

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 635 718**

51 Int. Cl.:

G01H 1/00 (2006.01)

G01M 13/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.01.2007 PCT/EP2007/000134**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.08.2007 WO07090491**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.01.2007 E 07702639 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.05.2017 EP 1922530**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para la detección del lugar de un efecto mecánico a modo de impulsos sobre una pieza de una instalación**

30 Prioridad:

03.02.2006 DE 102006004941

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

04.10.2017

73 Titular/es:

**AREVA GMBH (100.0%)
PAUL-GOSSEN-STRASSE 100
91052 ERLANGEN, DE**

72 Inventor/es:

**BECHTOLD, BELA;
JAX, PETER;
OCELIK, VOJTECH y
ZACH, JAN**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 635 718 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 y dispositivo para la detección del lugar de un efecto mecánico a modo de impulsos sobre una pieza de una instalación

5 La invención se refiere a un procedimiento y a un dispositivo para la detección del lugar de un efecto mecánico a modo de impulsos sobre una pieza de una instalación.

10 En un gran número de casos de aplicación es necesario vigilar de manera ininterrumpida el funcionamiento reglamentario de una pieza de una instalación, por ejemplo, de una tubería o de un contenedor para la técnica de procedimientos químicos o una turbomáquina para detectar averías a tiempo y evitar daños resultantes graves. Para una vigilancia de este tipo en el estado de la técnica se conocen un gran número de procedimientos.

15 En el documento EP 0 765 466 B1 se ha propuesto llevar a cabo la vigilancia de vibraciones de álabes con ayuda de microondas que están orientadas hacia los álabes. A partir de la modulación de las microondas reflejadas en los álabes puede deducirse el estado vibratorio de la turbina.

20 En el procedimiento conocido por el documento DE 198 57 552 A1 se registra la rotura del árbol de una turbina mediante una medición de las frecuencias de giro en los extremos del árbol.

En el documento DE 198 43 615 C2 se propone llevar a cabo el diagnóstico del estado de un accionamiento de combustión con ayuda de un análisis del espectro de frecuencia de las señales de medición que se captan con ayuda de un captador acústicos dispuesto en la zona de entrada de aire o de gas de escape.

25 En el documento DE 197 27 114 C2 para la vigilancia de una máquina en lugar del sonido propagado por el aire se registran las señales de sonido conducido a través de cuerpos sólidos. También en el caso de este procedimiento conocido se analizan los espectros de frecuencia averiguados en cada caso de las señales de medición registradas por el captador de sonido conducido a través de cuerpos sólidos.

30 También procedimiento divulgado en el documento DE 195 45 008 C2 durante el funcionamiento de la máquina se analiza el espectro de frecuencia de la señal de medición registrada por un sensor de vigilancia, por ejemplo un captador de aceleración y se compara con un espectro de frecuencia de referencia.

35 Un análisis del espectro de frecuencia de las señales de sonido conducido a través de cuerpos sólidos tomadas en una turbina se lleva a cabo también en el procedimiento conocido por el documento US 6,301,572 B1. Para ello las transformadas de Fourier de la señal de medición se analizan en una red neuronal con reglas de la lógica difusa para obtener de esta manera información sobre el estado de la turbina.

40 Un problema especial lo representan piezas sueltas arrastradas por la corriente y que impactan en la pieza de una instalación que causan un efecto breve, a modo de impulsos cuya detección segura es problemática de manera correspondiente.

45 En el documento GB 2288235 se propone registrar la aparición de piezas sueltas arrastradas en un medio que fluye corriente las vibraciones generadas en el impacto de las piezas sobre una pieza de una instalación. Para ello se dispone un captador acústico en la pieza de una instalación y las señales de medición generadas por este se alimenta a una red neuronal con capacidad de aprendizaje que mediante el patrón que aparece puede decidir si se trata, o no, de un ruido normal.

50 Los problemas que acompañan a la aparición de piezas sueltas en un medio que fluye pueden originarse por ejemplo en turbinas de gas cuya cámara de protección está revestida para la protección del recalentamiento con azulejos de cerámica. Estos azulejos de cerámica están sometidos a una carga dinámica alta mediante las oscilaciones por el cambio de presión que aparecen en la cámara de combustión. En este caso puede suceder que los fragmentos de los azulejos se rompan en los soportes respectivos, sean arrastrados por la corriente del gas de escape y se den contra la primera fila de álabes directores de la turbina de gas. Esto puede llevar a un daño del recubrimiento de los álabes conductores y a una destrucción de los álabes de rodete dispuestos detrás. Además existe el peligro de que un azulejo ya dañado por la rotura de los fragmentos se suelte completamente de los soportes y pueda llevar a un daño en la turbina de gas masivo de manera correspondiente. En este caso el impacto de piezas sueltas pequeñas o de un azulejo individual indica una rotura total próxima de un azulejo o varios azulejos de modo que una desconexión a tiempo de la turbina de gas e intercambio a tiempo de los azulejos dañados impide un daño mayor.

60 Para poder constatar la penetración de partículas extrañas en una turbina de gas en el documento US 4,888,948 en la entrada de la turbina se dispone un sensor con el que se registra una carga eléctrica inducida por los cuerpos extraños.

65

Para la vigilancia de los choques de este tipo sobre una pieza de una instalación se conoce también por el documento WO 01/75272 A2 fundamentalmente, con ayuda de sensores adecuados registrar el golpe al igual que en el procedimiento conocido por el documento GB 2288235 a través de un ruido conducido a través de cuerpos sólidos que se origina en este caso. A este respecto sin embargo, en particular en turbinas de gas aparece el problema de que los ruidos de funcionamiento normales son tan altos que también la fracción de señal generada por el choque de un azulejo entero sobre el álabe conductor de la turbina de gas en el sensor es más pequeña que el fondo generado por los ruidos de funcionamiento normales, de modo que en particular el impacto de fragmentos más pequeños mediante una única vigilancia de las amplitudes de las señales de sonido conducido a través de cuerpos sólidos no puede detectarse. Para la mejora de la relación de señal-ruido en este documento se propone por lo tanto el someter a la señal de medición tomada por un captador de valor promedio a un filtro de banda o de paso alto para eliminar de esta manera las señales de sonido conducido a través de cuerpos sólidos que se originan en el funcionamiento normal de la turbina. Sin embargo estas medidas no son suficientes para identificar de manera segura en el caso de ruidos de fondo elevado y variables en el tiempo un evento a modo de impulsos.

Por el documento WO 03/071243 A1 se conoce un procedimiento para la detección un dispositivo mecánico a modo de impulsos sobre una pieza de una instalación en el que la señal de sonido conducido a través de cuerpos sólidos registrada se somete a una transformación de Fourier por ventanas. A partir de un gran número de los espectros de Fourier averiguados de esta manera con los algoritmos explicados en este documento con más detalle se deriva una función de evaluación K que indica la aparición de un efecto mecánico a modo de impulsos en la pieza de una instalación. El algoritmo indicado en este documento para derivar la función de evaluación K permite la detección precisa de una fracción de señal solapada en la señal de medición de ruido que lleva a un efecto a modo de impulsos.

En particular en el caso piezas de una instalación de gran volumen con un gran número de componentes montados en las mismas además de la información de que ha tenido lugar un efecto mecánico a modo de impulsos de este tipo que no pertenece al ruido de funcionamiento normal, también es importante saber en qué lugar en la pieza de una instalación ha tenido lugar diese efecto. Para ello se conoce fundamentalmente la colocación de una pluralidad de sensores en diferentes lugares en la pieza de una instalación y deducir el lugar del efecto a partir de las diferencias de tiempo entre los eventos detectados por los sensores individuales en cada caso y la velocidad del sonido en la pieza de una instalación. El lugar del efecto es interesante también en el caso de la vigilancia de turbinas para poder evaluar si se trata del vuelo de un azulejo (impacto de un azulejo que se ha soltado en el soporte de álabe conductor o en la envoltura externa del espacio de la cámara de combustión), o si el efecto a modo de impulsos se provoca mediante procesos de fricción condicionados por el funcionamiento desde otras zonas de la turbina.

Para una determinación exacta del lugar de efecto es necesario determinar, a partir de las ventanas de tiempo en las que se detecta en cada caso el evento en los sensores, el comienzo del evento de la manera más exacta posible.

Por el documento DE 22 23 321 C2 se conoce la detección de una grieta y su lugar con una pluralidad de convertidores piezoeléctricos dispuestos en la pieza de una instalación. Para ello se evalúan las diferencias de tiempo de los valores máximos de las señales recibidas por los convertidores.

La invención se basa ahora en el objetivo de indicar un procedimiento para la detección del lugar de un efecto mecánico a modo de impulsos sobre una pieza de una instalación que esté mejorado adicionalmente con respecto a los procedimientos conocidos en el estado de la técnica. Además la invención se basa en el objetivo de indicar un dispositivo para la realización del procedimiento.

