

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 387 154**

51 Int. Cl.:
G01P 3/68 (2006.01)
G01P 3/80 (2006.01)
G01P 3/36 (2006.01)
G05D 1/08 (2006.01)
A63H 30/04 (2006.01)
A63H 27/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08008601 .0**
96 Fecha de presentación: **23.09.2003**
97 Número de publicación de la solicitud: **2241896**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **20.10.2010**

54 Título: **Sistema de estabilización para cuerpos voladores**

30 Prioridad:
23.09.2002 DE 10244313
30.11.2002 DE 10256202
14.12.2002 DE 10258545

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
14.09.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
14.09.2012

73 Titular/es:
REICH, STEFAN
MOOSRAIN 47
82418 MURNAU, DE y
CAPTRON ELECTRONIC GMBH

72 Inventor/es:
Reich, Stefan

74 Agente/Representante:
Carpintero López, Mario

ES 2 387 154 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

Sistema de estabilización para cuerpos voladores.

5 La invención se refiere a un dispositivo y un procedimiento para medir magnitudes de movimiento como la velocidad y/o la posición de un vehículo que se puede pilotar mecánicamente o en el que el concepto "vehículo" también comprende cuerpos voladores según al menos uno de sus 6 grados de libertad usando un sistema de sensores óptico, además en particular un uso como sistema de estabilización para pilotar cuerpos voladores tripulados o no tripulados. El objetivo de esta estabilización es hacer el pilotaje mucho más sencillo o incluso asumirlo completamente.

10 En particular para helicópteros de control remoto esta estabilización es importante puesto que su control es difícil y sólo le resulta posible a los pilotos entrenados. Para un helicóptero la estabilización puede comprender en particular una o ambas componentes horizontales del movimiento de vuelo. Otro campo de aplicación posible de la invención es la simplificación del control de aviones tripulados, en particular, cuando están próximos al suelo y durante la maniobra de aterrizaje. Con otras configuraciones resultan otras aplicaciones como la medición de distancia, el seguimiento de objetivos, la monitorización de un relieve topográfico, la coordinación de los movimientos relativos de vuelo de varios cuerpos voladores.

15 Los helicópteros por control remoto habituales como los que se utilizan en aerodelismo y para la fotografía aérea sólo tienen un sensor de giro piezoeléctrico para la estabilización alrededor del eje de altitud con el rotor trasero pero no para los otros ejes.

20 Tanto el documento DE 69502379 como el documento JP 1032847 describen una regulación para helicópteros en la que están presentes instrumentos para conocer la aceleración gravitatoria y la velocidad de giro con los que se representa un horizonte ficticio y se regula la inclinación de las palas del rotor.

En el documento US 5738300 se mide y se regula adicionalmente la velocidad de vuelo con respecto al aire. La regulación por encima del nivel del suelo y, particularmente, un movimiento de suspensión en el aire estacionario no resultan posibles en todos los casos mencionados.

25 El documento RU 9300250 y el documento DE 69507168 describen sistemas de estabilización en los que gracias a varios sensores de luz se mide y se evalúa la dirección de incidencia de la luz para conseguir la información sobre la inclinación y regular ésta pudiéndose detectar también la aproximación a objetos. Ambos sistemas mencionados sólo pueden funcionar correctamente para una iluminación uniforme y un horizonte muy plano.

30 El documento EP 0780807 describe un piloto automático que usa instrumentos tradicionales como un giróscopo y estabiliza la posición de vuelo y las velocidades horizontales de forma relativa. Sin embargo no resulta posible una medición absoluta o la regulación de la posición absoluta con respecto al suelo.

35 Para regular por ejemplo la trayectoria de vuelo de un helicóptero como, por ejemplo, para quedar suspendido en el aire en una posición se tiene que regular con el control adecuado de las palas del rotor en primer lugar la inclinación (el ángulo de alabeo y de cabeceo) y en segundo lugar la velocidad resultante de esto. Para esto la inclinación y la velocidad horizontal tienen que ser conocidas, en concreto, preferentemente por encima del nivel del suelo. Para un vuelo individual no resulta suficiente que se contrarreste siempre la posición de inclinación porque incluso entonces el helicóptero no puede reducir autónomamente la velocidad que haya sino que se tiene que detener con una contrainclinación controlada. En relación con esto el objetivo de la invención es medir los movimientos horizontales con respecto al suelo para poder estabilizarlos.

40 El documento DE 6946738 T2 describe un sistema de navegación con un sensor de imágenes fijado a una mesa con suspensión tipo Cardan cuyos datos de imagen se evalúan para ver el desplazamiento y se integran para determinar la posición.

45 El documento DE 69310695 T2 describe la evaluación de la imagen obtenida de la posición de vuelo mediante una o varias cámaras. Los puntos individuales característicos de la imagen se estudian continuamente por si presentan cambios ópticos, a partir de estos se detecta el centro de este movimiento (el punto de fuga) y se evalúan las velocidades de desplazamiento individuales, se ponderan en función de su distancia al punto de fuga calculándose a partir de esto las distancias respectivas a los puntos del suelo respectivos con fines de navegación.

El documento DE 69012278 T2 compara las imágenes que se han tomado en el momento con un plano de imágenes almacenadas previamente con el fin de hacer un reconocimiento también para la navegación.

50 Los tres procedimientos que se acaban de mencionar exigen un procesamiento de imágenes costoso y al menos una cámara. La velocidad de medición queda limitada por la frecuencia de secuenciación de imágenes prefijada para la cámara. En el caso de una videocámara esto resulta inconveniente para una regulación rápida de la posición en, particular, para pequeños helicópteros. Para cuerpos voladores ligeros controlados remotamente estos procedimientos son inconvenientes por razones de peso, costes y la tasa de reconocimiento.

La medición de la posición mediante navegación vía satélite (GPS) tiene el inconveniente de que los pequeños movimientos como los que son necesarios cerca del suelo no se pueden registrar con suficiente precisión. Además emplearlos en modelos de juguete no tiene sentido por razones de peso y también de costes.

5 Por el documento US 4671650 A se conoce un procedimiento para determinar la posición y la velocidad de un avión en el que se derivan unas señales de medida a partir de dos sensores optoelectrónicos que están dispuestos en el avión y que monitorizan el suelo que se sobrevuela. Se toma una señal de giro de alabeo y de guiñada para la inclinación para corregir las alteraciones de la medida matemáticamente que aparecen por la inclinación del avión.

El objetivo de la invención es exponer un procedimiento y un sistema para estabilizar un cuerpo volador con un motor propio durante su funcionamiento en vuelo.

10 Para conseguir este objetivo están previstas las características de las reivindicaciones independientes.

15 Como sistema óptico de imagen se puede usar, por ejemplo, una lente convergente, el objetivo de una cámara, un espejo curvo o cualquier grupo de lentes que proyecte una imagen. Como sensor de desplazamiento se puede utilizar preferentemente un sensor óptico con un número menor de elementos fotosensibles que los dispositivos de captura de imágenes y con una electrónica de evaluación que esté integrada en el mismo chip como los que se conocen también habitualmente por sensores de desplazamiento y que se utilizan habitualmente en los ratones ópticos. Estos últimos se llamarán a partir de ahora sensores de ratón óptico.

20 Un sensor de desplazamiento así comprende una superficie de reconocimiento sobre un sustrato que consta de una pluralidad de subsuperficies fotosensibles (píxeles) cuyas señales se leen regularmente pudiendo ser la tasa de lectura mucho más alta que la frecuencia de refresco de imagen dada de la videocámara y comprende además en el mismo sustrato una unidad de evaluación en la que se puede evaluar el desplazamiento electrónicamente a partir de las señales de los píxeles. El desplazamiento se puede obtener habitualmente para dos coordenadas ortogonales de forma incremental y darse como valores de medición separados (delta x, delta y). El desplazamiento se puede descomponer en niveles más precisos que puedan corresponder por ejemplo a la distancia de píxel. La detección del sensor puede comprender tanto la dirección como la magnitud del desplazamiento óptico (traslación).

25 Para detectar el desplazamiento también en el caso de estructuras de imagen divididas irregularmente de la base del ratón como, por ejemplo, las que aparecen por las fibras microscópicas de un papel los sensores de ratón óptico convencionales comprenden habitualmente un número de píxeles de 16x16 o 18x18 o similar con tecnología CCD (charged coupled device). La obtención de la magnitud del desplazamiento se puede hacer leyendo repetidamente y sin parar los datos de estos píxeles y haciendo la correlación con los puntos de un instante temporal previo de la misma secuencia y compararlos por coordenadas. La comparación se puede hacer con los datos respectivos que se acaban de leer o con los datos de un ciclo previo de la misma secuencia. Los datos se pueden correlacionar temporalmente. El proceso de evaluación se puede hacer controlado por programa de forma digital. Puede utilizar un algoritmo de similitud. Para esto se pueden subdividir las señales de brillo de cada uno de los píxeles individuales en primer lugar en pocos niveles de brillo discretos reduciéndose la cantidad de la información que hay que evaluar. Se puede incluir una adaptación al brillo de la imagen medio si el tiempo de exposición varía y/o evaluando el píxel en relación con al menos un valor de comparación común ajustado al brillo medio. Con procedimientos de este tipo se puede conseguir que el proceso de evaluación se pueda hacer correctamente también para fondos o entornos de una luminosidad diferente.

40 Los sensores de desplazamiento incluso aunque originalmente sólo estaban pensados para su uso en ratones ópticos y para la navegación por pantallas de ordenador, de acuerdo con la presente invención se pueden utilizar ventajosamente como sensores combinándose con la óptica descrita para representar los objetos alejados. Así resulta posible su uso para reconocimiento de objetos distantes en el espacio libre.

En la mayoría de los casos la iluminación de los objetos se puede hacer exclusivamente con la luz ambiental.

