

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 935 487**

51 Int. Cl.:

B61L 15/00 (2006.01)

B61L 27/40 (2012.01)

B61L 27/53 (2012.01)

B61L 27/57 (2012.01)

G05B 23/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.07.2018 PCT/EP2018/070319**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.03.2019 WO19042671**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.07.2018 E 18753083 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.10.2022 EP 3649033**

54 Título: **Procedimiento para examinar un comportamiento funcional de un componente de una instalación técnica, programa informático y medio de almacenamiento legible por ordenador**

30 Prioridad:

01.09.2017 DE 102017215341

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
07.03.2023

73 Titular/es:

**SIEMENS MOBILITY GMBH (100.0%)
Otto-Hahn-Ring 6
81739 München, DE**

72 Inventor/es:

**KLINGEBIEL, DENNIS;
FANKHAUSER, MARTIN y
MÜLLER, THOMAS**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 935 487 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 para examinar un comportamiento funcional de un componente de una instalación técnica, programa informático y medio de almacenamiento legible por ordenador

5 Procedimiento para examinar un comportamiento funcional de un componente de una instalación técnica, programa informático y medio de almacenamiento legible por ordenador

La presente invención hace referencia a un procedimiento para examinar un comportamiento funcional de un componente de una instalación técnica.

10 Es conocido el hecho de que para un tipo de componente pueden detectarse o identificarse como sin capacidad de funcionamiento aquellos componentes que muestran un comportamiento inusual o anormal. De este modo, por ejemplo un valor de parámetros de funcionamiento real de un componente que debe examinarse se compara con un valor umbral fijo. Por ejemplo, si el valor de parámetros de funcionamiento del componente que debe examinarse es mayor que el valor umbral fijo, se detecta que el componente que debe examinarse muestra un comportamiento anormal. Es difícil determinar qué valor umbral debe utilizarse, y esa determinación está asociada a una gran incertidumbre. A menudo, los valores umbral se establecen mediante valores empíricos o de forma arbitraria. De este modo, en gran medida no se consideran las influencias externas, como las condiciones del entorno (por ejemplo temperatura del entorno, humedad del aire, etc.) y/o las influencias que dependen de la instalación (por ejemplo rendimiento de marcha de la instalación, temperaturas de funcionamiento de los componentes circundantes, etc.).

20 Por ejemplo, en los documentos DE 199 61 631 A1, DE 37 34 487 A1, DE 197 32 046 A1 y EP 1 542 108 A1 se describen distintos procedimientos para monitorizar un componente de una instalación técnica, en el cual una señal, que representa el comportamiento funcional del componente, del componente que debe examinarse, se compara con una señal de referencia predeterminada.

En la primera publicación de la solicitud WO 2016/191711 A1 se describe un procedimiento según el preámbulo de la reivindicación 1 independiente.

25 Un objeto de la presente invención consiste en proporcionar un procedimiento mejorado, más preciso, para examinar un comportamiento funcional de un componente de una instalación técnica.

30 El objeto se soluciona mediante un procedimiento para examinar un comportamiento funcional de un componente de una instalación técnica según la reivindicación 1, en el cual, según la invención, una señal, que representa el comportamiento funcional del componente, se compara con una señal de referencia que describe un comportamiento funcional medio de componentes de la misma clase. Según la invención, en la comparación se determina una variable de comparación que describe la desviación de la señal, de la señal de referencia. Es decir, que la variable de comparación, de manera preferente, describe la desviación de la señal del componente que debe examinarse, de la señal de referencia. Además, una probabilidad de aparición de la variable de comparación se determina utilizando una distribución predeterminable de una pluralidad de variables de comparación de esa clase.

35 La variable de comparación es una desviación acumulada máxima entre la señal del componente que debe examinarse y la señal de referencia.

40 De manera conveniente, el comportamiento funcional se evalúa mediante la probabilidad de aparición de la variable de comparación. La probabilidad de aparición de la variable de comparación preferentemente es una medida para el comportamiento funcional del componente que debe examinarse, en particular una medida relativa a si el componente que debe examinarse se comporta de forma normal, en particular si el componente que debe examinarse presenta capacidad de funcionamiento.

45 La probabilidad de aparición de la variable de comparación, de manera conveniente, depende de la pluralidad de las variables de comparación de esa clase, mediante las cuales en particular se determina la distribución predeterminable. La pluralidad de las variables de comparación de esa clase puede actualizarse, en particular de forma regular. De ese modo, el comportamiento funcional del componente que debe examinarse puede controlarse y/o evaluarse utilizando un criterio dinámico, a saber, la probabilidad de aparición.

Además, una ventaja del procedimiento según la invención reside en su alta sensibilidad. Es decir, que ya pueden detectarse desviaciones reducidas de la señal, del componente que debe examinarse, de la señal de referencia.

