces el tiempo  $T_p = t_{i+1} - t_i$ , siendo  $t_i$  el instante de detección en el seno del módulo  $10_i$ , de propagación de la onda acústica entre los dos módulos remotos  $10_i$ ,  $10_{i+1}$  que forman el trozo de canalización adyacente al trozo en el que tuvo lugar el evento C situado entre los módulos  $10_{i-1}$  y  $10_i$ .

En este caso, la velocidad del sonido  $V$  será igual a  $D_{i,i+1} / T_p$ . Se calculará ventajosamente en la unidad de cálculo 104 del módulo  $10_i$  antes de ser comunicada al dispositivo de análisis 13.

Según una característica ventajosa, la unidad de detección 105 es apta para seleccionar una parte sólo del descriptor  $21_i$  para la comunicación de la detección al dispositivo de análisis 13. La parte seleccionada, incluida en la señal de detección es, por ejemplo, sólo el conjunto de los niveles  $N_{iv}$  en las bandas de frecuencia reveladoras de la ocurrencia del evento detectado, un choque por ejemplo, o sólo el conjunto de los niveles  $N_{iv}$  en los que se ha observado una superación del umbral  $S$ .

Excluyendo así los componentes del descriptor no pertinentes, se disminuye aún más la cantidad de datos que transitan entre los módulos remotos  $10_i$  y el dispositivo de análisis 13.

Comparando las marcas temporales y los niveles en las bandas de frecuencia en las que se ha superado un umbral para una pluralidad de módulos remotos adyacentes, el dispositivo de análisis 13 es entonces apto para confirmar y eventualmente localizar los impactos mecánicos, las fugas o los transitorios de presión producidos en la canalización 1.

Una realización preferida ilustrada por las líneas discontinuas en la figura 2, el dispositivo de análisis 13 es uno de los módulos remotos  $10_i$  que posee una unidad de análisis 106 apta para confirmar y localizar un evento C en el caso en el que sea el módulo remoto más próximo del evento, por lo tanto el primero en haberlo detectado. La unidad de análisis 106 constituye unos medios de confirmación y localización aptos para analizar la coherencia de las señales de detección con el fin de confirmar y localizar el impacto mecánico o la fuga o el transitorio de presión.



5 El módulo remoto  $10_i$  es entonces tal que los medios de emisión  $107$  son aptos para emitir una señal de detección con destino al o a los módulos remotos adyacentes cuando tiene lugar la detección interna por los medios de tratamiento de la señal del módulo remoto de ondas acústicas o vibraciones o tensiones reveladoras de un impacto mecánico o una fuga o un transitorio de presión.

El módulo remoto  $10_i$  comprende además unos medios de recepción  $107'$  aptos para recibir una o unas señales de detección que proceden del o de los módulos remotos adyacentes.

10 Las señales de detección recibidas son utilizadas con la señal de detección en sí a fin de confirmar y localizar el evento detectado.

15 Según esta realización preferida, cada módulo remoto es apto para funcionar según dos modos, un modo denominado detector y un modo denominado confirmador. Los medios de recepción  $107'$  son, en particular, aptos para abrir una ventana temporal de recepción de las señales de detección  $23_j$ ,  $j \neq i$  y aquí  $j = i-1, i+1$ , desde el o los módulos adyacentes  $10_j$ , cuando los medios de tratamiento  $103$  de la señal detectan unas ondas acústicas o unas vibraciones o unas tensiones reveladoras de un impacto mecánico o una fuga o un transitorio de presión.

20 En una realización ventajosa, el módulo remoto  $10_i$  comprende un microprocesador asociado a una memoria no volátil en la que están almacenados unos parámetros de configuración para el conjunto de las funciones realizadas por el módulo remoto, en particular las funciones realizadas por los medios de tratamiento  $103$  que realizan la descomposición de la señal temporal así como la detección de un evento.

25 Los parámetros de configuración para la descomposición de la señal y para la detección se leen al inicio del módulo remoto  $10_i$  en unos ficheros de configuración guardados en la memoria interna no volátil del módulo remoto  $10_i$ .

30 Para cada banda de frecuencia del descriptor, los ficheros de configuración comprenden como mínimo cuatro parámetros: la frecuencia mínima de la banda, la frecuencia máxima de la banda, el valor medio del nivel eficaz calculado en esta banda y la desviación estándar media del valor eficaz calculado en esta banda.

