

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 023 564**

51 Int. Cl.:

G06F 17/18

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.11.2018** **PCT/EP2018/080381**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.06.2019** **WO19105693**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.11.2018** **E 18796460 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.02.2025** **EP 3718028**

54 Título: **Procedimiento y programa informático para determinar la incertidumbre de medición de un sistema de medición**

30 Prioridad:

30.11.2017 EP 17204558

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

02.06.2025

73 Titular/es:

**KISTLER HOLDING AG (100.00%)
Eulachstrasse 22
8408 Winterthur ZH, CH**

72 Inventor/es:

**SCHAAD, MARC;
SCHADING, GEORG;
ANGLIKER, MARCO y
EHRENSPERGER, VIOLA**

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 3 023 564 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 programa informático para determinar la incertidumbre de medición de un sistema de medición

Campo técnico

5 La invención se refiere a un procedimiento y a un programa informático para determinar la incertidumbre de medición de un sistema de medición según el preámbulo de la reivindicación independiente.

Estado de la técnica

Como es sabido, una magnitud física se cuantifica con un sistema de medición. La magnitud física puede ser una fuerza, un peso, una temperatura, etc. La magnitud física se representa como un valor de medición con número y unidad. La unidad suele estar normalizada en newton (N), kilogramo (kg), kelvin (K), etc.

10 En general, son necesarios varios pasos separados en el tiempo y en el espacio para cuantificar la magnitud física. Por ejemplo, la temperatura se mide en un espacio de medición, para lo cual un sensor situado en el espacio de medición detecta una resistencia eléctrica como tensión eléctrica, la tensión eléctrica se transmite a través de un cable de señal como señal de medición a una unidad de evaluación alejada del espacio de medición, donde la señal de medición se amplifica eléctricamente y se muestra en una pantalla como valor de
15 medición. La medición de la temperatura se realiza antes de la representación del valor medido. Un sistema de medición de este tipo consta de varios elementos de transferencia, como el sensor, el cable de medición y la unidad de evaluación, que forman una cadena de medición. Los elementos de transferencia adyacentes de la cadena de medición están relacionados entre sí en una relación causa-efecto para la detección de la magnitud física.

20 La cuantificación de la magnitud física tiene implícita una incertidumbre de medición, ya que el valor medido siempre difiere del valor verdadero. Por ello, la Guía ISO/IEC 98-3:2008-09 exige que la magnitud física se represente como el mejor valor estimado con un intervalo de cobertura asociado. El mejor valor estimado es una media aritmética de varios valores de medición. La incertidumbre de medición es la diferencia entre un límite superior e inferior del intervalo de cobertura y el mejor valor estimado. El valor verdadero se encuentra
25 en el intervalo de cobertura con una probabilidad de cobertura predefinida.

La incertidumbre de medición es una función de las magnitudes de influencia de los elementos de transferencia. Cada magnitud de influencia se representa como un valor de influencia. Un mejor valor estimado de influencia es una media aritmética de varias magnitudes de influencia. Para determinar la incertidumbre de medición se sigue un procedimiento modelo según la Guía ISO/IEC 98-3:2008-09, estableciendo primero las magnitudes
30 de influencia de los elementos de transferencia y luego calculando para cada magnitud de influencia establecida un mejor valor estimado de influencia y una contribución a la incertidumbre de medición asociada al mejor valor estimado de influencia.

Los usuarios de sistemas de medición suelen desear conocer la incertidumbre de medición con la que el sistema de medición cuantifica una magnitud física. Por ejemplo, el sistema de medición forma parte de una
35 planta de producción de bienes industriales. En este caso, a menudo sucede que la planta de producción se sobredimensiona únicamente debido a una incertidumbre de medición desconocida, o que una incertidumbre de medición desconocida da lugar a piezas defectuosas durante la producción de los bienes industriales. En ambos casos, la incertidumbre de medición desconocida conlleva costes adicionales de inversión y producción.

Para conocer la incertidumbre de medición de un sistema de medición, no obstante, es necesario un
40 procedimiento paradigmático que establezca las magnitudes de influencia relevantes de los elementos de transferencia y calcule los mejores valores estimados de influencia y las incertidumbres de medición asociadas. A menudo, el usuario de un sistema de medición rehúye del esfuerzo temporal y material que implica este tipo de procedimiento paradigmático. Existe un procedimiento para adaptar un modelo para determinar incertidumbres de medición conocido por el documento US 2008/125982.

45 El objetivo de la presente invención es proporcionar un procedimiento para determinar la incertidumbre de medición de un sistema de medición, procedimiento que requiera poco esfuerzo temporal y material.

Descripción de la invención

Este objetivo se resuelve mediante las características de la reivindicación independiente.

50 La invención se refiere a un procedimiento para determinar la incertidumbre de medición de un sistema de medición; dicho sistema de medición cuantifica una magnitud física; dicho sistema de medición tiene varios elementos de transferencia; dichos elementos de transferencia forman una cadena de medición para cuantificar la magnitud física, en cuyo caso los elementos de transferencia directamente adyacentes en la cadena de medición están en una relación de causa-efecto entre sí; con los pasos: a) lectura de información para identificar los elementos de transferencia de la cadena de medición mediante un programa informático; b) lectura de

etiquetas legibles de magnitudes de influencia de los elementos de transferencia identificados por medio del programa informático, y determinación de la relevancia de las magnitudes de influencia de los elementos de transferencia identificados en la incertidumbre de medición del sistema de medición por medio del programa informático; y c) uso de magnitudes de influencia establecidas como relevantes para calcular la incertidumbre de medición del sistema de medición por medio del programa informático.

La solicitante de la patente ha descubierto que, como proveedora comercial de sistemas de medición, dispone de conocimientos técnicos suficientes para ayudar al usuario de un sistema de medición existente a determinar la incertidumbre de medición de su sistema de medición. Esto debido a que el usuario a menudo ensambla una cadena de medición a partir de elementos de transferencia existentes. Los elementos de transferencia se seleccionan en función de su fácil disponibilidad. Sin embargo, el usuario desconoce el grado de incertidumbre de medición del sistema de medición.

Aquí es donde entra en juego la invención. En el procedimiento de la invención se pone a disposición del usuario el conocimiento experto de la solicitante. Para el usuario se identifican los elementos de transferencia de la cadena de medición que ha creado y se determinan las magnitudes de influencia de los elementos de transferencia identificados en la incertidumbre de medición del sistema de medición. La incertidumbre de medición del sistema de medición se calcula con las magnitudes de influencia establecidas.