En cuanto al procedimiento el objetivo mencionado se resuelve según la invención con un procedimiento con las características de la reivindicación 1. En el procedimiento para la detección del lugar de un efecto mecánico a modo de impulsos sobre una pieza de una instalación se registra continuamente un ruido de funcionamiento existente en la pieza de una instalación con una pluralidad de sensores dispuestos en la pieza de una instalación y por esta se convierte en una señal de medición, estando previstas para el análisis de las señales de medición las siguientes etapas de procedimiento:

- a) Las señales de medición se almacenan en cada caso en intervalos de tiempo durante un espacio de tiempo,
- b) en primeras ventanas de tiempo situadas consecutivas en el tiempo en primeras etapas de tiempo dentro del espacio de tiempo se averigua con primeros parámetros predeterminados de una regla de transformación matemática un primer valor de la transformada de cada señal de medición,
- c) a partir de las primeras cantidades determinadas predeterminados para cada uno de los primeros parámetros se deriva para cada primera etapa de tiempo en cada caso una primera función de evaluación,
- d) las primeras funciones de evaluación se comparan en cada caso con un primer valor umbral y la superación del primer valor umbral de al menos una de las primeras funciones de evaluación en un momento de excitación se evalúa como indicio para la presencia de una fracción de señal a modo de impulso que indica el efecto mecánico,
- e) en segundas ventanas de tiempo situadas consecutivas en el tiempo en segundas etapas de tiempo dentro del espacio de tiempo, que son más pequeñas que las primeras ventanas de tiempo, se averiguan con segundos

parámetros predeterminados de la regla de transformación matemática y con los mismos algoritmos segundas funciones de evaluación,

f) a partir de los momentos, en los cuales las segundas funciones de evaluación en cada caso cumplen un criterio predeterminado y a partir de las diferencias de duración de ejecución resultantes de ello se determina el lugar del efecto.

La invención se basa en este caso en la reflexión de que la sensibilidad con la que puede detectarse un efecto a modo de impulso depende esencialmente del tamaño de la ventana de tiempo, y debería superar la duración de una ráfaga típica, aunque esta superación no tiene que ser demasiado alta, de modo que la ventana de tiempo se sitúe todavía en el orden de magnitud de la duración de la ráfaga (duración < ventana de tiempo < décuplo de la duración). Sin embargo una ventana de tiempo grande tiene la desventaja de que la función de evaluación solamente varía muy lentamente, de modo que el momento del efecto, es decir del comienzo de la señal de ráfaga solamente puede determinarse de manera relativamente inexacta. Si ahora, en uno de los canales, se identifica una señal de ráfaga y la función de evaluación se calcula nuevamente con una ventana de tiempo significativamente más pequeña, entonces la constante de tiempo, con la que se varía la función de evaluación, es reducida de manera correspondiente, y es posible una determinación más exacta de su momento de aumento y con ello del momento del efecto.

El objetivo mencionado en segundo lugar se resuelve según la invención con un dispositivo con las características de la reivindicación 8, cuyas ventajas se producen de manera análoga de las ventajas indicadas en la reivindicación 1.

En las reivindicaciones dependientes respectivas se indican configuraciones ventajosas del procedimiento y del dispositivo según la invención.

Para la explicación adicional de la invención se remite al dibujo. Muestran:

- la figura 1 un ejemplo de realización para un dispositivo según la invención en un esquema esquemático,
- la figura 2 un diagrama simplificado, en el que la señal de medición M está trazada en alta resolución en el tiempo en contra del tiempo t,
- la figura 3 un diagrama en el que la cantidad A del espectro de frecuencia averiguada a partir de la señal de medición mediante transformación de Fourier rápida está trazada en una frecuencia predeterminada f_i en contra del tiempo t,
- la figura 4 un diagrama en el que el valor promedio A móvil en el tiempo de las cantidades del espectro está trazado en una frecuencia predeterminada f_i igualmente en contra del tiempo t,
- la figura 5 un diagrama en el que una señal de medición idealizada M está trazada con una ráfaga que puede detectarse directamente en la señal de medición en contra del tiempo t,
- la figura 6 un diagrama en el que están trazadas funciones de evaluación K_1 y K_2 averiguadas con diferentes ventanas de tiempo a partir de la señal de medición según la figura 5 en contra del tiempo t,
- las figuras 7a-f en cada caso diagramas en los que el ruido de funcionamiento (señal de medición M) de una pieza de una instalación registrado por sensores dispuestos en cada caso en diferentes posiciones en presencia de un efecto extraño, así como la función de evaluación (K_2) averiguada con el procedimiento según la invención con una segunda ventana de tiempo están trazadas en contra del tiempo t,
- las figuras 8 y 9 en cada caso un diagrama en el que la función de evaluación K_2 averiguada para un sensor con una segunda ventana de tiempo o su derivación en el tiempo dK_2/dt están trazadas en contra del tiempo t.

Según la figura 1 sobre una pieza de una instalación 2, por ejemplo, una turbina de gas, están dispuestos una pluralidad P de captadores de valores de medición o sensores $4_{1,...,s,...,P}$, en particular captadores de aceleración piezoeléctricos, que en cada caso registran continuamente el ruido de funcionamiento existente en la pieza de una instalación 2 y que se propaga en forma de ruido conducido a través de cuerpos sólidos en varios canales de medición. Los sensores 4_s convierten las señales de sonido conducido a través de cuerpos sólidos en cada caso en una señal de medición M_s eléctrica que se amplifica en un preamplificador 6, y se transmite a un convertidor analógico-digital 8 que está conectado a una memoria digital 10. La señal de medición M_s amplificada que se presenta en cada caso se digitaliza, se almacena temporalmente y se transmite a un dispositivo de cálculo 12 para el procesamiento posterior en el que está implementado el algoritmo de evaluación de acuerdo con la invención.

El dispositivo de cálculo 12 contiene para cada canal de medición un procesador para un cálculo rápido de una transformada de los datos transmitidos por el convertidor analógico/digital 8, así como una memoria cíclica para almacenar un número L de las transformadas averiguadas mediante la transformación. En el caso de esta transformación se trata por ejemplo de una transformación de Fourier FFT rápida con ventanas. Como transformación de una función matemática (la señal de medición $M_s(t)$) en el sentido de la presente invención ha de entenderse cada operación matemática con cual es posible representar una representación de esta función con un conjunto completo de funciones básicas ortogonales. Estas funciones básicas ortogonales pueden estar formadas – tal como es el caso en la transformación de Fourier – mediante la función exponencial $e^{-i\omega t}$. Sin embargo

fundamentalmente pueden emplearse también otras funciones periódicas como sistema básico ortogonal. Con estas transformaciones se calculan transformadas discretas con un conjunto predeterminado de parámetros discretos.

5 Estos son frecuencias $f_{i=\omega/2\pi}$ predeterminadas de manera fija en la transformación de Fourier que están seleccionadas de acuerdo con la pieza de una instalación respectiva, tal como está representado por ejemplo para una turbina en el documento WO 03/071243.

10 A partir de las transformadas discretas averiguadas en el dispositivo de cálculo 12 para cada canal de medición, según un algoritmo implementado en el dispositivo de cálculo 12 y que va a explicarse con más detalle a continuación, se averigua la primera función de evaluación $K_{1,s}(t)$ dependiente del tiempo t que se compara en un dispositivo de comparación 14 con un primer valor umbral $K_{1,0}$ predeterminado. Una superación del primer valor umbral $K_{1,0}$ (umbral de alarma) en uno de los canales (en una de las señales de medición M_s) sirve como indicio para la presencia de una fracción de señal a modo de impulso provocada por un efecto mecánico transitorio en este canal y genera una señal de excitación S correspondiente. La señal de excitación S se alimenta a un grabador de transitorios 16 en el que se graban los datos averiguados en el dispositivo de cálculo 12 durante un espacio de tiempo de por ejemplo 10 s y se transmiten a un ordenador de evaluación 18, para poder llevar a cabo con este un posterior análisis de las señales de medición $M_s(t)$ que va a explicarse a continuación que permite deducir a partir de la diferencia de los momentos t_s (diferencias de duración de ejecución), en los cuales en los canales en cada caso de registra la llegada de un evento, el conocimiento de la geometría de la pieza de una instalación, de la posición de los sensores y la velocidad de sonido en el lugar del efecto a modo de impulsos.

20 En la figura 2 mediante un esquema se explica la primera etapa del modo de procedimiento implementado en la unidad de cálculo 12 (figura 1). La señal de medición M_s digitalizada con elevada frecuencia de reloj (normalmente 80 - 100 kHz) en cada canal (mostrado de manera análoga en la figura para una visión general) se almacena en cada caso durante un espacio de tiempo TS (normalmente alrededor de 10 s) en un intervalo de tiempo DT (de acuerdo con la frecuencia de reloj normalmente alrededor de 0,01 - 0,0125 ms) y se actualiza de acuerdo con la frecuencia de reloj. En una primera ventana de tiempo Δt_1 dentro de este espacio de tiempo TS la señal de medición M_s digitalizada se somete a una transformación de Fourier discreta rápida. A continuación esta primera ventana de tiempo Δt_1 se desplaza en una primera etapa de tiempo δt_1 y en una primera ventana de tiempo Δt_1 solapada de igual longitud se lleva a cabo de nuevo una transformación de Fourier. En el ejemplo de realización Δt_1 asciende a = 25,6 ms y $\delta t_1 = 3,2$ ms. De esta manera para cada primera ventana de tiempo Δt_1 y para un número finito de primeras frecuencias discretas $f_{1,i}$ se averiguan primeras cantidades dependientes del tiempo $A_{1,s}(f_{1,i},t)$.

35 En la figura 3 se ilustra ahora el desarrollo temporal de la primera cantidad $A_{1,s}(f_{1,i},t)$ en una frecuencia predeterminada $f_{1,i}$. A partir de esta figura puede deducirse que esta cantidad $A_{1,s}(f_{1,i},t)$ en esta frecuencia $f_{1,i}$ predeterminada varía en el tiempo. El intervalo temporal introducido en la figura es la primera etapa de tiempo δt_1 en la que se actualiza la transformación de Fourier rápida. Según la invención, ahora para un gran número N de primeras frecuencias $f_{1,i}$ predeterminadas o gamas de frecuencia y en primeras etapas de tiempo δt_1 consecutivas en el tiempo para primera ventana de tiempo Δt_1 solapadas en el tiempo, se determina el primer valor de cantidad $A_{1,s}(f_{1,i},t_j)$ con $t_j = t_0 + j\delta t_1$ respectivo, siendo j un número natural.