45 Otras ventajas de los sensores en los que la electrónica de evaluación y los "arrays" fotosensibles se encuentran en el mismo chip son sus bajos costes y su poco peso así como su alta velocidad de evaluación.

50 Como ventaja de un número relativamente pequeño de píxeles se puede nombrar la alta tasa de reconocimiento en comparación con los sistemas que necesitan una cámara de televisión o videocámara. La tasa de reconocimiento es tanto más importante para una regulación de la posición suficientemente rápida de los cuerpos voladores cuanto más pequeños sean estos y por ello de reacción más rápida. Si se renuncia a la alta cantidad de datos de una señal de video se puede a cambio aprovechar una velocidad de procesamiento tanto más alta. El sensor de desplazamiento se puede hacer funcionar a una frecuencia de pulso que sea mucho más pequeña que la frecuencia de pulso prevista en la hoja de datos. Así resultan posibles unos tiempos de exposición mayores y por tanto una mayor fotosensibilidad. Al reducir la frecuencia de pulsos hasta el 75% ó 10% o incluso menos se consigue aun una tasa de datos mucho más rápida que la de las cámaras de video.

55 Contrariamente al uso de un sensor de desplazamiento de un ratón óptico el dispositivo según la invención tiene que estar diseñado para registrar unos objetos mucho más distantes y grandes. Sin embargo, para la óptica utilizada en el ratón óptico podría estar prevista una óptica adicional que estuviera dimensionada para que interaccionando con

la lente que haya resultara la representación de la imagen definida en la reivindicación principal. Esto se puede hacer, por ejemplo, con una lente cóncava adicional, por ejemplo, según el principio Barlow o para una representación de la imagen en un plano de imagen intermedia.

5 El dispositivo de representación de la imagen puede estar diseñado convenientemente para un foco que se fije al infinito o todavía mejor a una distancia tal con la que resulte además de la profundidad de campo, una zona de enfoque desde el infinito hasta la distancia mínima posible al objeto.

10 La distancia focal se puede elegir partiendo de la resolución espacial dada por el sensor en función de la resolución angular necesaria. A la hora de elegir la distancia focal se pueden tener en cuenta además de la profundidad de campo conseguida (zona de enfoque) y el intervalo de medición máximo relativo a las velocidades. Una distancia focal favorable para la aplicación en helicópteros pequeños por control remoto está en el orden de magnitud de 7 mm a 25 mm preferentemente aproximadamente entre 10 mm y 12 mm. Así se consigue una resolución angular suficiente así como una intervalo de medida de velocidades suficiente y simultáneamente una profundidad de campo adecuada desde aproximadamente 20 cm hasta el infinito. Con distancia focal queremos decir en este documento la propiedad de la lente y no la distancia (distancia al foco) al plano de la imagen.

15 La combinación según la invención de la óptica (2) de representación de la imagen con un sensor (3) de desplazamiento formando una unidad (5) de sensores tiene una zona de monitorización cónica que se prolonga en el espacio libre por fuera del dispositivo y cuya amplitud angular queda establecida por la magnitud total de superficie fotosensible del sensor de desplazamiento y por la distancia focal de la óptica de representación de la imagen. Al contrario que los sistemas con unos dispositivos de representación de la imagen, como las
20 videocámaras, en las consideraciones siguientes se despreciará la amplitud angular de la zona de monitorización en general y sólo se considerará el eje óptico o la dirección (11) principal de la imagen que se llamará a partir de aquí dirección visual.

25 De acuerdo con la invención, en el sensor de desplazamiento se representan ópticamente estructuras y contrastes del entorno del suelo o de otros objetos distantes. En general las estructuras, que el sensor descrito necesita para la detección del desplazamiento pueden originarse por todo tipo de contrastes que presenta una parte del entorno o del terreno debido a las texturas superficiales, detalles, contornos o propiedades similares. Estos pueden aparecer, por ejemplo, por los bordes de objetos individuales o también similarmente al funcionamiento de un ratón óptico por irregularidades ópticas de sus superficies. Casi todas las estructuras visibles que aparecen habitualmente en el fondo de la imagen contienen suficiente contraste, estructuras, texturas para hacer posible la detección durante el
30 vuelo de un desplazamiento de la imagen en los sensores de desplazamiento descritos. Las excepciones son las superficies de agua niebla o capas de nieve permanentes.

Al estar fijado el dispositivo al vehículo, por ejemplo, a un cuerpo volador, sus movimientos se pueden medir como se describe en los puntos a) a d) siguientes sin que quede limitado a estos.

35 En general se pueden medir tanto el giro (a) como la traslación (b) del vehículo puesto que ambos tipos de movimientos ocasionan un desplazamiento de la dirección de incidencia óptica de la imagen virtual en la óptica de imagen. Con la representación de la imagen se transforma el ángulo de incidencia en un desplazamiento de imagen proporcional en el sensor de desplazamiento y así se puede medir. La distancia focal de la óptica de imagen es por tanto el factor de proporcionalidad.

40 En función de la disposición y la realización de la presente invención se pueden registrar y medir diferentes magnitudes de medida de la posición y la orientación del vehículo, es decir, datos de la trayectoria sobre los movimientos de vuelo o del trayecto:

45 a) para medir giros del vehículo, por ejemplo, alabeo, cabeceo y/o guiñada se monta el dispositivo sensor de tal manera que el haz visual o al menos una componente vectorial de éste quede perpendicular al eje de giro y que se mida en el sensor el desplazamiento de la imagen en la componente perpendicularmente al eje de giro. Para estabilizar movimientos de vuelo o impedir alteraciones no deseadas además se puede montar un circuito de regulación tomándose el valor de medida en una comparación del valor real y valor objetivo para obtener un valor de posicionamiento que se le pueda pasar al órgano de control correspondiente para la corrección. Una orientación adecuada para la estabilización del curso es oblicuamente hacia adelante y abajo y/o hacia atrás y hacia abajo.

50 Además gracias al reconocimiento en la dirección a un objetivo se puede conseguir el seguimiento. Para ello se monta el circuito de regulación correspondiente como se ha descrito. El valor de posicionamiento puede producir un seguimiento al controlar la orientación o como consecuencia de la orientación también se puede producir un pilotaje de curso hacia el objetivo. En ambos casos la orientación del dispositivo de reconocimiento óptico queda afectada y se ve sometida a una regulación autónoma. Esto se puede usar para el seguimiento del objetivo también para
55 objetos que se mueven por sí mismos. Para ello el haz visual se apunta en primer lugar hacia el objetivo, esta orientación se mantiene con la regulación.

Otra aplicación es el corrimiento del techo del dispositivo óptico gracias a servomotores propios. Esto se puede usar para estabilizar una cámara para películas o fotos. Varios tipos de desplazamiento que suponen una alteración se

pueden estabilizar. En primer lugar los desplazamientos de bamboleo del vehículo o del cuerpo volador, en segundo lugar la desaparición de la sección de imagen debido a la trayectoria y en tercer lugar un movimiento propio eventual del objetivo. La estabilización giroscópica tradicional sólo puede estabilizar las primeras alteraciones. Otra ventaja es la reacción mucho más rápida ya descrita de un sensor de desplazamiento con respecto a la frecuencia de imágenes del registro de la película. Un dispositivo así puede estar previsto también para su utilización general en un vehículo sin limitaciones. Para esto la unidad del sensor, que se corresponde con el dispositivo definido en la reivindicación 1, se encuentra junto con una cámara en una plataforma de cámaras móvil gracias a servomotores y estos la desplazan conjuntamente con la videocámara.

b) para medir movimientos de traslación la dirección visual óptica se desplaza al menos según algunas componentes vectoriales transversalmente a la dirección del desplazamiento a medir. La magnitud del desplazamiento de la imagen detectado es proporcional a la distancia recorrida por el vehículo. Lo mismo se aplica para las velocidades respectivas. Además el desplazamiento de la imagen debido a la geometría del haz es inversamente proporcional a la distancia según la dirección visual y proporcional a la distancia focal así como proporcional al seno del ángulo formado por la dirección de desplazamiento y la dirección de la luz.

Si sólo se tienen que medir los movimientos de traslación las alteraciones de giro descritas en (a) pueden afectar esta medición. Se pueden eliminar estas alteraciones de la señal de medida óptica operando una señal de giro representativa del giro y la señal del sensor de desplazamiento. Una señal de giro se puede conseguir con facilidad, por ejemplo, con ayuda de un instrumento de medición adicional, por ejemplo, un giróscopo. En función de la polaridad el cálculo puede ser una resta, una suma o hablando en general una mezcla de ambas las señales. Se pueden tratar las señales previamente, por ejemplo, se pueden derivar o integrar. Estos procedimientos de compensación se ahorran la suspensión tipo Cardan de un dispositivo de registro óptico habitual en el estado de la técnica citado (que habitualmente suele ser una videocámara).

Para poder medir los movimientos horizontales de un cuerpo volador la dirección visual puede estar orientada hacia abajo con respecto al fuselaje. Entonces, en una posición de vuelo normal, la dirección de incidencia óptica medible de las estructuras del suelo registradas cambia con el movimiento horizontal de vuelo. Con un circuito de regulación como el que se ha descrito antes utilizado para magnitudes de desplazamiento horizontales se pueden estabilizar consecuentemente también desplazamientos horizontales, por ejemplo, la velocidad o la posición por encima del suelo. Para un helicóptero esto puede servir para la estabilización horizontal de la sustentación en el aire mediante el control del desplazamiento cíclico de las palas del rotor.