Para cada magnitud de influencia se proporciona preferiblemente una contribución a la incertidumbre de medición asociada a un mejor valor estimado de influencia de la magnitud de influencia establecida. La incertidumbre de medición del sistema de medición se calcula a partir de las contribuciones a la incertidumbre de medición proporcionadas. Para el usuario, el procedimiento inventivo implica poco esfuerzo temporal y material.

Los pasos a) a c) del procedimiento inventivo para determinar la incertidumbre de medición de un sistema de medición se llevan a cabo mediante un programa informático.

Breve descripción de los dibujos

A continuación se explica la invención con más detalle utilizando las figuras como ejemplo. Muestran

La Fig. 1 es una representación de un sistema de medición con varios elementos de transferencia;

La Fig. 2 es un esquema de los pasos del procedimiento para determinar la incertidumbre de medición del sistema de medición según la fig. 1;

La Fig. 3 es una representación de un sistema de cálculo para un programa informático para llevar a cabo el procedimiento según la fig. 2;

La Fig. 4 es una representación de una primera forma de realización del sistema de cálculo según la fig. 3 para llevar a cabo el paso a) del procedimiento según la fig. 2;

La Fig. 5 es una representación de una segunda forma de realización del sistema de cálculo según la fig. 3 para llevar a cabo el paso a) del procedimiento según la fig. 2;

La Fig. 6 es una representación de un primer ejemplo de realización de una incertidumbre de medición calculada en el paso c) del procedimiento según la fig. 2 a partir de contribuciones a la incertidumbre de medición;

La Fig. 7 es una representación de un segundo ejemplo de realización de una incertidumbre de medición calculada en el paso c) del procedimiento según la fig. 2 a partir de contribuciones a la incertidumbre de medición;

La Fig. 8 es una representación de la adaptación del rendimiento del sistema de medición con la incertidumbre de medición calculada en el primer ejemplo de realización del procedimiento según las fig. 2 y 6; y

La Fig. 9 es una representación de la adaptación del rendimiento del sistema de medición con la incertidumbre de medición calculada en el segundo ejemplo de realización del procedimiento según las figuras 2 y 7.

Vías para la realización de la invención

La fig. 1 muestra un ejemplo de realización de un sistema de medición S con varios elementos de transferencia G1-G4. Como se ha expuesto en la introducción, el sistema de medición S sirve para cuantificar una magnitud física. Para ello, los elementos de transferencia G1-G4 forman una cadena de medición K. Los elementos de transferencia G1-G4 de la cadena de medición K que están directamente adyacentes, por ejemplo, los elementos de transferencia G1 y G2 o los elementos de transferencia G2 y G3, están relacionados entre sí en una relación de causa-efecto para la cuantificación de la magnitud física. En el ejemplo de realización de la fig.

1 se muestran cuatro elementos de transferencia G1-G4; por supuesto, si conoce la invención, el experto puede implementar un sistema de medición con más o menos elementos de transferencia.

El elemento de transferencia G1 es un sensor, como un sensor de presión, un sensor de aceleración, un sensor de temperatura, etc. El sensor mide en consecuencia la magnitud física presión, aceleración, temperatura, etc. y genera una señal de medición analógica como una corriente eléctrica, un voltaje eléctrico, etc. Para un sensor en la forma de realización de un sensor piezoeléctrico, la magnitud física puede medirse con una frecuencia de hasta 100 kHz. Además, en condiciones normales, la señal de medición analógica de un sensor piezoeléctrico es proporcional a la magnitud física. Un sensor piezoeléctrico puede medir una fuerza con una sensibilidad de medición de unos pocos pC/N. Sin embargo, la sensibilidad de medición cambia con la temperatura ambiente y la edad del sensor piezoeléctrico. La señal de medición analógica también muestra una desviación de la proporcionalidad con respecto a la magnitud de medición física, lo que se denomina linealidad del sensor piezoeléctrico. Por último, la señal de medición analógica solo puede reproducirse con la exactitud de medición del sensor piezoeléctrico. Una primera magnitud de influencia E11 del elemento de transferencia G1 relevante para la incertidumbre de medición U del sistema de medición S es una "dependencia de temperatura de la sensibilidad de medición del sensor piezoeléctrico". Una segunda magnitud de influencia E12 del elemento de transferencia G1 que es relevante para la incertidumbre de medición U del sistema de medición S es un "cambio en la sensibilidad de medición del sensor piezoeléctrico debido a la edad". Una tercera magnitud de influencia E13 del elemento de transferencia G1 que es relevante para la incertidumbre de medición U del sistema de medición S es la "linealidad del sensor piezoeléctrico". Una cuarta magnitud de influencia E14 del elemento de transferencia G1 que es relevante para la incertidumbre de medición U del sistema de medición S es la "reproducibilidad de la señal de medición analógica".

El elemento de transferencia G2 es un cable de señal que transmite la señal de medición analógica desde el sensor hasta un amplificador eléctrico. En el caso de los sensores piezoeléctricos, la señal de medición analógica puede tener una frecuencia de medición de hasta 100 kHz y puede ser una carga eléctrica de unos pocos pC. La impedancia del cable de señal es esencial en este caso. La impedancia del cable cambia en la entrada del cable de señal, sobre todo si el cable de señal no está terminado con una resistencia de onda. Una primera magnitud de influencia E21 del elemento de transferencia G2 relevante para la incertidumbre de medición U del sistema de medición S es la "longitud del cable de señal". Una segunda magnitud de influencia E22 del elemento de transferencia G2 relevante para la incertidumbre de medición U del sistema de medición S es la "frecuencia de transferencia".

El elemento de transferencia G3 es el amplificador eléctrico que recibe la señal de medición analógica transmitida, la amplifica eléctricamente y la convierte en una señal de medición digital. Una primera magnitud de influencia E31 del elemento de transferencia G3 relevante para la incertidumbre de medición U del sistema de medición S es la "exactitud de medición del amplificador eléctrico". Una segunda magnitud de influencia E32 del elemento de transferencia G3 que es relevante para la incertidumbre de medición U del sistema de medición S es la "diafonía entre los canales de entrada del amplificador eléctrico".

El elemento de transferencia G4 es una unidad de evaluación que evalúa la señal de medición digital. La unidad de evaluación cuenta con un procesador de datos, una memoria de datos y una pantalla. Para su evaluación, la señal de medición digital puede cargarse en un programa informático que se ejecuta en el procesador de datos. La señal de medición digital puede seguir procesándose por medio del programa informático. La señal de medición digital puede almacenarse en la memoria de datos. También se puede representar la señal de medición digital en la pantalla. Una primera magnitud de influencia E41 del elemento de transferencia G4 relevante para la incertidumbre de medición U del sistema de medición S es un "error de redondeo en el procesamiento posterior". Una segunda magnitud de influencia E42 del elemento de transferencia G4 relevante para la incertidumbre de medición U del sistema de medición S es una "velocidad en el procesamiento posterior".