35 Los dos últimos parámetros pueden ser previamente grabados por un operario que tiene, en su conocimiento, los niveles y desviaciones estándar generalmente observados en cada banda. Pueden también ser calculados durante una fase de autorregulación del módulo remoto o también ser calculados permanentemente cuando los umbrales son autoadaptativos.

40 Los seis parámetros de detección siguientes pueden también ser almacenados en el seno del módulo remoto: la duración de la fase de autorregulación, la duración de las mediciones memorizadas que se utilizará para calcular automáticamente los umbrales de detección en modo autoadaptativo, la duración mínima de superación de umbral en las bandas de frecuencia representativas de la detección de un impacto mecánico para que un impacto mecánico sea detectado, la duración mínima de superación de umbral para confirmar una detección de fuga, el factor de umbral de detección  $M$  común al conjunto de los componentes del descriptor y con la ayuda del cual se calculan los umbrales, la sensibilidad del sensor utilizado para las mediciones de ondas acústicas, vibraciones o tensiones y la conversión en unidades físicas de estas mediciones.

45 Las duraciones mínimas de superación de umbral permiten evitar que la presencia de artefactos active una señal de detección de impacto mecánico o de transitorio de presión. La superación del umbral por un nivel de una banda de frecuencia debe observarse, en efecto, durante suficiente tiempo para que un evento sea efectivamente detectado. Se constata que es necesario que las duraciones mínimas sean superiores al ventanaje temporal utilizado para realizar el cálculo de densidad espectral que sirve para la descomposición.

50 Los parámetros de detección comprenden además, ventajosamente, un valor de activación de las bandas de frecuencia. Este valor de activación es una combinación de once bits que señalan la activación o la desactivación de cada banda de frecuencia. Esto permite evitar la consideración de bandas ruidosas, por ejemplo debidas a la presencia de un compresor o de una bomba sobre la canalización que puede marcar en algunas bandas de frecuencia.

55 Se destaca finalmente que diversas realizaciones pueden ser realizadas según los principios de la invención definidos por las reivindicaciones siguientes.

**REIVINDICACIONES**

1. Sistema de detección y localización de un evento [C] de tipo impacto mecánico, fuga o transitorio de presión en una canalización [1] de transporte de fluido, que comprende por lo menos dos módulos remotos [10i-1,10i] de detección destinados a estar colocados en la canalización [1] separados unos de otros por unas distancias conocidas [Di-1,i], incluyendo cada módulo remoto [10i] por lo menos:
  - unos medios de adquisición [101] de una señal temporal [20i] procedente de por lo menos un sensor [11i] de ondas acústicas o vibraciones o tensiones asociado al módulo remoto [10i] y localizado con respecto a éste,
  - unos medios de horofechado [102] de la señal temporal [20i],
  - unos medios de tratamiento [103] de la señal temporal [20i] aptos para calcular [104] un descriptor multicomponentes [21i] representativo de la señal temporal [20i], basado en una descomposición en N niveles [Niv] procedente de la densidad espectral de la señal temporal [20i] en N bandas de frecuencia y para analizar [105] estos niveles [Niv] con el fin de detectar un impacto mecánico o una fuga o un transitorio,
  - unos medios de emisión [107] para emitir una señal de detección [23i] que comprende una parte de este descriptor [21i] asociada a la marca temporal [22] de la señal temporal [20i] correspondiente a la detección, comprendiendo esta parte del descriptor los niveles en las bandas de frecuencia reveladoras de la aparición del evento detectado, hacia por lo menos un módulo remoto adyacente [10i-1] o hacia un dispositivo de análisis [13] apto para analizar las señales [23i] de detección, para confirmar y localizar los impactos mecánicos o fugas o transitorios producidos.
2. Sistema de detección y localización según la reivindicación 1, caracterizado por que el descriptor [21i] comprende además por lo menos un nivel procedente de cálculos estadísticos de orden superior.
3. Sistema de detección y localización según una de las reivindicaciones 1 y 2, caracterizado por que la detección de un evento es efectiva cuando se observa la superación de un umbral [S] de nivel previamente determinado en por lo menos uno de los niveles [Niv] componente del descriptor [21i] procedente de la señal temporal [20i] adquirida.
4. Sistema de detección y localización según la reivindicación 3, caracterizado por que los umbrales [S] utilizados para cada uno de los componentes [Niv] del descriptor son autoadaptativos, realizándose su adaptación con la ayuda del nivel medio observado en cada uno de los componentes del descriptor [21i].
5. Sistema de detección y localización según la reivindicación 4, caracterizado por que el umbral [S] adaptativo para por lo menos uno de los componentes del descriptor se calcula según la fórmula siguiente: nivel medio del componente + M.(desviación estándar media del componente).
6. Sistema de detección y localización según la reivindicación 5, caracterizado por que el nivel medio y la desviación estándar media se calculan por aplicación de un factor de olvido decreciente hacia los valores más antiguos utilizados en el cálculo de las medias.
7. Sistema de detección y localización según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que los tipos de eventos [C] están cada uno de ellos asociados a algunos componentes [Niv] del descriptor, con el fin de permitir su diferenciación.
8. Sistema de detección y localización según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que unos intervalos de duraciones de superación de umbral [S], en una o unas bandas de frecuencia, están asociados cada uno de ellos a un tipo de evento con el fin de permitir la diferenciación de los eventos.
9. Sistema de detección y localización según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que cada módulo remoto [10i] es tal que:
  - los medios de emisión [107] son aptos para emitir una señal de detección con destino al o a los módulos remotos adyacentes [10i-1,10i+1] cuando tiene lugar la detección interna por los medios de tratamiento [103] de la señal del módulo remoto de ondas acústicas o vibraciones o tensiones reveladoras de un impacto mecánico o una fuga o un transitorio de presión,
 y por que cada módulo remoto [10i] comprende además:
  - unos medios de recepción [107'] aptos para recibir una o unas señales de detección [23j], j=i-1,i+1, procedentes del o de los módulos remotos adyacentes [10i-1, 10i+1],
  - y por que cada módulo remoto [10i] comprende además unos medios de confirmación y localización [106] aptos para analizar la coherencia de las señales de detección [23j] con el fin de confirmar y localizar el

