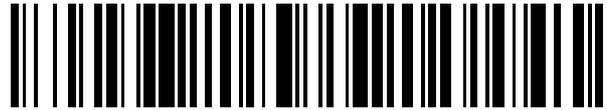


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 579 342**

51 Int. Cl.:

G01R 31/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.01.2015 E 15150190 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.04.2016 EP 2896968**

54 Título: **Procedimiento de localización de un origen de impulsos en un medio dispersivo**

30 Prioridad:

16.01.2014 FR 1450348

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

10.08.2016

73 Titular/es:

**INSTITUT POLYTECHNIQUE DE GRENOBLE
(100.0%)**

**46 avenue Félix Viallet
38000 Grenoble, FR**

72 Inventor/es:

IOANA, CORNEL

74 Agente/Representante:

SUGRAÑES MOLINÉ, Pedro

ES 2 579 342 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento de localización de un origen de impulsos en un medio dispersivo

5 Campo

La presente solicitud se refiere a un procedimiento de localización de un origen de impulsos en un medio dispersivo.

Exposición de la técnica anterior

10 En las líneas de transporte, por ejemplo de energía eléctrica, de agua o de informaciones, diferentes fenómenos pueden conducir a la generación de impulsos en un punto de estas líneas. Se busca entonces detectar y localizar la zona de origen de estos impulsos.

15 A título de ejemplo, en un cable eléctrico, un defecto en el aislamiento del cable puede conducir a la aparición de descargas eléctricas parásitas, traducándose cada descarga en la generación de un impulso cuya duración, o longitud, es generalmente inferior a 1 μ s.

20 La localización del origen de los impulsos permite localizar el defecto y por tanto sustituir o reparar el tramo de cable afectado por el defecto. Un error en la posición exacta del origen de los impulsos puede conducir a intervenir sobre una parte equivocada del cable y a tener que repetir la operación de mantenimiento.

25 La figura 1 representa esquemáticamente un dispositivo adaptado para localizar un origen de impulsos sobre la línea.

Se disponen dos captadores 1 y 2 sobre el cable eléctrico 5, de un lado y otro del origen de los impulsos eléctricos 7. Cada captador está asociado a unos medios de comunicación (no representados) y a un módulo de tratamiento de la señal (no representado).

30 Una longitud de cable conocida, L, separa el captador 1 del captador 2, se busca conocer unas longitudes de cable, L_1 y L_2 , que separan el origen 7 respectivamente del captador 1 y del captador 2.

35 Cuando se produce una descarga eléctrica 10 a la altura del origen 7, se propagan unos impulsos s_1 y s_2 hasta los captadores 1 y 2. En el ejemplo representado, al ser la longitud L_1 superior a la longitud L_2 , el impulso s_1 es recibido por el captador 1 un tiempo Δt después de que se haya recibido el impulso s_2 por el captador 2. La separación Δt es inversamente proporcional a la velocidad de propagación de los impulsos en el cable y proporcional a la diferencia entre las longitudes L_1 y L_2 . Midiendo Δt , conociendo la velocidad y la longitud del cable L entre los captadores, se calcula L_1 o L_2 y por tanto la posición del origen 7 sobre el cable 5.

40 Para medir Δt , los captadores 1 y 2 deben estar sincronizados por medio de sistemas tales como unos módulos GPS ("Global Positioning System" - sistema de posicionamiento global), unos módems de radio o de fibra óptica. Una diferencia de sincronización entre los captadores 1 y 2 implica un error sobre Δt y por tanto sobre la posición exacta del origen 7. A título de ejemplo, para una velocidad de propagación $v=1,6 \cdot 10^8$ m·s⁻¹, un error de 160 ns sobre el valor de Δt implica un error en la posición del origen = 25,6 m.

45 Los documentos "IEEE TRANSACTIONS ON POWER DELIVERY, IEEE SERVICE CENTER, NEW YORK, NY, US, vol. 26, n.º 1, 1 de enero de 2011 (2011-01-01), páginas 33-41", DE 10 2010 013613, WO 2005/073752 e "INFORMATION SCIENCE, SIGNAL PROCESSING AND THEIR APPLICATIONS (ISSPA), 2012 11TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON, IEEE, 2 de julio de 2012 (2012-07-02), páginas 1141-1146" describen diversos sistemas de localización de defectos.

Sumario

55 Se busca en este caso reducir el error sobre la localización del origen.

Así un modo de realización prevé un procedimiento de localización en un medio dispersivo de un origen de impulsos mediante al menos un par de captadores, comprendiendo el procedimiento las etapas siguientes: en cada captador, detectar un impulso procedente del origen; para cada uno de dichos impulsos, construir un diagrama de fase a partir de N vectores cuyas coordenadas corresponden a la amplitud del impulso en unos instantes t_i sucesivos de muestreo; y para cada par de captadores, calcular la relación entre las instancias L_1 y L_2 de cada captador al origen mediante la fórmula:

$$L_1/L_2 = \sum_{i=1}^N |r_1(t_i)| / \sum_{i=1}^N |r_2(t_i)|$$

en la que $\left| \overrightarrow{r_1(t_i)} \right|$ y $\left| \overrightarrow{r_2(t_i)} \right|$ son las normas de los vectores $\overrightarrow{r_1(t_i)}$ y $\overrightarrow{r_2(t_i)}$ de los diagramas de fase que corresponden a los impulsos detectados por los captadores.