50 La señal del componente que debe examinarse puede ser una señal sin tratar. Además, la señal del componente que debe examinarse puede ser una señal tratada de forma posterior. En particular, la señal del componente que

debe examinarse puede ser una señal filtrada y/o nivelada. Además, la señal del componente que debe examinarse puede ser un valor medio de varias señales y/o una convolución de varias señales.

5 La señal del componente que debe examinarse puede comprender varios valores de parámetros de funcionamiento, en particular en función del tiempo. Además, la señal de referencia puede comprender varios valores de referencia, en particular en función del tiempo.

10 La señal de los componentes que deben examinarse y/o la señal de referencia puede/pueden estar nivelada/s. Además, la señal del componente que debe examinarse y/o la señal de referencia puede/pueden estar/ser normalizada/s. En particular, los valores de parámetros de funcionamiento de la señal, abreviado los valores de parámetros de funcionamiento, y/o los valores de referencia de la señal de referencia, abreviado los valores de referencia, pueden estar/ser normalizados.

Se considera ventajoso que los valores de parámetros de funcionamiento se acumulen a lo largo del tiempo. Además, se considera preferente que los valores de referencia se acumulen a lo largo del tiempo. De manera preferente se calcula una desviación, también una desviación acumulativa, entre los valores de parámetros de funcionamiento acumulados y los valores de referencia acumulados, en función del tiempo.

15 De manera conveniente, como variable de comparación se determina una desviación acumulativa máxima, también distancia acumulativa máxima, entre los valores de parámetros de funcionamiento acumulados y los valores de referencia acumulados. La desviación acumulativa máxima, de manera conveniente, corresponde al máximo de la desviación antes mencionada, entre los valores de parámetros de funcionamiento acumulados y los valores de referencia acumulados.

20 Un parámetro de funcionamiento puede ser por ejemplo una temperatura, un parámetro de vibración, un volumen sonoro, una tensión, una corriente eléctrica, una potencia consumida/transformada, una velocidad de rotación, o similares. Además, el parámetro de funcionamiento puede ser un parámetro de funcionamiento que puede determinarse a partir de varios parámetros.

25 De manera conveniente, los valores de parámetros de funcionamiento y/o los valores de referencia dependen del tiempo. De ese modo, la señal del componente que debe examinarse y/o la señal de referencia puede/pueden depender del tiempo.

30 Por ejemplo, los valores de parámetros de funcionamiento y/o los valores de referencia pueden determinarse/haber sido determinados directamente en función del tiempo. Además, los valores de parámetros de funcionamiento y/o los valores de referencia pueden determinarse/haber sido determinados indirectamente en función del tiempo, por ejemplo en función de un rendimiento de marcha, que a su vez depende del tiempo.

Además, los valores de parámetros de funcionamiento y/o los valores de referencia pueden acumularse directamente a lo largo del tiempo. Asimismo, los valores de parámetros de funcionamiento y/o los valores de referencia pueden acumularse indirectamente a lo largo del tiempo, por ejemplo mediante el rendimiento de marcha.

35 Preferentemente, la variable de comparación se determina utilizando una prueba estadística, en particular una así llamada prueba de Kolmogorov-Smirnov.

Además, en particular de forma alternativa, la variable de comparación puede ser una desviación euclidiana máxima entre la señal del componente que debe examinarse y la señal de referencia.

40 En un ejemplo no indicado en las reivindicaciones, para la determinación de la desviación euclidiana máxima se comparan los valores de parámetros de funcionamiento con los valores de referencia. La desviación euclidiana máxima preferentemente es la desviación máxima entre un valor de parámetros de funcionamiento en un instante cualquiera y un valor de referencia en el mismo instante.

Además, la variable de comparación puede normalizarse utilizando el tiempo, uno o varios de los valores de referencia, una constante y/u otro valor.

45 La señal de referencia, en particular los valores de referencia, pueden estar simulados. Además, la señal de referencia, en particular los valores de referencia, pueden estar estimados mediante una función de densidad de probabilidad supuesta.

En una configuración preferente de la invención, la señal de referencia se determina de forma empírica. Es decir, que se considera preferente que los valores de referencia se determinen de forma empírica.

La señal del componente que debe examinarse, de manera conveniente, describe el comportamiento funcional del componente dentro de un intervalo de tiempo predeterminado. Además, la señal de referencia preferentemente describe un comportamiento funcional medio de componentes de la misma clase dentro del mismo intervalo de tiempo.

- 5 De ese modo, influencias externas, en particular que dependen del tiempo, por ejemplo influencias del medio ambiente, pueden considerarse del mismo modo para la señal del componente que debe examinarse, así como para la señal de referencia. Expresado de otro modo, de esa manera puede efectuarse una normalización de las influencias externas.

- 10 En principio, la señal de referencia también puede describir un comportamiento funcional medio de componentes de la misma clase dentro de otro intervalo de tiempo, por ejemplo dentro de un intervalo de tiempo precedente.

