

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 656 243**

51 Int. Cl.:

F41G 9/00 (2006.01)

G01C 21/16 (2006.01)

F42B 15/01 (2006.01)

G05D 1/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.09.2012 PCT/SE2012/000135**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.03.2013 WO13043097**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.09.2012 E 12833569 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.11.2017 EP 2758741**

54 Título: **Método y sistema GNC para la determinación del ángulo de giro**

30 Prioridad:

20.09.2011 SE 1130087

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

26.02.2018

73 Titular/es:

**BAE SYSTEMS BOFORS AB (100.0%)
691 80 Karlskoga, SE**

72 Inventor/es:

BROHEDE, DANIEL

74 Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 2 656 243 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

Método y sistema GNC para la determinación del ángulo de giro

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a un método para determinar y calcular el ángulo de giro de un proyectil dotado de un sistema de posicionamiento basado en radio, un sistema de navegación y un sensor para determinar la velocidad angular de giro. La invención constituye adicionalmente un sistema GNC para un proyectil dotado de un sistema de posicionamiento basado en radio, un sistema de navegación y un sensor para determinar velocidad angular de giro.

Antecedentes de la invención, definición de problema y técnica anterior

Los proyectiles guiados usan formas diferentes de sistemas para medir y/o calcular su posición actual y sistemas para guiar el proyectil hacia el objetivo del proyectil. Un nombre colectivo para estos sistemas es sistemas GNC, en los que GNC significa guiado, navegación y control. El conocimiento de la posición actual, con la máxima precisión posible, es relevante para calcular cómo debe guiarse el proyectil con el fin de alcanzar su objetivo. En los proyectiles modernos, una parte del sistema GNC es un sistema de navegación. El sistema de navegación con frecuencia consiste en un receptor GPS y una unidad INS. INS, que significa sistema de navegación inercial, usa una unidad IMU como sensor para medir el cambio dinámico. La unidad IMU, en la que IMU significa unidad de medida inercial, mide las aceleraciones y las velocidades angulares del proyectil. En la mayor parte de los casos, la unidad IMU se construye con tres giroscopios y tres acelerómetros. La unidad IMU usa navegación por estima para la determinación de la posición, es decir que el cambio en la posición se calcula basándose en la velocidad, la dirección de recorrido y el tiempo. La unidad INS usa datos del sensor de la unidad IMU para calcular la posición, el vector de velocidad y la orientación del proyectil.

El receptor GPS recibe la información de posicionamiento de varios satélites GPS y, basándose en esta información, calcula una posición y una velocidad. Combinando y calculando la información del receptor GPS y la unidad IMU, es posible determinar la velocidad y posición actual con alta precisión. La posición y la velocidad del proyectil pueden calcularse con el receptor GPS y/o la información de la unidad IMU. El cambio de posición e inclinación del proyectil, denominado guiñada, cabeceo y alabeo, se mide con los giroscopios que pertenecen a la unidad IMU.

Pueden encontrarse soluciones conocidas previamente, por ejemplo, en el documento US 6.163.021 A, que describe un sistema de sensor para hacer rotar objetos en un campo magnético, en el que el sistema de sensor proporciona información de navegación con respecto a una posición conocida. El sistema de sensor comprende sensores magnéticos y usa el campo magnético de la tierra como referencia para calcular la rotación del proyectil. El uso del campo magnético de la tierra limita la forma en la que puede orientarse el proyectil con respecto al campo magnético, lo que da como resultado limitaciones de funcionalidad para el proyectil.

Puede encontrarse un ejemplo de otra solución conocida previamente en el documento US 6.779.752 B1, que describe un sistema de guiado sin ningún giroscopio. El sistema descrito usa tres acelerómetros y un receptor GPS. Un problema con el sistema descrito es que no se obtiene ninguna o información limitada acerca del ángulo de giro, lo que significa que el sistema de navegación no da una determinación de posición correcta o completa.

Un problema con las soluciones actualmente existentes según el documento US 6.163.021 A indicado anteriormente es que se asume un proyectil que se hace rotar para la determinación del ángulo de giro. Un problema con las soluciones actualmente existentes según el documento US 6.779.752 B1 indicado anteriormente es que el sistema de navegación descrito no da una determinación de posición correcta o completa.