40 De los primeros valores de cantidad $A_{1,s}(f_{1,i},t_j)$ obtenidos de esta manera se resta ahora un valor promedio \bar{A}_s formado para esta primera frecuencia $f_{1,i}$. Los algoritmos adecuados para la determinación del valor promedio \bar{A}_s dependen de la pieza de una instalación que va a vigilarse y de la complejidad de los ruidos de funcionamiento que se van a esperar. En situaciones de funcionamiento sencillas basta con emplear un valor promedio $\bar{A}_{s,0}(f_{1,i})$ constante predeterminado de manera fija. Es más favorable determinar un valor promedio $\bar{A}_{s,0}(f_{1,i})$ variable en el tiempo de manera móvil tal como está ilustrado en la figura 4. El uso de un valor promedio $\bar{A}_{s,0}(f_{1,i})$ móvil es ventajoso en particular en la vigilancia de piezas de una instalación en las que pueden darse variaciones de estado aleatorias en las que la pieza de una instalación cambia de un estado de funcionamiento a otro y el ruido de funcionamiento o de fondo puede subir o bajar a claramente otro nivel. Una variación de estado tal es en el caso de turbina por ejemplo la inserción de un denominado zumbido. Este se provoca mediante la disposición de las llamas en un espacio anular que puede llevar a que toda la cámara de combustión se excite dando lugar a vibraciones de resonancia, prefiriéndose en particular los modos de vibración en la dirección perimetral. Estos fenómenos de resonancia pueden interrumpirse en parte abruptamente y volver a instalarse igualmente de manera abrupta. Si se toma como base por ejemplo como en el procedimiento divulgado en el documento WO 03/071243 un valor promedio $A_{1,s}(f_{1,i},t_j)$ que está formado por una formación de valores promedio sencilla en forma de una media aritmética a partir de un número de cantidades precedentes se ha demostrado que estas oscilaciones de ruido llevan a resoluciones erróneas. Para evitar tales resoluciones erróneas en la práctica, durante el zumbido de la turbina, que se detecta mediante un análisis de las características de señal se suprimió una vigilancia de los efectos mecánicos a modo de impulsos.

50 También en otras piezas de una instalación, por ejemplo en una vasija de reactor de una central nucleoelectrónica a los ruidos de fondo continuos (corrientes de fluidos, ruido de bombas) se superponen ruidos de funcionamiento breves condicionados por el funcionamiento, tal como se provocan por ejemplo mediante variaciones permitidas de las condiciones de funcionamiento e intervenciones voluntarias en el desarrollo de funcionamiento (accionamiento de válvulas, desplazamiento de barras absorbentes).

En el caso de un método de cálculo iterativo en particular para piezas de una instalación con variaciones de estado adecuadas relativamente lentas se determina el valor promedio \bar{A}_s y una desviación media cuadrada (varianza) para cada frecuencia $f_{1,i}$ de manera móvil con ayuda de las relaciones

$$\bar{A}_s(f_{1,i}, t + \delta t_1) = k \bar{A}_s(f_{1,i}, t) + (1-k) A_{1,s}(f_{1,i}, t + \delta t_1)$$

$$\text{var}(A_{1,s}(f_{1,i}, t + \delta t_1)) =$$

$$= k \text{var}(A_{1,s}(f_{1,i}, t)) + (1-k) (A_{1,s}(f_{1,i}, t + \delta t_1) - \bar{A}_s(f_{1,i}, t))^2$$

siendo δt_1 la primera etapa de tiempo en la que se calcula en cada caso para una primera ventana de tiempo Δt_1 la primera cantidad $A_{1,s}$. Mediante la selección del parámetro k se determina ahora en qué medida una primera cantidad $A_{1,s}(f_{1,i}, t + \delta t_1)$ que se añade a esto influye en el valor promedio $\bar{A}_s(f_{1,i}, t + \delta t_1)$ calculado nuevamente. Este principio corresponde a una formación de valores promedio ponderada exponencialmente, determinando k la velocidad de adaptación. En el caso de una variación repentina de la cantidad $A_{1,s}(f_{1,i}, t)$ de un valor inicial constante a un valor nuevo igualmente constante resultaría entonces una adaptación aproximadamente exponencial del valor promedio nuevo \bar{A}_s a la nueva cantidad $A_{1,s}$ que se presenta actualmente con una constante de tiempo $\tau = \delta t_1 / (1-k)$. Para $k = 0,999$ y $\delta t_1 = 3,2$ ms resulta una constante de tiempo τ de 3,2 s. Un modo de procedimiento de este tipo es adecuado por ejemplo en la vigilancia de los ruidos de funcionamiento de una vasija de reactor nuclear.

En la vigilancia de piezas de una instalación en las que se observan variaciones de estado muy rápidas, por ejemplo en turbinas ha demostrado ser especialmente adecuado un método de cálculo en el que se determina el valor promedio $\bar{A}_s(f_{1,i}, t)$ en el tiempo de manera móvil en las etapas de tiempo δt_1 como función del tiempo t a partir de un juego de datos $\underline{A}_{1,s}(f_{1,i}, t)$ compuesto por M primeros valores $A_{1,s}(f_{1,i}, t_m)$ de un fragmento de tiempo T e ilustrado en la figura 3 con ayuda de la relación

$$\bar{A}_s(f_{1,i}, t) = (Q_{\alpha,s}(f_{1,i}, t) + Q_{1-\alpha,s}(f_{1,i}, t)) / 2$$

siendo $Q_{\alpha,s}$ y $Q_{1-\alpha,s}$ el cuantil α o $(1-\alpha)$ de las primeras cantidades $A_{1,s}(f_{1,i}, t_m)$ determinadas en cada caso en un fragmento de tiempo T con $t_m = t + m \delta t_1$ y m un número entero. Para ello se clasifican en una fila según el valor de cantidad las primeras cantidades $\underline{A}_{1,s}(f_{1,i}, t_m)$ pertenecientes a este fragmento de tiempo T , dispuesto por ejemplo simétricamente al momento t (en este caso es válido $\frac{M-1}{2} \leq m \leq \frac{M-1}{2}$ y M impar) y que forman en cada caso el juego de datos $\underline{A}_{1,s}(f_{1,i}, t)$ asociado al momento t . El cuantil α o $(1-\alpha)$ es entonces aquel valor que se encuentra en la posición αM o $(1-\alpha)M$ de la fila. En la práctica para valores α entre $0,7 \leq \alpha \leq 0,8$, preferiblemente se aplica $\alpha = 0,75$.

Con ayuda del cuantil α y del $(1-\alpha)$ $Q_{\alpha,s}$ o $Q_{1-\alpha,s}$ se calcula ahora una desviación media $s_s(f_{1,i}, t)$ de los primeros valores $A_{1,s}(f_{1,i}, t_m)$ del valor promedio de cantidad $\bar{A}_s(f_{1,i}, t)$ con ayuda de la relación

$$s_s(f_{1,i}, t) = \sqrt{\frac{Q_{\alpha,s}(f_{1,i}, t) - Q_{1-\alpha,s}(f_{1,i}, t)}{2q_{1-\alpha,s}}}$$

siendo $q_{1-\alpha,s}$ el cuantil $(1-\alpha)$ de la distribución gaussiana normal.

Con ayuda de este procedimiento de cálculo (método de cuantiles) se calculan por tanto valor promedio y desviación de un juego de datos sin considerar los valores que se encuentran fuera de los intervalos definidos mediante α y $(1-\alpha)$. Esto significa que las cantidades claramente más altas, como pueden aparecer aumentadas adicionalmente mediante una señal de ráfaga superpuesta, no se consideran y por tanto tampoco pueden falsificar el resultado. Con este método puede seleccionarse un fragmento de tiempo claramente más corto, por ejemplo un juego de datos $\underline{A}_s(f_{1,i}, t)$ que se compone de primeros valores de cantidad $A_{1,s}(f_{1,i}, t)$ $M = 100$ con una longitud del fragmento de tiempo $T = 320$ ms en una etapa de tiempo $\delta t_1 = 3,2$ ms, con el mismo factor en el resultado del cálculo. Esto tiene como consecuencia que el valor promedio de cantidad $\bar{A}_s(f_{1,i}, t)$ se adapta a las variaciones rápidas en el fondo del funcionamiento de modo que estas no pueden llevar a una falsificación de los espectros normalizados ni pueden simular indicaciones de error en la vigilancia. En el caso de un modo de procedimiento tal es posible que también, durante el zumbido de la turbina de gas, es decir cuando mediante oscilaciones de resonancia en el espacio de combustión aparecen de manera muy abrupta ruidos de fondo claramente más altos, por ejemplo con una constante de tiempo de alrededor de 0,5 s en el caso de un aumento de amplitud en el factor 5 y más, se detecte el choque de piezas sueltas.