Por componentes de la misma clase pueden entenderse componentes que son de la misma clase con respecto al componente que debe examinarse. Preferentemente, la señal de referencia describe un comportamiento funcional medio de varios componentes que son de la misma clase con respecto al componente que debe examinarse.

- 15 Además, se considera conveniente que la señal de referencia sea un promedio de varias señales de varios componentes de la misma clase, de la misma instalación técnica.

- 20 Varias señales de varios componentes de la misma clase respectivamente pueden presentar varios valores de señal. En particular, un respectivo valor de referencia puede ser un promedio de varios valores de señal (en particular de varias señales) en un instante determinado. En particular, un respectivo valor de referencia puede ser un valor medio, por ejemplo un valor medio aritmético, una mediana, un valor modal, de varios valores de señal, en el instante determinado. Es decir que en el promedio, el valor medio de varios valores de señal en particular se calcula en un instante determinado. Además, un respectivo valor de referencia puede determinarse utilizando un (otro) parámetro de localización, por ejemplo utilizando un cuantil de varios valores de señal, en el instante determinado.

- 25 En el promedio de varias señales de varios componentes de la misma clase puede efectuarse una ponderación de las señales.

- 30 Cuando la señal de referencia es un promedio de varias señales de varios componentes de la misma clase, de la misma instalación técnica, del mismo modo para la señal del componente que debe examinarse, así como para la señal de referencia, pueden considerarse influencias externas, en particular que dependen de la instalación, por ejemplo influencias de un rendimiento de marcha de la instalación, influencias de una potencia implementada por la instalación, o similares. Expresado de otro modo, de esa manera puede efectuarse una normalización de las influencias externas. Puede prescindirse de una modelización de influencias externas.

En principio, la señal de referencia también puede ser un promedio de varias señales de varios componentes de la misma clase, de al menos otra instalación técnica.

- 35 Un componente de la misma clase puede ser otro componente del mismo tipo de componentes, en particular de la misma instalación técnica. Preferentemente, los componentes del mismo tipo de componentes presentan la misma construcción.

- 40 Además, un componente de la misma clase puede ser un componente que reacciona del mismo modo, de otro tipo de componentes, en particular de la misma instalación técnica. El hecho de reaccionar del mismo modo puede entenderse de manera que reacciona del mismo modo frente a influencias externas. De manera conveniente, el componente que reacciona del mismo modo reacciona de forma análoga o bien del mismo modo que el componente que debe examinarse, frente a influencias externas. En particular, el componente que reacciona del mismo modo puede reaccionar del mismo modo que el componente que debe examinarse, frente a un rendimiento de marcha de la instalación, a una potencia implementada por la instalación, a influencias del medio ambiente (como por ejemplo a una temperatura del entorno), etc.

- 45 De manera conveniente se predetermina un valor límite para la probabilidad de aparición de la variable de comparación, abreviado: para la probabilidad de aparición. El valor límite puede indicar a partir de qué probabilidad de aparición un comportamiento del componente que debe examinarse se considera como normal o puede detectarse como normal. El valor límite, por ejemplo, puede ser 5% (es decir 0,05), 1% (es decir 0,01), 0,5% (es decir 0,005) o 0,1% (es decir 0,001).

- 50 En el caso de que la probabilidad de aparición de la variable de comparación sea mayor que el valor límite predeterminado, de manera preferente, se detecta un comportamiento normal del componente que debe examinarse. Un comportamiento normal puede ser un comportamiento previsto.

Es decir, que en la distribución (predeterminable) de la pluralidad de variables de comparación de esa clase, en particular utilizando el valor límite, puede predeterminarse/estar predeterminado un rango para un comportamiento previsto o comportamiento normal, en el cual, de manera conveniente, se detecta un comportamiento normal del componente que debe examinarse.

5 En el caso de que la probabilidad de aparición de la variable de comparación sea menor que el valor límite predeterminado, de manera preferente, se detecta un comportamiento anormal del componente que debe examinarse. Un comportamiento anormal puede ser un comportamiento imprevisto. Un componente que se comporta de forma anormal, por ejemplo, puede no presentar una capacidad de funcionamiento plena y/o puede considerarse como sin una capacidad de funcionamiento plena.

10 La probabilidad de aparición de la variable de comparación se determina utilizando una distribución predeterminable de una pluralidad de variables de comparación de esa clase.

Preferentemente se encuentra presente la pluralidad de variables de comparación de esa clase. Por ejemplo, la distribución de la pluralidad de variables de comparación de esa clase puede estar predeterminada. Además, la distribución predeterminable de la pluralidad de variables de comparación de esa clase puede determinarse mediante la pluralidad de variables de comparación de esa clase.

15

Además, la pluralidad de variables de comparación de esa clase puede determinarse.