Conociendo la presente invención, el experto puede implementar un sistema de medición con otros elementos de transferencia y otras magnitudes de influencia relevantes.

La fig. 2 es un esquema de los pasos a) a e) del procedimiento V para determinar la incertidumbre de medición U del sistema de medición S. Los pasos a) a c) son esenciales para la invención. Los demás pasos d) y e) son opcionales. En el paso a) se identifican los elementos de transferencia G1-G4 de la cadena de medición K. En el paso b) se establecen las magnitudes de influencia E11-E42 de los elementos de transferencia identificados G1-G4 en la incertidumbre de medición U del sistema de medición S. En el paso c) se utilizan las magnitudes de influencia E11-E42 establecidas para calcular la incertidumbre de medición U del sistema de medición S. En el paso d) se determina al menos un elemento de transferencia identificado G1-G4 con una contribución a la incertidumbre de medición U11-U44 que difiere de una contribución a la incertidumbre de medición UØ media. Y en el paso e) se determina al menos un elemento de transferencia sustitutivo G1*-G4* con una contribución a la incertidumbre de medición sustitutiva U11*-U44* para el al menos un elemento de transferencia determinado G1-G4.

La fig. 3 muestra un sistema de cálculo R para un programa informático C para llevar a cabo el procedimiento V para determinar la incertidumbre de medición U del sistema de medición S. El sistema de cálculo R tiene como componente un procesador de datos R1, una memoria de datos R2, al menos una unidad de entrada R3, R3', una unidad de salida R4 y al menos una unidad de comunicación R5, R5'. El sistema de cálculo R puede ser un ordenador comercial habitual. La unidad de entrada R3, R3' puede ser un teclado de ordenador, un ratón de ordenador, una pantalla táctil, una interfaz de datos, etc. La unidad de salida R4 puede ser una pantalla de ordenador, una pantalla táctil, etc. La unidad de comunicación R5, R5' comunica datos entre los componentes del sistema de cálculo R. La unidad de comunicación R5, R5' puede ser una red como Internet, un bus informático como el bus Peripheral Component Interconnect Express (PCIe), etc. La interfaz de datos está conectada a la unidad de comunicación R5, R5' en la forma de realización de una red, puede comunicarse en la red de acuerdo con un protocolo de red como el Protocolo de Internet (IP), el protocolo PCIe, y se puede acceder a ella en la red a través de una dirección de red.

Los componentes individuales del sistema de cálculo R pueden estar dispuestos en el sistema de medición S del usuario, pero también pueden estar dispuestos alejados del sistema de medición S del usuario. En el sentido de la invención, "alejado" significa a cualquier distancia. También los componentes del sistema de cálculo R pueden estar dispuestos a una distancia arbitraria entre sí. Así, por ejemplo, solo la unidad de entrada R3 y la unidad de salida R4 pueden estar dispuestas en el usuario, mientras que el procesador de datos R1 y la memoria de datos R2 pueden estar dispuestos alejados del usuario. También pueden estar presentes repetidas veces los componentes del sistema de cálculo R. Así, es posible que en el usuario esté dispuesta una primera unidad de entrada R3 y una primera unidad de salida R4, mientras que alejada del usuario esté dispuesta una segunda unidad de entrada R3'. Y es posible que el sistema de cálculo R tenga una primera unidad de comunicación R5 y una segunda unidad de comunicación R5'.

El programa informático C puede almacenarse en la memoria de datos R2 y cargarse desde la memoria de datos R2 en el procesador de datos R1 y ejecutarse en el procesador de datos R1 para llevar a cabo el procedimiento V para determinar la incertidumbre de medición U del sistema de medición S.

Para ejecutar el paso a) se introducen datos de información digital I en el programa informático C para identificar los elementos de transferencia G1-G4. La lectura de los datos de información digital I de la memoria de datos R2 se realiza a través de la unidad de entrada R3 y la unidad de comunicación R5.

En la primera forma de realización del paso a) según la fig. 4, el usuario puede introducir información para identificar los elementos de transferencia G1-G4 de la cadena de medición K a través de la unidad de entrada R3 en la forma de realización de un teclado de ordenador, o el usuario puede introducir información para identificar los elementos de transferencia G1-G4 de la cadena de medición K en la unidad de entrada R3 en la forma de realización de una pantalla táctil seleccionando los elementos de transferencia ilustrados en ella. La información introducida en la unidad de entrada R3 se comunica entonces como datos de información digital I a través de la unidad de comunicación R5 al procesador de datos R1, donde es leída por el programa informático C.

En la segunda forma de realización del paso a) de la fig. 5, el usuario puede introducir información para identificar los elementos de transferencia G1-G4 de la cadena de medición K a través de una primera unidad de entrada R3 en la forma de realización de un teclado de ordenador o de una pantalla táctil de ordenador. El ordenador no está representado en la fig. 5. La primera unidad de entrada R3 está conectada a través del ordenador con la primera unidad de comunicación R5 en la forma de realización de una red. La primera unidad de entrada R3 accede a través del ordenador y de la primera unidad de comunicación R5 a la dirección de red de la segunda unidad de entrada R3' en la forma de realización de una interfaz de datos. Desde la primera unidad de entrada R3, la información introducida se comunica entonces como datos de información digitales I a la dirección de red de la segunda unidad de entrada R3'. Los datos de información digitales I comunicados a la segunda unidad de entrada R3' se comunican a través de la segunda unidad de comunicación R5 al procesador de datos R1 y allí son leídos por el programa informático C.

Con referencia adicional a la fig. 5, también es posible que, en una tercera forma de realización del paso a), el programa informático C lea automáticamente datos de información digital para identificar los elementos de transferencia G1-G4 de la cadena de medición K sin interacción del usuario. Para ello, los elementos de transferencia G1-G4 disponen de al menos un transmisor de información, como una hoja de datos electrónicos del transductor (TEDS) según el estándar 1451 del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE). El transmisor de información no se muestra en la figura 5. El transmisor de información es un dispositivo de almacenamiento de datos. En el transmisor de información se almacenan datos de información digital I de los elementos de transferencia G1-G4. El transmisor de información está conectado a través de al menos una primera unidad de entrada R3 en la forma de realización de una interfaz de datos con la primera unidad de comunicación R5 en la forma de realización de una red. El programa informático C está conectado a la primera unidad de comunicación R5 a través de la segunda unidad de entrada R3' en la forma de realización de una interfaz de datos. El programa informático C accede a la dirección de red de la al menos una primera unidad de entrada R3 a través de la segunda unidad de entrada R3' y la primera unidad de comunicación R5. Desde el transmisor de información al que se ha accedido así, los datos de información digitales I se comunican

entonces a la dirección de red de la segunda unidad de entrada R3'. Los datos de información digitales I comunicados a la segunda unidad de entrada R3' se comunican a través de la segunda unidad de comunicación R5' al procesador de datos R1 y allí son leídos por el programa informático C.