Con ayuda del valor promedio de cantidad $\bar{A}_s(f_{1,i}, t)$ calculado anteriormente y de la desviación media $s(f_{1,i}, t)$ puede averiguarse ahora en una etapa de cálculo adicional sobre la base del procedimiento de cuantiles un valor promedio de cantidad mejorado $\bar{A}_{opt,s}(f_{1,i}, t)$ al eliminarse del juego de datos $\underline{A}_s(f_{1,i}, t)$ presente en cada caso las primeras cantidades $A_{1,s}(f_{1,i}, t_m)$ que son significativamente mayores que el valor promedio de cantidad $\bar{A}_s(f_{1,i}, t)$ anteriormente calculado. En la práctica ha demostrado ser ventajoso en este caso, en el cálculo de los valores promedio eliminar

las primeras cantidades $A_{1,s}(f_{1,i}, t_m)$ que sean mayores que $\bar{A}_s(f_{1,i}, t) + 3s_s(f_{1,i}, t)$. Con el juego de datos completo $\bar{A}_s(f_{1,i}, t)$ se lleva a cabo después un nuevo cálculo de valor promedio con ayuda de un cuantil 5 o $(1-\delta)$, siendo válido

$$\delta = \alpha (M - M_E) / M$$

5 y siendo M_E el número de los primeros valores $A_{1,s}(f_{1,i}, t_m)$, que son mayores que $\bar{A}_s(f_{1,i}, t) + 3s_s(f_{1,i}, t)$. Alternativamente para ello es también posible y matemáticamente idéntico determinar nuevamente con un juego de datos reducido en estas cantidades el cuantil α o $(1-\alpha)$. Con ayuda de estos cuantiles 5 o $(1-\delta)$ o de los cuantiles α o $(1-\alpha)$ obtenidos
10 con el juego de datos reducido se calcula ahora de acuerdo con la fórmula mencionada anteriormente un valor promedio mejorado $\bar{A}_{opt,s}(f_{1,i}, t)$ o una desviación media mejorada $s_{opt,s}(f_{1,i}, t)$.

Con los valores promedio de cantidad $\bar{A}_s(f_{1,i}, t)$ o $\bar{A}_{opt,s}(f_{1,i}, t)$ calculados anteriormente y la desviación media $s_s(f_{1,i}, t)$ o $s_{opt,s}(f_{1,i}, t)$ se calcula ahora una desviación $D_s(f_{1,i}, t)$ normalizada de la primera cantidad $A_{1,s}$ del valor promedio \bar{A}_s según la siguiente ecuación.

$$D_s(f_{1,i}, t_m) = (A_{1,s}(f_{1,i}, t_m) - \bar{A}_s(f_{1,i}, t)) / s_s(f_{1,i}, t) \text{ oder}$$

$$D_s(f_{1,i}, t_m) = (A_{1,s}(f_{1,i}, t_m) - \bar{A}_{opt,s}(f_{1,i}, t)) / s_{opt,s}(f_{1,i}, t)$$

Para averiguar el valor promedio de cantidad $\bar{A}_s(f_{1,i}, t)$ válido en el momento t y la desviación media $s_s(f_{1,i}, t)$ válida para este momento t se evalúan las primeras cantidades $A_{1,s}(f_{1,i}, t_m)$ de M espectros. En otras palabras: tanto el valor
20 promedio de cantidad $\bar{A}_s(f_{1,i}, t)$ o $\bar{A}_{opt,s}(f_{1,i}, t)$ como la desviación media $s_s(f_{1,i}, t)$ o $s_{opt,s}(f_{1,i}, t)$ se actualizan continuamente con ayuda de M transformaciones. Esta actualización se realiza en primeras etapas de tiempo δt_1 . El juego de datos $\bar{A}_{1,s}(t + \delta t_1)$ tomado como base para el cálculo del nuevo valor promedio de cantidad $\bar{A}_s(f_{1,i}, t + \delta t_1)$ o $\bar{A}_{opt,s}(f_{1,i}, t + \delta t_1)$ y de la nueva desviación media $s_s(f_{1,i}, t + \delta t_1)$ o $s_{opt,s}(f_{1,i}, t + \delta t_1)$ se forma en este caso suprimiendo la primera cantidad (la más antigua) y añadiendo la nueva cantidades. Estas son, en el caso del fragmento de tiempo T dispuesto
25 simétricamente al momento t , las primeras cantidades

$$A_{1,s}(f_{1,i}, t - \frac{M-1}{2} \delta t_1) \text{ bzw. } A_{1,s}(f_{1,i}, t + \frac{M-1}{2} \delta t_1).$$

En una configuración ventajosa se calcula el promedio de la desviación normalizada $D_s(t, f_{1,i})$ adicionalmente en una
30 gama de frecuencia $f_{1,i-L}, f_{1,i-L+1}, \dots, f_{1,i+L}$ que rodea la frecuencia $f_{1,i}$, que se compone de frecuencias $2L+1$ y se determina una desviación normalizada media $\bar{D}_s(f_{1,i}, t)$ mediante la ecuación

$$\bar{D}_s(f_{1,i}, t) = \frac{1}{1 + 2L} \sum_{k=-L}^{k=+L} D_s(f_{1,i+k}, t)$$

35 Esta etapa de cálculo adicional lleva a una reducción de la altura y del ancho de oscilación de la desviación normalizada en los intervalos en los que se presentan solamente señales de fondo. Las fracciones de señal útil no varían de manera notable mediante el cálculo de promedio en la gama de frecuencia dado que siempre aparecen concentradas alrededor de líneas de frecuencia adyacentes. Mediante esta medida se realiza otra vez una mejora
40 de la relación de señal-fondo en otros 10 a 15 dB.

Una mejora adicional de la relación de señal-fondo se consigue cuando se introduce adicionalmente un valor umbral $D_{0,s}$ y se determina una desviación normalizada $\bar{D}_{v,s}(f_{1,i}, t)$ con ayuda de la relación $\bar{D}_{v,s} = D_{0,s}$ para $\bar{D}_s < D_{0,s}$ y $\bar{D}_{v,s} = \bar{D}_s$ para $\bar{D}_s \geq D_{0,s}$.

45 Las desviaciones normalizadas averiguadas de esta manera $D_s(f_{1,i}, t)$, $\bar{D}_s(f_{1,i}, t)$ o $\bar{D}_{v,s}(f_{1,i}, t)$ se elevan al cuadrado y se suman a través de todas las frecuencias y se suman a través de todas las frecuencias discretas f_i

$$S_s(t) = \sum_{i=1}^N D_s(f_{1,i}, t)^2 / N \quad (a)$$

$$S_s(t) = \sum_{i=1}^N \bar{D}_s(f_{1,i}, t)^2 / N \quad (b)$$

o

$$S_s(t) = \sum_{i=1}^N \bar{D}_{v,s}(f_{1,i}, t)^2 / N \quad (c)$$

5 De esta suma $S_s(t)$ se deriva ahora una primera función de evaluación $K_{1,s}(t)$ mediante formación de la raíz

$$K_{1,s}(t) = \sqrt{S_s(t)} \quad (1)$$

Esta sirve como indicador para la aparición de un choque. Como alternativa para ello la función de evaluación también puede formarse mediante cálculo de la diferencia entre la raíz de la suma $S_s(t)$ y un valor promedio móvil en el tiempo de esta raíz

10

$$\tilde{K}_{1,s}(t) = K_{1,s}(t) - \bar{K}_{1,s}(t) \quad (2)$$

y servir como parámetro para la aparición de un choque. Si $K_{1,s}(t)$ o $\tilde{K}_{1,s}(t)$ supera un primer valor umbral $K_{1,0}$ (umbral de alarma), que, en las turbinas de gas, asciende entre 1,5 y 2 entonces esto representa un indicio para el impacto de una pieza suelta. Para las siguientes explicaciones se toman como base ahora a modo de ejemplo las funciones de evaluación K calculadas según la ecuación (1).

15

La exactitud con la que para cada uno de los sensores es posible una determinación del momento t_s , en el que aparece el evento y con ello de las diferencias de duración de ejecución depende esencialmente de la velocidad de aumento de la primera función de evaluación $K_{1,s}$. El aumento de la primera función de evaluación $K_{1,s}$ se realizará no obstante más lentamente cuanto mayor sea la primera ventana de tiempo Δt_1 .

