

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 765 813**

51 Int. Cl.:

F41G 5/08 (2006.01)

G01S 17/66 (2006.01)

G01S 3/786 (2006.01)

G01S 13/66 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.05.2017 E 17172809 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.11.2019 EP 3270091**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para controlar la posición de una plataforma pivotable alrededor de tres ejes provista de un dispositivo de seguimiento de objetivos**

30 Prioridad:

13.07.2016 DE 102016008414

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

11.06.2020

73 Titular/es:

MBDA DEUTSCHLAND GMBH (100.0%)

Hagenauer Forst 27

86529 Schrobenhausen, DE

72 Inventor/es:

BRÄNDLE, MARKUS

74 Agente/Representante:

SALVÀ FERRER, Joan

ES 2 765 813 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 controlar la posición de una plataforma pivotable alrededor de tres ejes provista de un dispositivo de seguimiento de objetivos

5

CAMPO TÉCNICO

[0001] La presente invención se refiere a un procedimiento para controlar la posición de una plataforma provista de un dispositivo de seguimiento de objetivos, pivotable alrededor de tres ejes espaciales. Se refiere además a un dispositivo para llevar a cabo dicho procedimiento, es decir, un dispositivo de control para una plataforma pivotable equipada de forma adecuada.

10

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

[0002] Para rastrear objetivos en movimiento, se utilizan plataformas provistas de un dispositivo de seguimiento de objetivos y pivotables alrededor de tres ejes espaciales, las llamadas plataformas de seguimiento, que presentan elementos de accionamiento que están conectados con un dispositivo de control y reciben comandos de control de este último para cambiar la posición de la plataforma en el espacio de tal manera que el dispositivo de seguimiento del objetivo proporcionado en la plataforma se rastrea hasta el objetivo en movimiento. Para este propósito, están previstos dispositivos de detección para la posición y/o la posición de la plataforma en el espacio, que transmiten los valores detectados al dispositivo de control, que luego evalúa estos valores detectados y genera los comandos de control. Sin embargo, las vibraciones (resonancia) en la salida de la plataforma pueden hacer que el dispositivo de detección también vibre, lo que hace que el seguimiento del objetivo sea significativamente más difícil o completamente imposible. Por lo tanto, una plataforma de seguimiento con baja resonancia natural solo puede funcionar con una dinámica de sistema baja sin medidas adicionales, ya que de lo contrario la resonancia conduce a la inestabilidad en el circuito de seguimiento, es decir, en el circuito de control del dispositivo de control.

15

20

25

ESTADO DE LA TÉCNICA

[0003] Por lo general, los elementos de accionamiento de dichas plataformas también reciben comandos de torque por parte del dispositivo de control asignado además de las posiciones deseadas a las que se deben aproximar, por ejemplo, para amortiguar las vibraciones que pueden producirse entre el accionamiento y la salida. Esto requiere interfaces adecuadas para la transferencia de las posiciones deseadas y los comandos de torque. Sin embargo, hay plataformas en las que no están previstas interfaces de torque, sino solo interfaces de posiciones deseadas. Por lo tanto, la resonancia puede controlarse de manera convencional, por ejemplo, mediante retroalimentación de velocidad diferencial o por control de estado, pero esto no es posible si solo hay una interfaz de posición disponible para controlar la plataforma.

30

35

[0004] El documento EP276454A1 describe un sistema de seguimiento de objetivos del estado de la técnica.

40

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

[0005] Por lo tanto, un objetivo de la presente invención es proporcionar un procedimiento y un dispositivo para controlar la posición de una plataforma provista de un dispositivo de seguimiento de objetivos pivotable alrededor de tres ejes espaciales, y que hace posible realizar la amortiguación de vibraciones incluso con plataformas provistas de una sola interfaz de posición deseada.

45

[0006] La parte del objetivo dirigida al procedimiento se logra mediante el procedimiento con las características de la reivindicación 1.