En particular, la pluralidad de variables de comparación de esa clase se determina, por ejemplo, de manera que para varios componentes y/o para varios intervalos de tiempo se determina/se determinan una respectiva variable de comparación, de forma análoga a lo anteriormente descrito. Mediante las variables de comparación determinadas puede determinarse la distribución (de la pluralidad de variables de comparación de esa clase).

20

De manera conveniente, la probabilidad de aparición depende de la distribución predeterminada de la pluralidad de variables de comparación de esa clase. De ese modo, la probabilidad de aparición depende de la pluralidad de variables de comparación de esa clase. Cuántas más variables de comparación de esa clase se determinen o se hayan determinado, de manera conveniente, tanto más estable es el procedimiento. Además, la pluralidad de las variables de comparación de esa clase puede actualizarse (al menos de forma parcial). En particular, durante la actualización, otras variables de comparación de esa clase pueden incluirse en la cantidad de la pluralidad de variables de comparación de esa clase. Debido a la actualización de la pluralidad de variables de comparación de esa clase puede actualizarse la distribución de la pluralidad de variables de comparación de esa clase. De ese modo, el procedimiento puede presentar una capacidad de auto-aprendizaje.

25

De manera conveniente, la distribución de la pluralidad de variables de comparación de esa clase, preferentemente, se determina comparando para varios intervalos de tiempo una señal, que representa el comportamiento funcional de al menos un componente de la misma clase, del respectivo intervalo de tiempo, con una respectiva señal de referencia que preferentemente describe un comportamiento funcional medio de componentes de la misma clase dentro del mismo respectivo intervalo de tiempo. Por ejemplo, para varios intervalos de tiempo, una señal, que representa el comportamiento funcional del componente que debe examinarse, del respectivo intervalo de tiempo, puede compararse con una respectiva señal de referencia que preferentemente describe un comportamiento funcional medio de componentes de la misma clase dentro del mismo respectivo intervalo de tiempo.

30

En la respectiva comparación, en particular para determinar la distribución de la pluralidad de variables de comparación de esa clase, de manera preferente, respectivamente se determina una variable de comparación que describe la desviación de la señal, de la señal de referencia. Mediante varias variables de comparación puede determinarse la distribución de la pluralidad de variables de comparación de esa clase.

35

Además, se considera conveniente que la distribución predeterminada de la pluralidad de variables de comparación de esa clase se determine de manera que para varios componentes del mismo tipo de componentes, en particular de la misma instalación técnica y/o de al menos otra instalación técnica del mismo tipo de instalación, una señal que representa el comportamiento funcional del respectivo componente, del respectivo componente, se compara con una señal de referencia que, de manera conveniente, describe un comportamiento funcional medio de componentes de la misma clase, en particular de la respectiva instalación. En la respectiva comparación, en particular para determinar la distribución de la pluralidad de variables de comparación de esa clase, de manera preferente, respectivamente se determina una variable de comparación que describe la desviación de la señal, de la señal de referencia. Mediante varias variables de comparación puede determinarse la distribución de la pluralidad de variables de comparación de esa clase.

40

Además, la invención está orientada a un programa informático con órdenes que, cuando el programa informático se ejecuta en un ordenador, disponen al mismo a realizar el procedimiento antes mencionado y/o uno de sus perfeccionamientos.

45

50

Además, la invención está orientada a un medio de almacenamiento legible por ordenador con órdenes que, cuando las mismas son ejecutadas mediante un ordenador, disponen a ese ordenador a realizar el procedimiento antes mencionado y/o uno de sus perfeccionamientos.

La descripción de configuraciones ventajosas de la invención, proporcionada hasta el momento, contiene numerosas características que se reflejan en las reivindicaciones dependientes individuales, en parte combinadas unas con otras. Esas características, sin embargo, de manera conveniente, también pueden considerarse de forma individual y pueden reunirse formando otras combinaciones convenientes. En particular, esas características pueden combinarse respectivamente de forma individual y en cualquier combinación adecuada con el procedimiento según la invención, con el programa informático según la invención y con el medio de almacenamiento legible por ordenador. De este modo, las características del procedimiento pueden considerarse también como propiedades, formuladas de manera objetiva, del programa informático correspondiente y/o del medio de almacenamiento legible por ordenador correspondiente, y de forma inversa.

Aun cuando en la descripción, así como en las reivindicaciones, algunos términos se utilicen respectivamente en singular o en una combinación con un numeral, el alcance de la invención para esos términos no debe estar limitado al singular o al respectivo numeral.

Las propiedades, características y ventajas de esta invención, descritas anteriormente, así como el modo de alcanzar las mismas, se aclaran y se vuelven más comprensibles con relación a la siguiente descripción del ejemplo de ejecución que se explica con mayor detalle en combinación con los dibujos. El ejemplo de ejecución se utiliza para explicar la invención y no limita la invención a la combinación de características allí indicada, tampoco en cuanto a características funcionales. Además, características adecuadas para ello, de cada uno de los ejemplos de ejecución, también pueden considerarse explícitamente aisladas, separadas de un ejemplo de ejecución, pueden incorporarse en otro ejemplo de ejecución para complementar el mismo, y pueden combinarse con cualquiera de las reivindicaciones.