20

Esto se ilustra en la figura 5 y 6 para un canal de medición. En la figura 5 se traza una señal de medición idealizada M en contra del tiempo t a la que está superpuesta una ráfaga 20 en el intervalo temporal t_a a t_b . La figura 6 muestra un diagrama idealizado en el que están trazadas una primera y segunda función de evaluación K_1 (curva a) o K_2 (curva b) en contra del tiempo t , que se han derivado con diferente primera y segunda ventana de tiempo Δt_1 o Δt_2 situadas dentro del espacio de tiempo TS a partir de la señal de medición M de la figura 5. Si se averigua ahora la primera función de evaluación K_1 en una primera ventana de tiempo Δt_1 en la que la ráfaga 20 no ha empezado todavía, entonces, en el caso ideal $K_1 = 1$ (cuando en lugar de K_1 como primera función de evaluación se emplea \tilde{K}_1 en el caso ideal resulta $\tilde{K}_1 = 0$). La primera ventana de tiempo Δt_1 se desplaza ahora en primeras etapas de tiempo δt_1 hacia la derecha y la ráfaga 20 se registra sucesivamente por la primera ventana de tiempo Δt_1 de modo que en el caso de una transformación de Fourier las fracciones de frecuencia obtenidas en la ráfaga 20 juegan un papel cada vez mayor en el cálculo de la primera función de evaluación K_1 . Si ahora la primera ventana de tiempo Δt_1 con su borde derecho alcanza el final de la ráfaga 20 en el momento t_b la ráfaga 20 se sitúa completamente dentro de esta primera ventana de tiempo Δt_1 , de modo que la primera función de evaluación K_1 ha alcanzado su máximo. Si entonces el borde derecho de la primera ventana de tiempo Δt_1 coincide con el final de la ráfaga 20 la primera función de evaluación K_1 desciende de nuevo a 1. Debido al ancho de la primera ventana de tiempo Δt_1 , que se corresponde al menos con el ancho de una ráfaga 20 que va a esperarse, el aumento de la primera función de evaluación K_1 se realizará de manera relativamente lenta en una ventana de tiempo t_a a t_b , tal como se reproduce en la curva a de la figura 6. En la figura 5 está dibujada ahora una segunda ventana de tiempo Δt_2 que es significativamente más pequeña que la primera ventana de tiempo Δt_1 . Con la segunda ventana de tiempo Δt_2 se ahora la segunda función de evaluación K_2 en segundas etapas de tiempo $\delta t_2 < \delta t_1$ más cortas con los mismos algoritmos que se explicaron anteriormente en el cálculo de la primera función de evaluación K_1 y con segundas frecuencias $f_{2,i}$ (parámetros) adaptados a la segunda ventana de tiempo Δt_2 más corta). Dado que tanto la segunda ventana de tiempo Δt_2 como las segundas etapas de tiempo δt_2 son más cortas que la primera ventana de tiempo Δt_1 o las primeras etapas de tiempo δt_1 , esta aumenta significativamente de manera más rápida que la primera función de evaluación K_1 alcanza su máximo ya en un espacio de tiempo significativamente más corto que, en el ejemplo de la figura corresponde aproximadamente a la longitud de la segunda ventana de tiempo Δt_2 , tal como puede reconocerse en la curva b de la figura 6. En esta la figura también se ilustra que la segunda función de evaluación K_2 calculada con la segunda ventana de tiempo Δt_2 más corta debido a la cantidad de datos más pequeña basados en la transformación presenta un ruido significativamente más alto.

50

Debido a la ventana de tiempo Δt_2 más pequeña el espectro de frecuencia comprende frecuencias menos discretas.

En otras palabras: las segundas cantidades $A_{2,s}(f_{2,i},t)$ se presentan para menos segundas frecuencias $f_{2,i}$, siendo sin embargo la cantidad de las segundas frecuencias $f_{2,i}$ una cantidad parcial de la cantidad de las primeras frecuencias $f_{2,i}$.

5 Con ayuda de la primera función de evaluación $K_{1,s}(t)$ calculada para todos los canales de medición con los algoritmos anteriormente mencionados se realiza ahora una vigilancia de todos los canales de medición referente a una aparición de una ráfaga con una sensibilidad muy alta, asumiéndose que el principio de la ráfaga puede determinarse en los canales individuales solo con baja exactitud.

10 Si ahora en uno de los canales de medición en un momento de excitación t_0 se constata una ráfaga (aumento de la primera función de evaluación $K_{1,s}$ a través de un primer valor umbral $> K_{1,0}$) entonces se activa una señal de excitación que congela las señales de medición almacenadas en cada caso durante alrededor de 10s en todos los canales en un espacio de tiempo TS que se sitúa aproximadamente de manera simétrica en el momento t_0 de la señal de excitación (preexcitación). Para todos los canales se calculan entonces en cada caso segundas funciones de evaluación $K_{2,s}(t)$ con los algoritmos anteriormente mencionados, tomándose como base sin embargo para este cálculo los valores promedio de cantidad $\bar{A}_s(f_{2,i},t_0)$ y desviaciones estándar $s_s(f_{2,i},t_0)$ válidos para las segundas frecuencias $f_{2,i}$ y averiguados poco antes o en el momento de excitación t_0 a partir de las primeras cantidades $\bar{A}_{1,s}(f_{1,i},t)$. Esto es posible, dado que hasta el momento de excitación no se presenta una señal de ráfaga superpuesta y por lo tanto estos valores representan el fondo de funcionamiento puro, suponiéndose además que en poco tiempo después durante la ráfaga el fondo de funcionamiento no varía significativamente.

25 Las figuras 7a-f muestran ahora la señal de medición M_s (M_{1-6}) (curvas c) registrada en cada caso por un sensor 4_s (4_{1-6}) en una vasija de reactor nuclear en diferentes posiciones de medición durante un espacio de tiempo de alrededor de 30 ms. De los diagramas puede ahora deducirse directamente que en todo caso en el diagrama según la figura 7b en la señal de medición M2 puede identificarse que ha tenido lugar un evento sin que sea posible no obstante extraer directamente de la señal de medición si se trata de una transición del estado de funcionamiento o de un evento en forma de impulsos que puede atribuirse a un impacto de una pieza suelta.

30 La segunda función de evaluación $K_{2,s}(t)$ obtenida con ayuda de uno de los procedimientos anteriormente mencionados está registrada en las figuras 7a-f en cada caso como curva d continua. En el ejemplo representado la segunda función de evaluación $K_{2,s}(t)$ se calculó con el método iterativo. En las figuras puede reconocerse ahora que la segunda función de evaluación $K_{2,s}(t)$ presenta en cada caso en diferentes momentos $t_s = t_1$ a t_6 un aumento significativo. Estos momentos t_s pueden determinarse por ejemplo como aquellos momentos, en los cuales las segundas funciones de evaluación $K_{2,s}(t)$ superan en cada caso un segundo valor umbral $K_{2,0}$ predeterminado. Sí que es también posible, en el caso de un lugar de sensor deducir a partir de las diferencias de duración de ejecución LZ $t_1 - t_2, t_1 - t_3, \dots$ (en el ejemplo $t_1 - t_2, t_3 - t_2, t_4 - t_2, t_5 - t_2$ y $t_6 - t_2$) el lugar del choque.

40 Con ayuda de la segunda función de evaluación $K_{2,s}$ calculada de esta manera para cada uno de los canales de medición en una etapa siguiente se realiza un cálculo más exacto de los momentos t_s , en los que la señal de ráfaga provocada llega mediante el efecto a modo de impulsos en el lugar del sensor respectivo 4_s . Este cálculo más exacto se explica a continuación mediante los diagramas representados en las figuras 8 y 9.

45 La figura 8 muestra el curso normal de esta manera segunda función de una función de evaluación calculada $K_{2,s}$ (segunda etapa de tiempo $\delta t_2 = 0,16$ ms, segunda ventana de tiempo $\Delta t_2 = 2,56$ ms). Esta segunda función de evaluación $K_{2,s}$ supera un segundo valor umbral $K_{2,0}$ en un momento t_s . Debido a este primer valor umbral $K_{1,0}$ el aumento de la segunda función de evaluación $K_{2,s}$ se asocia a una ráfaga. Ahora la segunda función de evaluación $K_{2,s}$ se diferencia después del tiempo t. El cociente de diferencia correspondiente $dK_{2,s}/dt$ está trazado como curva en contra del tiempo en la figura 9. En esta curva se busca ahora partiendo del momento t_s el momento en el que el cociente de diferencia da 0 es decir la segunda función de evaluación $K_{2,s}$ se alcanza el primer máximo local. Esto es el caso en el momento t_1 . Ahora se averigua un momento $t_2 < t_1$ en el que la curva alcanza el valor 0. En este espacio t_2 a t_1 se averigua ahora el máximo $DK_{\max,s}$ que indica el mayor aumento de la segunda función de evaluación $K_{2,s}$. Con ayuda de este máximo $DK_{\max,s}$ se calcula ahora un valor umbral de diferencia $DK_{0,s}$ con la relación $DK_{0,s} = \beta DK_{\max,s}$, siendo β un valor entre 0,05 y 0,2. El momento $t_{s,korr}$, en el que la primera derivada $dK_{2,s}/dt$ en el intervalo temporal $t_2 - t_1$ supera por primera vez este valor umbral de diferencia $DK_{0,s}$ se recurre ahora como momento corregido para el cálculo de las diferencias de duración de ejecución. De esta manera es posible una determinación exacta de las duraciones de ejecución.

Lista de números de referencia

- 60 2 pieza de una instalación
 4_{1,s,p} sensor
 6 preamplificador
 8 multiplexor
 10 convertidor analógico/digital
 65 12 dispositivo de cálculo
 14 dispositivo de comparación

	16	grabador de transitorios
	18	ordenador de evaluación
	20	ráfaga
	M_s	señal de medición
5	$K_{1,s}; K_{2,s}$	primera, segunda función de evaluación
	T	tiempo
	$\Delta t_{1,2}$	primera, segunda ventana de tiempo
	$\delta t_{1,2}$	primera, segunda etapa de tiempo
	$A_{1,s}; A_{2,s}$	primera, segunda cantidad
10	f_i	frecuencia
	\bar{A}_s	valor promedio
	$\underline{A}_{1,s}$	juego de datos
	\bar{T}	fragmento de tiempo
	TS	espacio de tiempo
15	DT	intervalo de tiempo
	t_s	momento
	$t_s, korr$	momento corregido
	t_1, t_2	momento
	$DK_{max,s}$	máximo
20	$DK_{0,s}$	valor umbral de diferencia
	$K_{1,0}$	primer valor umbral
	$K_{2,0}$	segundo valor umbral