50

[0007] Este procedimiento según la invención para controlar la posición de una plataforma sensible a la vibración provista de un dispositivo de seguimiento de objetivos y pivotable alrededor de tres ejes espaciales comprende las etapas de:

55

- a) determinar la posición real de la plataforma;
- b) determinar una desviación de la posición real de una posición deseada para la plataforma en la que un dispositivo de detección de objetivos provisto en la plataforma apunta a un objetivo situado en una posición de destino determinada;
- c) reconstruir la posición de destino absoluta del objetivo a partir de la posición real de la plataforma determinada en la etapa a) y la desviación determinada en la etapa b);
- d) estimar una trayectoria de desplazamiento del objetivo mediante un filtro, donde el filtro es un filtro de Kalman;
- e) generar un comando de posicionamiento mediante un dispositivo de control que presenta un controlador de seguimiento para la plataforma para desplazarse a la posición deseada sobre la base de la desviación determinada en la etapa b) y la trayectoria de desplazamiento estimada en la etapa d);
- f) cargar un dispositivo de desplazamiento para la plataforma con el comando de posicionamiento generado en la

60

65

etapa e);

- g) donde mediante el filtro se detectan vibraciones de la desviación determinada en la etapa b) y, en caso de vibraciones, se ajustan los parámetros del filtro y/o los factores de amplificación en el controlador de seguimiento, donde las vibraciones se detectan evaluando la secuencia de innovación al cuadrado del filtro, donde la secuencia de innovación indica una desviación entre un valor medido y un valor estimado calculado con la ayuda de un modelo de sistema subyacente.

VENTAJAS

- 10 **[0008]** Este procedimiento permite amortiguar de manera efectiva o incluso compensar las vibraciones que se producen en plataformas que solo están provistas de una interfaz de posición deseada. Por lo tanto, una plataforma que funciona con este procedimiento presenta una menor tendencia a oscilar, lo que conduce a un mayor rendimiento del sistema. Mediante un filtro adecuado se detectan vibraciones en el sistema y, en este caso, se ajustan los parámetros del filtro y los factores de amplificación en el controlador de seguimiento.
- 15 **[0009]** Otras características de configuración preferidas y ventajosas del procedimiento según la invención son objeto de las reivindicaciones secundarias 2 a 4.
- 20 **[0010]** Es ventajoso si las etapas a) a g) se repiten a intervalos de tiempo.
- [0011]** También es ventajosa una variante del procedimiento, en la que el comando de posicionamiento emitido por el controlador de seguimiento es corregido en cuanto a las vibraciones detectadas para formar un comando de posicionamiento resultante que se aplica al dispositivo de control en la etapa f).
- 25 **[0012]** También es ventajoso si la secuencia de innovación es filtrada con filtro de paso bajo y/o ponderada. El filtrado de paso bajo se lleva a cabo preferentemente con un filtro de paso bajo de primer orden. La ponderación se lleva a cabo preferentemente con una inversa de la matriz, que se rellena con elementos de la matriz de covarianza a posteriori del filtro.
- 30 **[0013]** La parte del objetivo que se refiere al dispositivo se logra con el dispositivo según la reivindicación 5.
- [0014]** Este dispositivo está configurado para llevar a cabo el procedimiento según la invención para controlar la posición de una plataforma provista de un dispositivo de seguimiento de objetivos pivotable alrededor de tres ejes espaciales, para lo que el dispositivo está provisto del dispositivo de detección de objetivos, del dispositivo de desplazamiento para la plataforma, del dispositivo de control y de un dispositivo de detección de posiciones.
- 35 **[0015]** Además, el dispositivo de control presenta un controlador de seguimiento y un filtro.
- [0016]** Realizaciones ejemplares preferidas de la invención con detalles de configuración adicional y otras ventajas se describen y explican detalladamente a continuación con referencia a los dibujos adjuntos.
- 40

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

- 45 **[0017]** En los cuales:
- La fig. 1 muestra una estructura esquemática de un dispositivo según la invención y
- la fig. 2 muestra un diagrama de bloques esquemático de un circuito regulador de un dispositivo de control configurado para un procedimiento según la invención para una plataforma pivotable alrededor de tres ejes espaciales.
- 50

