

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 793 956**

51 Int. Cl.:

**G01P 21/00** (2006.01)

**G01C 21/16** (2006.01)

**G01C 25/00** (2006.01)

**G05D 1/10** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.10.2012 E 12007014 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.05.2020 EP 2581748**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para determinar parámetros de medición inerciales**

30 Prioridad:

**13.10.2011 DE 102011115971**

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

**17.11.2020**

73 Titular/es:

**MBDA DEUTSCHLAND GMBH (100.0%)  
Hagenauer Forst 27  
86529 Schrobenhausen, DE**

72 Inventor/es:

**NEWZELLA, ALFONS**

74 Agente/Representante:

**SALVÀ FERRER, Joan**

ES 2 793 956 T3

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

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento y dispositivo para determinar parámetros de medición inerciales

5 ÁMBITO TÉCNICO

**[0001]** La presente invención se refiere a un procedimiento para determinar parámetros de medición inerciales mediante una unidad de medición inercial que presenta sensores inerciales según el preámbulo de la reivindicación 1 y un dispositivo para determinar parámetros de medición inerciales que comprende medios para llevar a cabo el procedimiento según la invención, según el preámbulo de la reivindicación 1. En particular, la invención también se refiere a un procedimiento para controlar un misil ligero mediante una unidad de medición inercial que presenta sensores inerciales y un dispositivo de control que comprende medios para llevar a cabo este procedimiento de control.

ESTADO DE LA TÉCNICA

15 **[0002]** Los misiles ligeros, como los misiles guiados, los proyectiles guiados, los M3D o los "Battlefield Engagement Systems", suelen estar equipados con un sistema de navegación o control inercial (sistema de navegación inercial). Los sistemas de navegación inerciales, sin embargo, han demostrado ser propensos a errores. Por lo tanto, a partir del estado de la técnica, se sabe integrar sensores adicionales en misiles ligeros, cuyas señales proporcionan información adicional sobre la posición del misil y se utilizan para detectar errores en el sistema de navegación inercial. Estas señales se usan, por ejemplo, utilizando la tecnología de filtro Kalman para mejorar la precisión de control del misil. Se puede determinar información adicional, por ejemplo, mediante un GPS, un altímetro o un magnetómetro.

25 **[0003]** Sin embargo, por razones físicas, a veces no es posible detectar datos plausibles sobre la posición del misil con sensores adicionales. Esto es el caso, por ejemplo, cuando un sensor instalado en el misil está protegido de un material que no es o solo es insuficientemente permeable a la señal y, por lo tanto, las mediciones del sensor están alteradas. Por lo tanto, los misiles ligeros a veces solo pueden controlarse con una precisión insuficiente utilizando sistemas de navegación conocidos, incluso con el uso de sensores adicionales.

30 **[0004]** Dado que los sensores utilizados como estándar según el estado de la técnica, y también los sensores adicionales utilizados, deben presentar un alto nivel de precisión y fiabilidad de medición, suelen ser técnicamente muy complejos y, en consecuencia, grandes y pesados. El peso adicional de los sensores tiene un efecto negativo en las propiedades aerodinámicas del misil, y el balance de energía del misil también se deteriora de este modo. Dichos sensores adicionales también ocupan mucho espacio. Por esta razón, en un misil ligero, en el que el espacio de instalación es muy limitado, a menudo debe prescindirse de alguno de los sensores. Además, los sensores adicionales suelen ser muy caros. Esto a su vez también conduce a altos costes de producción de misiles ligeros y controlados automáticamente.

40 **[0005]** Basándose en el documento DE 1 195 25 217 A1, se ha sabido que dos sensores inerciales pueden usarse para detectar el mismo parámetro de medición a detectar independientemente el uno del otro y con una precisión de detección diferente en intervalos de valores parámetros de medición que se superponen al menos parcialmente.

45 **[0006]** Se conoce una unidad de sensor inercial a partir del documento DE 295 08 525 U1, que presenta una pluralidad de sensores sobre los que actúa el mismo parámetro de medición inercial. Los sensores se desconectan a un medio de procesamiento de señal común que proporciona una señal inicial que representa el parámetro de medición inercial. El intervalo de medición del parámetro de medición inercial se divide en varios subintervalos, que son detectados por diferentes sensores.

50 **[0007]** El documento DE 10 2008 032046 A1 da a conocer un procedimiento para calibrar un sistema de determinación de posición de un actuador direccional de eje trasero para un vehículo de motor. El actuador presenta un elemento actuador que puede ser conducido a un movimiento de traslación mediante un movimiento giratorio de un rotor y cuya posición central geométrica se determina mediante una medición de referencia. El sistema de determinación de posición presenta un sensor lineal y un sensor de rotación. Durante la calibración del sistema, se genera información que incluye información de punto cero del sensor lineal y la información del sector. El intervalo de medición del sensor de rotación se divide en al menos dos sectores y la información del sector identifica el ángulo en el que se encuentra la posición angular del rotor detectada por el sensor de rotación cuando el elemento actuador está dispuesto en su cojinete central geométrico.

60 **[0008]** Se conoce un sistema de sensor a partir del documento US 6 047 244 A que presenta un primer sensor para detectar un parámetro en una primera zona de detección y para emitir una primera señal de sensor que representa el parámetro. Un segundo sensor detecta el parámetro en una segunda zona de detección y emite una segunda señal del sensor que representa el parámetro. La segunda zona de detección es más grande que la primera zona de detección y las dos zonas se superponen. Una unidad de salida emite una señal de salida del sensor, que se basa en

las dos señales del sensor y es continuamente diferenciable.

**[0009]** A partir del documento EP 2 2124 019 A2, se conoce un dispositivo de medición de inercia con instrumentos de inercia primeros y segundos, que están orientados de tal manera que presentan ejes de detección  
5 paralelos, que proporcionan señales de salida primeras y segundas que representan una medida del parámetro de medición inercial a medir.

**[0010]** Partiendo de esto, la presente invención tiene por objetivo proporcionar un procedimiento para controlar un misil ligero, con el que el misil puede controlarse con mayor precisión y fiabilidad que con procedimientos conocidos.  
10 El procedimiento según la invención también debería poder llevarse a cabo sin tener que instalar un sistema de sensores técnicamente complejo en el misil. En particular, el procedimiento también debería poder llevarse a cabo en misiles ligeros, controlados automáticamente, cuyo tamaño y peso se reducen en comparación con los misiles controlables conocidos, y que también son más económicos en la producción. Finalmente, también se debe crear un dispositivo de control para llevar a cabo el procedimiento según la invención.

15 **[0011]** Para lograr este objetivo, la invención presenta las características especificadas en la reivindicación 1. Se describen configuraciones ventajosas de esto en las reivindicaciones adicionales. La invención también proporciona un dispositivo de control con las características de la reivindicación 10.

## 20 DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

**[0012]** La invención proporciona un procedimiento para determinar parámetros de medición inerciales mediante una unidad de medición de inercia que tiene sensores inerciales, en el que al menos dos sensores inerciales detectan  
25 cada uno el mismo parámetro de medición a detectar en intervalos de medición que se superponen al menos parcialmente entre sí independientemente del otro con una precisión de detección diferente, y en función de los valores de los parámetros de medición detectados se forma un valor de salida corregido basado en la precisión de detección de al menos un sensor inercial.