El valor de medida horizontal como se ha mencionado antes es inversamente proporcional a la distancia visual. Para conseguir un valor de medida independientemente de éste puede estar previsto un instrumento de medida de la distancia y, al menos en el subintervalo del intervalo de distancias posible, si se quiere, se puede multiplicar la señal de medida de la velocidad óptica, con las alteraciones por la inclinación eliminadas, por un factor que aumenta siempre al aumentar la distancia medida. Para la medición de la distancia son adecuados los radares de microondas o de ultrasonidos como se conoce de las cámaras de enfoque automático o de estacionamiento asistido o un sensor de distancia óptico de acuerdo con el principio de un detector de luz, por ejemplo, como se describe en el documento DE 4004530. Esta compensación de altura también puede omitirse o se puede hacer en una fracción reducida, por ejemplo, si el valor de medida sólo se usa para una regulación de estabilización. Para un helicóptero la estabilización de la posición de suspensión en el aire se puede conseguir con un bucle de regulación PID sin compensación de altura que funciona de acuerdo con el ajuste de la amplificación de regulación para todas las distancias al suelo en una proporción de 1 a 10 con mucha exactitud y en el intervalo de 1 a 30 todavía bastante bien.

Si no se hace esta compensación resulta como ventaja que la medición es más sensible y entonces la regulación tanto más "brusca" cuanto más baja sea la altura de vuelo. Para un valor objetivo prefijado para la velocidad (no compensada) la velocidad real se reduce automáticamente en las proximidades del suelo. Con este comportamiento resulta además el efecto de que en el momento de la reducción de la velocidad se genere un desplazamiento hacia arriba momentáneo debido a la conversión de la energía cinética (excepto con viento de cola más rápido que la velocidad con respecto al suelo). Para un vuelo horizontal por encima de obstáculos del terreno se previene así una colisión por esta elevación breve. Este comportamiento se puede conseguir también para la compensación de altura presente, a saber, retrasando la señal de altura de compensación temporalmente.

c) para una velocidad aproximadamente conocida se puede medir también una distancia, por ejemplo, con respecto al suelo o con respecto a un objeto. Para ello la señal de medición óptica se puede tomar como valor inverso para la distancia. Por ejemplo, una velocidad conocida se puede dividir por el valor de medida de velocidad óptico. Al utilizar este valor de medida en un circuito de regulación se omite la división en tanto que el valor objetivo se defina como valor inverso.

Una aplicación es el control de la distancia al suelo para aparatos con alas. Puesto que en este caso la velocidad de vuelo horizontal resulta aproximadamente conocida y mayormente es constante, por ejemplo, se consigue una medida de la altura de vuelo momentánea por encima del suelo, también mientras se sobrevuelan obstáculos del terreno. Así resulta posible una detección de aproximación temprana y evitar una colisión contra objetos visibles. La

altura de vuelo puede estar limitada a una altura mínima sobre el suelo o regularla. Para esto la dirección visual puede estar orientada ventajosamente oblicuamente hacia adelante y hacia abajo para conseguir un adelanto temporal. En lugar de con respecto al suelo esta distancia también se puede medir con respecto a un objeto que esté en él que, por ejemplo, represente un obstáculo.

5 d) en general los movimientos según varias coordenadas se pueden medir y se pueden relacionar unos con otros. Así se también se pueden separar los valores de medida mezclados entre sí como se expone en los ejemplos de realización descritos más adelante y en las figuras 2 a 4. Además una medición de las distancias y cambios de la distancia también resulta posible a lo largo de la dirección visual combinada. Así resulta posible la medición de una tasa de elevación o de descenso o una detección de aproximación.

10 Las diferentes magnitudes de medición se nombran en este caso de forma más general magnitudes de movimiento. Esto sirve tanto para las magnitudes espaciales como para las magnitudes angulares. Las magnitudes del movimiento pueden ser de tipo estático como, por ejemplo, la posición, distancia o la situación y/o de tipo dinámico como, por ejemplo, la velocidad y la aceleración. Acordemente los conceptos de movimiento, giro, inclinación traslación, etc.” se utilizan en este documento siempre de forma genérica, es decir, tanto para los valores de posición como para las correspondientes velocidades de cambio.

Las magnitudes de desplazamiento se pueden medir con respecto al suelo, con respecto a objetos que se muevan por el suelo u otros objetos voladores.

20 La señal de salida del sensor óptico que se llamará abreviadamente en lo que sigue señal del sensor se puede evaluar y procesar según la invención de diferentes maneras que se describen a continuación. Los sensores de un ratón óptico tienen a menudo una salida en cuadratura para cada una de las dos coordenadas que transmite por dos cables una señal incremental indicándose cada desplazamiento como un salto o como un número de saltos entre niveles conservando el sentido. Además se puede utilizar una interfaz serie o un tipo arbitrario de transmisión de la señal para entregar los datos. Frecuentemente se emiten para cada proceso de lectura el número de saltos de cambio que se han producido desde la lectura anterior.

25 Gracias a la evaluación correspondiente se puede obtener información, por ejemplo, sin que quede limitada a estas, sobre a) dirección y sentido de la velocidad y la velocidad angular del movimiento, es decir, las tasas de cambio, b) la magnitud del desplazamiento así como los valores de posición y del ángulo, c) valores de aceleración

30 a) las tasas de cambio se pueden representar mediante una derivación temporal. Esto se corresponde con una medida de la frecuencia de los saltos de desplazamiento incrementales. Para un sensor que transmite los desplazamientos por saltos incrementales individuales, para esto se mide la frecuencia de estos saltos, por ejemplo, la frecuencia de las señales de cuadratura emitidas.

35 Resulta ventajoso que el valor medido de la velocidad se represente de forma continua o al menos cuasicontinua. Para obtener los valores de medida de la velocidad adecuados se pueden elegir los intervalos de tiempo continuos razonablemente pequeños, se puede tomar la suma respectiva de los saltos de la salida que aparecen por cada intervalo con su signo, por ejemplo, mediante conteo ascendente o descendente o la lectura del cambio que ha ocurrido desde la última transmisión y luego dividir la suma que se obtiene respectivamente por la longitud del intervalo temporal. Si los intervalos temporales tienen la misma longitud, constante, no hace falta hacer la división. Alternativamente para cada salto de cambio de la señal se puede obtener en el intervalo temporal desde que se produjo el salto de cambio anterior a partir de él obtener el valor inverso y se le puede poner el signo correspondiente al sentido de cambio.

40 Adicionalmente el valor de frecuencia así obtenido también se puede actualizar matemáticamente antes de que ocurra el siguiente cambio. Para ello después de que pase un periodo que se corresponda con una de las frecuencias el valor de frecuencia se reduce continuamente o por niveles hasta un valor que se corresponde con el valor inverso del tiempo de espera transcurrido actual en tanto que el valor inverso sea más pequeño que el último valor de frecuencia.

b) Los valores de posición se pueden representar como un conteo ascendente o descendente o una suma de saltos incrementales de la señal del sensor, por ejemplo, contando los saltos teniendo en cuenta el sentido o sumándolo por integración comparablemente a la función habitual de un ratón de ordenador en una pantalla

50 Alternativamente o combinadamente la posición se puede representar mediante una integración temporal continua de un valor de medida de frecuencia cuya obtención se puede hacer como se ha descrito antes.

Esto hace posible que se pueda efectuar la compensación descrita antes de las alteraciones por otros movimientos en la medida antes de la integración y que los resultados de la integración se obtengan ya compensados.

En función del diseño resultan también distintas posibilidades de medida en cuanto a la medición de la posición. Para la dirección visual hacia abajo se obtiene una medida de la posición de vuelo con respecto al suelo.