impacto mecánico o la fuga o el transitorio de presión.

- 5 10. Sistema de detección y localización según la reivindicación 9, caracterizado por que cada módulo remoto [10i] es apto para funcionar según dos modos, un modo denominado detector y un modo denominado confirmador, siendo activada la basculación de módulo remoto confirmador cuando, tras una detección en el seno del módulo remoto [10i] considerado, el módulo remoto [10i] recibe por lo menos una señal de detección [23i-1] en el caso en el que el módulo remoto [10i] posea un único módulo remoto adyacente [10i-1] o cuando el módulo remoto [10i] reciba por lo menos dos señales de detección [23i-1,23i+1] en el caso en el que el módulo remoto [10i] posea dos módulos remotos adyacentes [10i-1,10i+1].
- 10 11. Procedimiento de detección y localización de un evento [C] de tipo impacto mecánico, fuga o transitorio de presión en una canalización [1] de transporte de fluido, utilizando el procedimiento por lo menos dos módulos remotos [10i-1,10i] de detección destinados a ser colocados en la canalización [1] separados unos de otros por unas distancias conocidas [Di-1,i], comprendiendo el procedimiento las etapas siguientes, realizadas en el seno de cada módulo remoto [10i]:
- 15 - adquisición de una señal temporal [20i] procedente de por lo menos un sensor [11i] de ondas acústicas o vibraciones o tensiones asociado al módulo remoto [10i] y localizado con respecto a éste,
- 20 - horofechado [22] de la señal temporal [20i],
- tratamiento de la señal temporal [20i] que incluye una subetapa de cálculo de un descriptor multicomponentes [21i] representativo de la señal temporal [20i], basado en una descomposición en N niveles [Niv] procedente de la densidad espectral de la señal temporal [20i] en N bandas de frecuencia y una subetapa de análisis de estos niveles [Niv] con el fin de detectar un impacto mecánico o una fuga o un transitorio,
- 25 - emisión de una señal temporal [23i] que comprende por lo menos una parte de este descriptor [21i] asociado a la marca temporal [22] de la señal temporal [20i] que corresponde a la detección, comprendiendo esta parte del descriptor los niveles en las bandas de frecuencia reveladoras de la aparición del evento detectado, hacia por lo menos un módulo remoto adyacente [10i] o hacia un dispositivo de análisis [13] apto para analizar las señales de detección [23i], para confirmar y localizar los impactos mecánicos o fugas o transitorios producidos.
- 30