**[0013]** El valor de salida también se puede formar a partir de solo dos valores de parámetros de medición, por ejemplo, si el parámetro de medición relevante se detecta mediante dos sensores inerciales, o también se puede formar a partir de una pluralidad de valores de parámetros de medición. Al determinar el valor de salida, también se puede tener en cuenta la precisión de detección de un solo sensor inercial o una pluralidad de sensores inerciales. De esta manera, la precisión y la calidad del procedimiento se pueden combinar con los sensores existentes. La formación del valor de salida también puede tener lugar de forma continua o en determinados momentos predeterminados.  
35

**[0014]** Dado que diferentes sensores inerciales ofrecen valores de parámetros de medición más confiables o más exactos para diferentes intervalos de medición, se puede lograr un control más exacto y más confiable del misil sobre un intervalo más amplio de valores de parámetros de medición mediante el procedimiento según la invención. Por lo tanto, el procedimiento según la invención es más exacto y confiable que los procedimientos conocidos para  
40 controlar un misil ligero. Además, el procedimiento según la invención también puede llevarse a cabo en misiles que, además de los sensores inerciales, no presentan sensores adicionales. Por lo tanto, un misil puede controlarse con precisión con el procedimiento según la invención, incluso cuando no hay datos para sensores adicionales. Esto significa que los misiles más ligeros y pequeños que se controlan automáticamente se pueden construir de manera más rentable que antes.

45 **[0015]** El valor de salida se forma según los valores de parámetros de medición de los sensores inerciales y sus desplazamientos. Al formar el valor de salida, se puede tener en cuenta un desplazamiento de uno o cualquier número de sensores inerciales. Se entiende que un desplazamiento significa una desviación del valor del parámetro de medición detectado mediante un sensor y el valor real del parámetro de medición. A continuación, se entiende que  
50 un desplazamiento de un sensor inercial significa la cantidad del valor del parámetro de medición detectado que emite el sensor inercial cuando el valor real del parámetro de medición es cero. Se supone que el desplazamiento es un error someramente sistemático. Por lo tanto, si un sensor inercial presenta un determinado desplazamiento con un valor de parámetro de medición de cero, se puede suponer que presenta un desplazamiento similar para otros valores de parámetros de medición y, por lo tanto, todos los valores de parámetros de medición del sensor inercial se desvían  
55 someramente del valor real del parámetro de medición por el desplazamiento.

**[0016]** Según una realización preferida de la invención, el valor de salida se forma como una función de un valor de parámetro de medición de un primer sensor inercial con mayor precisión de detección y un intervalo de medición más pequeño y un segundo sensor inercial con menor precisión de detección y un intervalo de medición más grande.  
60

**[0017]** Dentro del intervalo de medición más pequeño, el valor del parámetro de medición del primer sensor inercial se puede ponderar más que el valor del parámetro de medición del segundo sensor inercial cuando se forma el valor de salida. De esta manera, el valor del parámetro de medición más exacto se tiene en cuenta al formar el valor  
65 de salida para el intervalo de medición respectivo. Dado que los valores de parámetros de medición de un sensor

inercial con un intervalo de medición más grande también se tienen en cuenta en la formación, se puede formar un valor de salida para un intervalo grande de valores de parámetro de medición.

5 **[0018]** Las compensaciones de un primer y segundo sensor inercial que también entran en la formación del valor de salida se determinan de forma continua o en momentos predeterminados. Además, una calibración generalmente conocida de los sensores y un almacenamiento de los coeficientes de calibración se llevan a cabo en el ordenador de la unidad de medición.

10 **[0019]** Se selecciona uno de los dos sensores por eje para que tenga un desplazamiento muy bajo, el otro, sin embargo, se selecciona con respecto a un intervalo de medición grande y un factor de escala estable. Con velocidades de rotación o aceleraciones que se encuentran dentro del intervalo de medición del primer sensor, la diferencia con el valor medido del segundo sensor se forma bajo determinadas condiciones límite. Esta diferencia representa el desplazamiento del segundo sensor, ya que el primero se considera libre de desplazamiento. Este valor, que se actualiza durante todo el tiempo de funcionamiento de la unidad del sensor, se utiliza para corregir el valor de medición  
15 determinado por el segundo sensor, incluso si el valor de medición se encuentra fuera del intervalo de medición del primer sensor.

**[0020]** Un valor de parámetro de medición de un primer sensor inercial se determina como un valor de salida si se encuentra dentro del intervalo de medición del primer sensor inercial, y de lo contrario se determina como un  
20 valor de salida el valor del parámetro de medición de un segundo sensor inercial corregido en función de al menos un desplazamiento de un sensor inercial. Nuevamente, se usa un primer sensor con mayor precisión de detección y un intervalo de medición más pequeño y un segundo sensor con menor precisión de detección y un intervalo de medición más grande.

25 **[0021]** Dado que el valor del parámetro de medición detectado por el primer sensor inercial presenta un alto grado de precisión, su valor de parámetro de medición se toma como valor de salida siempre que el valor de parámetro de medición se encuentre en el intervalo de medición del primer sensor inercial.

**[0022]** Si el valor de parámetro de medición se encuentra fuera del intervalo de medición del primer sensor  
30 inercial, se debe utilizar el valor de parámetro de medición, menos exacto, del segundo sensor inercial. Para aumentar la precisión también en este caso, se corrige este en función de al menos un desplazamiento de un sensor inercial. La corrección puede tener lugar en función del desplazamiento del primer y/o el segundo y/o de otros sensores inerciales. De esta manera, se hace posible una alta precisión de control en un amplio intervalo de valores de parámetros de medición. El hecho de que el valor de parámetro de medición del primer sensor inercial no esté dentro de su intervalo  
35 de medición puede reconocerse, por ejemplo, por el hecho de que el primer sensor inercial no emite un valor de parámetro de medición fuera o en los puntos límite del intervalo de medición, así como el valor de salida del segundo sensor.

**[0023]** El valor de parámetro de medición corregido del segundo sensor inercial se forma como un valor de  
40 salida restando el desplazamiento del segundo sensor inercial, tal como se describió anteriormente, del valor del parámetro de medición del segundo sensor inercial.

**[0024]** Suponiendo que los desplazamientos de los sensores inerciales se comportan de forma sistemática, tal como se explicó anteriormente, se puede formar en forma del valor de parámetro de medición corregido, un valor de  
45 parámetro de medición mejorado y más exacto en comparación con el valor de parámetro de medición del segundo sensor inercial, que incluso fuera del intervalo de medición del primer sensor inercial es confiable y exacto.

**[0025]** Dentro del alcance del procedimiento según la invención, se detecta preferentemente una velocidad de rotación y/o una aceleración con los sensores inerciales. Una velocidad de rotación sobre un eje de medición en  
50 cuestión se detecta con un sensor de velocidad de rotación, por ejemplo, con un giroscopio de fibra óptica o un giroscopio MEMS, que es pequeño, ligero y económico. Una aceleración en la dirección de un eje de medición relevante se detecta con un sensor de aceleración, por ejemplo, con un sensor MEMS, un sensor microelectromecánico.