55

- Al utilizar un valor de medida que provenga del dispositivo según la invención se puede montar un circuito de regulación en el que en un regulador (7) se tome el valor de medida para producir un valor de posicionamiento que regule el movimiento. Se pueden utilizar los procedimientos conocidos como PID, los valores reales pueden ser valores de medida arbitrarios generados según la invención y también magnitudes de velocidad y de posición o parcialmente una mezcla. Adicionalmente se pueden obtener y tomar también valores sencillos o múltiples de integración y de derivación. Derivando otra vez los valores de medida de frecuencia se puede obtener una medida de la aceleración. Adicionalmente se puede elegir también una regulación proporcional diferencial y/o integral de las señales de otros instrumentos de a bordo, por ejemplo, un giróscopo piezoeléctrico.
- Las señales de control manuales se puede superponer también a la señal de salida del regulador (valor de posicionamiento) de modo que el control manual se completa y se estabiliza y también se incluye en la regulación como valor objetivo, por ejemplo, añadiéndose a la entrada de modo que resulte la comparación de valor objetivo y valor real proviniendo el valor objetivo de la señal de control manual. Una descripción detallada de una regulación se hace para el primer ejemplo de realización y la figura 5.
- Para cuerpos voladores por control remoto las partes necesarias para la regulación pueden estar en el cuerpo volador o en el suelo y estar conectadas mediante un enlace de radio.
- En lugar del sensor de ratón óptico pueden utilizarse también otros dispositivos optoelectrónicos como sensores de desplazamiento. El sensor de desplazamiento puede comprender al menos receptores de luz fotoeléctricos dispuestos adyacentes cuya distancia entre sí se corresponda con un orden de magnitud o aproximadamente se le parezca, que se corresponda con cuatro veces la longitud de onda de las frecuencias espaciales que habitualmente que se den en la imagen de las estructuras del suelo. Por el desplazamiento de las estructuras ópticas aparecen en los receptores de luz unas señales de cambio desplazadas en fase. Estas señales de cambio se llevan hasta un circuito de evaluación de diferencias temporales y de fase. Un circuito así puede ser un circuito de comparación de tiempos como los que se usan en los detectores de haz luminoso sensibles a la dirección o un circuito de comparación de fases. Un circuito así detecta la posición de la fase, cuál es la señal que va adelantada o retrasada con respecto a la otra y en función de esto el sentido del desplazamiento y con un cierto grado de precisión también la velocidad. El circuito también se puede corresponder con una evaluación incremental de acuerdo con el principio de cuadratura y tener así una estructura analógica o digital. La precisión de la medida de un dispositivo así en general es menor que la de un sensor de desplazamiento equipado con electrónica de evaluación integrada y un "array" puesto que la zona de las estructuras del suelo registrada simultáneamente es más pequeña.
- La imagen óptica se puede amplificar si se quiere con un amplificador de luz residual, o se puede tratar con otro dispositivo óptico interconectado antes de que llegue hasta el sensor desplazamiento.
- Todos los procesos de procesamiento de la señal y de cálculo descritos se pueden hacer digitalmente, por ejemplo, en un microprocesador controlado por programa o materializarse en un circuito analógico. Varios de los subprocedimientos que se han descrito en este documento o que se indican en las reivindicaciones se pueden combinar en un proceso común y/o se pueden ejecutar en un procesador común.
- Los procedimientos descritos se pueden hacer también con luz infrarroja.
- Análogamente los conceptos de "visual", "luz" e "imagen" siempre comprenden todos los tipos de radiación óptica.
- Para la utilización en la oscuridad el dispositivo correspondiente se puede combinar con una fuente de luz. Preferentemente tiene una emisión orientada y está dirigida hacia el punto de reconocimiento.
- A continuación se expondrá el funcionamiento todavía más en base a ejemplos de realización. Muestran:
- la figura 1: un primer ejemplo de realización de estabilización de un helicóptero
 - la figura 2: el segundo ejemplo de realización para la medida y estabilización del giro alrededor del eje de altitud
 - la figura 3: el tercer ejemplo de realización para medir una velocidad vertical o una distancia a un objeto
 - la figura 4: otro ejemplo de realización para una medición combinada de varios grados de libertad
 - la figura 5: un diagrama de bloques de una regulación de un primer ejemplo de realización
- La figura 1 muestra un primer ejemplo de realización para medir y estabilizar los movimientos horizontales de un helicóptero (1). La lente (2) hace de objetivo y representa una zona visible del suelo (4) en el sensor (3) de desplazamiento óptico con una unidad de evaluación integrada. Para un desplazamiento hacia adelante el punto (44) del suelo se desplaza ópticamente hasta la posición 44' y en consonancia se desplaza también su imagen en el sensor. El sensor transmite valores de medida incrementales del desplazamiento en dos coordenadas (X e Y). Cuando la dirección visual como se indica aproximadamente está orientada hacia abajo se consigue información sobre la velocidad de vuelo con respecto al suelo en ambas componentes hacia adelante y según la dirección transversal.

Estos valores de medida se pueden usar para la estabilización de la ruta de vuelo o para una suspensión en el aire. Para ello la electrónica (7) de regulación en el lado de la entrada está conectada a las señales de medida ópticas y en el lado de las salidas transmite el valor de posicionamiento para el control del cuerpo volador estando comprendida al menos una parte del control global, en este caso el desplazamiento (8) cíclico de las palas del rotor, por ejemplo, con un plato oscilante que controla la inclinación del plano del rotor principal y por tanto influye en la aceleración horizontal del helicóptero. Un ejemplo de la función de la regulación (7) está representado más en detalle más adelante así como en la figura 5.

El valor de medida, sin embargo, no depende sólo del movimiento horizontal sino también de los desplazamientos giratorios que puede hacer simultáneamente el cuerpo volador como, por ejemplo, el alabeo y el cabeceo. Estos efectos se compensan añadiendo una señal de giro. La señal de giro puede ser, por ejemplo, proporcional a la velocidad angular del giro o también con respecto a otras magnitudes de giro como por ejemplo, la posición angular. A continuación se describen diferentes posibilidades para obtener una señal de giro adecuada para la compensación.

La señal de giro se puede obtener con un giróscopo o un sensor (9) (10) de giro piezoeléctrico. Estos sensores de medida adicionales se pueden montar en el cuerpo volador o pueden estar montados o instalados en el dispositivo (5) según la invención. Puesto que un giróscopo piezoeléctrico mide la velocidad de giro la compensación se hace razonablemente al mezclar la señal del giróscopo con una señal de frecuencia obtenida por el sensor de desplazamiento, por ejemplo, por derivación, que ya representa la velocidad.

Para un helicóptero se puede generar la señal de giro desplazándose un sensor de aceleración con el eje de transmisión del rotor principal y que esté dispuesto a una distancia del eje del rotor midiéndose la componente de aceleración paralela al eje del rotor y el valor de medida continuo evaluándose la fase cíclicamente en función del giro del rotor. Los giros del plano del rotor hacen que al igual que en un giróscopo aparezcan fuerzas de precesión en el sensor en forma de aceleraciones que varían cíclicamente y que se miden. La amplitud del cambio es una medida de la velocidad de giro del giro a medir, la posición de la fase con respecto al giro del rotor es una medida de la dirección del giro a medir y de la orientación de su eje. La evaluación de la fase se puede hacer generándose una secuencia de muestreo sincronizada por pulsos con el giro del rotor en función de cuyos pulsos se mide la señal de medición o se conmuta fraccionadamente, por ejemplo, por cuadrantes. Así se consiguen unos valores de medición del giro dividida en componentes, por ejemplo, del eje de alabeo o del cabeceo. La sincronización se puede hacer con un indicador de giro que monitorice las revoluciones del eje de transmisión. Ventajosamente las fuerzas medidas se presentan como cambios cíclicos. Por ello el sensor de aceleración no puede medir valores absolutos sino sólo los cambios. Así, como sensor de aceleración se puede usar un convertidor de fuerza piezoeléctrico y económico cuyo valor de medida sólo se pueda acoplar capacitivamente. Además resulta la ventaja de que los errores de cero del valor de medición ya se pueden evitar de antemano obteniendo como valor de medida una amplitud. La transmisión de la señal del sensor que gira hasta el dispositivo de regulación se puede hacer mediante radio, un convertidor optoelectrónico, un acoplamiento de señal inductivo o un contacto de bucle. Este procedimiento de medida se puede utilizar también sin la medición óptica de forma general para la estabilización de aeronaves de alas giratorias cuya inclinación se regule en función del valor de la medida. Para esto es suficiente si el sensor de aceleración se mueve conjuntamente con el eje de transmisión del rotor principal y está separado del eje del rotor, y las componentes de aceleración se miden paralelamente al eje del rotor y el valor de medida continuo se evalúa en función de la posición de giro del rotor y sincronizadamente se evalúa la fase cíclicamente.

Para conseguir también una señal de giro para compensar las alteraciones debidas al giro sin la utilización de un sensor propio se puede tomar como señal de giro una señal de control que se le pase a un órgano de control que controle el correspondiente giro, por ejemplo, la señal servo para la inclinación del plato oscilante. Esto funciona porque habitualmente el cuerpo volador sigue una velocidad de giro o de cabeceo que para el control con bastante aproximación es proporcional. Así resulta entonces una medida adecuada de la velocidad de giro para utilizarla como una señal de giro de compensación. Se hace la compensación al mezclar la señal de control con la señal de velocidad obtenida del sensor de desplazamiento que se puede representar por una medición de frecuencia. Cuando la señal del control en sí se genera también mediante un circuito de regulación según la invención cuyo valor real comprende la señal de medición a compensar entonces la compensación se corresponde a una remezcla interna en el circuito de regulación con una conexión en oposición del valor de posicionamiento con respecto al valor real que disminuye la amplificación de regulación. La inclusión de compensación de la señal de giro se puede realizar en este caso, en cuanto a su función, idénticamente, presentando el circuito de regulación simplemente una amplificación correspondientemente más pequeña.

Otra posibilidad alternativa o de combinación para obtener la señal de giro es, que para esto se utilice un segundo sensor de desplazamiento óptico que funcione según la invención como sensor de giro, como se ha descrito, y que esté orientado con su dirección visual de forma diferente a la del primer sensor.

La figura 5 muestra, a modo de ejemplo, un diagrama de bloques de una unidad (7) de regulación para helicópteros. El circuito de regulación puede tener una estructura igual para el eje de alabeo y de cabeceo y por eso sólo se representa una vez. Para el funcionamiento manual tradicional las señales de control se le pasan a través del receptor 21 al circuito 24 de control de la pala del rotor. La posición que se sobrevuela resulta del comportamiento de vuelo que se corresponde con una secuencia de varias integraciones temporales como se representa de forma

evidente. El conjunto de estas magnitudes de desplazamiento representa para cada instante temporal el desplazamiento de vuelo actual. La influencia de los movimientos en la medición se representa con línea discontinua. Por debajo de estos instrumentos (9/10) (25) (3) de medida están representadas las secuencias de la unidad (7) de regulación dividida en la representación de las magnitudes de medición y la regulación misma con la comparación de valor real y valor objetivo.

A partir de la señal del sensor (3) de desplazamiento se obtiene en primer lugar una frecuencia (27). De la frecuencia, como se han descrito, se pueden eliminar las alteraciones debidas a la inclinación y en su caso de la altitud de vuelo. Esto se hace mediante adición en este caso. Esta integración 28 a posteriori puede ser una suma o un conteo y representa una señal de posición o produce una señal de posición cancelándose el efecto de derivación de la medición de frecuencia de nuevo.

Un valor objetivo del trayecto de vuelo o de la velocidad de vuelo estará prefijado. Entonces, por ejemplo, el vector de velocidad o de posición puede ser parametrizado en función del tiempo. Esta función se puede programar antes del vuelo o se puede prefijar durante el vuelo o en el caso especial de la suspensión en el aire puede ser cero (como vector velocidad) o constante (como vector de posición). El valor objetivo actual lo solicita, por ejemplo, el receptor 22 de radio y se compara con el valor de medición mediante sustracción (30a). La diferencia obtenida se corresponde con la desviación momentánea de la ruta objetivo (en 30a) o de la velocidad objetivo. En los casos (marcados) con un valor objetivo prefijado de la posición se puede hacer la regulación en primer lugar definiéndose la desviación (30a) espacial como un valor de posicionamiento para una velocidad de retrovuelo y esta velocidad a su vez se regula (30b). De acuerdo con el procedimiento PID igualmente se puede también regular a partir de una mezcla de unos valores de medida de velocidad y de posición conjuntamente.