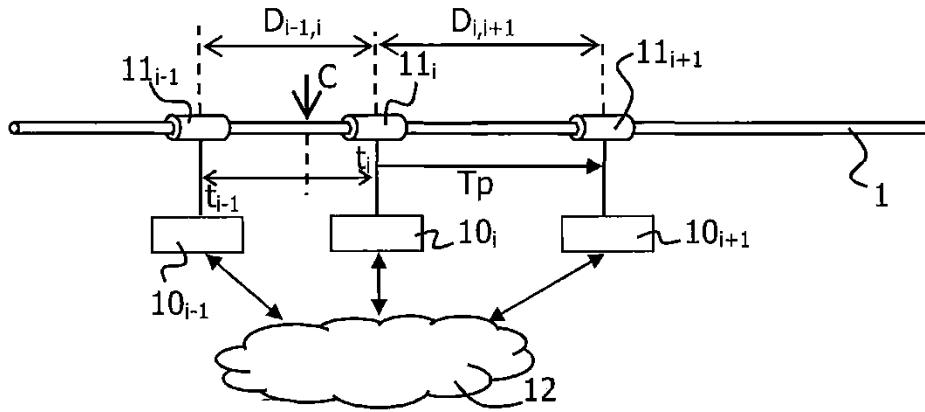


FIG.1

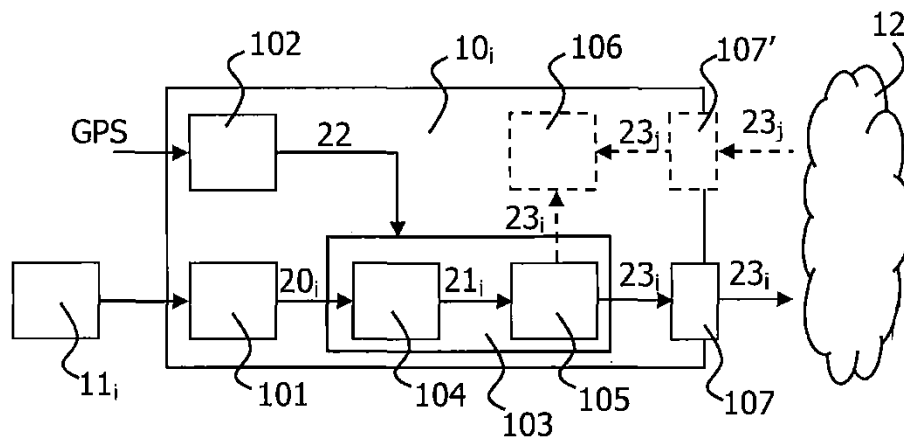


FIG.2

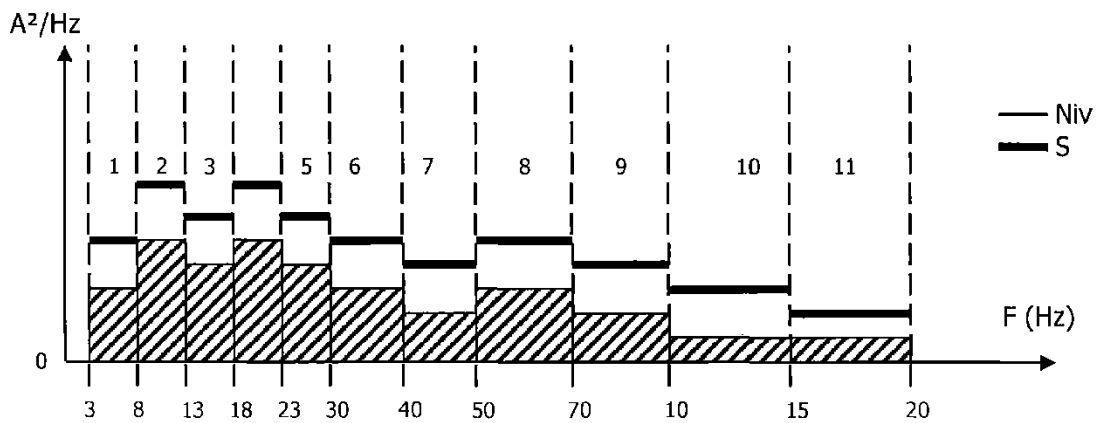


FIG.3a