Muestran:

Figura 1 un primer diagrama con una señal, que representa el comportamiento funcional del componente, de un componente que debe examinarse, y con una señal de referencia que describe un comportamiento funcional medio de componentes de la misma clase,

Figura 2 un segundo diagrama para determinar una variable de comparación que describe la desviación de la señal, del componente de la figura 1 que debe examinarse, de la señal de referencia de la figura 1, y

Figura 3 un tercer diagrama para determinar una probabilidad de aparición de la variable de comparación de la figura 2, mediante la utilización de una distribución predeterminada de una pluralidad de variables de distribución de esa clase.

La figura 1 muestra un diagrama 2 con una señal 4, que representa el comportamiento funcional del componente, de un componente que debe examinarse. Además, el diagrama comprende una señal de referencia 6 que describe un comportamiento funcional medio de los componentes de esa clase.

El tiempo t está marcado sobre el eje-x 8 del diagrama 2. Un parámetro de funcionamiento está marcado sobre el eje-y 10 del diagrama 2.

En este ejemplo, el componente que debe examinarse es un soporte de un eje montado de un vehículo ferroviario. Los componentes de la misma clase son otros soportes de ejes montados del mismo vehículo ferroviario, en particular todos los otros soportes de ejes montados del mismo vehículo ferroviario. Cada soporte de un eje montado comprende un sensor, que respectivamente determina valores de un parámetro de funcionamiento. El parámetro de funcionamiento es sensible frente a daños del soporte de un eje montado.

En este ejemplo, el parámetro de funcionamiento es una temperatura del respectivo componente, aquí del respectivo soporte de un eje montado.

Los sensores, de forma (casi) continua, determinan valores para el parámetro de funcionamiento, de forma abreviada valores de parámetros de funcionamiento, en este ejemplo con una frecuencia de $f = 1 \text{ min}^{-1}$.

Cada soporte de un eje montado también puede comprender una pluralidad de señales, cuyas señales entonces se promedian/están promediadas formando una señal del respectivo componente. Además, los valores de parámetros de funcionamiento pueden ser/estar nivelados.

Cada señal, para cada soporte de un eje montado R_i , en donde $i = 1, 2, \dots, N$ comprende valores de parámetros de funcionamiento $x_{Ri}(t)$ en función del tiempo t .

En este ejemplo, el componente R_1 (es decir $i = 1$) es el componente que debe examinarse. La señal 4 del componente que debe examinarse comprende los parámetros de funcionamiento x_{Ri} , en donde $i = 1$.

- 5 La señal de referencia 6 se calcula calculando el perfil previsto $\hat{x}_{Rj}(t)$ de todos los otros soportes de ejes montados R_j , en donde $j \neq i$. Para ello se determina un valor medio, aquí un medio aritmético, de los parámetros de funcionamiento x_{Rj} de los soportes de ejes montados R_j , en donde $j \neq i$:

$$\hat{x}_{Ri}(t) = \text{Promedio}(x_{Rj}(t)) \text{ en donde } j \neq i, \text{ aquí } j = 2 \dots N$$

En principio, el valor medio también puede ser una mediana, un valor modal o un cuantil.

- 10 En principio, es posible que se consideren fluctuaciones estadísticas y/o sistemáticas de al menos una señal, utilizando un factor de corrección para la señal fluctuante. Para una mayor claridad no se han introducido aquí factores de corrección.

- 15 La figura 1, a modo de ejemplo, como señal 4 del componente que debe examinarse, muestra el perfil en el tiempo de la temperatura del soporte de eje montado que debe examinarse (R_i , en donde $i = 1$), dentro de un intervalo de tiempo predeterminado, como línea continua. Además, como señal de referencia 6, la figura 1 muestra el perfil en el tiempo de la temperatura de todos los otros soportes de ejes montados (R_j , en donde $j = 2 \dots N$) en el mismo vehículo ferroviario, dentro del mismo intervalo de tiempo, como línea discontinua.

La señal 4 del componente que debe examinarse se compara con la señal de referencia 6.

- 20 En la comparación se determina una variable de comparación 14 que describe la desviación de la señal 4, de la señal de referencia 6.

- 25 La figura 2 muestra un diagrama 12 para determinar la variable de comparación 14; dicha variable de comparación 14 describe la desviación de una señal 4 del componente que debe examinarse, de una señal de referencia 6. La señal 4 del componente que debe examinarse y la señal de referencia 6 son similares a las señales 4 y 6 mostradas en la figura 1. Con respecto a las características de la señal 4 del componente que debe examinarse y de la señal de referencia 6 se remite aquí a la figura 1.