Proporcionalmente y de sentido contrario a la desviación de la velocidad se define un valor (30b) de posicionamiento de la inclinación (30b) de acuerdo con el que la inclinación del plano del rotor principal se ha de controlar. El helicóptero reaccionará a la inclinación con una aceleración horizontal proporcional a la inclinación y así la velocidad de vuelo se modificará proporcionalmente a la integral temporal de la inclinación y el circuito de regulación quedará cerrado.

Para llevar la inclinación hasta su valor objetivo se controlarán los elementos de posicionamiento del plato (8) oscilante. Puesto que el helicóptero no permite un control directo de su inclinación sino que tiene que ser en base a la velocidad de su cambio (velocidad de giro) la inclinación no se conoce directamente a partir de la posición del elemento de posicionamiento. Para la regulación de la inclinación, por tanto, resulta ventajoso que esté disponible un valor de medida propio de ésta. En la figura 5 está previsto para ello un sensor (25) de inclinación que hace posible una comparación (30c) del valor objetivo propio. Este resultado se le pasa a través de un mezclador o un convertidor (23) como valor (26) de posicionamiento al control (8) del rotor.

Como sensor de inclinación se puede utilizar un dispositivo de acuerdo con el documento mencionado RU 9300250. Sin embargo este es impreciso. Alternativamente o adicionalmente a partir de la señal de un giróscopo (9, 10) piezoeléctrico que indica la velocidad de giro de la inclinación cuya integral temporal se obtiene y que por tanto de acuerdo con la función de un horizonte ficticio representará la inclinación del rotor. Problemáticamente aparece sin embargo durante la integración una constante de integración no definida que se corresponde con una posición de inclinación desconocida del horizonte. Puede tener su origen en la posición en el momento de la conexión así como en una pequeña deriva y afectaría mucho a la regulación.

La inclinación se puede medir haciéndose la derivación con respecto al tiempo de una magnitud de medida proporcional a la velocidad obtenida a partir del sensor (3) de desplazamiento en al menos una parte de la zona de frecuencia. Esto funciona puesto que el helicóptero en posiciones de vuelo habituales se acelera proporcionalmente a su inclinación y la aceleración se puede representar derivando la velocidad medida.

Con el proceso de derivación se puede emitir de la señal de medición óptica, que se da por niveles, pero pueden aparecer sin embargo unas discontinuidades que afecten debido a los saltos incrementales.

El valor de medida para la inclinación se produce como una combinación a partir de las magnitudes de medida que va obteniendo el sensor de desplazamiento y que se han derivado con respecto al tiempo y también de una señal integrada con respecto al tiempo de una señal de giro proporcional a la velocidad de giro de la inclinación. De los valores de medida derivados, en particular, de la fracción del espectro de alta frecuencia se pueden ponderar menos y de la señal integrada se pueden ponderar menos las regiones espectrales de baja frecuencia y la parte de la señal constante. De esta forma los problemas ilustrados de la constante de integración y la deriva de cero se pueden resolver puesto que se omiten al extraer las regiones del espectro más bajas y también las discontinuidades puesto que al reducir la fracción espectral alta se alisan. Las fracciones que faltan se pueden sustituir por otra señal. La señal de medida óptica resultante como combinación de las diferencias y el paso bajo se puede representar y generarse también sin alterar su sentido como paso alto de primer grado, la señal del giróscopo resultante como combinación de la integración y el paso alto que se puede representar y generar sin alterar su sentido también como paso bajo de primer grado.

Como señal de giro para la regulación de la inclinación se puede utilizar cada procedimiento descrito ya para la compensación del giro (de acuerdo con la reivindicación 23) como por ejemplo un giróscopo piezoeléctrico o un valor de posicionamiento de control. Alternativamente o combinadamente para esto se puede generar también en este caso la señal de giro como se ha descrito antes.

- 5 La regulación de la inclinación se puede combinar con la regulación del movimiento horizontal mezclándose las magnitudes de medida descritas tanto de la inclinación como del movimiento (velocidad y/o posición) y así regularse conjuntamente.

10 La separación explícita de los procesos de “representación de los valores de medida” y “regulación” se ha hecho para que se entiendan mejor aunque para la realización no es fundamental. En general las fracciones proporcionales diferenciadas y en su caso integradas de la señal de medida óptica se pueden mezclar en el circuito regulación en paralelo lo que deriva en que la regulación descrita en su conjunto se puede realizar sin alterar su sentido como un bucle de regulación PID conjunto.

15 Al utilizar una bifurcación de la señal integral en el circuito de regulación se consigue una regulación de posición fija estabilizándose el vuelo de sustentación en el aire de tal manera que también después de desviaciones ocasionales como alteraciones, golpes del viento y similares la posición original se restablece.

20 Al calcular una integral a partir de los valores de desplazamiento se puede obtener un valor de medición proporcional a la posición. Al obtener la posición espacial absoluta en las coordenadas solidarias al suelo se pueden tener en cuenta los movimientos de bamboleo para su compensación. Para esto las señales del sensor incrementales de ambas coordenadas del sensor se suman por integración estando previstas como sustitutivas de las dos coordenadas del suelo dos sumas por integración midiéndose la orientación del sensor con respecto a un eje de giro perpendicular a las coordenadas del suelo adicionalmente y los incrementos de las señales del sensor que hay que sumar, antes de que se sumen, se giran vectorialmente con control de la orientación medida.

25 Un valor objetivo se puede prefijar, en lugar de para la posición, también para la velocidad. Dicho valor objetivo se puede integrar primero y luego se puede utilizar como un valor objetivo para la posición. Se puede renunciar también a los valores reales y objetivo proporcionales a la posición y limitar la regulación a la velocidad. La mezcla (30a) y la integración (28) se pueden omitir y el valor (22) de posicionamiento manual se puede pasar directamente a una comparación (30b) de velocidades.

30 Los procedimientos de regulación descritos, en particular, el de regulación de la inclinación de un helicóptero se puede utilizar también sin emplear un sensor óptico para la estabilización del vuelo. Se puede prescindir de valores objetivo y real proporcionales a la posición y limitar la regulación al ángulo de inclinación.

35 En lugar del sensor (3) óptico o combinadamente con él se puede usar un sistema de navegación arbitrario conocido en el estado de la técnica para extraer valores (28) reales de la posición o de la velocidad y así conseguir el procedimiento de regulación descrito en este documento. Para esto el procedimiento de regulación descrito en este documento sólo se tiene que modificar de tal manera que el sensor (3) y la medición de la frecuencia (27) no se hagan y el valor (28) de medida de la posición y/o el valor de medida de la velocidad se tomen de un sistema de medición alternativo. La figura 2 muestra un ejemplo de realización de acuerdo con la reivindicación 36 y 37 para medir un movimiento de giro o una velocidad de giro están presentes al menos dos sensores (31, 32) de desplazamiento. Ambos sensores pueden estar dispuestos detrás de una lente (2) o de otra óptica de imagen distinta desplazados o también pueden tener ópticas de imagen propias como se muestra en la figura 4. La disposición que resulta así puede estar estructurada como un dispositivo de un único cuerpo o como unidades separadas. Las direcciones visuales de los diferentes sensores están orientadas formando ángulos determinados de forma divergente. Para la mayoría de las aplicaciones son adecuados los ángulos agudos. Así ambas direcciones visuales son similares y producen una dirección visual principal común que se puede tomar aproximadamente como la que parte por la mitad el ángulo. Los giros alrededor de un eje o próximas a la recta medida angular tienen como imágenes de los puntos (61, 62) del suelo desplazamientos de la imagen según la dirección tangencial como consecuencia. Así los sensores (31, 32) están orientados de tal manera que detectan desplazamientos tangenciales. Los desplazamientos tangenciales medidos en ambos sensores se pueden poner a rotar conjuntamente, por ejemplo, mediante sustracción, mezcla, comparación o en general por una superposición de los valores de ambos sensores. De esta forma la parte tangencial del desplazamiento se filtra, la medición resulta prácticamente independiente de otros desplazamientos. La comparación de las señales puede consistir en una mezcla o en general de una superposición. Cuando los valores de medición individuales antes de la mezcla se ponderan de forma diferente la posición del eje de giro se puede modificar de forma definida. Simultáneamente otra mezcla de los valores de medición puede dar otro valor de medición, por ejemplo, de acuerdo con el primer ejemplo de realización, pudiéndose utilizar para ello una suma de desplazamientos del mismo sentido. En lugar de la superposición se utiliza cualquier tipo conocido de comparación de las señales.