Según un modo de realización, el medio dispersivo es un medio guiado.

Según un modo de realización, la localización del origen se efectúa mediante un par de captadores, siendo conocida la distancia L entre los captadores.

Según un modo de realización, el medio dispersivo es un cable eléctrico.

Según un modo de realización, las coordenadas de los vectores de los diagramas de fase corresponden a tres instantes de muestreo sucesivos.

Según un modo de realización, la detección de un impulso en cada captador comprende las etapas siguientes: la división de una señal recibida por el captador en fragmentos de la misma duración; el filtrado de cada fragmento mediante una pluralidad M de filtros paso banda de frecuencias centrales f_j diferentes; el cálculo de un nivel medio de energía asociado a cada frecuencia f_j de un fragmento; el cálculo de una distancia espectral D_{WW+1} entre un primer y un segundo fragmentos sucesivos; y la comparación de la distancia espectral D_{WW+1} con un umbral.

Según un modo de realización, el valor de umbral se fija durante una etapa previa de muestreo.

Según un modo de realización, la distancia espectral D_{WW+1} se calcula sobre la base de la fórmula siguiente:

$$D_{WW+1} = \sqrt{\left(\sqrt{\sum_{i=1}^M (X^{W+1}(f_j))^2} - \sqrt{\sum_{i=1}^M (X^W(f_j))^2} \right)^2}$$

en la que $X^W(f_j)$ y $X^{W+1}(f_j)$ son los niveles medios de energía que corresponden a la frecuencia f_j respectivamente del primer fragmento y del segundo fragmento.

Según un modo de realización, la duración de un fragmento está comprendida entre 5 y 15 μ s.

Según un modo de realización, el paso que separa dos instantes sucesivos de muestreo está comprendido entre 1 y 50 ns.

Breve descripción de los dibujos

Estas características y ventajas, así como otras, se expondrán en detalle en la descripción a continuación de modos de realización particulares realizada a título no limitativo en relación con las figuras adjuntas entre las que:

La figura 1, descrita anteriormente, representa esquemáticamente un dispositivo adaptado para localizar un origen de impulsos eléctricos sobre un cable;
 la figura 2 representa esquemáticamente un modo de realización de un dispositivo de localización de un origen de impulsos eléctricos sobre un cable;
 la figura 3 representa el aspecto de los impulsos detectados a la altura de los captadores de la figura 2;
 la figura 4 ilustra un modo de detección de un impulso mediante el dispositivo de la figura 2;
 las figuras 5A y 5B representan respectivamente un impulso y un diagrama de fase que corresponde a este impulso; y
 las figuras 6A y 6B son respectivamente unos diagramas de fase de dos impulsos y una proyección sobre un plano de estos diagramas.

Por razones de claridad, se han designado los mismos elementos mediante las mismas referencias en las diferentes figuras.

Descripción detallada

Los modos de realización descritos en detalle en el presente documento anteriormente se dirigen a la localización de un origen de impulsos eléctricos que corresponden a unas descargas eléctricas en un punto de un cable eléctrico. Más generalmente, el procedimiento se aplica a la localización de cualquier tipo de origen de impulsos en todo tipo de medio dispersivo guiado o no. Otro ejemplo de medio dispersivo guiado es un conducto de agua. En este caso los impulsos a detectar no son unos impulsos eléctricos sino unos impulsos de sobrepresión. En el caso de un medio dispersivo no guiado, se utilizarán al menos tres captadores y la posición del origen del impulso se determina por triangulación a partir de las relaciones de las distancias entre el origen y cada uno de los captadores. Un ejemplo de medio dispersivo no guiado es una pieza mecánica bajo tensión en la que se busca localizar las zonas de rotura

interna, los captadores son entonces unos captadores de vibración o unos captadores sonoros.

La figura 2 ilustra esquemáticamente un modo de realización de un dispositivo de detección de un origen de impulsos eléctricos en un cable eléctrico.

5 El dispositivo comprende dos captadores, 1 y 2, dispuestos a una distancia L uno del otro sobre un cable eléctrico 5, de un lado y de otro de un origen de impulsos eléctricos 7. Cada captador está asociado a un módulo de tratamiento de señal 12 y a unos medios de comunicación 14. El dispositivo comprende además un módulo de cálculo 16 asociado a unos medios de comunicación 14. El módulo de cálculo 16 recibe unas informaciones procedentes de los
10 captadores. Los medios de comunicación 14 pueden ser unos medios inalámbricos o cableados, por ejemplo una conexión por fibra óptica o por corriente portadora de línea.