55 **[0026]** Según una realización preferida, también se verifica la plausibilidad de los valores de parámetro de medición de los sensores inerciales, y el valor de salida se forma independientemente del valor de un parámetro de medición no plausible. De esta manera, se evita que los valores de parámetro de medición determinados por un sensor inercial defectuoso también sean tenidos en cuenta al formar el valor de salida. De este modo, se forman valores de salida confiables incluso si un sensor inercial falla o suministra valores incorrectos. Este procedimiento es  
60 particularmente aplicable cuando se usan más de dos sensores por eje. En particular, el parámetro de medición actual debe estar en el intervalo de superposición de al menos dos sensores.

**[0027]** Dado que cada parámetro de medición se detecta mediante al menos dos sensores inerciales, el procedimiento según la invención es particularmente resistente a errores. Incluso si falla un sensor inercial, aún se  
65 forma un valor de salida útil para controlar el misil, siempre que el parámetro de medición esté en el intervalo de

medición de los sensores que aún funcionan. Por lo general, la precisión del punto cero o el intervalo de medición están restringidos por el fallo de un sensor, sin embargo, dicho fallo no conduce a un fallo total de la unidad de medición que estaría, por ejemplo, asociado con una pérdida del misil.

5 **[0028]** El experto en la materia conoce una pluralidad de posibilidades de cómo se puede llevar a cabo una verificación de plausibilidad del valor de un parámetro de medición. Una de las posibilidades es, por ejemplo, almacenar o determinar un intervalo de valores objetivo para un parámetro de medición y determinar si un valor de parámetro de medición se encuentra dentro del intervalo de valores objetivo almacenado o determinado, por lo que los valores de parámetros de medición que se encuentran fuera del intervalo de valores objetivo se clasifican como  
10 inverosímiles.

**[0029]** Según una variante de la invención, las velocidades de rotación alrededor de una pluralidad de ejes de medición y/o aceleraciones en una pluralidad de direcciones se registran independientemente entre sí mediante al menos dos sensores inerciales, y se forma una señal inicial corregida para cada uno de los ejes de medición a partir  
15 de los valores de parámetros de medición detectados.

**[0030]** Dado que la detección de parámetros de medición relacionadas con diferentes ejes de medición y también la formación de un valor de salida para cada eje de medición ocurre independientemente de otros ejes de medición, el fallo de un sensor inercial asignado a un eje de medición específico no puede influir en la calidad de las  
20 mediciones en otros ejes de medición.

**[0031]** Según el procedimiento según la invención, las velocidades de rotación y las aceleraciones se pueden detectar en relación con cualquier número de ejes de medición. Las mediciones se realizan preferentemente en tres ejes de medición mutuamente perpendiculares, de modo que es posible una determinación completa de la posición inercial del misil. Si se miden tanto la velocidad de rotación como la aceleración para tres ejes de medición verticales, preferentemente se utilizan al menos doce sensores inerciales, es decir, dos sensores de velocidad de rotación y dos sensores de aceleración por cada eje de medición.  
25

**[0032]** En particular, la invención también se refiere a un procedimiento para controlar un misil ligero mediante una unidad de medición inercial que presenta sensores inerciales, donde al menos dos sensores inerciales detectan cada uno el mismo parámetro de medición a detectar. Se propone utilizar los sensores inerciales para medir el parámetro de medición en intervalos de valores de parámetros de medición que se solapan mutuamente, al menos de forma parcial, independientemente uno del otro, con diferente precisión de detección, y para formar un valor de salida corregido a partir de los valores de parámetros de medición detectados en función de la precisión de detección de al  
30 menos un sensor inercial, que se proporciona para controlar el misil.

**[0033]** Según una variante de la invención, el valor de salida también se forma en función de al menos un parámetro de medición dinámico del misil. Si en el misil está presente un sensor de velocidad, cuanto mayor sea la velocidad del vuelo, se podrá ponderar más el parámetro de medición de un sensor inercial con un intervalo de medición mayor cuando se forme el valor de salida, y viceversa, es decir, cuanto menor sea la velocidad, se podrá ponderar más el parámetro de medición de un sensor inercial con alta precisión de detección cuando se forme el valor de salida. De esta forma, se forma un valor de salida adaptado a los requisitos de precisión respectivos.  
40

**[0034]** La ponderación se realizará principalmente en función de las cantidades que se sabe que conducen a errores en la señal de medición. Si, por ejemplo, uno de los sensores de velocidad de rotación muestra errores que dependen en gran medida de la aceleración, este sensor solo se ponderará muy ligeramente a altas aceleraciones.  
45

**[0035]** Para llevar a cabo el procedimiento de control según la invención, un misil ligero presenta un dispositivo de control que comprende medios para llevar a cabo el procedimiento.  
50

**[0036]** Para llevar a cabo el procedimiento general según la invención para determinar parámetros de medición inerciales, un dispositivo para determinar parámetros de medición inerciales presenta medios para realizar el procedimiento.

55 **[0037]** Por lo tanto, la invención es en particular un procesamiento para mejorar la precisión de la medición de inercia cuando se utilizan sensores pequeños y económicos. Una unidad de medición diseñada para llevar a cabo dicho procedimiento se puede usar en la construcción de misiles pequeños, ligeros y económicos, pero también en muchos otros campos de aplicación, por ejemplo, en la navegación interna, navegación de personas o en drones ligeros.  
60

**[0038]** La invención se explicará a continuación con más detalle con referencia al dibujo.

#### BREVE DESCRIPCIÓN DEL DIBUJO

65 **[0039]** El dibujo muestra en:

**Fig. 1** muestra una representación funcional de los intervalos de medición en función del parámetro de medición a detectar de dos sensores inerciales utilizados para el control de un misil ligero según el procedimiento según la invención;

5

**Fig. 2** una representación funcional mediante dos valores de parámetros de medición detectados mediante sensores inerciales y valores de parámetros de medición corregidos por una diferencia de desplazamiento en función del parámetro de medición a detectar;

10

**Fig. 3** muestra una representación funcional de los intervalos de medición de un sensor MEMS con un amplio intervalo de medición y un giroscopio de fibra óptica de alta precisión con un intervalo de medición pequeño y periódico;

15

**Fig. 4** muestra una representación esquemática en diagrama de bloques de una primera realización de un dispositivo para llevar a cabo el procedimiento según la invención;

**Fig. 5** es una representación esquemática en diagrama de bloques de una realización del procedimiento según la invención para detectar parámetros de medición inerciales mediante el uso de una pluralidad de sensores por eje.

20

**Fig. 6** es una representación esquemática en diagrama de bloques de una segunda realización de un dispositivo para realizar el procedimiento según la invención.

#### DESCRIPCIÓN DE EJEMPLOS DE REALIZACIÓN PREFERIDOS

25

**[0040]** La Fig. 1 muestra una representación funcional de los intervalos de medición en función del parámetro de medición a detectar para una realización de dos sensores inerciales, cuyas señales se usan para controlar un misil ligero, que no se muestra con más detalle, según el procedimiento según la invención. El primer sensor inercial presenta una mayor precisión de detección, pero un intervalo de medición más pequeño que el segundo sensor inercial.

30

**[0041]** El intervalo de medición del primer sensor inercial se muestra como la curva 1. En la unidad de medida que se muestra, el intervalo de medición 1 está aproximadamente entre -300 y +300. Si el valor real del parámetro de medición se encuentra fuera del intervalo de medición 1, el primer sensor inercial, tal como se muestra esquemáticamente en la Fig. 1, genera el valor límite inferior o superior del intervalo de medición 1, es decir, aproximadamente -300 o + 300.