Conociendo la presente invención, el experto puede combinar entre sí las tres formas de realización presentadas anteriormente del paso a). Así, de acuerdo con la primera forma de realización del paso a), el usuario puede introducir información para identificar los elementos de transferencia G2-G4 a través de una pantalla sin contacto seleccionando los elementos de transferencia ilustrados en ella, mientras que, de acuerdo con la tercera forma de realización del paso a), el programa informático C lee automáticamente los datos de información digital del elemento de transferencia G1.

En el paso b), el programa informático C establece las magnitudes de influencia E11-E42 en la incertidumbre de medición U del sistema de medición S para los elementos de transferencia identificados G1-G4. Para ello, el programa informático C tiene acceso a la memoria de datos R2 con las magnitudes de influencia E11-E42 de los elementos de transferencia G1-G4 establecidas previamente. En esto se distingue entre magnitudes de influencia relevantes y no relevantes. Una magnitud de influencia es relevante si contribuye de forma significativa a la incertidumbre de medición U del sistema de medición S. Se consideran relevantes preferentemente aquellas magnitudes de influencia que tienen las mayores efectos en la incertidumbre de medición U del sistema de medición S y aquellas magnitudes de influencia que en conjunto tienen una contribución de al menos el 80 % a la incertidumbre de medición U del sistema de medición S. La relevancia de una magnitud de influencia se determina de antemano. Preferiblemente, al determinar las magnitudes de influencia en la incertidumbre de medición U del sistema de medición S, sólo se tienen en cuenta las magnitudes de influencia relevantes. Preferiblemente, las magnitudes de influencia relevantes tienen una etiqueta legible con la indicación "relevante", mientras que las magnitudes de influencia no relevantes tienen una etiqueta legible con la indicación "no relevante". El programa informático C puede leer las etiquetas y, mediante el reconocimiento de la información en las mismas, determinar la relevancia de las magnitudes de influencia en la incertidumbre de medición U del sistema de medición S.

Para cada elemento de transferencia identificado G1-G4, el programa informático C establece al menos una magnitud de influencia relevante E11-E42 asignada al elemento de transferencia identificado G1-G4 y la carga desde la memoria de datos R2. Para el elemento de transferencia identificado G1 en la forma de ejecución de un sensor piezoeléctrico, el programa informático C carga las magnitudes de influencia relevantes E11-E14 "Dependencia de la temperatura de la sensibilidad de medición del sensor piezoeléctrico", "Cambio de la sensibilidad de medición del sensor piezoeléctrico debido a la edad", "Linealidad del sensor piezoeléctrico" así como la "reproducibilidad de la señal de medición analógica" desde la memoria de datos R2. Para un cable de señal como elemento de transferencia identificado G2, el programa informático C carga los parámetros de influencia relevantes E21, E22 "longitud del cable de señal" y "frecuencia de transferencia" de la memoria de datos R2. Para un amplificador eléctrico como elemento de transferencia identificado G3, el programa informático C carga las magnitudes de influencia relevantes E31, E32 "exactitud de medición del amplificador eléctrico" y "diafonía entre canales de entrada del amplificador eléctrico" desde la memoria de datos R2. Para una unidad de evaluación como elemento de transferencia identificado G4, el programa informático C carga las magnitudes de influencia relevantes E41, E42 "Error de redondeo en el procesamiento posterior" y "Velocidad en el procesamiento posterior" desde la memoria de datos R2. Los parámetros de influencia relevantes E11-E42 cargados desde la memoria de datos R2 se comunican a través de la unidad de comunicación R5 al procesador de datos R1 y allí son leídos por el programa informático C.

Ahora, en el paso c), el programa informático C utiliza las magnitudes de influencia E11-E42 establecidas para calcular la incertidumbre de medición U del sistema de medición S. Para ello, en la memoria de datos R2 también se almacenan los mejores valores estimados de influencia y las contribuciones a la incertidumbre de medición asociadas a los mejores valores estimados de influencia para las magnitudes de influencia determinadas previamente. En la memoria de datos R2 se proporciona para cada magnitud de influencia una contribución a la incertidumbre de medición asociada al mejor valor estimado de influencia de la magnitud de influencia. El programa informático C descarga de la memoria de datos R2, para cada magnitud de influencia E11-E42 establecida, una contribución a la incertidumbre de medición U11-U42 asociada al mejor valor estimado de influencia de la magnitud de influencia E11-E42 establecida. Las contribuciones a la incertidumbre de medición U11-U42 cargadas desde la memoria de datos R2 se comunican a través de la unidad de comunicación R5 al procesador de datos R1, donde son leídas por el programa informático C.

El programa informático C representa la incertidumbre de medición calculada U del sistema de medición S en la unidad de salida R4. Como se muestra en los dos ejemplos de realización de las figuras 6 y 7, una ordenada representa una cantidad B de las contribuciones a la incertidumbre de medición U11-U42, y una abscisa muestra un número A de las contribuciones a la incertidumbre de medición U11-U42. El programa informático C calcula la incertidumbre de medición U del sistema de medición S formando una suma de los cuadrados de las contribuciones a la incertidumbre de medición U11-U42 y extrayendo una raíz cuadrada de la suma formada.

En el primer ejemplo de realización según la fig. 6, la incertidumbre de medición U = 9.3 para diez contribuciones a la incertidumbre de medición U11-U42.

En el segundo ejemplo de realización según la fig. 7, la incertidumbre de medición $U = 9.1$ para diez contribuciones a la incertidumbre de medición U11-U42.

En el paso d), el programa informático C determina al menos un elemento de transferencia identificado G1-G4 con una contribución a la incertidumbre de medición extrema U11-U42. En el sentido de la invención, una contribución a la incertidumbre de medición U11-U42 es extrema si es menor o mayor que al menos una de las otras contribuciones a la incertidumbre de medición U11-U42.