15 Se busca conocer las longitudes de cable, L_1 y L_2 , que separan el origen 7 de los captadores 1 y 2. Cuando se produce una descarga eléctrica 10 a la altura del origen 7, unos impulsos s_1 y s_2 , inicialmente idénticos, se propagan respectivamente hasta el captador 1 y hasta el captador 2.

20 La figura 3 representa el aspecto de los impulsos s_1 y s_2 puestos en relación uno con el otro. El impulso s_1 está más atenuado y más deformado que el impulso s_2 . Esta es la consecuencia del hecho de que la distancia L_1 de propagación del impulso s_1 es superior a la distancia L_2 de propagación del impulso s_2 y debido a que el cable 5 es un medio dispersivo.

25 Se prevé en este caso determinar las distancias L_1 y L_2 a partir de la diferencia de forma de los impulsos s_1 y s_2 mejor que a partir de la diferencia de tiempos de propagación entre estos impulsos. De ese modo, no es necesario sincronizar entre ellos los captadores 1 y 2 de la figura 2. No es necesario por tanto asociar estos captadores a unos medios costosos o complejos de sincronización tal como se ha descrito en relación con la figura 1.

30 El presente inventor ha demostrado que la relación entre las longitudes L_1 y L_2 es igual a la relación entre la suma de las normas de los vectores de un diagrama de fase del impulso s_1 y la suma de las normas de los vectores de un diagrama de fase del impulso s_2 .

Se propone por tanto en este caso detectar los impulsos s_1 y s_2 y después construir su diagrama de fase y calcular la relación abajo mencionada.

35 La figura 4 ilustra esquemáticamente un ejemplo del procedimiento de detección de una señal transitoria.

En una etapa 20, una señal 22 recibida por los captadores 1 o 2 se divide en fragmentos (... W, W+1, W+2, ...) de la misma duración. A título de ejemplo, para detectar un impulso cuya longitud sea inferior o igual a 1 μ s, la duración del fragmento está comprendida entre 5 y 25 μ s, por ejemplo 15 μ s.

40 En una etapa 26, se aplica un filtrado a cada fragmento W mediante un conjunto de M filtros paso banda, teniendo cada uno una frecuencia central f_j diferente, estando comprendido j entre 1 y M.

45 En una etapa 28, se calcula un nivel medio $X^W(f_j)$ para cada frecuencia f_j de cada fragmento W. Este nivel medio de energía se puede obtener asociando un circuito integrador a cada uno de los M filtros.

En una etapa 30, para cualquier par de fragmentos sucesivos W y W+1, se calcula una distancia espectral D_{WW+1} sobre la base de la fórmula siguiente:

$$D_{WW+1} = \sqrt{\left(\sqrt{\sum_{i=1}^M (X^{W+1}(f_i))^2} - \sqrt{\sum_{i=1}^M (X^W(f_i))^2} \right)^2}$$

50 En una etapa 32, se compara la distancia espectral D_{WW+1} con un umbral β fijo durante una etapa previa de muestreo. Se deduce de esto que D_{WW+1} se convierte en superior en β cuando el fragmento W+1 contiene una señal distinta a ruido (un impulso).

55 Las figuras 5A y 5B ilustran la construcción de un diagrama de fase (representado en la figura 5B) a partir de la amplitud de un impulso (representado en la figura 5A). La construcción de un diagrama de fase a partir de una señal está representada en el capítulo 3, páginas 30 a 46, de la segunda edición del libro "Non-linear Time Series Analysis" de Holger Kantz y Thomas Schreiber publicado en 2004 por Cambridge University Press.

60 La figura 5A representa la amplitud A de un impulso 39 en función del tiempo t. El impulso 39 se muestrea regularmente con un paso τ en unos instantes sucesivos t_i a los que corresponden unas amplitudes $a(t_i)$.

La figura 5B representa una referencia ortonormal 40 de los ejes X, Y y Z. A partir de la figura 5A, se puede asociar un vector $\vec{r}(t_i)$ a cada instante de muestreo t_i tal que las coordenadas del vector $\vec{r}(t_i)$ según los tres ejes X, Y y Z correspondan a $a(t_i)$, $a(t_i+\tau)$ y $a(t_i+2\tau)$, es decir a las amplitudes del impulso 39 en los instantes de muestreo t_i , $t_i+\tau$ y $t_i+2\tau$. El conjunto de los vectores $\vec{r}(t_i)$ constituye, en la referencia 40, el diagrama de fase 42 del impulso 39. A título de ejemplo para determinar un diagrama de fase de un impulso de amplitud inferior o igual a $1 \mu\text{s}$, el paso de muestreo τ está comprendido entre 1 y 50 ns, por ejemplo 20 ns (es decir una frecuencia de muestreo de 50 MHz).