35

**[0042]** El segundo sensor inercial tiene una precisión de detección más baja, pero un intervalo de medición más grande. El intervalo de medición del segundo sensor inercial se muestra como la curva 2 y está aproximadamente entre -900 y +900. En el intervalo de medición superpuesto 3, las curvas 1 y 2 se superponen.

40

**[0043]** Los valores de los parámetros de medición realmente registrados por los sensores inerciales no coinciden exactamente con los valores reales del parámetro de medición debido a errores de medición. Esto se muestra en la Fig. 2. Los valores de los parámetros de medición detectados por el primer sensor inercial se muestran como la curva 4, los valores de los parámetros de medición detectados por el segundo sensor inercial como la curva

45

**[0044]** La curva 4 interseca el eje de ordenadas ligeramente por encima del punto cero del sistema de coordenadas. Si el valor real del parámetro de medición es cero, el primer sensor inercial proporciona un valor  $d_1$  que es mayor que cero. La diferencia entre este valor  $d_1$  y cero, es decir,  $d_1$ , se define aquí como el desplazamiento del primer sensor inercial. Suponiendo que este error de medición se comporta de manera aproximadamente sistemática, se puede suponer que todos los valores de parámetros de medición detectados por el primer sensor inercial se desvían del valor real en aproximadamente  $d_1$ .

50

**[0045]** La curva 5 muestra los valores de los parámetros de medición detectados por el segundo sensor inercial. La curva 5 cruza la ordenada ligeramente por debajo del punto cero de la coordenada. En la realización mostrada tiene el segundo sensor inercial, un valor de parámetro de medición  $d_2$  que es más pequeño que el valor real del parámetro de medición. Esta desviación es el desplazamiento  $d_2$  del segundo sensor inercial, que es negativo en la realización del segundo sensor inercial que se muestra. La cuantía del segundo desplazamiento  $|d_2|$  es mayor que la cuantía del primer desplazamiento  $|d_1|$ ; esto refleja el hecho de que la precisión de detección del primer sensor inercial es mayor que la del segundo.

60

**[0046]** Según la realización del procedimiento según la invención, el valor del parámetro de medición se usa como el valor de salida para el control de un misil ligero dentro del intervalo de medición del primer sensor inercial, ya que, como se acaba de explicar, esto produce valores de parámetros de medición más exactos. Para obtener valores de parámetros de medición confiables y lo más exactos posibles fuera del intervalo de medición del primer sensor

65

inercial, se usa un valor del parámetro de medición corregido del segundo sensor inercial  $S_2^{\text{korr}}$  como el valor de salida para el control del misil ligero. Los valores de los parámetros de medición corregidos del segundo sensor inercial  $S_2^{\text{korr}}$  se muestran en la Fig. 2 como curva n.º 6.

5 **[0047]** Los valores de los parámetros de medición corregidos  $S_2^{\text{korr}}$  resultan al restar el desplazamiento del segundo sensor inercial  $d_2$  y al sumar el desplazamiento del primer sensor inercial  $d_1$ :  $S_2^{\text{korr}} = S_2 - (d_2 - d_1) = S_2 - D$ , o, en otras palabras, restando la diferencia de desplazamiento  $D$  entre los dos desplazamientos:  $D = d_2 - d_1$ . Los dos desplazamientos individuales  $d_1$  y  $d_2$  no se conocen, solo el desplazamiento diferencial  $D$ . En la Fig. 2, se puede reconocer la curva 6 de los valores de los parámetros de medición corregidos  $S_2^{\text{korr}}$  frente a la curva 5 de los valores  
10 de parámetros de medición del segundo sensor inercial como desplazada paralelamente por la diferencia de desplazamiento  $D$ , cuyo punto de intersección con el eje de ordenadas coincide con el punto de intersección de los valores de los parámetros de medición  $S_1$  del primer sensor inercial.

**[0048]** La Fig. 3 muestra los intervalos de medición de un sensor MEMS con un amplio intervalo de medición y  
15 un giroscopio de fibra óptica de alta precisión con un intervalo de medición pequeño y periódico. Esto permite utilizar la periodicidad en el intervalo de medición del giroscopio de fibra óptica y el intervalo de periodicidad en el que se encuentra actualmente el giroscopio de fibra óptica.

**[0049]** Cuando se enciende, un giroscopio de fibra óptica solo entrega un parámetro de medición claramente  
20 asignable en un determinado intervalo de medición, que generalmente corresponde a una fase Sagnac de  $6\pi$ . Velocidades de rotación más grandes conducen a cambios de fase más grandes que se proyectan nuevamente en este período base. Sin embargo, existen procedimientos para expandir el intervalo de medición para el funcionamiento de giroscopios de fibra óptica. Sin embargo, estos solo funcionan si se enciende el sensor casi en reposo. Este problema se resuelve con el uso de un segundo sensor (aquí MEMS) con un intervalo de medición muy grande, ya  
25 que ahora se puede concluir a partir del parámetro de medición de este segundo sensor en qué intervalo de periodicidad funciona el sensor de fibra óptica.

**[0050]** La Fig. 4 muestra esquemáticamente como un diagrama de bloques un primer dispositivo, que consiste  
30 en un dispositivo de control y dos sensores inerciales acoplados al mismo, para llevar a cabo una realización del procedimiento según la invención.

**[0051]** Los valores de los parámetros de medición  $S_1$ ,  $S_2$  de un primer y un segundo sensor inercial 8, 9 se  
envían al dispositivo de control 7. El dispositivo de control procesa esto según el procedimiento según la invención tal como se explicará a continuación con referencia a las Fig. 5 y 6, a un valor de salida  $A$ , que luego se envía a un  
35 actuador 10, por ejemplo, un dispositivo de dirección, para controlar un misil ligero.

**[0052]** La Fig. 5 muestra una representación esquemática en diagrama de bloques de una realización del  
procedimiento según la invención para controlar un misil ligero. En esta realización, se usan dos sensores inerciales, un primer sensor inercial 8 con alta precisión de detección y un intervalo de medición más pequeño 1, y un segundo  
40 sensor inercial 9 con baja precisión de detección y un intervalo de medición 2 más grande.

**[0053]** Durante el funcionamiento de un misil ligero, para cuyo control se utiliza la realización ilustrada del  
procedimiento, se inicia una medición en una primera etapa  $S_1$ . En una etapa  $S_2$ , se registra un valor de parámetro de medición  $S_1$  del primer sensor inercial 8, y en una etapa adicional  $S_3$ , se registra un valor de parámetro de medición  
45  $S_2$  del segundo sensor inercial 9. En una etapa siguiente  $S_4$ , los valores de los parámetros de medición  $S_1$ ,  $S_2$  son leídos y procesados por un dispositivo de control 7.

**[0054]** En una etapa siguiente  $S_5$  del procedimiento, se realiza una consulta sobre si el valor del parámetro de  
medición  $S_1$  se encuentra dentro del intervalo de medición 1 del primer sensor inercial 8. Si este es el caso, en la  
50 siguiente etapa  $S_8$ , el valor del parámetro de medición  $S_1$  del primer sensor inercial 8, que es más exacto, se determina como el valor de salida  $A$ . Sin embargo, si se determinó en la etapa  $S_5$  que el valor del parámetro de medición  $S_1$  se encuentra fuera del intervalo de medición 1 del primer sensor inercial 8, se pasa a una etapa  $S_6$ .