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la detección del lugar de un efecto mecánico a modo de impulsos sobre una pieza de una instalación (2), en el que un ruido de funcionamiento existente en la pieza de instalación (2) se registra continuamente con una pluralidad (P) de sensores (4_s) dispuestos en la pieza de instalación (2) y por esta se convierte en una señal de medición (M_s), con las siguientes características:
- 5 a) las señales de medición (M_s) se almacenan en cada caso en intervalos de tiempo (DT) durante un espacio de tiempo (TS)
- 10 b) en primeras ventanas de tiempo (Δt_1) situadas consecutivas en el tiempo en primeras etapas de tiempo (δt_1) dentro del espacio de tiempo (TS) se averigua con primeros parámetros predeterminados ($f_{1,i}$) de una regla de transformación matemática una primera cantidad ($A_{1,s}(f_{1,i},t)$) de la transformada de cada señal de medición (M_s),
- 15 c) a partir de las primeras cantidades ($A_{1,s}(f_{1,i},t)$) determinadas para cada uno de los primeros parámetros predeterminados ($f_{1,i}$) se deriva para cada primera etapa de tiempo (δt_1) en cada caso una primera función de evaluación ($K_{1,s}(t)$),
- d) las primeras funciones de evaluación ($K_{1,s}(t)$) se comparan en cada caso con un primer valor umbral ($K_{1,0}$) y la superación del primer valor umbral ($K_{1,0}$) de al menos una de las primeras funciones de evaluación ($K_{1,s}(t)$) en un momento de excitación (t_0) se evalúa como indicio de la presencia de una fracción de señal a modo de impulso que indica el efecto mecánico,
- 20 e) en segundas ventanas de tiempo (Δt_2) situadas en el tiempo en segundas etapas de tiempo (δt_2) consecutivas dentro del espacio de tiempo (TS), que son más pequeñas que las primeras ventanas de tiempo (Δt_1), se averiguan con segundos parámetros ($f_{2,i}$) predeterminados de la regla de transformación matemática y con los mismos algoritmos segundas funciones de evaluación ($K_{2,s}(t)$),
- 25 f) a partir de los momentos ($t_s, t_{s,korr}$), en los cuales las segundas funciones de evaluación ($K_{2,s}(t)$) en cada caso cumplen un criterio predeterminado y a partir de las diferencias de duración de ejecución resultantes de ello se determina el lugar del efecto.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que las segundas etapas de tiempo (δt_2) son más cortas que las primeras etapas de tiempo (δt_1).
- 30 3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, en el que para cada primera etapa de tiempo (δt_1) y cada uno de los primeros parámetros predeterminados ($f_{1,i}$) se determinan la desviación de las primeras cantidades ($A_{1,s}(f_{1,i},t)$) de un primer valor promedio de cantidad ($\bar{A}_{1,s}(f_{1,i},t)$) así como una desviación media ($s_s(f_{1,i},t)$) asociada a esta, a partir de las cuales para cada uno de los primeros parámetros ($f_{1,i}$) predeterminados y para cada primera etapa de tiempo (δt_1) se deriva la primera función de evaluación ($K_{1,s}(t)$), y en el que se toman como base tanto el valor promedio de cantidad ($\bar{A}_{1,s}(f_{2,i},t_0)$) que se aplica en el momento de excitación (t_0) para los segundos parámetros ($f_{2,i}$) como la desviación media ($s_s(f_{1,i},t_0)$) asociada a este del cálculo de la segunda función de evaluación ($K_{2,s}(t)$).
- 35 4. Procedimiento según la reivindicación 1, 2 o 3, en el que se cumple el criterio predeterminado cuando las segundas funciones de evaluación ($K_{2,s}(t)$) en cada caso superan un segundo valor umbral ($K_{2,0}$).
5. Procedimiento según la reivindicación 1, 2 o 3, en el que se cumple el criterio predeterminado cuando la primera derivada de la segunda función de evaluación ($K_{2,s}(t)$) supera un valor umbral de diferencia ($DK_{0,s}$).
- 45 6. Procedimiento según la reivindicación 5, en el que el valor umbral de diferencia ($DK_{0,s}$) se deriva de la pendiente máxima ($DK_{max,s}$) de un flanco ascendente de la segunda función de evaluación ($K_{2,s}(t)$).
7. Procedimiento según la reivindicación 6, en el que el valor umbral de diferencia ($DK_{0,s}$) se determina con la relación $DK_{0,s} = \beta DK_{max,s}$, siendo $0,05 \leq \beta \leq 0,2$.
- 50 8. Dispositivo para la detección del lugar de un efecto mecánico a modo de impulsos sobre una pieza de instalación (2), con una pluralidad (P) de sensores (4_s) dispuestos en la pieza de instalación (2) para el registro y medición continuos de un ruido de funcionamiento existente en la pieza de instalación (2), así como con al menos un convertidor A/D (10) conectado por detrás de los sensores (4_s) para la digitalización de las señales de medición (M_s) registradas por los sensores (4_s) y para la transmisión de las señales de medición (M) digitalizadas a un dispositivo de cálculo (12) para la realización de las siguientes etapas de cálculo:
- 55 a) las señales de medición (M_s) se almacenan en cada caso en intervalos de tiempo (DT) durante un espacio de tiempo (TS),
- 60 b) en primeras ventanas de tiempo (Δt_1) situadas consecutivas en el tiempo en primeras etapas de tiempo (δt_1) dentro del espacio de tiempo (TS) se averigua con primeros parámetros ($f_{1,i}$) predeterminados de una regla de transformación matemática una primera cantidad ($A_{1,s}(f_{1,i},t)$) de la transformada de cada señal de medición (M_s),
- c) a partir de las primeras cantidades ($A_{1,s}(f_{1,i},t)$) determinadas para cada uno de los primeros parámetros predeterminados ($f_{1,i}$) se deriva para cada primera etapa de tiempo (δt_2) en cada caso una primera función de evaluación ($K_{1,s}(t)$),
- 65

d) las primeras funciones de evaluación ($K_{1,s}(t)$) se comparan en cada caso con un primer valor umbral ($K_{1,0}$) y la superación del valor umbral ($K_{1,0}$) de al menos una de las primeras funciones de evaluación ($K_{1,s}(t)$) en un momento de excitación (t_0) se evalúa como indicio de la presencia de una fracción de señal a modo de impulso que indica el efecto mecánico,

5 e) en segundas ventanas de tiempo (Δt_2) situadas consecutivas en el tiempo en segundas etapas de tiempo (δt_2) dentro del espacio de tiempo (TS), que son más pequeñas que las primeras ventanas de tiempo (Δt_1), se averiguan con segundos parámetros ($f_{2,i}$) predeterminados de la regla de transformación matemática y con los mismos algoritmos segundas funciones de evaluación ($K_{2,s}(t)$),

10 f) a partir de los momentos (t_s), en los cuales las segundas funciones de evaluación ($K_{2,s}(t)$) en cada caso cumplen un criterio predeterminado y a partir de las diferencias de duración de ejecución resultantes de ello se determina el lugar del efecto.

9. Dispositivo según la reivindicación 8, con un algoritmo implementado en el dispositivo de cálculo (12) para la realización de los procedimientos según una de las reivindicaciones 2 a 7.