En el primer ejemplo de realización según la fig. 6 de una incertidumbre de medición calculada U de un sistema de medición S, hay siete contribuciones a la incertidumbre de medición U11, U21, U22, U31, U32, U41, U42 extremas, siendo las tres contribuciones a la incertidumbre de medición U11, U41, U42 las más pequeñas y las cuatro contribuciones a la incertidumbre de medición U21, U22, U31, U32 las más grandes.

En el segundo ejemplo de realización de una incertidumbre de medición calculada U de un sistema de medición S según la fig. 7, seis contribuciones a la incertidumbre de medición U12, U13, U14, U21, U32, U42 son extremas, siendo las dos contribuciones a la incertidumbre de medición U32, U42 las más pequeñas y las cuatro contribuciones a la incertidumbre de medición U12, U13, U14, U21 las más grandes.

En las figuras 8 y 9 se muestran dos ejemplos de realización de una incertidumbre de medición U de un sistema de medición S en función de un desempeño L de un sistema de medición S. Una ordenada representa la incertidumbre de medición U del sistema de medición S, y una abscisa muestra el desempeño L del sistema de medición S. La incertidumbre de medición U del sistema de medición S es un mapa de características multidimensional y depende de parámetros del desempeño L del sistema de medición S como la capacidad, la disponibilidad, el número de ciclos de mantenimiento, la calidad del mantenimiento, el precio de adquisición, las influencias ambientales, etc. La incertidumbre de medición U del sistema de medición S con los elementos de transferencia G1-G4 se representa como punto S(G1, G2, G3, G4).

Mediante la representación de la incertidumbre de medición U en los ejemplos de aplicación de las figuras 6 a 9, el usuario no solo toma conocimiento de la incertidumbre de medición U del sistema de medición S, sino que también puede evaluar la incertidumbre de medición U del sistema de medición S en función del desempeño L del sistema de medición S.

Para el ejemplo presentado al principio de un sistema de medición como parte de una planta de producción de bienes industriales, donde la planta de producción está sobredimensionada debido a una incertidumbre de medición desconocida, la fig. 6 muestra un primer ejemplo de realización de la incertidumbre de medición U calculada para el sistema de medición S y la fig. 8 muestra un primer ejemplo de realización de la incertidumbre de medición U calculada como función del desempeño L del sistema de medición S. El usuario reconoce que las contribuciones a la incertidumbre de medición U41, U42 para las magnitudes de influencia relevantes E41, E42 "Error de redondeo en el procesamiento posterior" y "Velocidad en el procesamiento posterior" son las más pequeñas. Este hallazgo lleva a la conclusión de que el elemento de transferencia identificado G4 como unidad de evaluación está sobredimensionado. Para ahorrar costes de inversión, el programa informático C sustituye el elemento de transferencia identificado G4 por un elemento de transferencia sustitutivo G4*, dicho elemento de transferencia de sustitución G4* que presenta contribuciones a la incertidumbre de medición de sustitución U41*, U42* comparativamente mayores.

Y para el ejemplo también presentado al principio de un sistema de medición como parte de una planta de producción de bienes industriales, donde la producción de bienes industriales conduce a piezas defectuosas debido a una incertidumbre de medición desconocida, la fig. 7 muestra un segundo ejemplo de realización de la incertidumbre de medición U calculada para el sistema de medición S y la fig. 9 muestra un segundo ejemplo de realización de la incertidumbre de medición U calculada en función del desempeño L del sistema de medición S. El usuario reconoce que las contribuciones a la incertidumbre de medición U12-U14, U21 para las magnitudes de influencia relevantes E12 "cambio de la sensibilidad de medición del sensor piezoeléctrico debido a la edad", E13 "linealidad del sensor piezoeléctrico", E14 "reproducibilidad de la señal de medición analógica" y E21 "longitud del cable de señal" son las más grandes. Este reconocimiento lleva ahora a la conclusión de que los elementos de transferencia G1 y G2 determinados presentan contribuciones a la incertidumbre de medición U12-U14 y U21 superiores a la media. Para reducir el número de piezas defectuosas y, por tanto, los costes de producción, el programa informático C sustituye al menos un determinado elemento de transferencia G1, G2 por un elemento de transferencia sustitutivo G1*, G2*, dicho elemento de transferencia sustitutivo G1*, G2* que presenta una contribución a la incertidumbre de medición sustitutiva comparativamente menor U12*-U14*, U21*.

En el paso e), el programa informático C determina al menos un elemento de transferencia sustitutivo G1*-G4* con una contribución a la incertidumbre de medición sustitutiva U11*-U42* para el al menos un elemento de transferencia identificado G1-G4. Para ello, en la memoria de datos R2 se almacenan datos de información digital I, I* de los elementos de transferencia G1-G4, G1*-G4*. Los datos de información digital I, I* son características técnicas esenciales de los elementos de transferencia G1-G4, G1*-G4*. Las características técnicas esenciales identifican los elementos de transferencia G1-G4, G1*-G4*. En la memoria de datos R2 se

almacenan preferentemente las características técnicas esenciales de un gran número de elementos de transferencia G1-G4, G1*-G4*. De este modo se garantiza que para un determinado elemento de transferencia identificado G1-G4 se almacene al menos un elemento de transferencia sustitutivo equivalente G1*-G4*. En el sentido de la invención, un elemento de transferencia sustitutivo G1*-G4* es equivalente si coincide en las características esenciales con el determinado elemento de transferencia identificado G1-G4 y si solo difiere del determinado elemento de transferencia identificado G1-G4 en al menos una contribución a la incertidumbre de medición U11-U42.

Así, el elemento de transferencia G1 del sistema de medición S es un sensor y, en el caso de un sensor piezoeléctrico, las características técnicas esenciales son el rango de medición, la sensibilidad de medición, la exactitud de medición, etc.

El elemento de transferencia G2 del sistema de medición S es un cable de señal. Las características técnicas esenciales del cable de señal son la impedancia del cable en la entrada del cable de señal, la longitud del cable de señal, etc.

El elemento de transferencia G3 del sistema de medición S es un amplificador eléctrico. Las características esenciales del amplificador eléctrico son la exactitud de medición del amplificador eléctrico, la diafonía entre los canales de entrada del amplificador eléctrico, etc.

Y el elemento de transferencia G4 del sistema de medición S es una unidad de evaluación. Las características técnicas esenciales de la unidad de evaluación son la exactitud en el procesamiento posterior, la "velocidad en el procesamiento posterior", etc.