REPRESENTACIÓN DE EJEMPLOS DE REALIZACIÓN PREFERIDOS

- 55 **[0018]** Una plataforma sensible a la vibración 1 está prevista con un dispositivo de detección de objetivos 2 con el que se puede visualizar un objetivo móvil T situado en una posición de destino P_T , tal como se representa simbólicamente en la fig. 1 mediante la línea de visión V. La plataforma 1 es pivotable alrededor de los tres ejes espaciales X, Y y Z mediante un dispositivo de desplazamiento 3. Simbólicamente, este dispositivo de desplazamiento 3 está representado en la fig. 1 por una plataforma giratoria 10 con un eje de rotación z, con el que la plataforma 1 es pivotable alrededor del eje vertical Z, y por los accionadores de inclinación 12, 14, 16, 18 (ocultos tras 16), con los que la plataforma es pivotable alrededor de los dos ejes espaciales restantes X e Y.
- 60 **[0019]** Un dispositivo de control 4, que se muestra solo esquemáticamente en la fig. 1, presenta un controlador de seguimiento 40 y un filtro 42 y para transmitir comandos de posicionamiento está conectado con los accionamientos

12', 14', 16', 18' de los accionadores de inclinación 12, 14, 16, 18 y el accionamiento 10' de la plataforma giratoria 10 mediante líneas de control 44, 46.

5 **[0020]** En o sobre la plataforma 1 está previsto un dispositivo de detección de posición 5, con el que se puede determinar la posición de la plataforma 1 en el espacio. El dispositivo de detección de posición 5 está conectado mediante una línea de datos 48 con el dispositivo de control 4 para la transmisión de los datos de posición.

10 **[0021]** El dispositivo de detección de objetivos 2, el dispositivo de desplazamiento 3, el dispositivo de control 4 y el dispositivo de detección de posición 5 junto con la plataforma 1 forman un dispositivo de seguimiento de objetivos.

[0022] La fig. 2 muestra un diagrama de bloques esquemático de un circuito regulador de un dispositivo de control configurado para un procedimiento según la invención para una plataforma pivotable alrededor de tres ejes espaciales.

15 **[0023]** El procedimiento según la invención, con el que se puede mejorar el rendimiento de una plataforma sensible a las vibraciones 1 para detectar y seguir los objetivos, donde solo las posiciones deseadas pueden ser especificadas a la plataforma 1 a través de la interfaz disponible, se describe mediante la fig. 2.

20 **[0024]** G_{Platform} se refiere a la dinámica de la plataforma 1, con la que sigue un comando de posicionamiento u_c . Con el controlador de seguimiento 40 G_{Re9ler} se genera un comando de posicionamiento u_{fb} , de manera que la diferencia entre la posición actual de la plataforma ($\delta_{\text{plattform}}$) y la posición del objetivo (δ_{dist}) se reduce y finalmente, de manera idónea, se ajusta completamente a cero. La desviación de la posición del objetivo y de la plataforma se mide con el dispositivo de detección 5 adecuado ($G_{\text{carn+track}}$). El dispositivo de detección 5 está fijado en la parte de la plataforma 1 que se rastrea hacia el objetivo T. A continuación, esta parte de la plataforma 1 se denominará salida.

25 **[0025]** El rendimiento del sistema de la plataforma 1 puede mejorarse aún más mediante la estimación del desplazamiento del objetivo T. Para ello se reconstruye en un filtro 42 (G_{Filter}) la posición absoluta de destino a partir de la posición de la plataforma de medición y la desviación entre la posición de destino y la posición de la plataforma. A continuación, se estima una trayectoria T del desplazamiento posterior del objetivo T mediante el filtro 42 y se calcula un comando de posicionamiento u_{ff} para la plataforma 1, de modo que la plataforma 1 siempre sigue la trayectoria estimada del objetivo T'. El controlador de seguimiento 40 solo es necesario para compensar las imprecisiones en el control de avance, por ejemplo, debidos a efectos no modelados en el filtro 42, y aumentar de esa manera aún más el rendimiento general.

35 **[0026]** El comando de posicionamiento para la plataforma 1 se compone, por lo tanto, de las señales de la salida del filtro u_{ff} y de la salida del controlador u_{fb} .