En el ejemplo descrito, los vectores $\vec{r}(t_i)$ tienen tres dimensiones. De manera general, los vectores $\vec{r}(t_i)$ pueden asociarse a un número D de instantes de muestreo en una referencia de D dimensiones, $D \geq 2$.

La figura 6A representa dos diagramas de fase 44 y 46 respectivamente asociados a los impulsos s_1 y s_2 . El diagrama de fase 44 está constituido por los N vectores $\vec{r}_1(t_i)$ determinados a partir del impulso s_1 . El diagrama de fase 46 está constituido por los N vectores $\vec{r}_2(t_i)$ determinados a partir del impulso s_2 . El diagrama de fase 46 es sustancialmente una ampliación del diagrama de fase 44.

En la figura 6B, se han proyectado los diagramas de fase 44 y 46 sobre el plano XY de la figura 6A para resaltar de manera más evidente que el diagrama de fase 46 es sustancialmente una ampliación del diagrama de fase 44.

Como se ha indicado anteriormente, la relación entre las distancias L_1 y L_2 es igual a la relación entre la suma de las normas de los vectores de un diagrama de fase del impulso s_1 y la suma de las normas de los vectores de un diagrama de fase del impulso s_2 . En otros términos:

$$L_1/L_2 = \frac{\sum_{i=1}^N |\vec{r}_1(t_i)|}{\sum_{i=1}^N |\vec{r}_2(t_i)|}$$

en la que $|\vec{r}_1(t_i)|$ y $|\vec{r}_2(t_i)|$ son las normas de los vectores $\vec{r}_1(t_i)$ y $\vec{r}_2(t_i)$.

Se han efectuado por el presente inventor unos ensayos en laboratorio y muestran que un procedimiento de ese tipo permite localizar un origen de impulsos con una mejor precisión que en el caso de un procedimiento basado en unas diferencias de los instantes de llegada de impulsos a la altura de los captadores. A título de ejemplo, cuando se disponen los captadores sobre un cable coaxial, a 300 m uno del otro, la posición de un origen de impulsos se determina con un error de 1,024 m solamente, y no 25,6 m como en el caso de la figura 1.

Se han descrito unos modos de realización particulares. Se les ocurrirán a los expertos en la materia diversas variantes y modificaciones. En particular, aunque se haya descrito un modo de realización para el caso de impulsos eléctricos que se propagan en un cable eléctrico, se recordará que el procedimiento se aplica a cualquier tipo de medio dispersivo guiado o no y a diferentes naturalezas de señal. En el caso de un medio dispersivo no guiado, los diagramas de fase de impulsos detectados a la altura de al menos tres captadores permiten calcular unas relaciones de distancia entre el origen y cada uno de los pares de captadores. La posición exacta del origen se deduce entonces a partir de estas relaciones por triangulación.

Además, el procedimiento se ha descrito en el caso en el que se sitúan unos captadores de un lado y otro de un origen de impulsos, podrían estar dispuestos también de un mismo lado de un origen.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de localización en un medio dispersivo (5) de un origen (7) de impulsos (s_1, s_2) mediante al menos un par de captadores (1, 2), comprendiendo el procedimiento las etapas siguientes:

en cada captador (1, 2), detectar un impulso (s_1, s_2) procedente del origen (7);
 para cada uno de dichos impulsos, construir un diagrama de fase (44, 46) a partir de N vectores cuyas coordenadas corresponden a la amplitud del impulso (s_1, s_2) en un instante de muestreo t_i y en unos instantes sucesivos siguientes de muestreo ($t_i+\tau, t_i+2\tau$); y
 para cada par de captadores, calcular la relación entre las distancias L_1 y L_2 de cada captador al origen mediante la fórmula:

$$L_1/L_2 = \frac{\sum_{i=1}^N |\overline{r_1(t_i)}|}{\sum_{i=1}^N |\overline{r_2(t_i)}|}$$

en la que $|\overline{r_1(t_i)}|$ y $|\overline{r_2(t_i)}|$ son las normas de los vectores $\overline{r_1(t_i)}$ y $\overline{r_2(t_i)}$ de los diagramas de fase (44, 46) que corresponden a los impulsos detectados por los captadores (1, 2).

2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que el medio dispersivo (5) es un medio guiado.

3. Procedimiento según la reivindicación 2, en el que la localización del origen (7) se efectúa mediante un par de captadores (1, 2), siendo conocida la distancia L entre los captadores.

4. Procedimiento según la reivindicación 2 o 3, en el que el medio dispersivo (5) es un cable eléctrico.

5. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que las coordenadas de los vectores de los diagramas de fase (44, 46) corresponden a tres instantes de muestreo sucesivos ($t_i, t_i+\tau, t_i+2\tau$).

6. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que la detección de un impulso (s_1, s_2) a la altura de cada captador (1, 2) comprende las etapas siguientes:

la división (20) de una señal (22) recibida por el captador (1, 2) en fragmentos de la misma duración;
 el filtrado (26) de cada fragmento mediante una pluralidad M de filtros paso banda de frecuencias centrales f_j diferentes;
 el cálculo (28) de un nivel medio de energía asociado a cada frecuencia f_j de un fragmento;
 el cálculo (30) de una distancia espectral $D_{W/W+1}$ entre un primer (W) y un segundo (W+1) fragmentos sucesivos;
 y
 la comparación de la distancia espectral $D_{W/W+1}$ con un umbral (β).

7. Procedimiento según la reivindicación 6, en el que el valor del umbral (β) se fija durante una etapa previa de muestreo.

8. Procedimiento según la reivindicación 6 o 7, en el que la distancia espectral $D_{W/W+1}$ se calcula sobre la base de la fórmula siguiente:

$$D_{W/W+1} = \sqrt{\left(\sqrt{\sum_{j=1}^M (X^{W+1}(f_j))^2} - \sqrt{\sum_{j=1}^M (X^W(f_j))^2} \right)^2}$$

en la que $X^W(f_j)$ y $X^{W+1}(f_j)$ son los niveles medios de energía que corresponden a la frecuencia f_j respectivamente del primer fragmento (W) y del segundo fragmento (W+1).

9. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8, en el que la duración de un fragmento está comprendida entre 5 y 15 μs .

10. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que el paso (τ) que separa dos instantes sucesivos ($t_i, t_i+\tau$) de muestreo está comprendido entre 1 y 50 ns.