Basándose en las características técnicas esenciales de los elementos de transferencia G1-G4, G1*-G4* almacenados en la memoria de datos, el programa informático C puede encontrar al menos un elemento de transferencia sustitutivo G1*-G4* en la memoria de datos R2. Para ello, el programa informático C compara la información digital I del elemento de transferencia determinado G1-G4 con la información digital I* de los elementos de transferencia sustitutivos G1*-G4* almacenados en la memoria de datos R2. El programa informático C establece al menos un elemento de transferencia sustitutivo equivalente G1*-G4* para el elemento de transferencia determinado G1-G4 y carga información digital I* del elemento de transferencia sustitutivo G1*-G4* desde la memoria de datos R2.

Con la información digital I* del elemento de transferencia sustitutivo G1*-G4*, el elemento de transferencia sustitutivo G1*-G4* se proporciona físicamente, por ejemplo, mediante adquisición, y el elemento de transferencia determinado G1-G4 se sustituye en el sistema de medición S por el elemento de transferencia sustitutivo G1*-G4* proporcionado físicamente.

En el primer ejemplo de realización según la fig. 8, el sistema de medición S (G1, G2, G3, G4) se sustituye por el elemento de transferencia sustitutivo G4* para formar un sistema de medición sustitutivo S* (G1, G2, G3, G4*). La incertidumbre de medición U del sistema de medición sustitutivo S* aumenta debido a las contribuciones a la incertidumbre de medición sustitutivas comparativamente mayores U41*-U44*. El aumento de la incertidumbre de medición U del sistema de medición S (G1, G2, G3, G4) al sistema de medición sustitutivo S* (G1, G2, G3, G4*) se indica con una flecha en la fig. 8.

En el segundo ejemplo de realización según la fig. 9, en el sistema de medición S (G1, G2, G3, G4) se sustituye primero el elemento de transferencia G2 por el elemento de transferencia sustitutivo G2* para formar un primer sistema de medición sustitutivo S* (G1, G2*, G3, G4). Y, sustituyendo el elemento de transferencia G1, el primer sistema de medición sustitutivo S* se sustituye por el elemento de transferencia sustitutivo G1* para formar un segundo sistema de medición sustitutivo S* (G1*, G2*, G3, G4). La incertidumbre de medición U del sistema de medición sustitutivo S* disminuye debido a las contribuciones a la incertidumbre de medición sustitutivas comparativamente más pequeñas U12*, U21*. La disminución de la incertidumbre de medición U del sistema de medición S (G1, G2, G3, G4) al primer sistema de medición sustitutivo S* (G1, G2*, G3, G4) y de ahí al segundo sistema de medición sustitutivo S* (G1*, G2*, G3, G4) se indica en la fig. 9 mediante una flecha.

Lista de signos de referencia

- a) Identificación de los elementos de transferencia de la cadena de medición.
- b) Establecimiento de las magnitudes de influencia de los elementos de transferencia identificados en la incertidumbre de medición del sistema de medición.
- c) Uso de las magnitudes de influencia establecidas para calcular la incertidumbre de medición del sistema de medición.
- d) Determinación de un elemento de transferencia identificado con una contribución extrema a la incertidumbre de medición.

	e)	Determinación de un elemento de transferencia sustitutivo con una contribución a la incertidumbre de medición sustitutiva para el elemento de transferencia identificado determinado.
	A	Número
5	B	Cantidad
	C	Programa informático
	E11-E42	Magnitud de influencia establecida
	G1-G4	Elemento de transferencia
	G1*-G4*	Elemento de transferencia sustitutivo
10	I, I*	Datos de información digital
	K	Cadena de medición
	L	Desempeño
	R	Sistema de cálculo
	S	Sistema de medición
15	S*	Sistema de medición sustitutivo
	U	Incertidumbre de medición
	U11-U42	Contribución a la incertidumbre de medición
	U11*-U42*	Contribución a la incertidumbre de medición sustitutiva
	V	Procedimiento
20	R1	Procesador de datos
	R2	Memoria de datos
	R3, R3'	Unidad de entrada
	R4	Unidad de salida
	R5, R5'	Unidad de comunicación

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento (V) ejecutado por un sistema de cálculo (R) para determinar la incertidumbre de medición (U) de un sistema de medición (S); dicho sistema de medición (S) cuantifica una magnitud física; dicho sistema de medición (S) tiene varios elementos de transferencia (G1-G4); y dichos elementos de transferencia (G1-G4) forman una cadena de medición (K) para cuantificar la magnitud física de medición, en cuyo caso un elemento de transferencia (G1) es un sensor, un elemento de transferencia (G2) es un cable de señal, un elemento de transferencia (G3) es un amplificador eléctrico y un elemento de transferencia (G4) es una unidad de evaluación, en la cadena de medición (K) los elementos de transferencia (G1-G4) directamente adyacentes están en una relación de causa-efecto entre sí; y el sistema de cálculo (R) tiene un procesador de datos (R1) y un programa informático (C), dicho programa informático (C) se puede ejecutar en el procesador de datos (R1) para llevar a cabo el procedimiento; que se compone de los siguientes pasos:
 - a) Introducción de información para la identificación de los elementos de transferencia (G1-G4) de la cadena de medición (K) en una unidad de entrada (R3) y comunicación de la información introducida como datos de información digital (I) a través de al menos una unidad de comunicación (R5, R5') al procesador de datos (R1) o
 - Acceso a un transmisor de información digital con datos de información digital (I) almacenados en él de los elementos de transferencia (G1-G4) de la cadena de medición (K) y comunicación de la información introducida como datos de información digital (I) a través de al menos una unidad de comunicación (R5, R5') al procesador de datos (R1);
 - Lectura de los datos de información digital (I) por el programa informático (C);
 - b) Acceso a una memoria de datos (R2) del sistema de cálculo (R) con magnitudes de influencia de elementos de transferencia (G1-G4) establecidas previamente y almacenadas en la memoria de datos (R2) por medio del programa informático (C);
 - Lectura de etiquetas legibles de magnitudes de influencia (E11-E42) de los elementos de transferencia identificados (G1-G4) por el programa informático (C), y
 - Establecimiento de la relevancia de las magnitudes de influencia (E11-E42) de los elementos de transferencia identificados (G1-G4) en la incertidumbre de medición (U) del sistema de medición (S) por medio del programa informático (C), en el que para cada elemento de transferencia identificado (G1-G4) el programa informático (C) establece al menos una magnitud de influencia relevante (E11-E42) asignada al elemento de transferencia identificado (G1-G4), en cuyo caso son relevantes aquellas magnitudes de influencia (E11-E42), dichas magnitudes de influencia (E11-E42) que tienen las mayores cantidades de la incertidumbre de medición (U) del sistema de medición (S) y dichas magnitudes de influencia (E11-E42) en total tienen una contribución de al menos el 80 % a la incertidumbre de medición (U) del sistema de medición (S); y el programa informático (C) carga la magnitud de influencia (E11-E42) establecida desde la memoria de datos (R2); y
 - c) Uso de magnitudes de influencia (E11-E42) establecidas como relevantes para calcular la incertidumbre de medición (U) del sistema de medición (S) por medio del programa informático (C).
2. Procedimiento (V) según la reivindicación 1, caracterizado por un paso: d) Determinación de al menos un elemento de transferencia identificado (G1-G4) con una contribución a la incertidumbre de medición extrema (U11-U42), la cual es menor o mayor que al menos una de las otras contribuciones a la incertidumbre de medición (U11-U42).
3. Procedimiento (V) según la reivindicación 2, caracterizado por un paso: e) Determinación de al menos un elemento de transferencia sustitutivo (G1*-G4*) con una contribución a la incertidumbre de medición sustitutiva (U11*-U42*) para el al menos un elemento de transferencia identificado determinado (G1-G4).
4. Procedimiento (V) según la reivindicación 3, caracterizado porque el elemento de transferencia sustitutivo (G1*-G4*) determinado se proporciona físicamente; y porque el elemento de transferencia determinado (G1-G4) se sustituye por el elemento de transferencia sustitutivo (G1*-G4*) proporcionado físicamente en el sistema de medición (S).
5. Procedimiento (V) según la reivindicación 3, caracterizado porque la incertidumbre de medición calculada (U) se representa en una unidad de salida (R4).
6. Programa informático (C) para la ejecución del procedimiento (V) según una de las reivindicaciones 1 a 5, dicho programa informático (C) puede cargarse en el procesador de datos (R1) del sistema de cálculo (R), caracterizado porque el programa informático (C) ejecuta los pasos a) a c).
7. Programa informático (C) según la reivindicación 6, caracterizado porque, para ejecutar el paso a), el programa informático (C) lee datos de información digital (I) para identificar los elementos de transferencia (G1-