La figura 3 muestra un tercer ejemplo de realización de acuerdo con la reivindicación 36, 38. Resulta adecuado para la medición de una distancia o el cambio de una distancia o de la velocidad de aproximación. Se utiliza la disposición descrita con la figura 2, pero en lugar de desplazamientos de imagen tangenciales se mide una componente radial del desplazamiento de la imagen. Mediante la sustracción de ambas señales del sensor o en general una

- 5 superposición de ambos valores la fracción de sentido contrario radial de los desplazamientos se filtra. Durante la aproximación del objeto o del suelo (4) hasta la posición (4') un punto (41) visible pasa hasta la posición (41) y su imagen en el sensor (31) desde la posición (51) según la dirección radial hasta (51'). Lo mismo se aplica al sensor (32) para los puntos (42, 42') y las imágenes (52, 52'). Debido a la geometría del haz la diferencia de ángulos medida se modifica proporcionalmente a la modificación de la distancia y de forma inversamente proporcional al cuadrado de la distancia absoluta. Para una distancia aproximadamente conocida, por tanto, se puede medir la variación y si se parte de una señal de cambio la velocidad longitudinal.
- 10 A diferencia de la medida de distancia de acuerdo con la reivindicación 31 en este caso no se mide el valor absoluto de la distancia sino la tasa de cambio. Tampoco es necesario en este caso que la otra velocidad en la dirección transversal esté presente y se conozca. En la dirección visual vertical resulta la medición de la tasa de elevación o descenso.
- 15 Cuando recíprocamente la velocidad se conoce aproximadamente con la misma disposición en lugar de la velocidad se puede obtener también la distancia absoluta. Puesto que el valor de medida es una función cuadrática del inverso de la distancia la precisión de la distancia medida es el doble de buena que si se conoce la velocidad. Si sólo se conoce la velocidad, por ejemplo, con una precisión mayor del 10% la distancia medida varía entonces sólo en un 5%.
- 20 Todos los procedimientos de medición descritos para las distancias o para las velocidades de aproximación se pueden usar para la detección de colisiones, por ejemplo, para anticipar o para evitar la colisión.
- Además de la suma del desplazamiento radial se puede obtener la diferencia, es decir, la suma de la traslación del mismo sentido. Así se pueden medir simultáneamente los desplazamientos transversales según los otros dos ejes.
- Los procedimientos de medición descritos en base a las figuras 2 y 3 para el giro y la aproximación se pueden combinar de tal manera que cada uno de los al menos dos sensores de desplazamiento se evalúen los valores de medición de ambas coordenadas.
- 25 La figura 4 muestra un cuarto ejemplo de realización. Tres sensores (31, 32, 33) están dispuestos con sus direcciones visuales en tres direcciones diferentes, por ejemplo, ortogonales pudiendo tener cada uno de los sensores dos direcciones de medición. Resultan hasta seis valores de medición. Las direcciones visuales pueden pero no tienen por qué ser ortogonales. Para una estabilización del vuelo las tres direcciones visuales pueden estar orientadas hacia el suelo como las patas de un trípode. Los valores de medición de las direcciones visuales oblicuas se pueden transformar con una mezcla matemática de acuerdo con una matriz de giro de forma sencilla hasta las coordenadas relevantes rectas para el control. Con una disposición así se puede conseguir una orientación en las seis coordenadas espaciales y registrar el movimiento del vuelo según todas las componentes y estabilizarlos. Todos los valores de medida se pueden limpiar de las alteraciones debidas al giro estando presentes tres sensores de giro independientes. Los ejes de giro de estos sensores pueden estar orientados por sencillez en el mismo sistema de vectores.
- 30 Estos sensores de giro independientes se pueden sin embargo omitir también. Para compensar respectivamente uno de los sensores (31, 32, 33) se usan las señales de uno o de los otros dos sensores adoptándose estos otros sensores para la medición del giro y utilizándose su valor de medida como señal de giro para la compensación del primer sensor de acuerdo con la reivindicación 23.
- 35 En general procedimientos de medida arbitrarios de los que se describen en este documento se puede combinar. Además las alteraciones por una componente de movimiento en la medición de otra componente de movimiento se pueden eliminar así midiéndose con otro sensor otra mezcla de movimientos y sometiendo a ambas señales a una comparación. Las magnitudes desplazamiento se pueden medir según varios grados de libertad independientes incluso si estos grados de libertad constan de una combinación de movimientos, es decir, que no estén separados entre sí. Los ejes de desplazamiento o las coordenadas no tienen por qué ser necesariamente ortogonales. Puesto que cada sensor mide otra mezcla de componentes de desplazamiento se puede efectuar una descomposición de los valores de medida en coordenadas separadas transformando las señales de medida con la mezcla adecuada de acuerdo con las leyes de la geometría de vectores en señales de medición ortogonales si se quiere y linealmente independientes.
- 40 En general se pueden utilizar sensores orientados de forma diferente y en un número arbitrario. Adicionalmente, para la evaluación las señales se pueden elegir los sensores que indiquen un contraste suficiente. Así se reduce la probabilidad de un detalle de la imagen insuficiente.
- 45 Para una regulación no tiene que hacerse necesariamente la transformación descrita. En general las componentes espaciales de un desplazamiento se puede medir y regularse también mezcladas. Con una orientación del sensor adecuada se puede establecer la mezcla deseada. Para helicópteros se puede utilizar una medición del giro óptico para controlar el rotor trasero. El haz visual puede estar orientado oblicuamente atrás y hacia abajo. Entonces se mide y se regula una combinación del giro del eje de la altura y la deriva lateral. De esta forma el fuselaje se pone en la dirección del vuelo independientemente del viento.
- 50
- 55

Se pueden sustituir también otros instrumentos de vuelo que vienen siendo habituales para la estabilización. Por ejemplo, para los modelos de control remoto el giróscopo del eje de altura habitual se puede sustituir por mediciones de giro. Además en lugar de un variómetro se puede utilizar la medición de la tasa de elevación de acuerdo con las reivindicaciones 31, 38, 39 ó 40.

- 5 Gracias a la combinación con instrumentos tradicionales para la medición de otros componentes de movimiento como, por ejemplo, la altura de vuelo (barómetro) y la orientación del morro (brújula) se puede realizar un piloto automático completo que asuma el control completo.

Para las aplicaciones controladas por GPS la precisión, la resolución y la velocidad de las mediciones se puede mejorar completando con valores de medición ópticos de forma notable especialmente para la zona cerca del suelo.

- 10 Para una iluminación o para un contraste insuficientes del entorno la señal del sensor puede resultar errónea. Estos errores se manifiestan sobre todo como valores de desplazamiento demasiado bajos o totalmente erróneos y aparecen sobre todo localmente es decir en puntos concretos. Para aumentar el número de puntos de imagen que se pueden utilizar como valores y para reducir los puntos extremos pueden estar previstos varios sensores con diferentes direcciones visuales como ya se ha expuesto en base a las figuras 2, 3 y 4 y evaluar las señales de los sensores entre sí. Se puede obtener un resultado de un valor de medición conjunto en el que los sensores con unos valores de medida más pequeños no se ponderen o se ponderen menos. El concepto de "más pequeño" se puede referir a la cifra del valor de medición de desplazamiento en una o varias coordenadas y/o también a una magnitud de la medición dada por el sensor de desplazamiento del brillo y/o la calidad de contraste actual en el sensor correspondiente. El valor de medición conjunto se puede obtener, por ejemplo, mediante la obtención de un valor máximo, de un valor medio ponderado o mediante una conmutación al sensor con mayor señal.

- 20 Con una pluralidad de sensores de desplazamiento se puede formar un "array" y los sensores se pueden interconectar como una matriz pudiéndose obtener el resultado ponderado descrito en este documento. Además resulta posible la combinación con las evaluaciones de la señal descritas en base a las figuras 2, 3, 4. Esto hace posible una evaluación global de los movimientos que es mucho mejor en cuanto a la velocidad que un procedimiento basado en la evaluación de una señal de video.

- 25 Para evitar los errores de control que podrían tener como consecuencia un error de medición independientemente o en combinación con los métodos anteriores, caso de que no haya señal de medición la regulación se puede pasar a otro modo en el que no se use una señal de medición óptica. La conmutación puede estar controlada desde la no presencia de la señal de medición y/o de que quede por debajo de un valor mínimo de contraste y/o de un brillo mínimo. La conmutación del control se puede hacer si las fracciones de ponderación para las magnitudes del valor objetivo y de medición implicadas en la mezcla y la regulación se transforman, por ejemplo, pasando a una configuración sin un sensor de desplazamiento como la que se conoce por el estado de la técnica hasta que la señal óptica vuelva a tener suficiente nivel de señal.

- 30 En un caso especial sencillo de estas se puede mantener horizontalmente la inclinación del rotor mientras no hay señal de medición.

- 35 Un dispositivo del tipo descrito o indicado en la reivindicaciones se puede utilizar en general también para detectar o medir los movimientos relativos entre el dispositivo y un objeto alejado de éste de todo tipo (midiendo la modificación angular de la dirección de incidencia óptica de una imagen virtual); por un lado se puede desplazar el cuerpo registrado ópticamente y/o por otro lado como en el caso descrito de un cuerpo volador, un cuerpo que lleva el dispositivo sensor.

- 40 Para esto, un sensor (3) de desplazamiento optoelectrónico que está equipado con una pluralidad de superficies parciales fotosensibles (píxeles) y que detecta el desplazamiento de estructuras ópticas y emite una señal de medición del desplazamiento y que tiene integrada en el chip una unidad de evaluación para esto sólo tiene que estar combinado con una óptica (1) de imagen y dispuesto de tal manera que las estructuras ópticas de objetos alejados hasta el infinito se plasmen sobre la superficie fotosensible del sensor con una resolución que sea suficiente para la detección de un desplazamiento de la imagen.

- 45 Como iluminación se puede usar la luz ambiental. Los contrastes necesarios para la monitorización del desplazamiento se pueden aparecer por la superficie del objeto a representar o también por los contornos de uno o varios objetos con respecto al fondo.

- 50 A diferencia de la función de un ratón óptico el objeto puede ser más pequeño que la zona de registro óptico del dispositivo estando determinada esta zona por el tamaño de la superficie fotosensible del sensor, la distancia focal y la distancia de reconocimiento.

El objeto puede quedar irradiado también con la luz necesaria para el reconocimiento.