Un ejemplo de otra solución conocida previamente puede encontrarse en el documento US 6.163.021 A, que describe un sistema de navegación sin ningún giroscopio. El sistema descrito usa al menos un sensor magnético y al menos un sensor de velocidad angular.

Problemas adicionales que la invención se propone solucionar surgirán en relación con la siguiente descripción detallada de las diversas realizaciones.

Objeto de la invención y sus características distintivas

La presente invención proporciona exactamente información de ángulo de giro para un proyectil partiendo de una base de un menor número de sensores que sistemas convencionales.

La presente invención está constituida por un método para determinar el ángulo de giro de un proyectil guiado y sustancial o parcialmente estable en giro según las reivindicaciones 1 ó 2.

Según aspectos adicionales del método mejorado para la determinación del ángulo de giro según la invención: se hace el cálculo con filtrado;

el sensor para medir la velocidad angular de giro es un giroscopio;

el receptor de posicionamiento basado en radio es un receptor GPS;

5 el ángulo de cabeceo, θ , se calcula mediante la suma de la resultante de los componentes de velocidad del proyectil medidos por el sistema de posicionamiento basado en radio y la evaluación de la fuerza de control del proyectil que controla el componente de cabeceo, α , del ángulo de incidencia;

10 el ángulo de cabeceo, θ , se calcula mediante la suma de la resultante de los componentes de velocidad del proyectil medidos por el sistema de posicionamiento basado en radio y la evaluación de la fuerza de control del proyectil que controla el componente de cabeceo del vector de velocidad;

15 el ángulo de guiñada, ψ , se calcula mediante la resta de la evaluación de la fuerza de control del proyectil que controla el componente de guiñada, β , del ángulo de incidencia de la resultante de los componentes de velocidad del proyectil medidos por el sistema de posicionamiento basado en radio;

20 el ángulo de guiñada, ψ , se calcula mediante la resta de la evaluación de la fuerza de control del proyectil que controla el componente de guiñada del vector de velocidad de la resultante de los componentes de velocidad del proyectil medidos por el sistema de posicionamiento basado en radio. Adicionalmente, la invención se refiere a un sistema GNC para un proyectil guiado según las reivindicaciones 10 u 11. Según aspectos adicionales del sistema GNC mejorado para un proyectil guiado según la invención:

se hace el cálculo con filtrado;

25 el sensor para medir la velocidad angular de giro es un giroscopio;

el receptor de posicionamiento basado en radio es un receptor GPS;

30 el ángulo de cabeceo, θ , se calcula mediante la suma de la resultante de los componentes de velocidad del proyectil medidos por el sistema de posicionamiento basado en radio y la evaluación de la fuerza de control del proyectil que controla el componente de cabeceo, α , del ángulo de incidencia;

35 el ángulo de cabeceo, θ , se calcula mediante la suma de la resultante de los componentes de velocidad del proyectil medidos por el sistema de posicionamiento basado en radio y la evaluación de la fuerza de control del proyectil que controla el componente de cabeceo del vector de velocidad;

40 el ángulo de guiñada, ψ , se calcula mediante la resta de la evaluación de la fuerza de control del proyectil que controla el componente de guiñada, β , del ángulo de incidencia de la resultante de los componentes de velocidad de proyectil medidos por el sistema de posicionamiento basado en radio;

45 el ángulo de guiñada, ψ , se calcula mediante la resta de la evaluación de la fuerza de control del proyectil que controla el componente de guiñada del vector de velocidad de la resultante de los componentes de velocidad del proyectil medidos por el sistema de posicionamiento basado en radio.

Ventajas y efectos de la invención

Partiendo de una base del método propuesto, la información de un receptor GPS, un giroscopio de giro y una evaluación del ángulo de incidencia se usan para calcular el ángulo de giro. Alabeo, cabeceo y ángulo de guiñada, junto con un receptor GPS, proporcionan una información de sensor completa para un sistema GNC. Por tanto, es posible diseñar un sistema completo de GNC usando sólo un giroscopio, lo que da como resultado ahorros en coste y un diseño simplificado, un tamaño físico reducido del sistema de navegación y también un sistema más robusto en comparación con un sistema convencional de GNC que tiene tres giroscopios. En una solución alternativa, la información de un receptor GPS, un giroscopio de giro, y la fuerza de control que actúa en el dispositivo de control pueden usarse para calcular el ángulo de giro.