40 **[0027]** Para evitar que las vibraciones en la salida de la plataforma 1 provoquen también una vibración en el dispositivo de detección de posición 5 y dificulten de esa manera el seguimiento del objetivo o lo hagan completamente imposible, se aplican las siguientes medidas dentro del alcance de esta invención:

- A través del filtro 40 del dispositivo de control 4 para la plataforma 1, se detectan las vibraciones de la salida.
- El filtro 40 que se usa para la estimación es preferentemente un filtro de Kalman.
- En el contexto de las medidas propuestas, la denominada "secuencia de innovación" del filtro 40 se evalúa preferentemente para la detección de vibraciones. Esta secuencia de innovación indica la desviación entre un valor medido y un valor estimado calculado con ayuda del modelo del sistema subyacente. Si el modelo de filtro modela perfectamente la realidad, la secuencia de innovación produciría entonces ruido blanco.
- La secuencia de innovación también puede ser filtrada de paso bajo y/o ponderada (por ejemplo, con la covarianza de error del filtro 40). Un gran valor escalar actual de la secuencia de innovación al cuadrado, escalado y filtrado de paso bajo significa una mala correspondencia entre el modelo y la medición. En el caso del presente dispositivo, esto se interpreta de tal manera que en el dispositivo se producen vibraciones que no se tienen en cuenta en el modelo de filtro.
- En la rama de retroalimentación del control de plataforma, el valor filtrado y ponderado mencionado anteriormente se usa para ajustar la ganancia del controlador. Si hay una mala correspondencia entre el modelo y la medición, la ganancia del controlador se reduce.
- Para el control de avance, el valor mencionado anteriormente se utiliza para desplazar la ponderación entre el modelo y la medición dentro del filtro, de modo que en caso de un valor grande y, por lo tanto, de una mala correspondencia entre el modelo y la medición, el modelo de filtro se pondera más.

60 **[0028]** Las referencias en las reivindicaciones, la descripción y los dibujos sirven solo para la mejor comprensión de la invención y no deben limitar el alcance de protección.

Lista de símbolos de referencia

65 **[0029]** Muestran:

	1	Plataforma sensible a la vibración
	2	Dispositivo de detección de objetivos
	3	Dispositivo de desplazamiento
5	4	Dispositivo de control
	5	Dispositivo de detección de posición
	10	Plataforma giratoria
	10'	Accionamiento
	12	Accionador de inclinación
10	12'	Accionamiento
	14	Accionador de inclinación
	14'	Accionamiento
	16	Accionador de inclinación
	16'	Accionamiento
15	18	Accionador de inclinación
	18'	Accionamiento
	40	Controlador de seguimiento
	42	Filtro
	44	Línea de control
20	46	Línea de control
	48	Línea de datos
	P _T	Posición de destino
	T	Objetivo
	T'	Trayectoria
25	U _c	Comando de posicionamiento
	V	Línea de visión
	X	Eje espacial
	Y	Eje espacial
	z	Eje de rotación
30	Z	Eje espacial/eje vertical

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para controlar la posición de una plataforma sensible a la vibración (1) provista de un dispositivo de seguimiento de objetivos, pivotable alrededor de tres ejes espaciales con las etapas de:
- 5 a) determinar la posición real de la plataforma (1);
 b) determinar una desviación de la posición real de una posición deseada para la plataforma (1), en la que un dispositivo de detección de objetivos (2) previsto en la plataforma (1) apunta a un objetivo (T) situado en una posición de destino (P_T);
- 10 c) reconstruir la posición de destino (P_T) absoluta del objetivo (T) a partir de la posición real de la plataforma (1) determinada en la etapa a) y la desviación determinada en la etapa b);
 d) estimar una trayectoria de desplazamiento del objetivo (T) mediante un filtro (42), donde el filtro es un filtro de Kalman;
- 15 e) generar un comando de posicionamiento mediante un dispositivo de control (4) que presenta un controlador de seguimiento (40) para la plataforma (4) para desplazarse a la posición deseada sobre la base de la desviación determinada en la etapa b) y la trayectoria de desplazamiento estimada en la etapa d);
 f) cargar un dispositivo de desplazamiento (3) para la plataforma (1) con el comando de posicionamiento generado en la etapa e);
- 20 g) **caracterizado porque** mediante el filtro (42) se detectan vibraciones de la desviación determinada en la etapa b) y, en caso de vibraciones, se ajustan los parámetros del filtro y/o los factores de amplificación en el controlador de seguimiento (40), donde las vibraciones se detectan evaluando la secuencia de innovación al cuadrado del filtro (42), donde la secuencia de innovación indica una desviación entre un valor medido y un valor estimado calculado con la ayuda de un modelo de sistema subyacente.
- 25 2. Procedimiento según la reivindicación 1,
caracterizada
porque las etapas a) a g) se repiten a intervalos de tiempo.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2,
 30 **caracterizada**
porque la secuencia de innovación es de filtrada con filtro de paso bajo y/o ponderada.
4. Procedimiento según la reivindicación 3,
caracterizada
 35 **porque** el filtrado de paso bajo se lleva a cabo preferentemente con un filtro de paso bajo de primer orden.
5. Dispositivo para llevar a cabo un procedimiento para controlar la posición de una plataforma (1), que está provista de un dispositivo de seguimiento de objetivos y es pivotable alrededor de tres ejes espaciales, según una de las reivindicaciones anteriores, para lo que el dispositivo está provisto del dispositivo de detección de objetivos (2),
 40 del dispositivo de desplazamiento (3) para la plataforma, del dispositivo de control (4) y de un dispositivo de detección de posición (5) y donde el dispositivo de control (4) presenta el controlador de seguimiento (40) y el filtro (42).