- 55 Ahora se dará una lista de las posibles aplicaciones para los movimientos del objeto registrados: una aplicación es el reconocimiento de la presencia de objetos móviles, por ejemplo, para la apertura automática de puertas cuando entran vehículos o cuando entran personas no habiendo, a diferencia de los sensores ópticos conocidos como las

barreras de luz o los fotodetectores, ninguna limitación del alcance. Para un fondo no estructurado el objeto detectado puede ser mucho más pequeño que la zona de detección óptica que quede establecido por el tamaño de la superficie fotosensible del sensor.

5 Otra posible aplicación es la medición sin contacto de las velocidades o de los giros de cuerpos que se muevan o para la medición de la distancia a cuerpos que se muevan. Por ejemplo, en el sensor puede estar apuntando al material transportado en una cinta transportadora. Para una velocidad de cinta transportadora a partir de la velocidad de desplazamiento medida ópticamente se puede derivar un valor de medición de la altura del producto transportado obteniéndose su valor inverso.

10 Además se pueden estudiar los materiales continuamente por si tienen fallos. Un fallo se puede registrar en función del tipo de superficie y la iluminación como una estructura detectada o como una estructura que falta. Con respecto a los sistemas de imagen tradicionales resulta posible un ahorro de costes notable.

Además la velocidad de los líquidos o de los gases se puede medir en base a las partículas suspendidas que se mueven con ellos.

15 Otra aplicación es una representación visual, por ejemplo, en un escaparate, en función del movimiento de un observador. Para esto se monitoriza ópticamente el observador con el dispositivo. Monitorizando la cara de un observador se puede resolver el problema que aparece del seguimiento ("Headtracking") en las representaciones tridimensionales de forma económica. La señal de medición del sensor de desplazamiento se puede tomar como una medida del desplazamiento de la cabeza y/o de la posición de los ojos actual. Esta señal puede controlar tanto la perspectiva de la cara de una imagen que se le ofrece a un observador, de modo que corresponda al desplazamiento de la cabeza del observador, y la dirección de salida de las pupilas de salida previstas para ojos separados en una representación de una imagen estereoscópica para hacer posible también que con los desplazamientos de la cabeza estén en los ojos correctamente asociados.

20 Adicionalmente las señales de desplazamiento del sensor se pueden evaluar también señales de medición obtenidas del sensor, por ejemplo, valores de brillo o un valor de calidad del contraste. Esto es ventajoso para detectar un material transportado y el control de las máquinas.

25 Aplicaciones en las que hay un dispositivo sensor móvil: para robots y vehículos que se guían por sí mismos, concretamente tanto para la conducción automática con un circuito de regulación como para detectar distancias y evitar colisiones. En este caso el desplazamiento se puede medir cuantitativamente si se quiere o sólo detectar la presencia de un objeto, por ejemplo, un obstáculo. Para una dirección visual lateral la distancia lateral, por ejemplo, a una pared, se puede medir y regular. Como elemento de posicionamiento se puede controlar el volante y posibilitar que se rodee el obstáculo.

30

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de estabilización de un vehículo con un motor propio o diseñado como un cuerpo volador que se puede controlar mecánicamente mediante un circuito (7) de regulación con una comparación entre valor objetivo y valor real y control en al menos uno de los ejes de inclinación en el que
- 5 - para medir el movimiento y/o la posición según al menos uno de los seis grados de libertad espaciales se utiliza un sistema de sensores optoelectrónico que registra con ayuda de una óptica (2) de imagen que lleva el vehículo (1) una imagen parcial del entorno (4) visible en la posición actual
- la dirección visual óptica de la imagen con una componente prácticamente vertical está orientada hacia abajo
- 10 - se adopta una señal de medición óptica del desplazamiento de las estructuras representadas como valor de medición para al menos una de las magnitudes de movimiento horizontales, posición/recorrido, velocidad y aceleración y
- para el control de la inclinación del cuerpo volador en función del valor de medición se obtiene un valor de posicionamiento en el circuito (7) de regulación eliminándose del valor de medición al menos parcialmente las alteraciones debidas a los movimientos de giro como alabeo, cabeceo y guiñada mezclándose una señal de giro, que es proporcional a una magnitud de giro, a su ángulo o a su velocidad angular, con el valor obtenido ópticamente y compensándose así.
- 15
2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 en el que para la estabilización de la magnitud de movimiento horizontal se cierra un circuito de regulación definiéndose un valor de posicionamiento de la inclinación del circuito de regulación proporcionalmente y de sentido contrario a una desviación del valor de medición óptico de un valor objetivo.
- 20
3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2 **caracterizado porque** a la vez está hecho para la regulación del ángulo de inclinación de la posición de vuelo y para esto se toma una magnitud de medida simulada matemáticamente o real de la inclinación actual de la posición de vuelo.
- 25
4. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores **caracterizado porque** un valor objetivo dado de una magnitud de traslación horizontal como la velocidad y/o la posición se compara con el valor de medición óptico y se toma como valor de la inclinación para la velocidad de retrovuelo una desviación espacial (30a) y que la velocidad por su parte a su vez se controla (30b) definiéndose un valor de posicionamiento (30b) proporcionalmente y de sentido contrario a la desviación de la velocidad de inclinación y que la inclinación por su parte se mide con un sensor (25) de inclinación y se controla mediante comparación (30c) con un valor objetivo.
- 30
5. Procedimiento de acuerdo con una de la reivindicaciones anteriores **caracterizado porque** las magnitudes de medida de la inclinación y el desplazamiento y/o la posición del cuerpo (1) volador se mezclan y se controlan conjuntamente.
- 35
6. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores **caracterizado porque** una magnitud (24) de medición obtenida ópticamente y proporcional a la velocidad se deriva en al menos un intervalo de frecuencia con respecto al tiempo y que para la representación de un valor de medición de la inclinación de esta señal se mezcla con una señal integrada temporalmente de una señal de giro proporcional a la velocidad angular de la inclinación cuya fracción del espectro de baja frecuencia se pondera menos.
- 40
7. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores registrándose la imagen del entorno como datos tipo píxel y que la señal de desplazamiento óptico se obtiene comparando los datos de los píxeles con los datos del ciclo anterior de la misma secuencia.
- 45
8. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores **caracterizado porque** se usa para la estabilización horizontal de un vuelo de sustentación en el aire pudiendo hacerse cero un valor objetivo de la velocidad horizontal.
- 50
9. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 8 **caracterizado porque** para la estabilización horizontal del vuelo de sustentación en el aire de un helicóptero (1) se hace un control cíclico del desplazamiento de la pala del rotor.
10. Sistema de regulación para estabilizar un vehículo con un motor propio o diseñado como un cuerpo volador que se puede controlar mecánicamente mediante un circuito (7) de regulación con una comparación entre valor objetivo y valor actual y un control según al menos uno de los ejes de inclinación en el que para medir el movimiento y/o la posición en al menos uno de los seis grados de libertad espaciales está previsto un sistema de sensores optoelectrónico que está diseñado adecuadamente para que con ayuda de la óptica (2) de imagen que lleva el vehículo (1) pueda registrar una imagen parcial del entorno (4) que se pueda ver desde la posición actual estando orientada la dirección visual óptica de la imagen con una componente prácticamente vertical hacia abajo estando diseñado el circuito de regulación (7) para poder tomar una señal de medición óptica del desplazamiento de las

5 estructuras representadas como valor de medición para al menos una de las magnitudes de desplazamiento horizontales posición/recorrido, velocidad y aceleración y para el control de la inclinación del cuerpo volador en función del valor de medición de la elevación eliminándose al menos parcialmente las alteraciones del valor de medición debidas a los movimientos de giro como el alabeo, cabeceo y la guiñada del vehículo mezclándose una señal de giro que es proporcional a una magnitud de giro, a su ángulo o a su velocidad angular de forma que se compense un valor de medición extraído ópticamente.

10 11. Sistema de acuerdo con la reivindicación 10 para estabilizar una magnitud de traslación horizontal **caracterizado porque** el circuito (7) de regulación se cierra definiéndose el valor de posicionamiento de la inclinación proporcional y de sentido contrario a la desviación del valor de medición óptico de un valor objetivo y estando diseñado el sistema simultáneamente para la regulación de un ángulo de inclinación de la posición de vuelo y que para esto se tome una magnitud de medida simulada matemáticamente o real de la inclinación actual de la posición de vuelo.

15 12. Sistema de acuerdo con una de las reivindicaciones 10 u 11 **caracterizado porque** un sensor (3) de desplazamiento optoelectrónico que presenta una pluralidad de superficies parciales fotosensibles y una electrónica de evaluación digital en el mismo chip leyendo repetidamente la electrónica de evaluación las señales de las superficies parciales fotosensibles de forma continua, estas señales se evalúan para detectar los desplazamientos de imagen de las estructuras representadas y diseñado para transmitir una señal de medición de un desplazamiento de la imagen.

20 13. Cuerpo volador, en particular, aeronave (1) de alas giratorias que comprende un sistema acuerdo con una de las reivindicaciones 10 a 12.