**[0055]** En la etapa  $S_6$ , se determina un sesgo  $B$ , una medida de la desviación sistemática presunta de los  
55 valores de parámetros de medición con respecto a los valores reales, como la diferencia de compensación  $D = d_2 - d_1$ . En la realización mostrada, el sesgo  $B$  se define como una diferencia de desplazamiento, es decir, como una diferencia entre los desplazamientos  $d_1$ ,  $d_2$  del primer y el segundo sensor inercial 8, 9. Sin embargo, en otras realizaciones, el sesgo  $B$  también puede determinarse a partir de otra relación funcional dependiendo de los desplazamientos  $d_1$ ,  $d_2$ :  $B = f(d_1, d_2)$ . En una etapa  $S_7$ , se determina un valor de parámetro de medición corregido  $S_2^{\text{korr}}$  del segundo sensor 9,  
60 restando la diferencia de compensación  $D$  del parámetro de medición  $S_2$ :  $S_2^{\text{korr}} = S_2 - D$ .

**[0056]** En una última etapa  $S_9$ , el valor de salida  $A$  respectivo, en la realización mostrada, ya sea el valor del  
parámetro de medición  $S_1$  del primer sensor inercial 8 o el valor del parámetro de medición corregido  $S_2^{\text{korr}}$  del segundo  
sensor inercial 9 se emite como un valor de salida  $A$  a un actuador 10 del misil ligero.

65

**[0057]** La Fig. 6 es una representación esquemática en diagrama de bloques de una segunda realización de un dispositivo para la realización del procedimiento según la invención. En esta realización, se registran velocidades de rotación alrededor de tres ejes de medición perpendiculares (eje x, eje y, eje z) y aceleraciones en la dirección de los mismos tres ejes de medición.

5

**[0058]** Para este propósito, se usan cuatro sensores inerciales para cada eje de medición, dos sensores de velocidad de rotación 11, 12 para detectar una velocidad de rotación alrededor del eje x, dos sensores de aceleración 13, 14 para detectar la aceleración en la dirección del eje x, dos sensores de velocidad de rotación 15, 16 y dos sensores de aceleración 17, 18 para el eje y, y dos sensores de velocidad de rotación 19, 20 y dos sensores de aceleración 21, 22 para el eje z.

10

**[0059]** Todos los valores de los parámetros de medición de los sensores inerciales 11 a 22 se envían a un dispositivo de control 23, que realiza regularmente una verificación de plausibilidad de los valores de los parámetros de medición, incluidos los datos de experiencia almacenados en un dispositivo de almacenamiento 24 en forma de coeficientes de calibración. Los coeficientes de calibración se utilizan para compensar los términos de error reproducibles y modelables, p. ej., por temperatura, desalineación o acoplamiento cruzado. Los valores de desplazamiento determinados mediante el procedimiento de sensor múltiple también se pueden almacenar aquí para contrarrestar las desviaciones a largo plazo. El desplazamiento se puede reajustar regularmente mediante los coeficientes de calibración. De esta manera, se evita una deriva del encendido a largo plazo, en otras palabras, se evita que los errores sistemáticos de medición se vuelvan cada vez más inadvertidos cuando el procedimiento se ejecuta durante un tiempo prolongado. Si un valor de parámetro de medición es inverosímil, tampoco se tiene en cuenta al formar un valor de salida A. De esta manera, un sensor inercial defectuoso puede excluirse del procedimiento para controlar el misil. El dispositivo de control 23 emite un valor de salida a un accionador 25 del misil después de que haya procesado los valores del valor de salida según el procedimiento según la invención.

20

**[0060]** Con respecto a las características no explicadas en detalle anteriormente, se hace referencia expresa a las reivindicaciones y al dibujo.

25

#### Lista de referencias

30

**[0061]** Se denomina:

- 1 Intervalo de medición de un primer sensor inercial
- 2 Intervalo de medición de un segundo sensor inercial
- 35 3 Zona solapante de los intervalos de medición
- 4 Valores de parámetros de medición adquiridos por el primer sensor inercial
- 5 Valores de parámetros de medición adquiridos por el segundo sensor inercial
- 6 Valores de parámetros de medición corregidos del segundo sensor inercial
- 7 Dispositivo de control
- 40 8 Primer sensor inercial
- 9 Segundo sensor inercial
- 10 Actuador de un misil ligero
- 11 Primer sensor de velocidad de rotación (eje x)
- 12 Segundo sensor de velocidad de rotación (eje x)
- 45 13 Primer sensor de velocidad (eje x)
- 14 Segundo sensor de velocidad (eje x)
- 15 Primer sensor de velocidad de rotación (eje y)
- 16 Segundo sensor de velocidad de rotación (eje y)
- 17 Primer sensor de velocidad (eje y)
- 50 18 Segundo sensor de velocidad (eje y)
- 19 Primer sensor de velocidad de rotación (eje z)
- 20 Segundo sensor de velocidad de rotación (eje z)
- 21 Primer sensor de velocidad (eje z)
- 22 Segundo sensor de velocidad (eje z)
- 55 23 Dispositivo de control
- 24 Dispositivo de almacenamiento
- 25 Actuador de un misil ligero
- d<sub>1</sub> Desplazamiento del primer sensor inercial
- d<sub>2</sub> Desplazamiento del segundo sensor inercial
- 60 S<sub>1</sub> Valor del parámetro de medición del primer sensor inercial
- S<sub>2</sub> Valor del parámetro de medición del segundo sensor inercial
- S<sub>2</sub><sup>korr</sup> Valor del parámetro de medición corregido del segundo sensor inercial
- A valor de salida