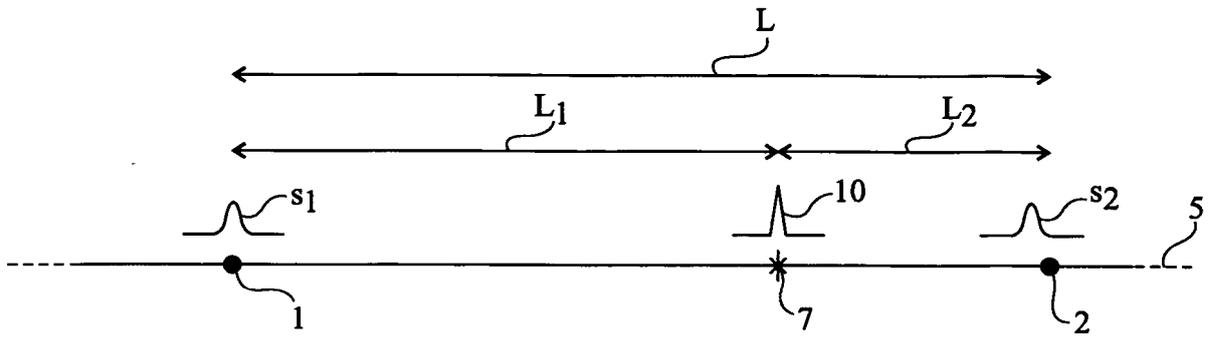


Fig 1

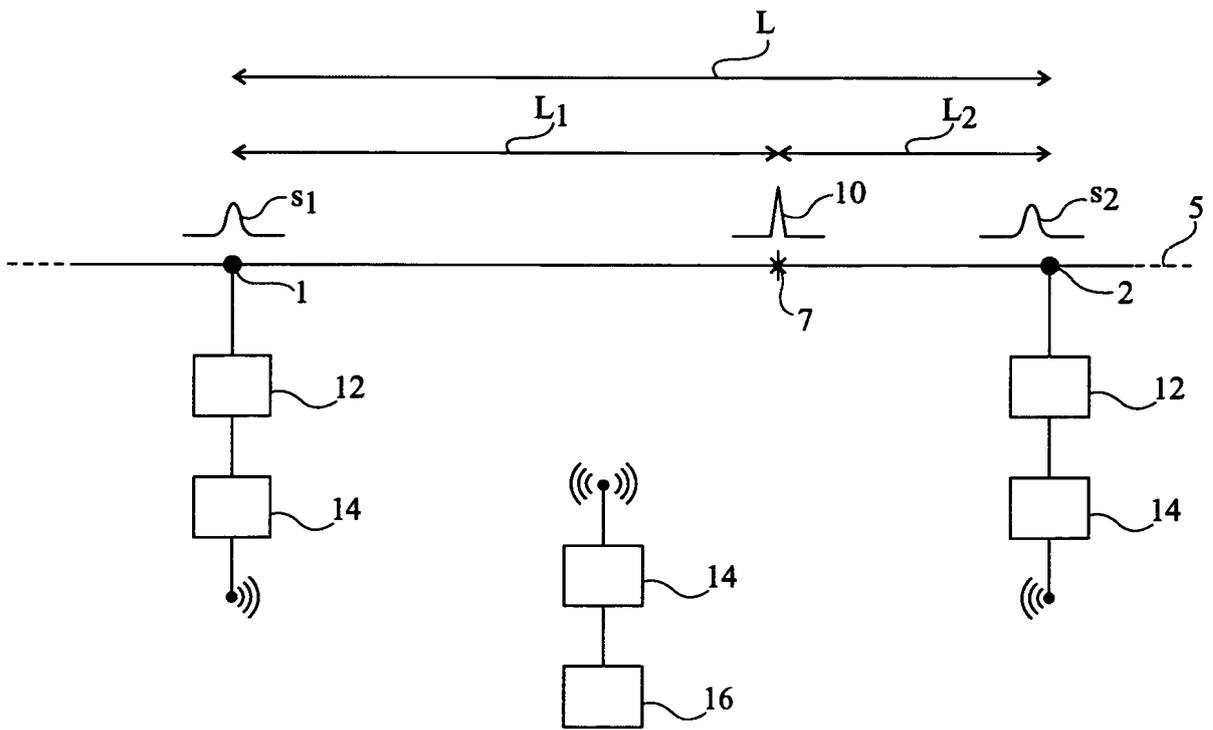


Fig 2

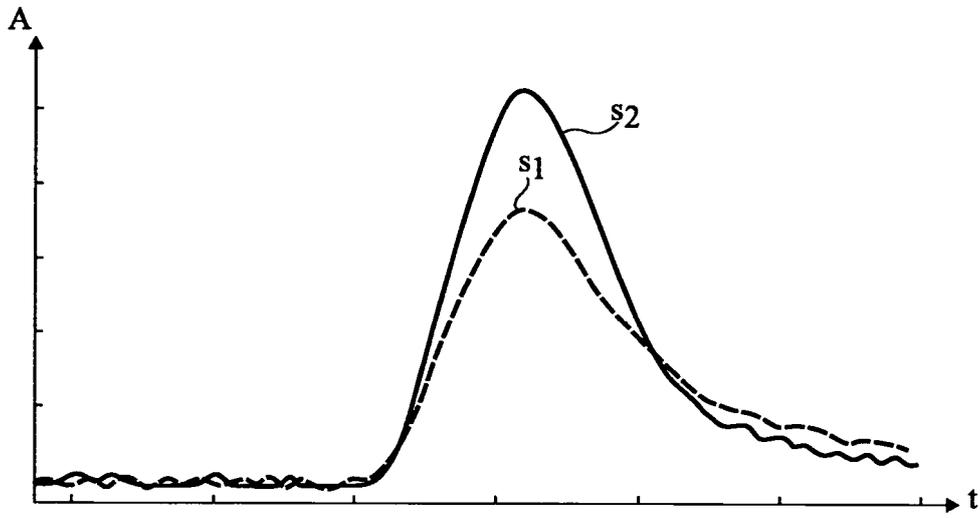