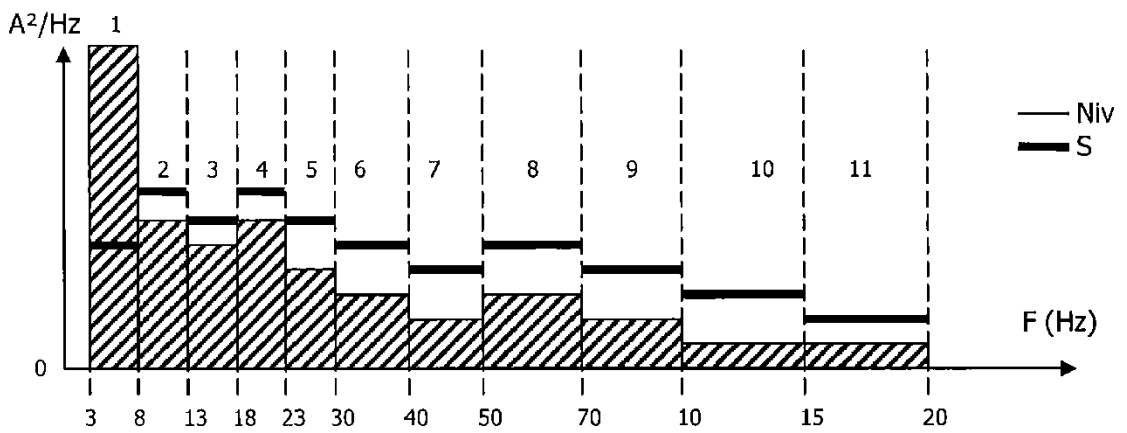


FIG.3b

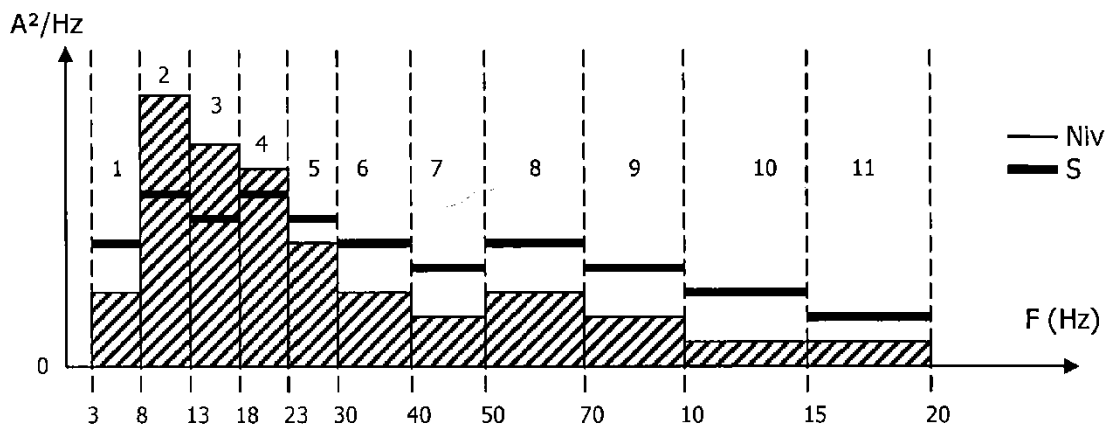


FIG.3c

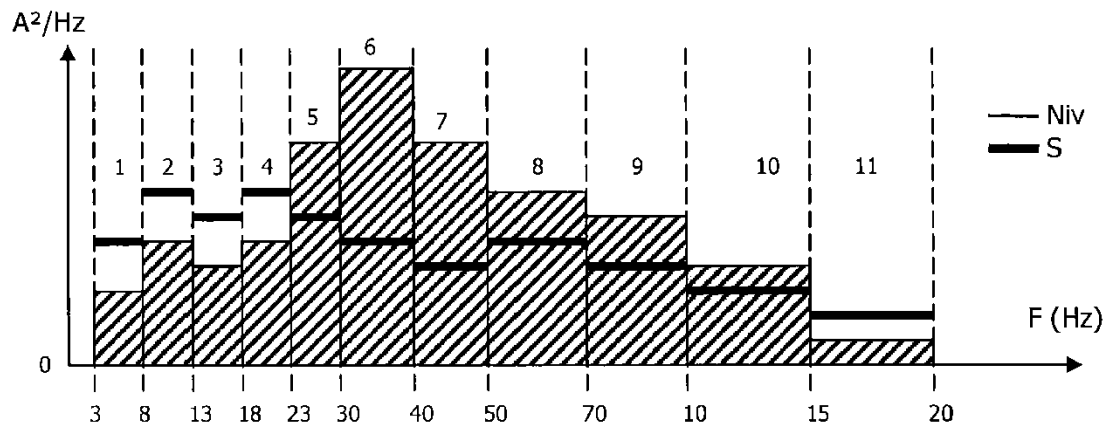


FIG.3d