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para determinar los parámetros de medición inerciales mediante una unidad de medición inercial que presenta sensores inerciales (8, 9), donde al menos dos sensores inerciales (8, 9) detectan cada uno el mismo parámetro de medición a detectar en los intervalos de medición (1, 2) que se superponen al menos parcialmente entre sí de forma independiente con diferente precisión de detección,
- caracterizado**  
**porque** los parámetros de medición inerciales están previstos para controlar un misil, y un valor de salida (A) corregido (A) para controlar el misil se forma (S7) a partir de los valores de los parámetros de medición detectados ( $S_1$ ,  $S_2$ ) en función de la precisión de detección de al menos un sensor inercial (8, 9), donde
- un desplazamiento ( $d_1$ ) de un primer sensor inercial (8) y un desplazamiento ( $d_2$ ) de un segundo sensor inercial (9) se determinan de forma continua o en tiempos predeterminados, y
  - un valor de parámetro de medición ( $S_1$ ) de un primer sensor inercial (8) se determina (S8) como un valor de salida (A) si se encuentra dentro del intervalo de medición (1) del primer sensor inercial (8) y, de lo contrario, el valor del parámetro de medición ( $S_2^{korr}$ ) corregido en función de los desplazamientos ( $d_1$ ,  $d_2$ ) de los sensores inerciales (8, 9) del segundo sensor inercial (9) se determina como señal de salida (A) al restar el desplazamiento ( $d_2$ ) del segundo sensor inercial (9) del valor del parámetro de medición ( $S_2$ ) del segundo sensor inercial (9) y al sumar el desplazamiento ( $d_1$ ) del primer sensor inercial (8).
2. Procedimiento según la reivindicación 1,  
**caracterizado**  
**porque** el valor de salida (A) se forma en función de los valores de parámetros de medición ( $S_1$ ,  $S_2$ ) de los sensores inerciales (8, 9) y sus desplazamientos ( $d_1$ ,  $d_2$ ).
3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2,  
**caracterizado**  
**porque** el valor de salida (A) se forma en función de un valor de parámetro de medición ( $S_1$ ) de un primer sensor inercial (8) con una mayor precisión de detección y un intervalo de medición menor (1) y de un valor de parámetro de medición ( $S_2$ ) de un segundo sensor inercial (9) con una menor precisión de detección y un mayor intervalo de medición (2).
4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores,  
**caracterizado**,  
**porque** con los sensores inerciales (8, 9) se detecta una velocidad de rotación y/o una aceleración.
5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores,  
**caracterizado**  
**porque** se verifica la plausibilidad de los valores de parámetros de medición ( $S_1$ ,  $S_2$ ) de los sensores inerciales (8, 9), y el valor de salida (A) se forma independientemente de un valor de parámetro de medición no plausible ( $S_1$ ,  $S_2$ ).
6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores,  
**caracterizado**  
**porque** las velocidades de rotación de varios ejes de medición y/o las aceleraciones en la dirección de varios ejes de medición se detectan independientemente unas de otras mediante al menos dos sensores inerciales (11-22) en cada caso, y se forma una señal de salida (A) corregida para cada uno de los ejes de medición a partir de los valores de parámetros de medición detectados.
7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores,  
**caracterizado**  
**porque** el procedimiento se usa para el control de un misil.
8. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores,  
**caracterizado**  
**porque** el valor de salida (A) se forma en función de al menos una característica dinámica del misil.
9. Dispositivo de control (7, 23) para controlar un misil, con medios para formar un valor de salida (A) corregido a partir de valores de parámetros de medición ( $S_1$ ,  $S_2$ ) detectados por sensores inerciales (8, 9) en función de la precisión de la detección de al menos uno de los sensores inerciales (8, 9), donde los medios están configurados para llevar a cabo el procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8.
10. Dispositivo para determinar parámetros de medición inerciales, que comprende una unidad de medición inercial con al menos dos sensores inerciales (8, 9) que están configurados para detectar parámetros de medición en intervalos de medición que se superponen al menos parcialmente entre sí de forma independiente con diferente precisión de detección.

**caracterizado**

**porque** el dispositivo comprende medios para formar un valor de salida (A) corregido a partir de los valores de parámetros de medición ( $S_1$ ,  $S_2$ ) detectados en función de la precisión de detección de al menos uno de los sensores inerciales (8, 9), donde los medios están configurados de tal manera que realizan el procedimiento según cualquiera  
5 de las reivindicaciones 1 a 8.