G4) de la cadena de medición (K); porque el sistema de cálculo (R) tiene una unidad de entrada (R3) y una unidad de comunicación (R5); porque la información para la identificación de los elementos de transferencia (G1-G4) de la cadena de medición (K) puede introducirse a través de la unidad de entrada (R3); y porque la unidad de comunicación (R5) comunica al procesador de datos (R1) la información introducida en la unidad de entrada (R3) como datos de información digital.

8. Programa informático (C) según la reivindicación 6, caracterizado porque, para ejecutar el paso a), el programa informático (C) lee datos de información digital (I) para identificar los elementos de transferencia (G1-G4) de la cadena de medición (K); porque el sistema de cálculo (R) tiene una primera unidad de entrada (R3), una segunda unidad de entrada (R3'), una primera unidad de comunicación (R5) y una segunda unidad de comunicación (R5'); porque la primera unidad de comunicación (R5) es una red; porque cada unidad de entrada (R3, R3') está conectada a la primera unidad de comunicación (R5); porque la información para la identificación de los elementos de transferencia (G1-G4) de la cadena de medición (K) puede introducirse a través de la primera unidad de entrada (R3); porque la primera unidad de entrada (R3) accede a una dirección de red de la segunda unidad de entrada (R3') a través de la primera unidad de comunicación (R5) y comunica la información introducida como datos de información digital (I) a la segunda unidad de entrada accedida (R3'); y porque la segunda unidad de comunicación (R5') comunica al procesador de datos (R1) la información digital (I) comunicada a la segunda unidad de entrada (R3').

9. Programa informático (C) según la reivindicación 6, caracterizado porque, para ejecutar el paso a), el programa informático (C) lee datos de información digital para identificar los elementos de transferencia (G1-G4) de la cadena de medición (K); porque el sistema de cálculo (R) tiene al menos una primera unidad de entrada (R3), una segunda unidad de entrada (R3'), una primera unidad de comunicación (R5) y una segunda unidad de comunicación (R5'); porque la primera unidad de comunicación (R5) es una red; porque cada unidad de entrada (R3, R3') está conectada a la primera unidad de comunicación (R5); porque los elementos de transferencia (G1-G4) tienen al menos un transmisor de información; porque el transmisor de información almacena datos de información digitales (I) de los elementos de transferencia (G1-G4); porque el transmisor de información está conectado a la primera unidad de comunicación (R5) a través de la primera unidad de entrada (R3); porque el programa informático (C) en la red accede a la dirección de red de la primera unidad de entrada (R3); porque el transmisor de información accedido así comunica datos de información digitales (I) a la dirección de red de la unidad de entrada (R3); y porque la unidad de comunicación (R5) comunica al procesador de datos (R1) la información digital (I) comunicada a la segunda unidad de entrada (R3).

10. Programa informático (C) según una de las reivindicaciones 6 a 9, caracterizado porque el sistema de cálculo (R) dispone de una memoria de datos (R2); porque en la memoria de datos (R2) se almacenan los mejores valores estimados de influencia y las contribuciones de incertidumbre de medición (U11-U42) asociadas a los mejores valores estimados de influencia para las magnitudes de influencia de los elementos de transferencia (G1-G4) determinadas previamente; porque, para la ejecución del paso c), el programa informático (C) para cada magnitud de influencia establecida (E11-E42) carga desde la memoria de datos (R2) una contribución a la incertidumbre de medición (U11-U42) asignada al mejor valor estimado de influencia de la magnitud de influencia establecida (E11-E42); y porque el programa informático (C) calcula la incertidumbre de medición (U) del sistema de medición (S) formando una suma de los cuadrados de las contribuciones a la incertidumbre de medición (U11-U42) y extrayendo una raíz cuadrada de la suma formada.

11. Programa informático (C) según la reivindicación 10, caracterizado porque, para ejecutar un paso d), el programa informático determina al menos un elemento de transferencia identificado (G1-G4) con una contribución a la incertidumbre de medición extrema (U11-U42), dicha incertidumbre de medición extrema (U11-U42) es menor o mayor que al menos una de las otras contribuciones a la incertidumbre de medición (U11-U42).

12. Programa informático (C) según la reivindicación 11, caracterizado porque el sistema de cálculo (R) tiene una memoria de datos (R2); porque en la memoria de datos (R2) se almacenan datos de información digital (I*) de elementos de transferencia sustitutivos (G1*-G4*), en cuyo caso un elemento de transferencia sustitutivo (G1*-G4*) es equivalente si coincide en características esenciales con el elemento de transferencia identificado determinado (G1-G4) y si se diferencia del elemento de transferencia determinado (G1-G4) solo en al menos una contribución a la incertidumbre de medición (U11-U42); y porque el programa informático (C) compara información digital (I) del elemento de transferencia determinado (G1-G4) con información digital (I*) de elementos de transferencia sustitutivos (G1*-G4*) almacenados en la memoria de datos (R2).