15

FIG 1

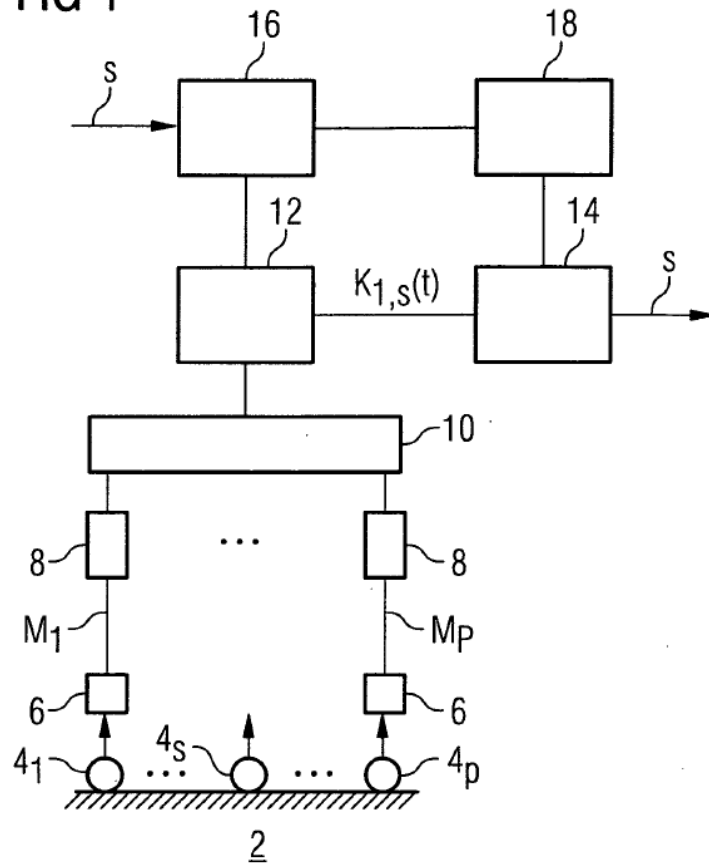


FIG 2

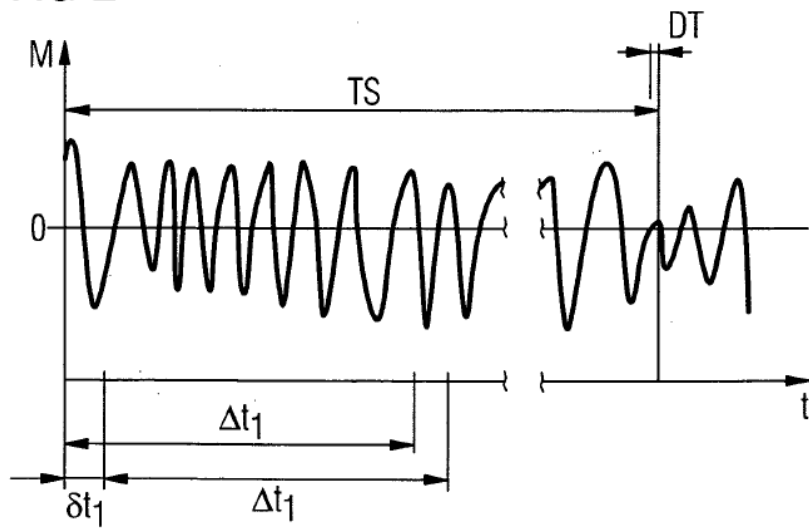


FIG 3

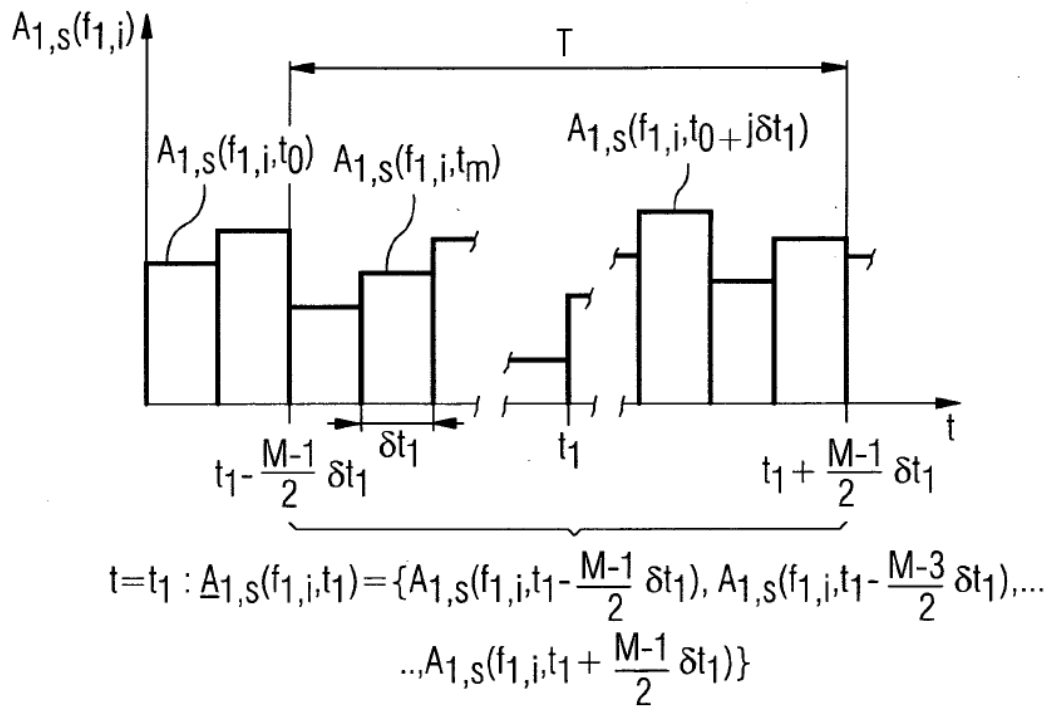


FIG 4

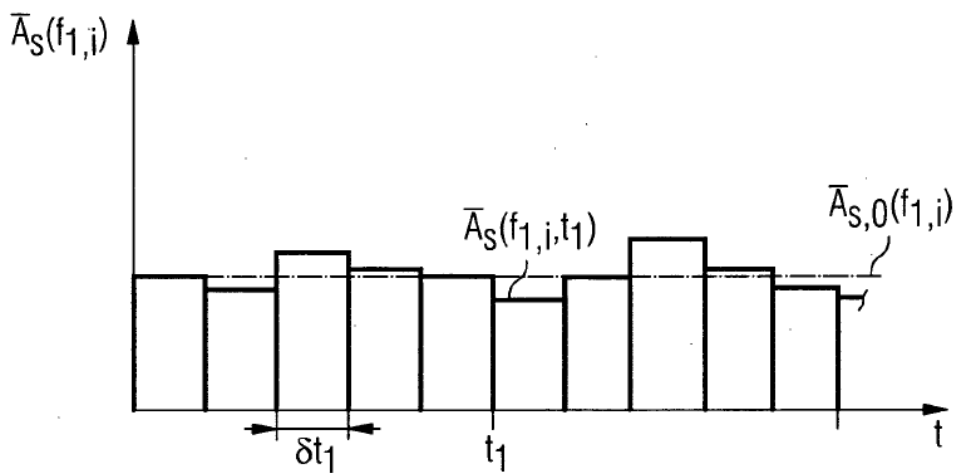


FIG 5

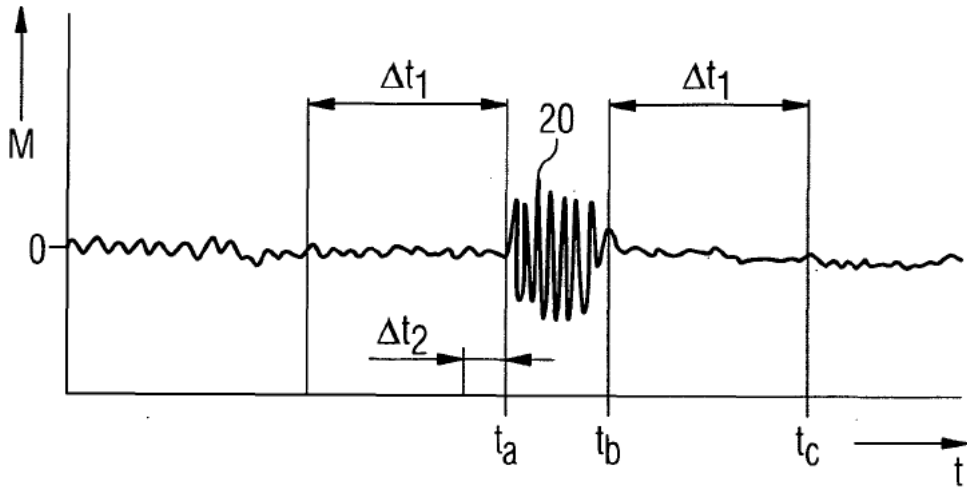
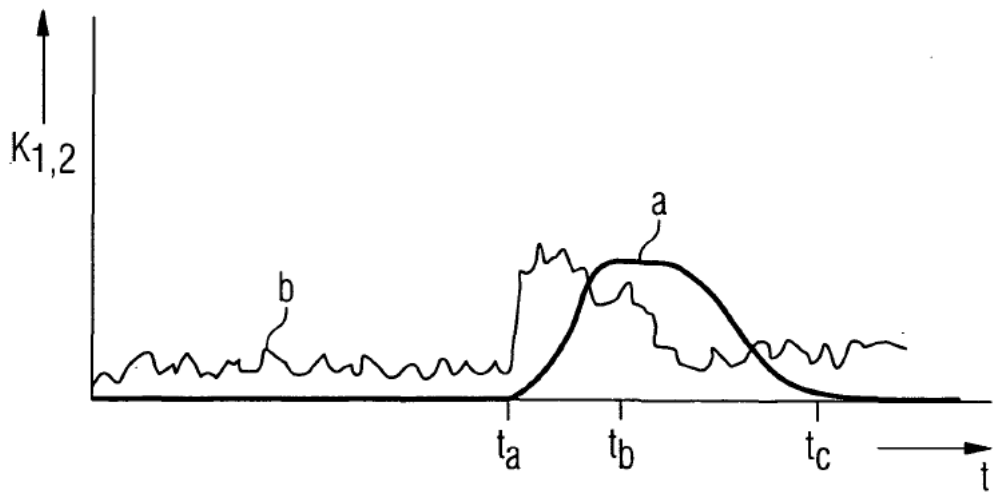
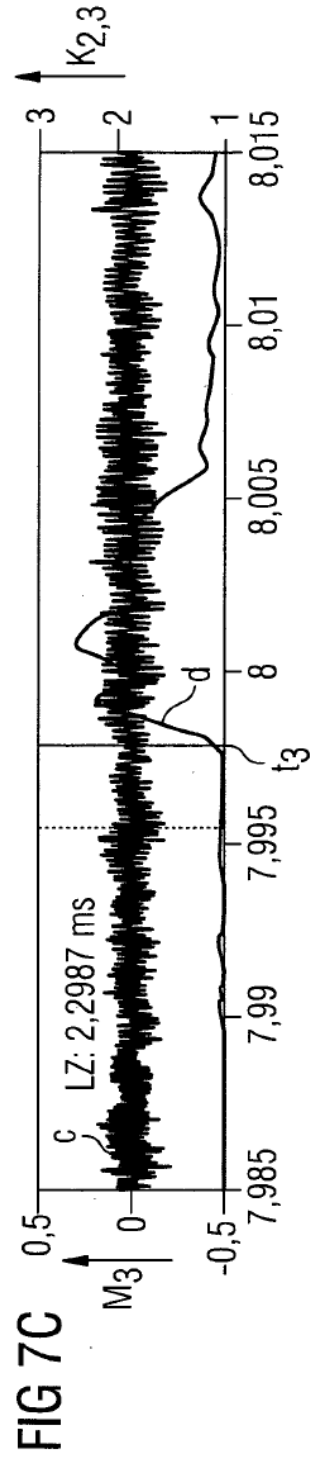
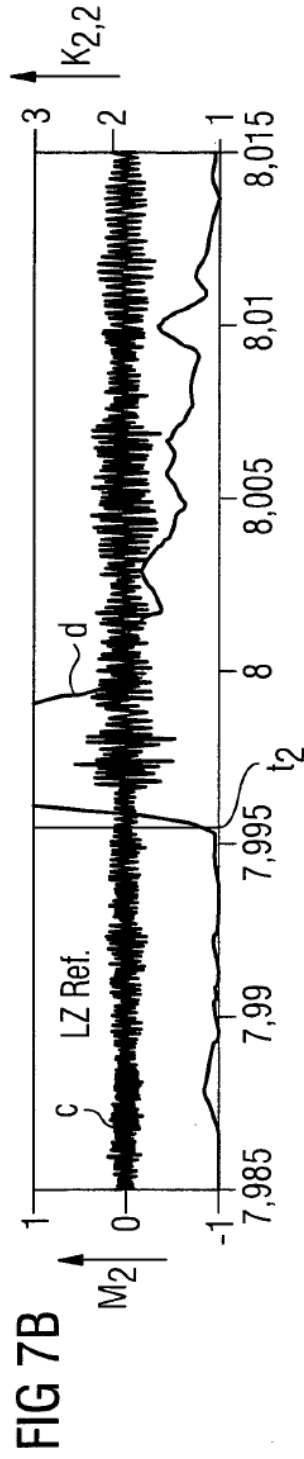
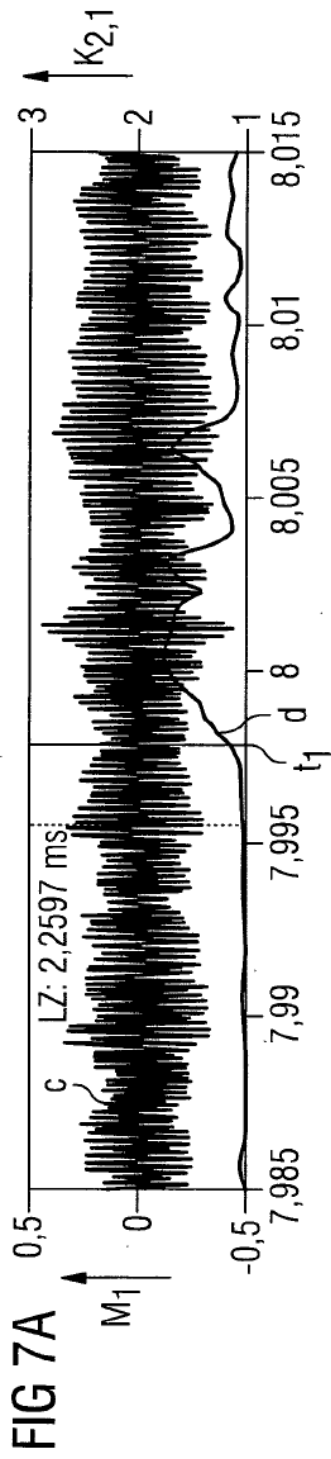