La figura 2 explica el cálculo de la variable de comparación 14 sólo de forma ilustrativa. La figura 2 no muestra en particular el cálculo de la variable de comparación con respecto a los valores de parámetros de funcionamiento $x_{Ri}(t)$ de la señal 4 del componente que debe examinarse, representados en la figura 1, y los valores de referencia $\hat{x}_{Rj}(t)$ de la señal de referencia 6, representados en la figura 1.

- 30 En la figura 2, el tiempo t está marcado sobre el eje-x 16 del diagrama 12. Sobre el eje-y 18 del diagrama 12 está marcado el parámetro de funcionamiento acumulado. En este ejemplo, sobre el eje-y 18 del diagrama 12 está marcada la temperatura acumulada.

- 35 Para determinar la variable de comparación 14, los valores de parámetros de funcionamiento $x_{Ri}(t)$ se acumulan a lo largo del tiempo. Los valores de parámetros de funcionamiento X_{Ri} acumulados están representados en el diagrama como una línea continua 20.

Además, los valores de referencia $\hat{x}_{Rj}(t)$ se acumulan a lo largo del tiempo. Los valores de referencia $\hat{X}_{Rj}$ acumulados están representados en el diagrama 12 como una línea discontinua 22.

- 40 Como variable de comparación se determina una desviación acumulativa máxima d_i , también distancia acumulativa máxima d_i , entre los valores de funcionamiento X_{Ri} acumulados y los valores de referencia $\hat{X}_{Rj}$ acumulados. La desviación acumulativa máxima d_i se determina utilizando una así llamada estadística de prueba de Kolmogorov-Smirnov. La desviación acumulativa máxima d_i se normaliza de este modo en cuanto al número de los valores de medición N en el respectivo intervalo de tiempo, donde aquí por ejemplo aplica $N = \min(N_V, N_Y)$. La variable de comparación 14, aquí la desviación acumulativa máxima d_i , se calcula del siguiente modo:

$$d_i := d_i(x_{R_i}, \hat{x}_{R_i}) = \frac{\sup |X_{R_i}(t) - \hat{X}_{R_i}(t)|}{N}$$

La variable de comparación 14, aquí la desviación acumulativa máxima d_i , está representada en la figura 2 mediante una flecha 14.

5 La figura 3 muestra un diagrama 24 para determinar una probabilidad de aparición de la variable de comparación de la figura 2. El diagrama 24 comprende una distribución predeterminada 30 de una pluralidad de variables de comparación de esa clase.

Sobre el eje-x 26 del diagrama 24 está marcada la variable de comparación 14, aquí la desviación acumulativa máxima d_i . Una frecuencia está marcada sobre el eje-y 28 del diagrama 24.

10 El procedimiento descrito en las figuras 2 y 3 ya fue realizado para varios componentes como componente que debe examinarse, respectivamente para varios vehículos ferroviarios y respectivamente para varios intervalos de tiempo. En este caso fue determinada una pluralidad de variables de comparación de esa clase. Mediante las variables de comparación de esa clase determinadas se determina la distribución 30 de la pluralidad de variables de comparación de esa clase.

15 La distribución 30 de la pluralidad de variables de distribución de esa clase se establece determinando las frecuencias de las variables de distribución de esa clase determinadas. De ese modo puede determinarse una distribución de la frecuencia empírica. La distribución de frecuencia empírica está representada en el diagrama 24 en la figura 3 como histograma 32.

20 Además, en este ejemplo, para determinar la distribución 30 de la pluralidad de variables de comparación de esa clase se predetermina una función de distribución de un tipo de distribución predeterminado, como función de distribución parametrizada. La función de distribución puede ser una función de densidad de distribución o una función de distribución acumulativa. En este ejemplo, de forma ilustrativa, se predetermina una función de densidad de distribución. Por ejemplo, el tipo de distribución predeterminado puede ser una distribución normal logarítmica o una función exponencial. Los parámetros de la función de distribución parametrizada se adaptan (utilizando métodos conocidos), de manera que se determina una función de distribución adaptada. La función de distribución adaptada, en el diagrama 24 en la figura 3, está representada como una línea continua 34.

A partir de la función de distribución adaptada se calcula la función de distribución acumulativa. La función de distribución acumulativa, en el diagrama 24 en la figura 3, está representada como una línea discontinua 36.

30 Una probabilidad de aparición de la variable de comparación d_i , en donde $i = 1$, abreviado d_1 , para el componente R_1 que debe examinarse, se determina utilizando la distribución predeterminada 30 de la pluralidad de variables de comparación de esa clase.

La probabilidad de aparición, entonces, es directamente una medida que indica cuán llamativo es el perfil de temperatura observado en el soporte de eje montado R_i que debe examinarse, aquí R_1 .