FIG. 1

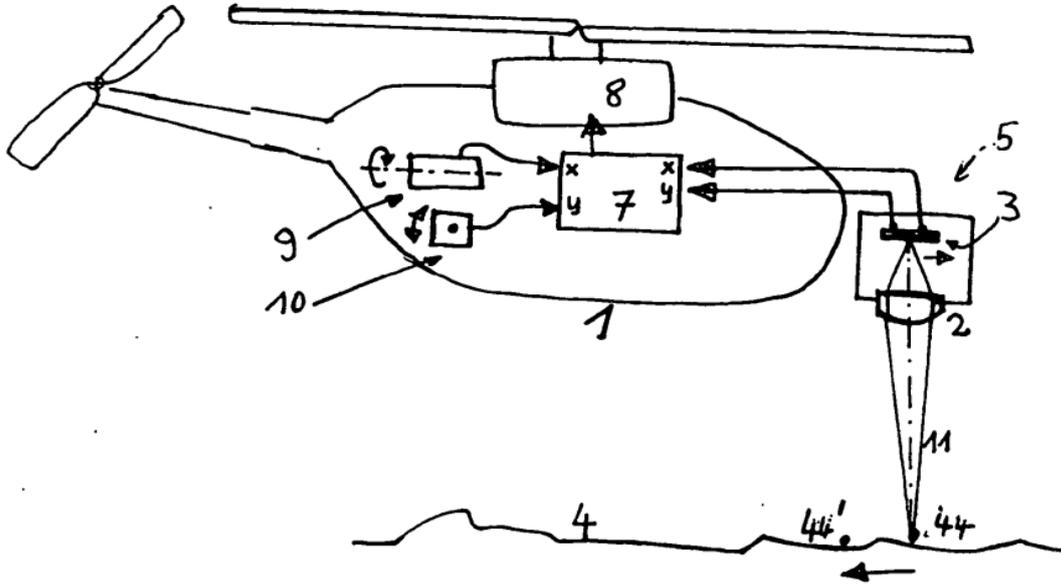


FIG. 2

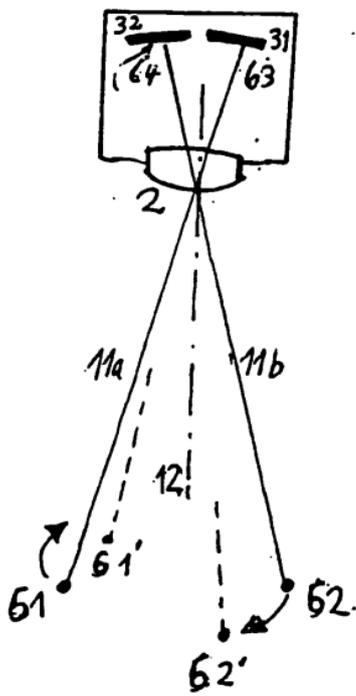


FIG. 3

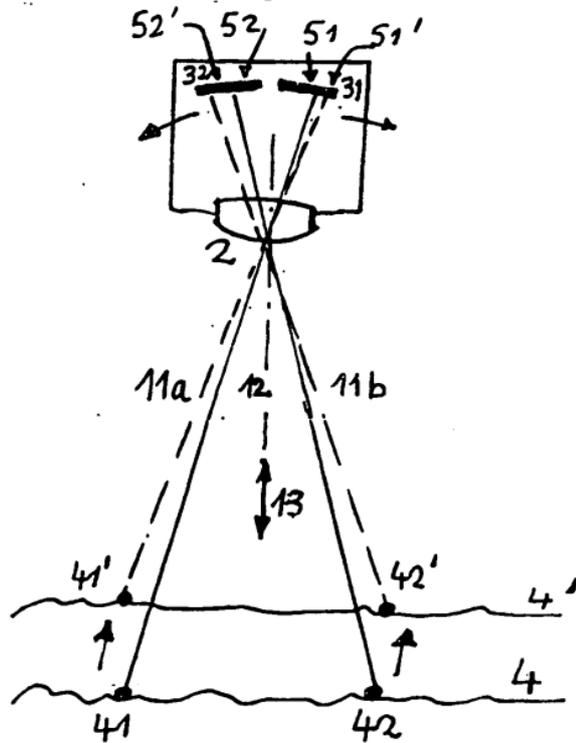
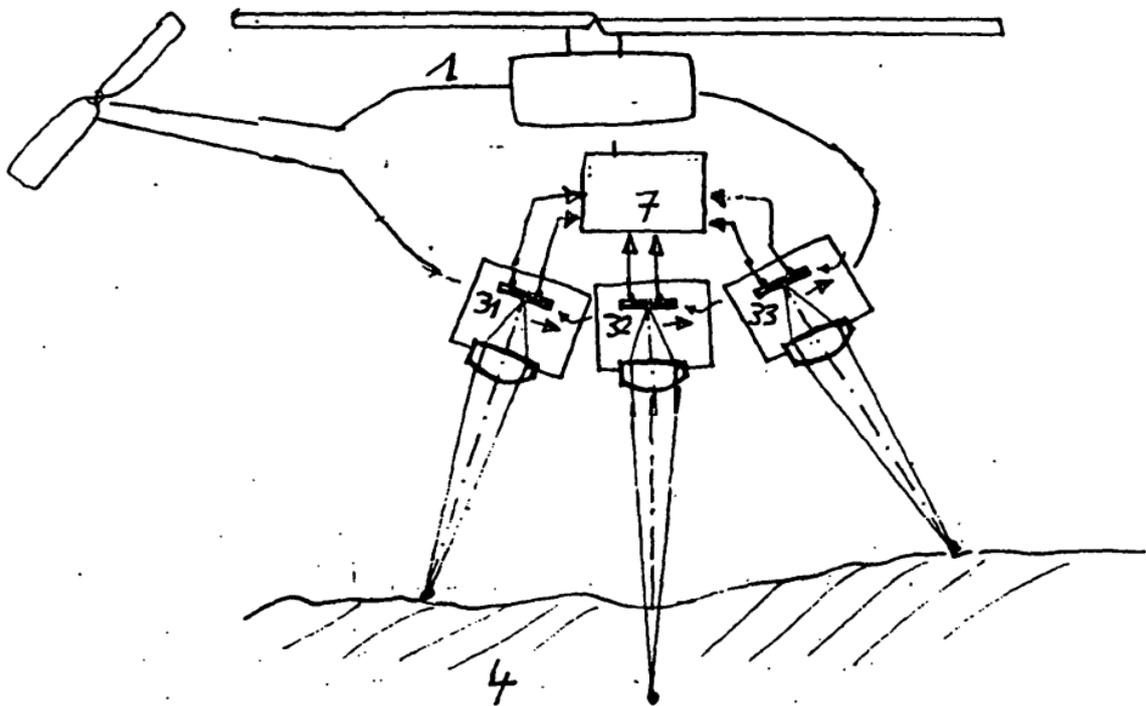


FIG. 4.



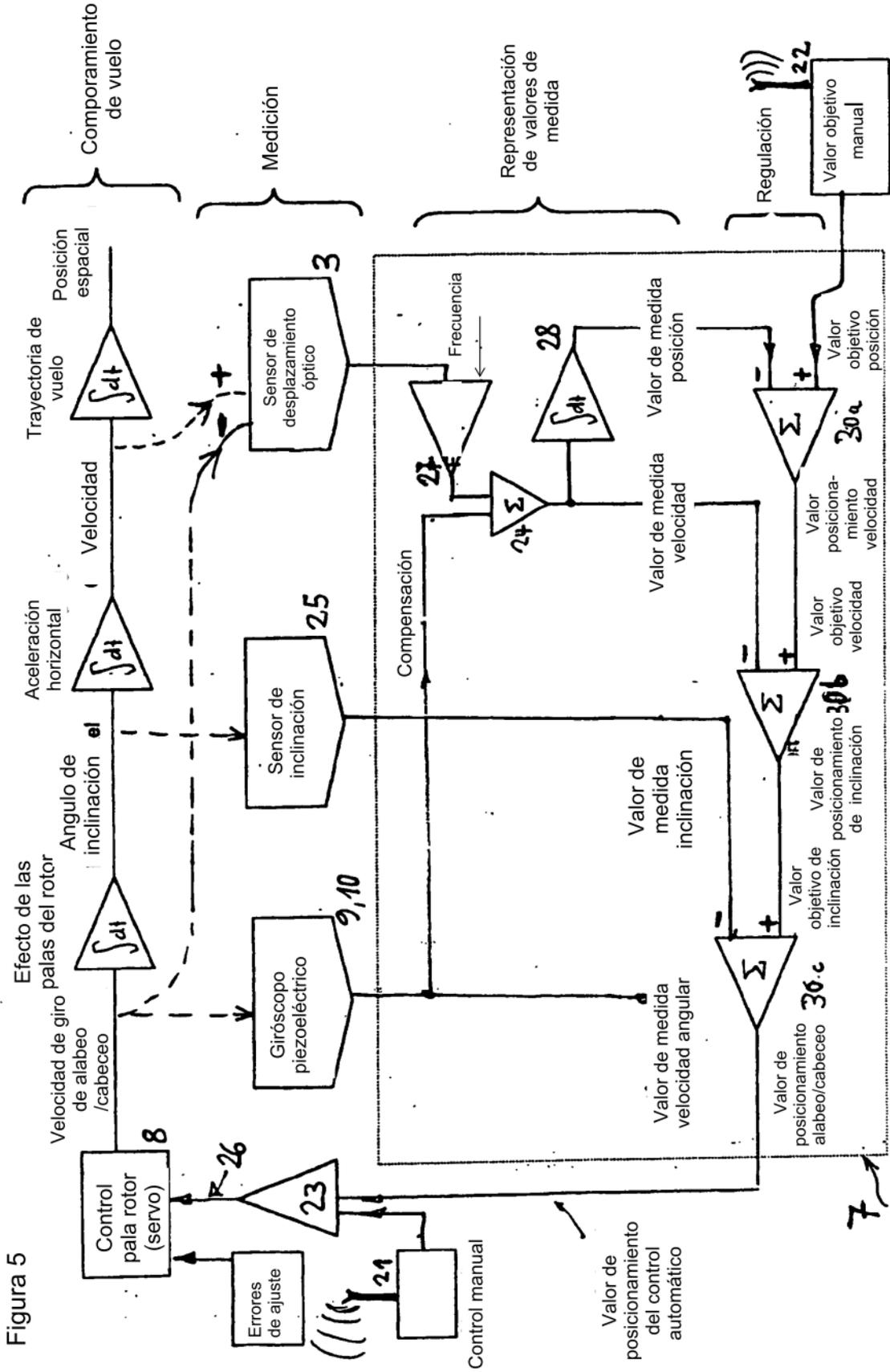


Figura 5