Fig. 1

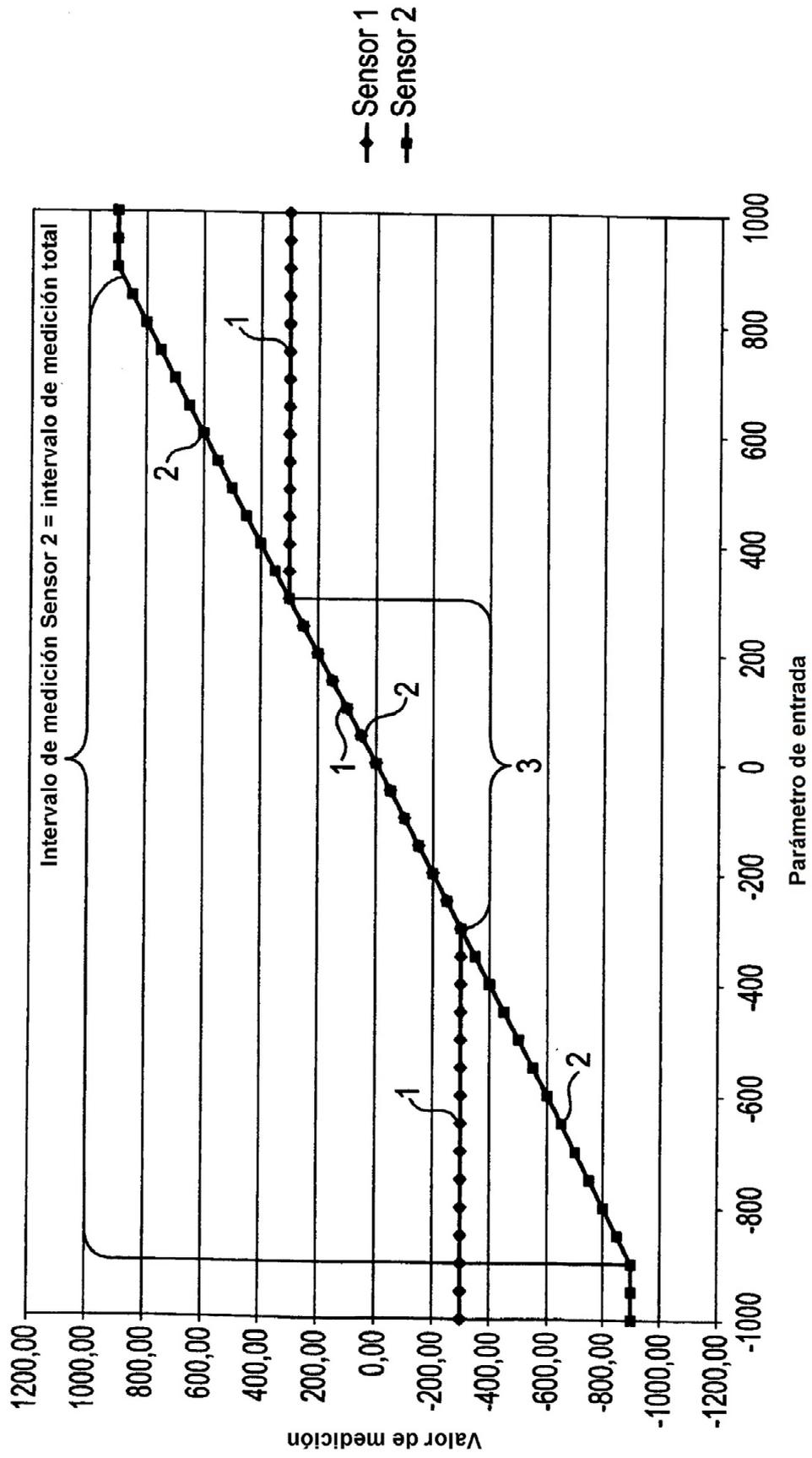


Fig. 2

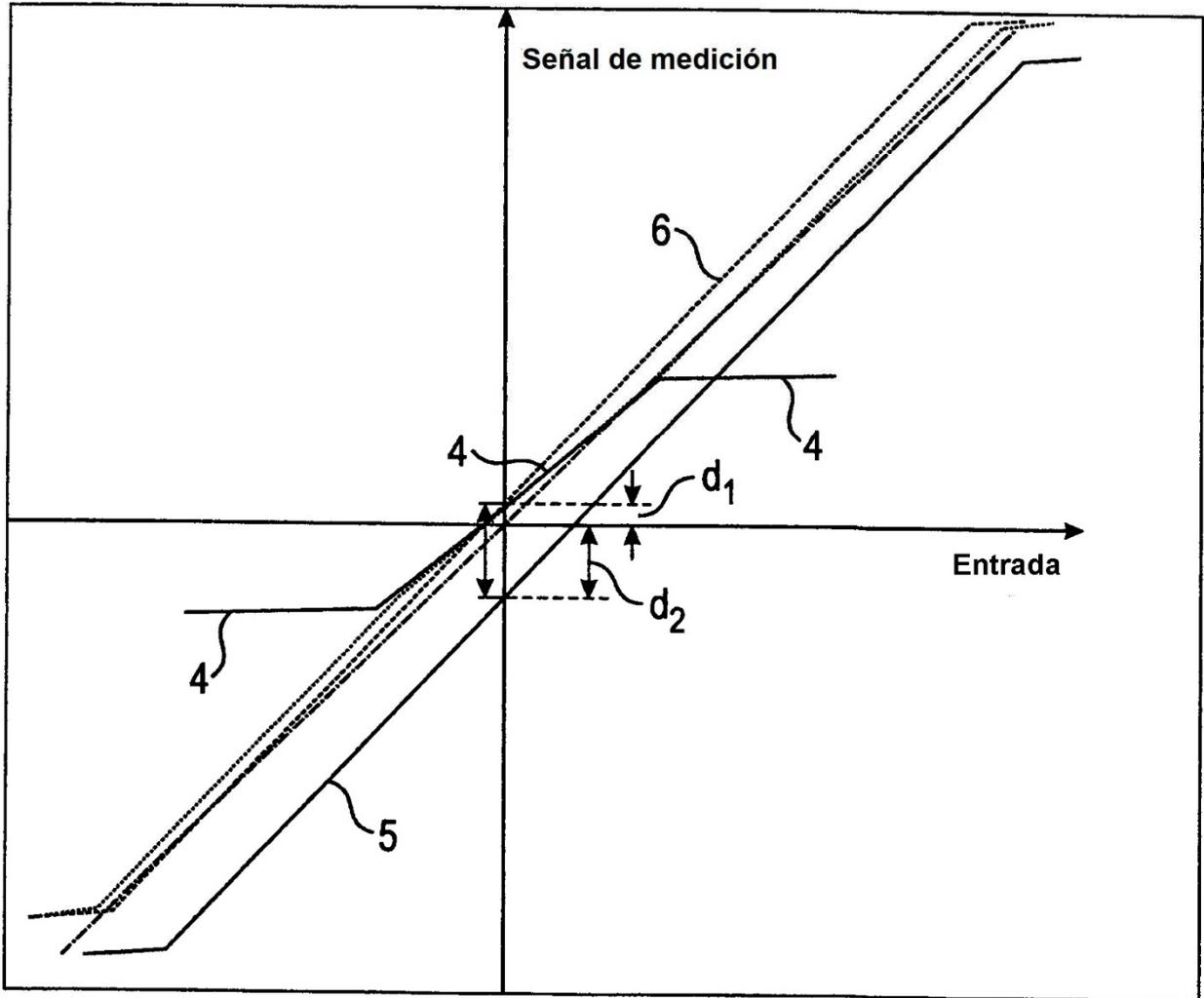
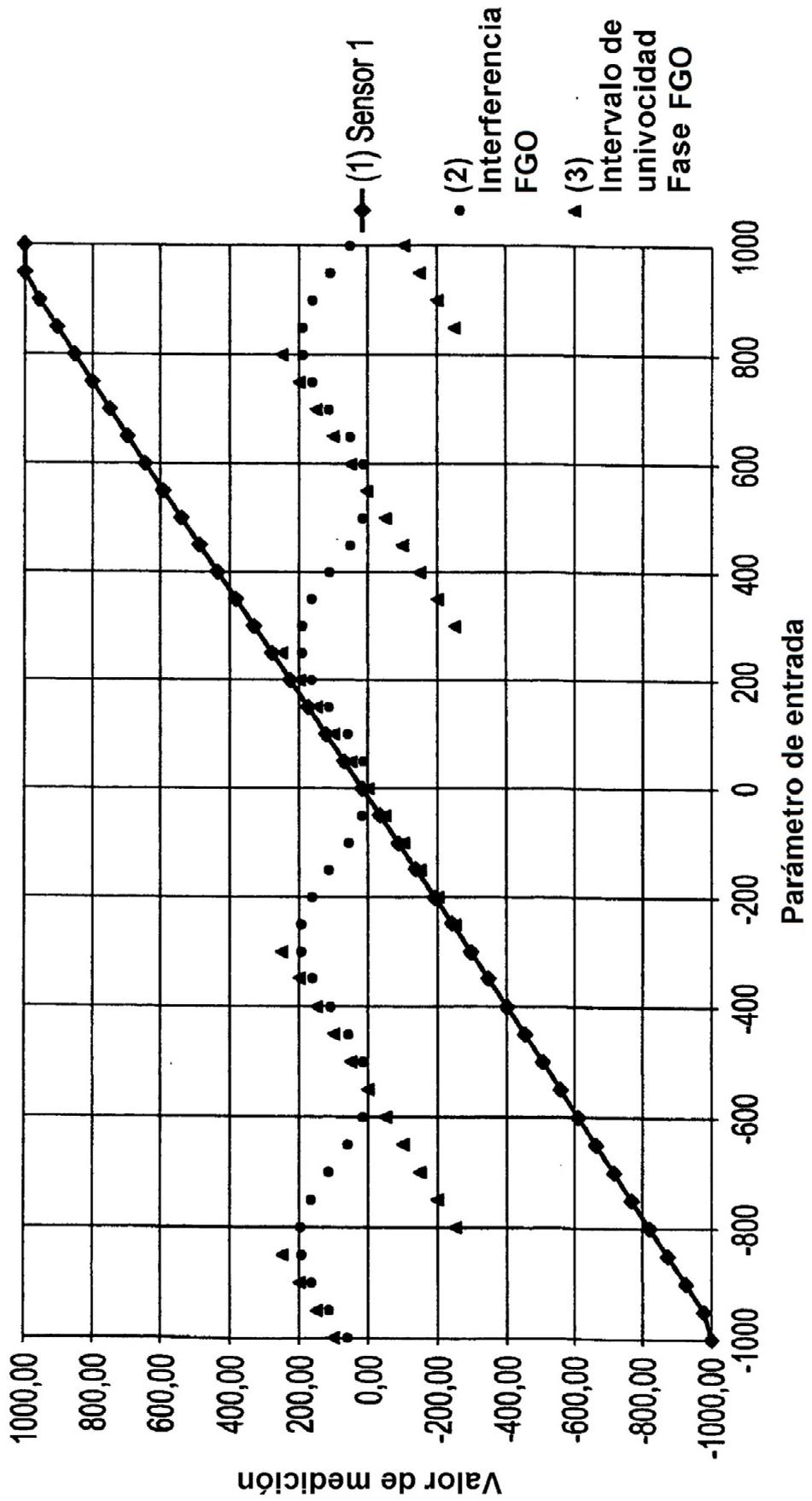
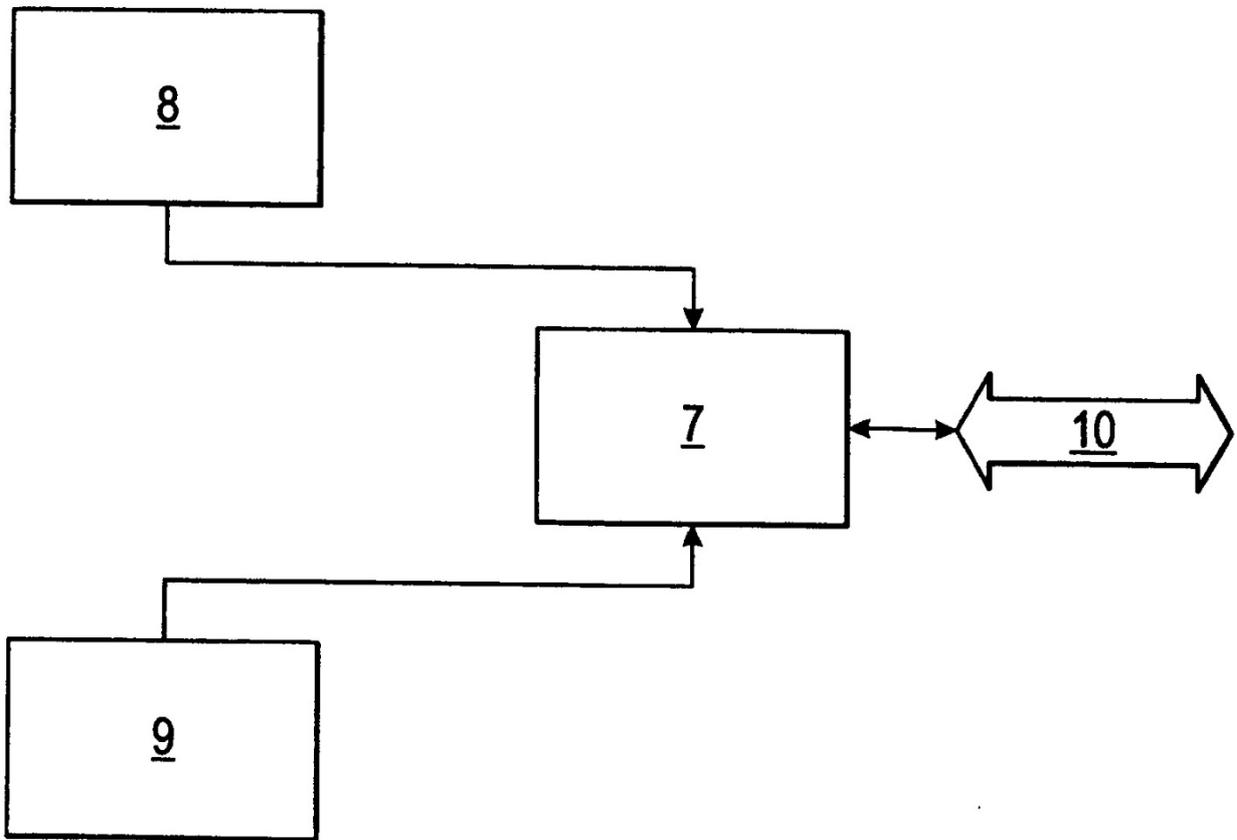