35 Para la probabilidad de aparición se predetermina un valor límite G. En particular, el valor límite G se predetermina antes del cálculo de la probabilidad de aparición. El valor límite G, por ejemplo, puede encontrarse en 1% (0,01), en 0,5% (0,005) o en 0,1% (0,001).

En el caso de que la probabilidad de aparición de la variable de comparación d_1 sea mayor que el valor límite predeterminado G, se detecta un comportamiento normal del componente que debe examinarse.

En el caso de que la probabilidad de aparición de la variable de comparación d_1 sea menor que el valor límite predeterminado G, se detecta un comportamiento anormal del componente que debe examinarse.

40 Si la probabilidad de aparición de la variable de comparación d_1 , por ejemplo, se ubica por debajo del valor límite G, aquí por ejemplo 0,005, se genera una alarma que por ejemplo puede transmitirse a un sistema de planificación de mantenimiento y/o de control. Además, puede generarse una alarma cuando la probabilidad de aparición de la variable de comparación d_1 se ubica por debajo del valor límite G varias veces con un número determinado dentro de un intervalo de tiempo predeterminado.

45

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para examinar un comportamiento funcional de un componente de una instalación técnica, en el cual

5 una señal (4) que representa el comportamiento funcional del componente, del componente que debe examinarse, se compara con una señal de referencia (6) que describe un comportamiento funcional medio de componentes de la misma clase, donde en la comparación

se determina una variable de comparación (14) que describe la desviación de la señal (4) de la señal de referencia (6), y

10 una probabilidad de aparición de la variable de comparación (14) se determina utilizando una distribución predeterminable (30) de una pluralidad de variables de comparación (14) de esa clase, caracterizado porque

la variable de comparación (14) es una desviación acumulada máxima (d_i) entre la señal (4) del componente que debe examinarse y la señal de referencia (6).

2. Procedimiento según la reivindicación 1,

caracterizado porque

15 la señal (4) del componente que debe examinarse comprende varios valores de parámetros de funcionamiento (x_{Ri}) en función del tiempo (t), y la señal de referencia (6) comprende varios valores de referencia $\hat{x}_{Ri}$ en función del tiempo (t),

los valores de parámetros de funcionamiento (x_{Ri}) se acumulan a lo largo del tiempo (t), los valores de referencia $\hat{x}_{Ri}$ se acumulan a lo largo del tiempo (t), y

20 como variable de comparación (14) se determina una desviación acumulativa máxima (d_i) entre los valores de funcionamiento acumulados X_{Ri} y los valores de referencia acumulados $\hat{X}_{Ri}$.

3. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes,

caracterizado porque

25 la variable de comparación (14) se determina mediante la utilización de una prueba estadística, en particular de una así llamada prueba de Kolmogorov- Smirnov.

4. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes,

caracterizado porque

30 la señal (4) del componente que debe examinarse describe el comportamiento funcional del componente dentro de un intervalo de tiempo predeterminado y la señal de referencia (6) describe un comportamiento funcional medio de componentes de la misma clase dentro del mismo intervalo de tiempo.

5. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes,

caracterizado porque

la señal de referencia (6) es un promedio de varias señales de varios componentes de la misma clase, de la misma instalación técnica.

35 6. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes,

caracterizado porque

un componente de la misma clase es otro componente del mismo tipo de componente, en particular de la misma instalación técnica.

7. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes,

caracterizado porque

5 un componente de la misma clase es un componente que reacciona del mismo modo, en particular frente a influencias externas, de otro tipo de componente, en particular de la misma instalación técnica.

8. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes,

caracterizado porque

10 en caso de que la probabilidad de aparición de la variable de comparación (14) sea menor que un valor límite predeterminado (G), se detecta un comportamiento anormal del componente que debe examinarse.

9. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes,

caracterizado porque

la distribución (30) de la pluralidad de variables de comparación (14) de esa clase se determina

15 comparando para varios intervalos de tiempo una señal (4), que representa el comportamiento funcional de al menos un componente de la misma clase, del respectivo intervalo de tiempo, con una respectiva señal de referencia (6) que describe un comportamiento funcional medio de componentes de la misma clase dentro del mismo respectivo intervalo de tiempo,

donde en la respectiva comparación

20 respectivamente se determina una variable de comparación (14) que describe la desviación de la señal (4) de la señal de referencia (6) y, mediante varias variables de comparación (14) se determina la distribución (30) de la pluralidad de variables de comparación (14) de esa clase.

10. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes,

caracterizado porque

la distribución (30) de la pluralidad de variables de comparación (14) de esa clase se determina

25 comparando para varios componentes del mismo tipo de componente una señal (4), que representa el comportamiento funcional del respectivo componente, del respectivo componente, con una señal de referencia (6) que describe un comportamiento funcional medio de componentes de la misma clase,

donde en la respectiva comparación

30 respectivamente se determina una variable de comparación (14) que describe la desviación de la señal (4) de la señal de referencia (6) y, mediante varias variables de comparación (14) se determina la distribución (30) de la pluralidad de variables de comparación (14) de esa clase.