FIG 6





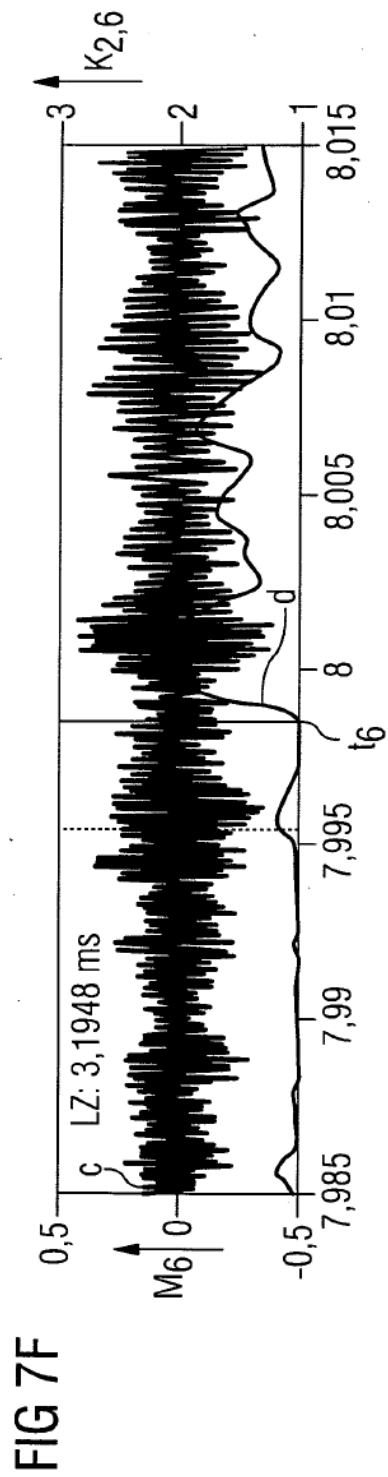
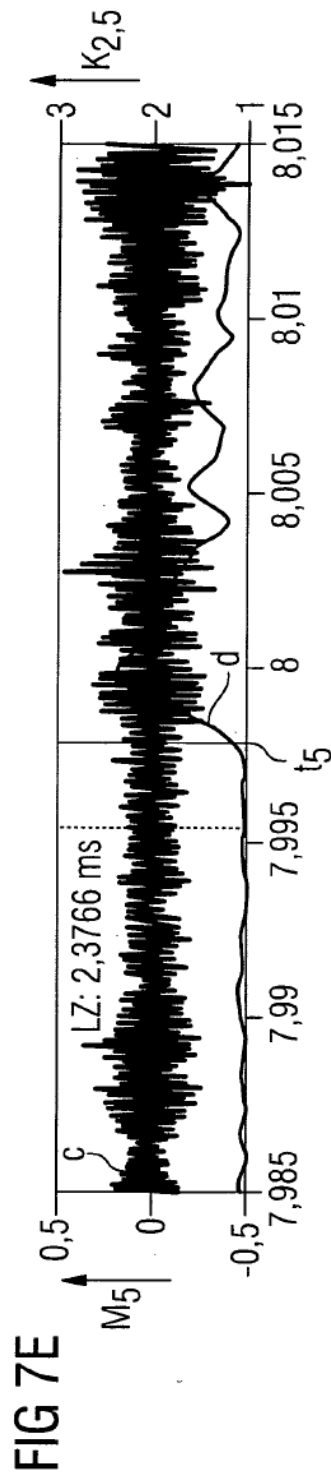
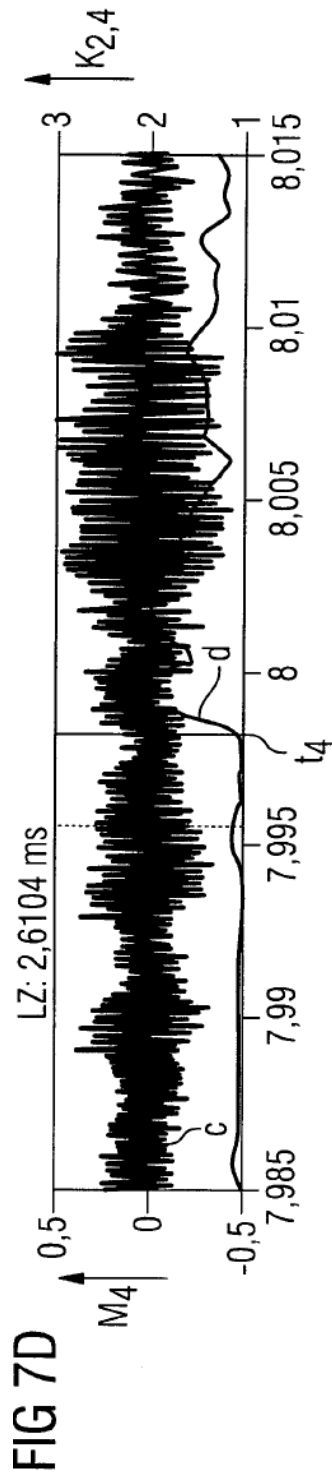


FIG 8

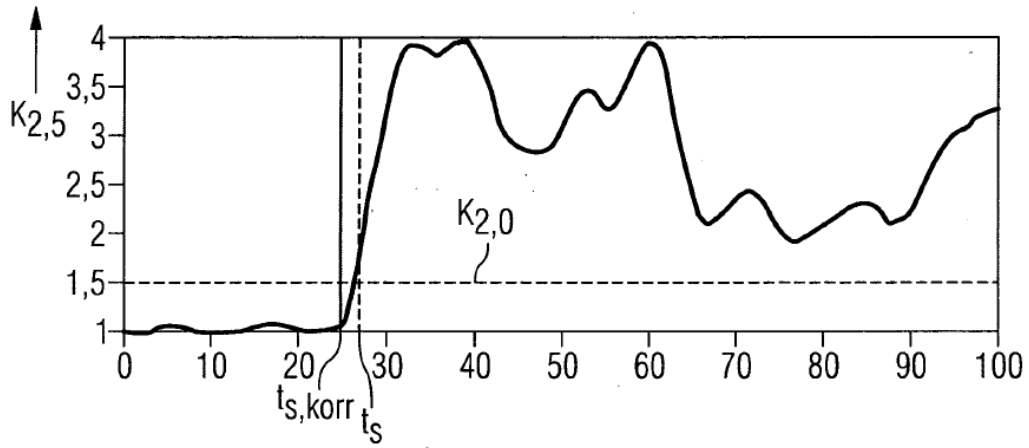


FIG 9