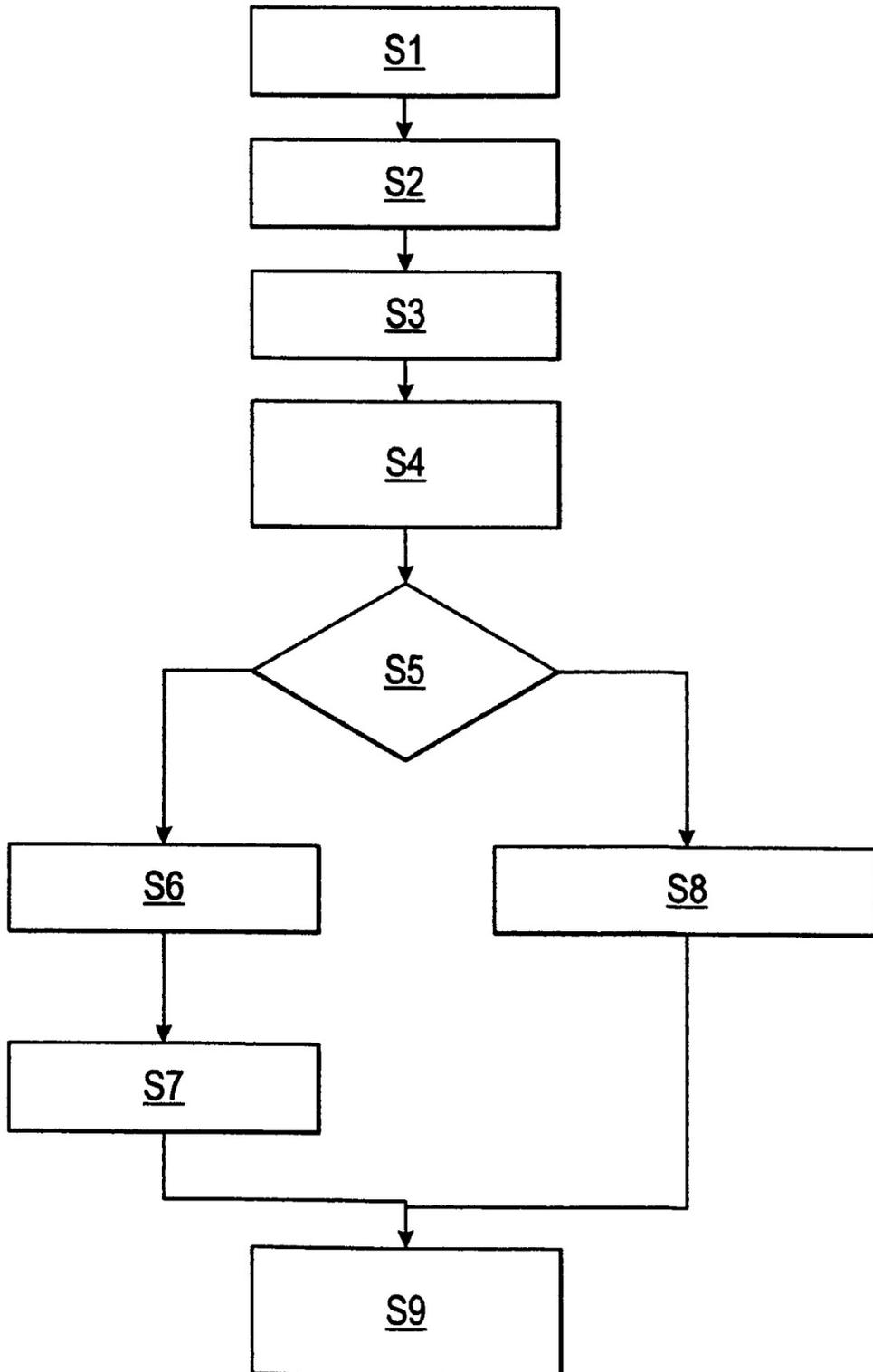
Fig. 3



**Fig. 4**



**Fig. 5**



**Fig. 6**