11. Programa informático con órdenes que, cuando el programa informático se ejecuta en un ordenador, disponen al mismo a realizar el procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 10.

35 12. Medio de almacenamiento legible por ordenador con órdenes que, cuando las mismas son ejecutadas mediante un ordenador, disponen a ese ordenador a realizar el procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 10.

FIG 1

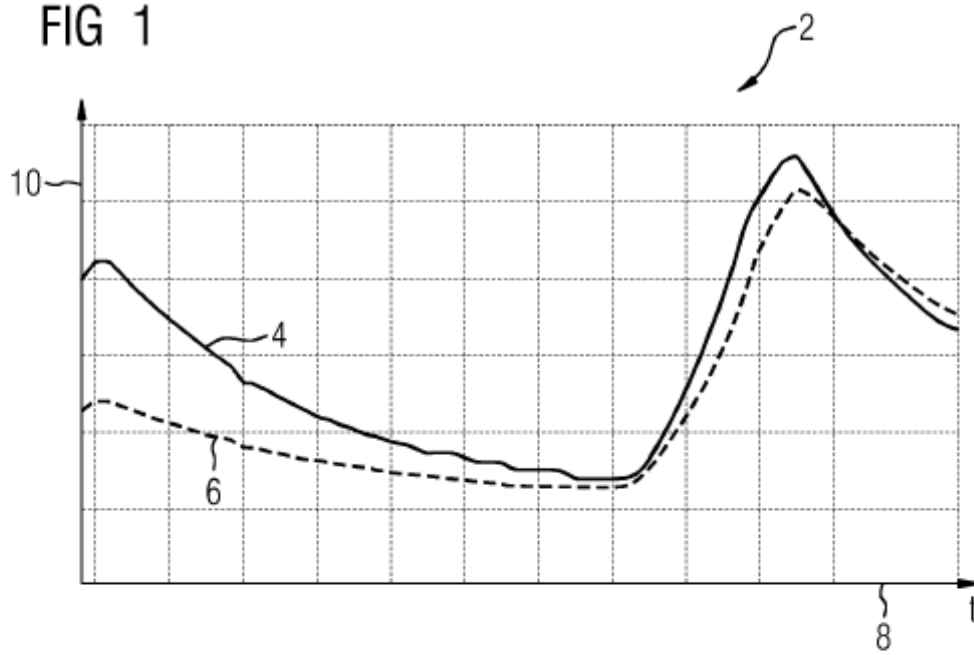


FIG 2

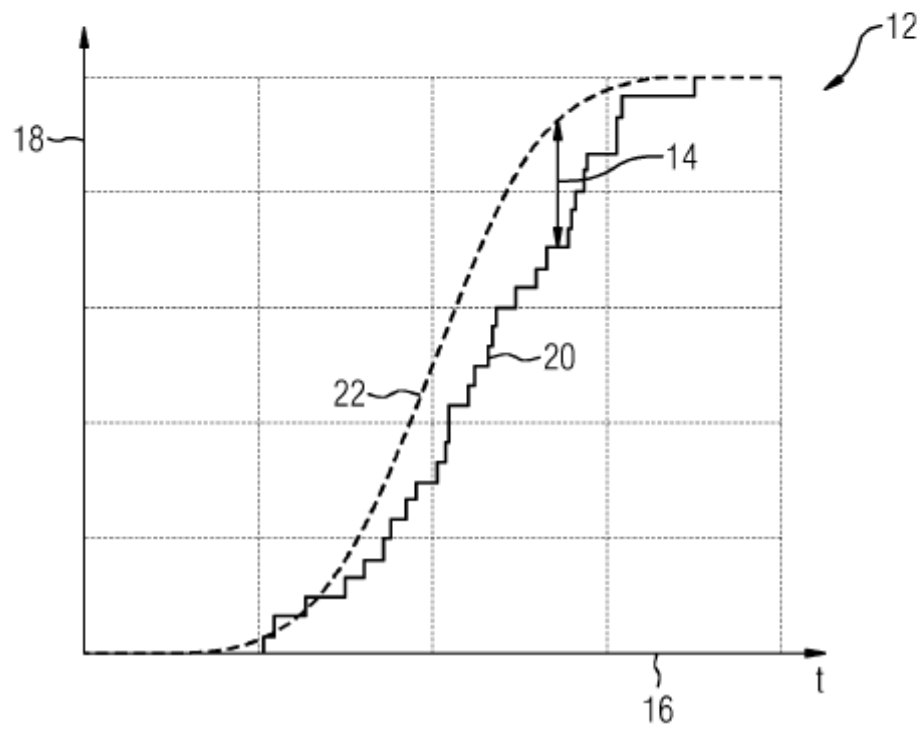


FIG 3