Lista de figuras

La invención se describirá en mayor detalle a continuación con referencia a las figuras adjuntas, en las que:

60 La figura 1 muestra un diagrama de bloques para calcular el ángulo de giro en una primera realización, en el que el ángulo de incidencia se evalúa basándose en la fuerza de control del proyectil que controla el componente de cabeceo del ángulo de incidencia o la fuerza de control del proyectil que controla el componente de guiñada del ángulo de incidencia, según la invención.

65

La figura 2 muestra un diagrama de bloques para calcular el ángulo de giro en una segunda realización, en el que la dirección y el tamaño de la fuerza de control se evalúan basándose en el componente de cabeceo del vector de velocidad o el componente de guiñada del vector de velocidad, según la invención.

5 La figura 3 muestra un proyectil construido con determinación de ángulo de giro según la invención.

Descripción detallada de realizaciones

10 En la figura 1 se muestra un diagrama de bloques que ilustra un sistema 1 reducido de GNC que comprende un sistema 2 de guiado, un sistema 3 de navegación y un sistema 4 de control. El sistema 4 de control controla los elementos de control en forma de aletas o *canards*. La aerodinámica 4' que actúa en el proyectil afecta al proyectil en cuanto a la trayectoria del proyectil. Los cambios en el proyectil afectan a la información de los sensores 5, tal como, por ejemplo, giroscopio 6 de giro receptor 7 GPS y medidor de ángulo de incidencia, indicado como un medidor 8 α - β . La información medida a partir de los sensores 5 son datos de entrada para el cálculo del ángulo de giro.

20 En la figura 2 se muestra un diagrama de bloques que ilustra un sistema 1' reducido de GNC que comprende un sistema 2 de guiado, un sistema 3' de navegación y un sistema 4 de control. El sistema 4 de control controla los elementos de control en forma de aletas o *canards*. La aerodinámica 4' que actúa en el proyectil afecta al proyectil en cuanto a la trayectoria del proyectil. Los cambios en el proyectil afectan a la información de los sensores 5', tal como, por ejemplo, giroscopio 6 de giro y el receptor 7 GPS. La información medida a partir de los sensores 5 son datos de entrada para el cálculo de ángulo de giro.

25 En la figura 3 se muestra una figura que ilustra un proyectil 9 guiado construido con un sistema de GNC que comprende la determinación del ángulo de giro según la invención. En la figura se muestran, para el proyectil, un sistema de coordenadas de cuerpo fijo X , Y y Z , un vector de velocidad V , además de los ángulos de incidencia α y β , en el que α simboliza el componente de cabeceo del ángulo de incidencia y β simboliza el componente de guiñada del ángulo de incidencia. El componente de cabeceo para el ángulo de incidencia es por tanto el cambio en el plano que se extiende por el eje X y el eje Z , y el componente de guiñada para el ángulo de incidencia es el cambio en el plano que se extiende por el eje X y el eje Y y en el que el plano se ha inclinado a lo largo del eje Y mediante el ángulo α . En la figura, las aletas del proyectil se muestran en forma de aletas 10 *canard*.

35 Midiendo el alabeo, la guiñada y el cabeceo, además de las coordenadas actuales, con un sistema de posicionamiento basado en radio, se obtiene un completo sistema de GNC en una primera realización mostrada en la figura 1. El receptor de posicionamiento basado en radio, que puede ser un receptor 7 GPS, un receptor para guiado por radar u otro equipo de posicionamiento basado en radio, se construye para recibir la información de posicionamiento y por tanto también para que pueda calcular la información de velocidad. La velocidad angular de giro puede medirse con un giroscopio 6, preferiblemente uno denominado giroscopio de velocidad, que mide la velocidad angular de giro. La velocidad angular de giro también puede medirse con un magnetómetro u otro elemento. El ángulo de incidencia se mide con o se evalúa con un medidor 8 α - β incorporado en el proyectil. Los ángulos de incidencia se indican como α y β , en los que α simboliza el componente de cabeceo y β simboliza el componente de guiñada del ángulo de incidencia, mostrado en la figura 3.