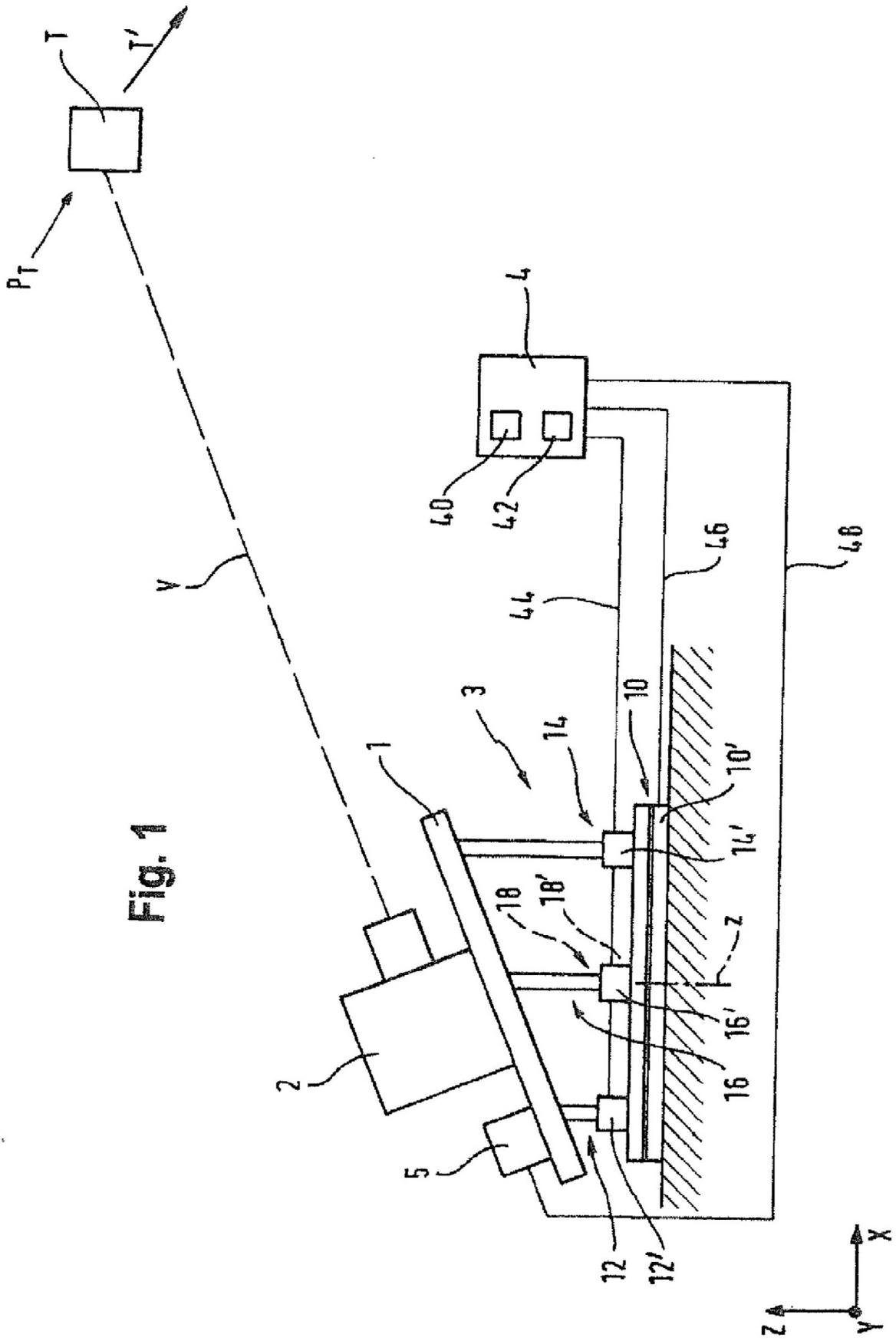


Fig. 1