Fig 3

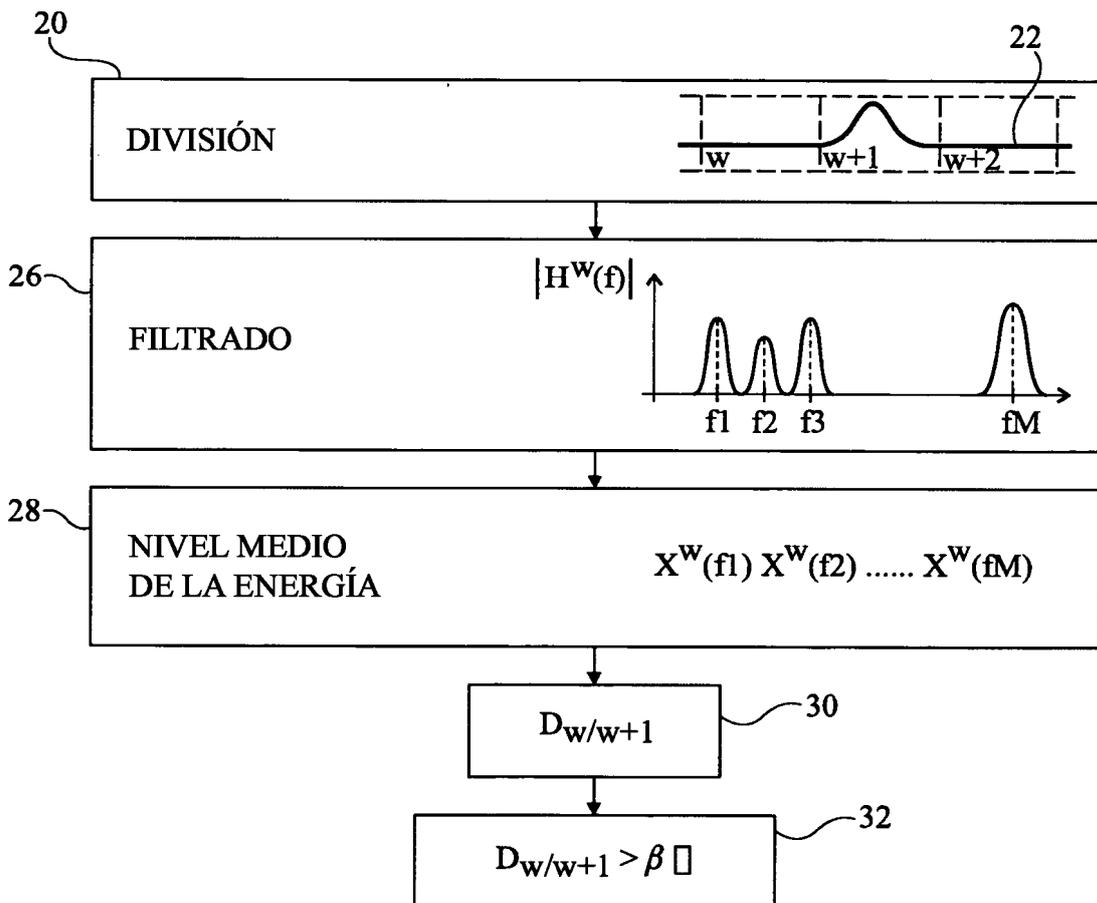


Fig 4

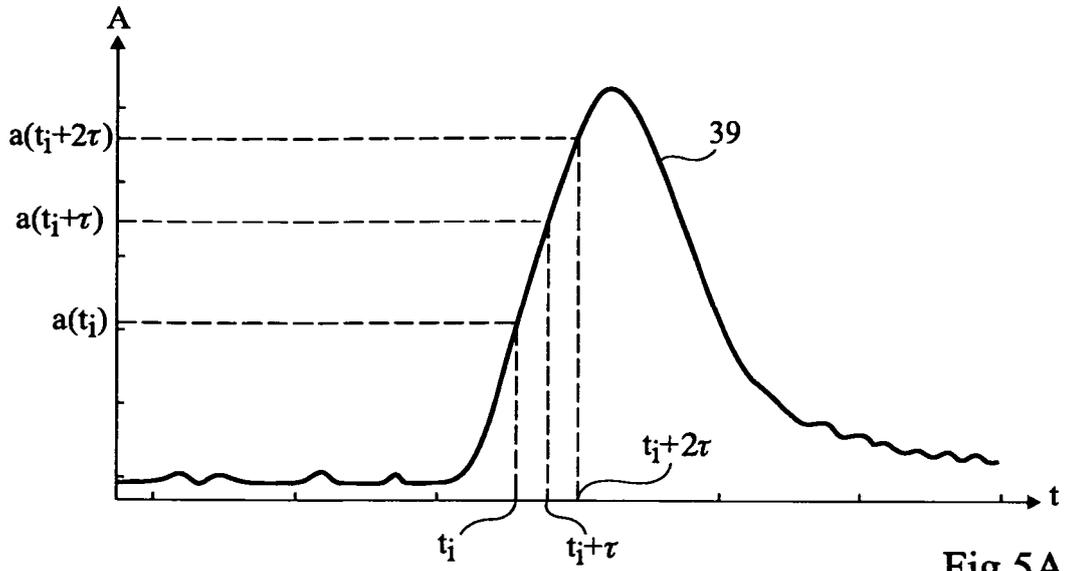


Fig 5A