13. Programa informático (C) según la reivindicación 12, caracterizado porque, para ejecutar un paso e), el programa informático (C) establece si un elemento de transferencia sustitutivo (G1*-G4*) es equivalente al elemento de transferencia determinado (G1-G4); y porque el programa informático (C) carga información digital (I) del elemento de transferencia sustitutivo (G1*-G4*) establecido desde la memoria de datos (R2).

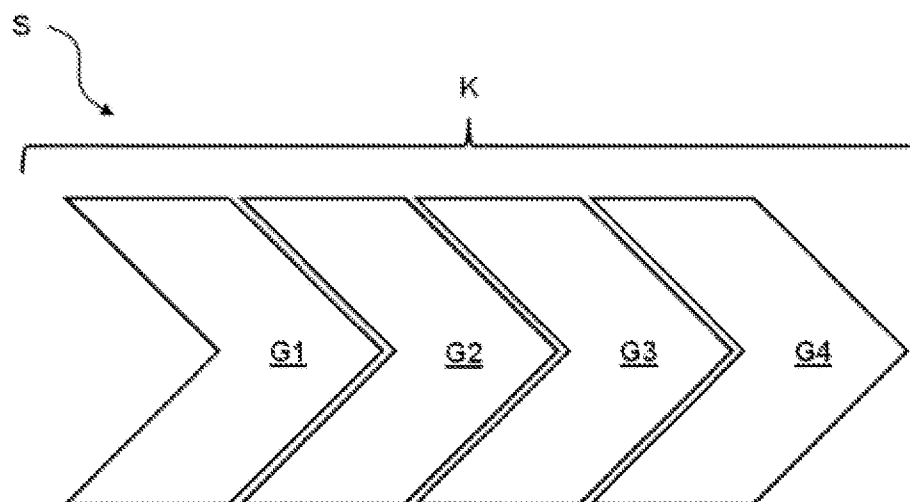


Fig. 1

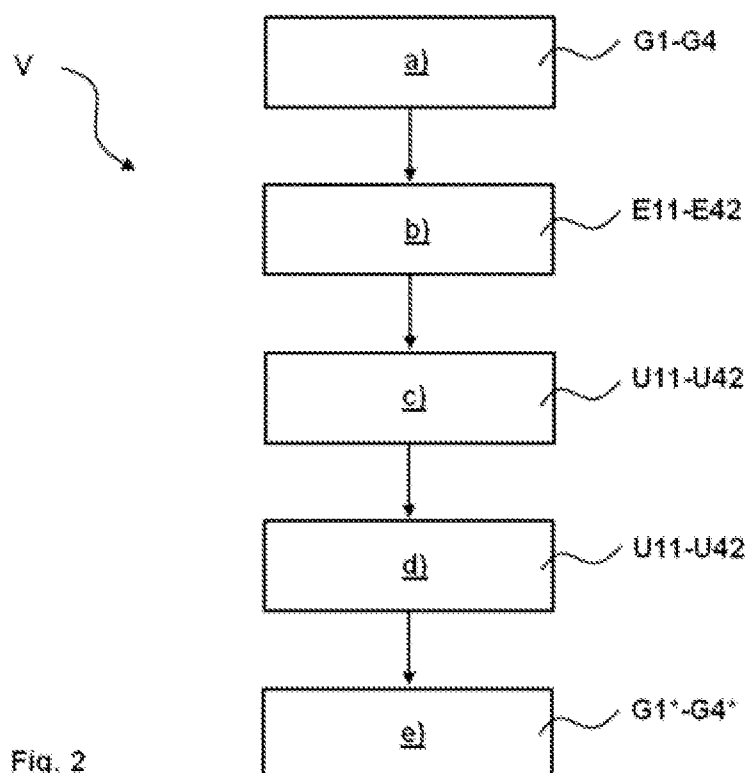


Fig. 2

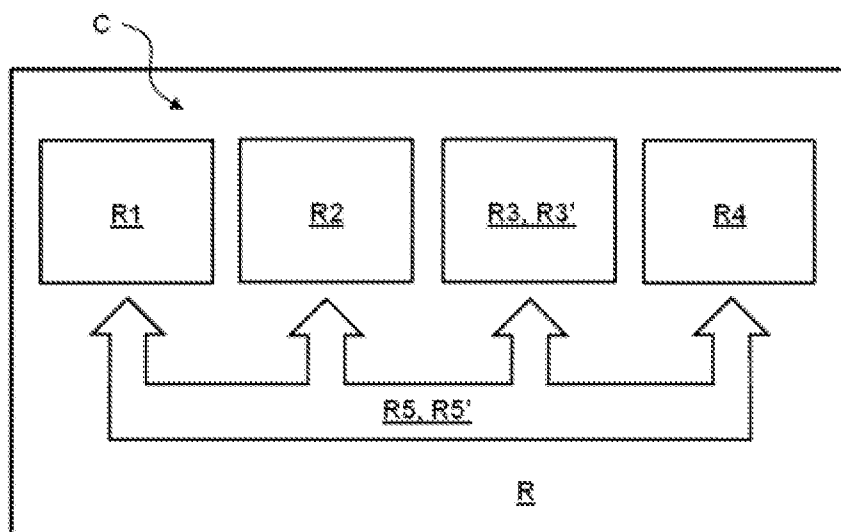


Fig. 3

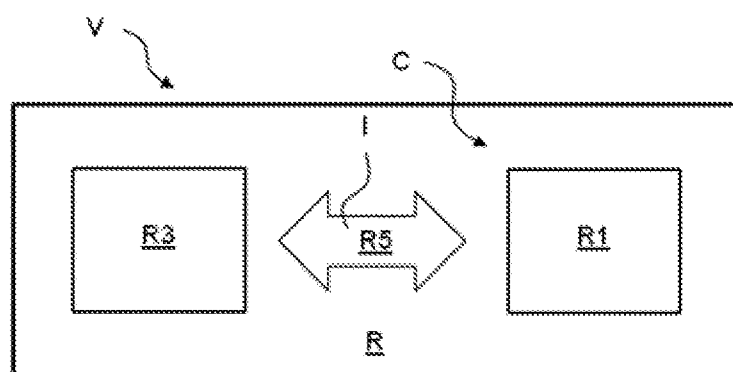


Fig. 4