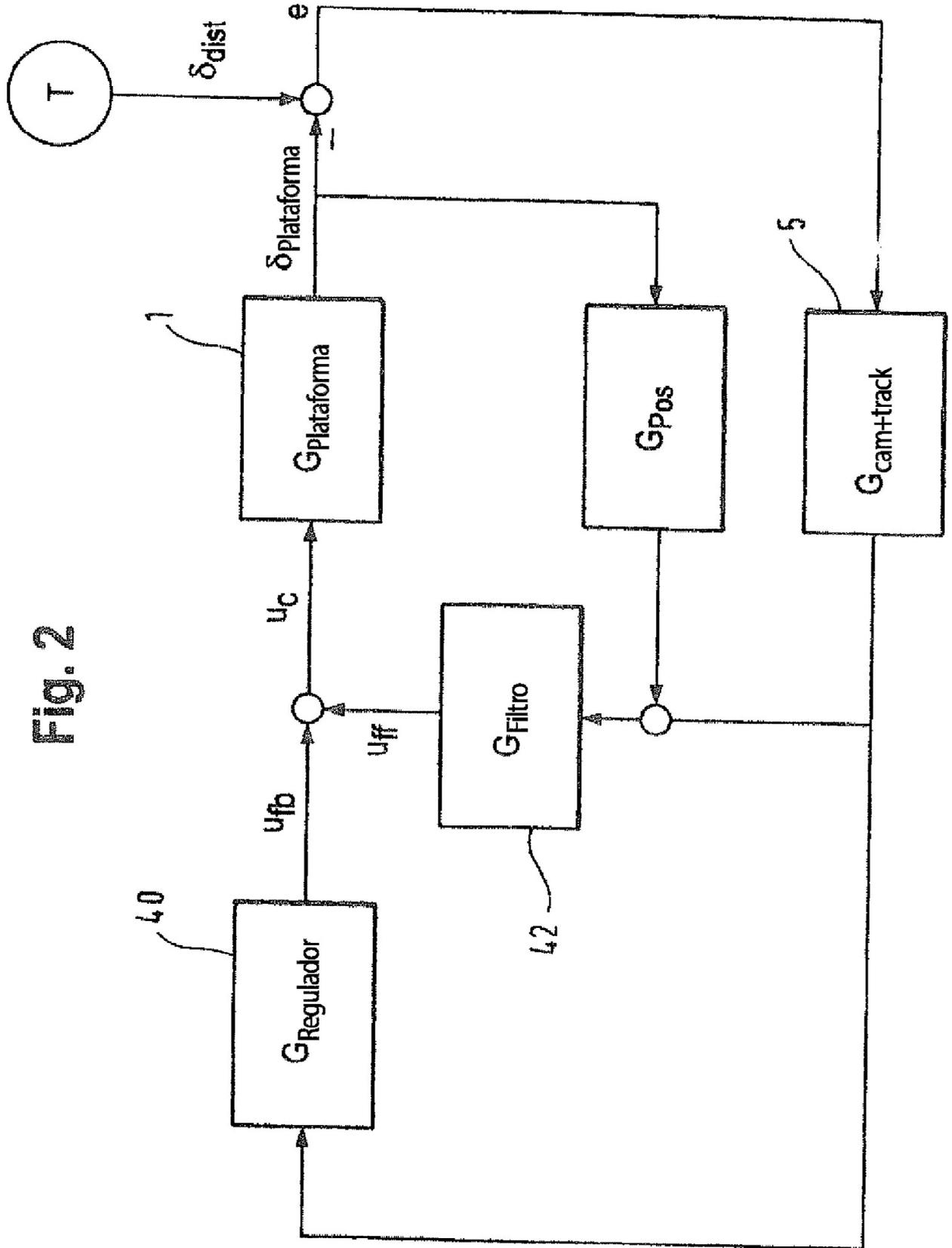


Fig. 2