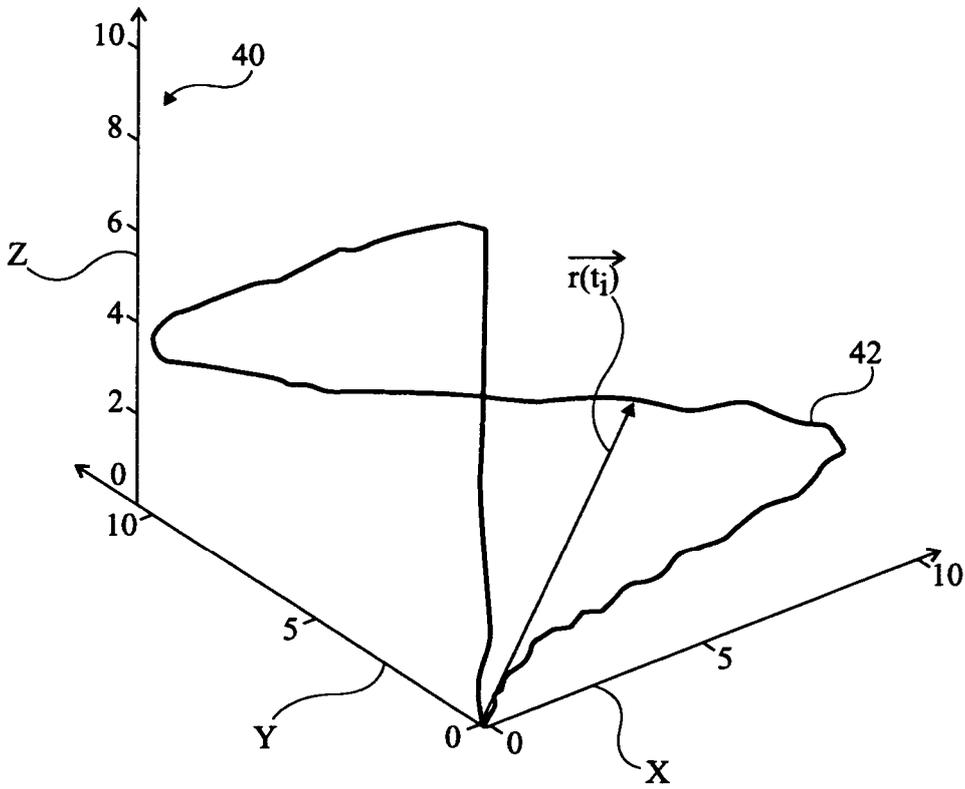


Fig 5B

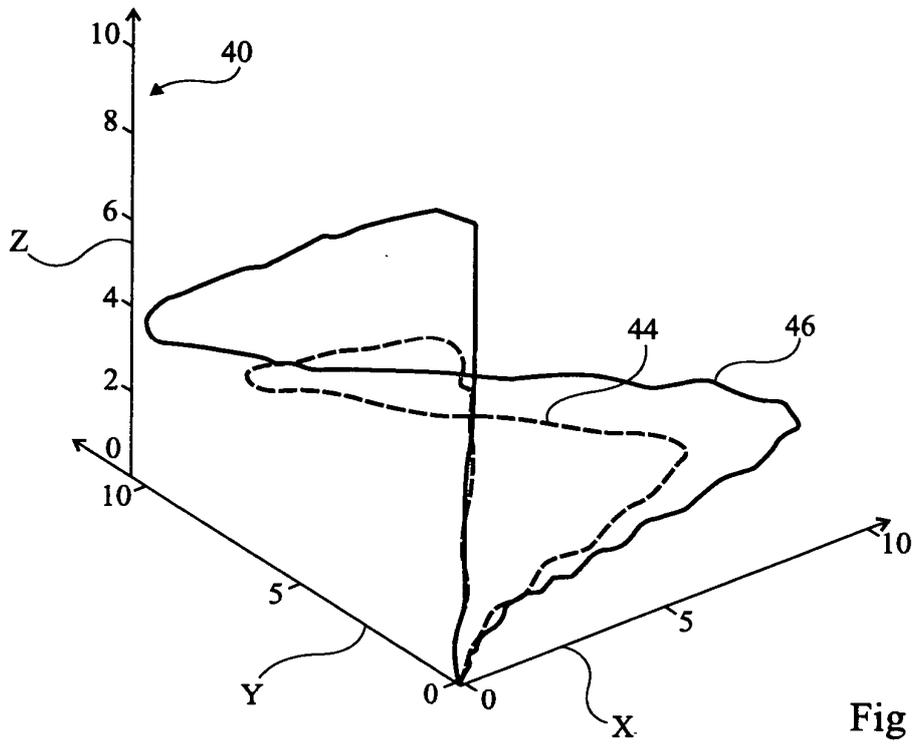


Fig 6A

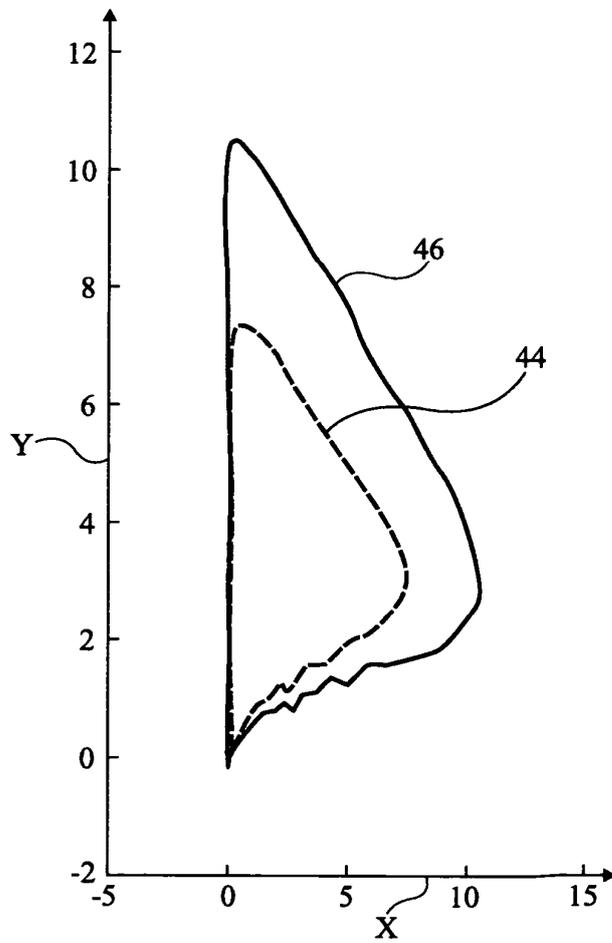


Fig 6B