45 El sistema 1 de GNC montado en el proyectil, en el que GNC significa guiado, navegación y control, mide valores de medición actuales a partir de sensores, calcula y predice la trayectoria para alcanzar un objetivo y controla y regula los controladores o actuadores, y por tanto los elementos de control, con los que está equipado el proyectil. El sistema 3 de navegación (Navegación) dota al sistema 4 de control de información sobre la velocidad y la posición actual del proyectil. El sistema 2 de guiado determina y calcula una ruta preferida al objetivo y por tanto el cambio deseado con respecto a la velocidad, rotación y/o aceleración con el fin de seguir la ruta calculada al objetivo. El sistema 4 de control (Control) controla y regula las fuerzas que controlan el proyectil, las fuerzas se ejecutan con, por ejemplo, actuadores, motores o servos que, a su vez, mueven o de otra manera actúan sobre elementos de control en forma de aletas/superficies de control o *canards* 10 de control para controlar el proyectil partiendo de una base de la ruta al objetivo que se ha calculado mediante el sistema 2 de guiado. El sistema 4 de control también es responsable de mantener el proyectil estable durante su trayectoria desde el lanzador hasta el objetivo.

55 El proyectil está equipado con *canards*/aletas 10 u otros elementos de control para controlar el proyectil en la trayectoria del proyectil entre el lanzador y el objetivo. Cuando el proyectil se controla para cambiar el rumbo, se mide el cambio en el vector de velocidad V en relación con una trayectoria balística prevista. Los cambios se vuelven a insertar en un algoritmo de control y se comparan con el valor deseado de las señales de control para la modulación del ángulo de incidencia. El cambio con respecto al vector de velocidad V se mide con un sensor para velocidad angular de giro, que mide la velocidad rotacional, y el sistema de posicionamiento basado en radio, que da la velocidad con respecto al sistema de coordenadas fijo en la tierra.

65 Con los datos de entrada que comprenden la velocidad de giro, el cambio en velocidad con respecto al sistema de coordenadas fijo en la tierra, y el cambio previsto en el ángulo de incidencia, puede calcularse el ángulo de giro. El

cálculo se hace preferiblemente con diferentes formas de funciones de filtro. El cálculo se hace en el sistema 3 de navegación del proyectil. El resultado es que un sistema completo de GNC se consigue debido al hecho de que el ángulo de giro, el ángulo de cabeceo y también el ángulo de guiñada pueden calcularse, y de que la posición y la velocidad, basándose en el sistema de coordenadas fijo en la tierra, puede medirse con el sistema de posicionamiento basado en radio.

El cálculo de ángulo de cabeceo, θ , se hace mediante la suma de la resultante de los componentes de velocidad medidos por el sistema de posicionamiento basado en radio y la evaluación de la fuerza de control del proyectil que controla el componente de cabeceo, α , del ángulo de incidencia, según la relación:

$$\theta \approx \arctan\left(\frac{-v_z}{\sqrt{v_x^2 + v_y^2}}\right) + \alpha,$$

en la que v_x , v_y y v_z son los componentes del vector de velocidad.

El cálculo del ángulo de guiñada, ψ , se hace mediante la resta de la evaluación de la fuerza de control del proyectil que controla el componente de guiñada, β , del ángulo de incidencia de la resultante de los componentes de velocidad medidos por el sistema de posicionamiento basado en radio, según la relación:

$$\psi \approx \arctan\left(\frac{v_y}{v_x}\right) - \beta,$$

en la que v_x y v_y son los componentes de los componentes de velocidad.

El cálculo del ángulo de giro ϕ , se hace mediante la suma del cambio de ángulo absoluto para el vector de velocidad con ponderación del valor medio del ángulo de evaluación de incidencia. El cálculo del valor medio del ángulo de evaluación de incidencia corresponde con el valor medio del ángulo resultante de la fuerza de control del proyectil que controla el componente de guiñada, β , del ángulo de incidencia y la fuerza de control del proyectil que controla el componente de cabeceo, α , del ángulo de incidencia. Por tanto, el valor absoluto del ángulo de giro se obtiene mediante la relación:

$$\varphi_{GirAbs} = \varphi_{VelAbs} - \arctan\left(\frac{-(\beta[k] + \beta[k-1] + \dots + \beta[k-n+1] + \beta[k-n])}{\alpha[k] + \alpha[k-1] + \dots + \alpha[k-n+1] + \alpha[k-n]}\right).$$

El cálculo del cambio de ángulo absoluto para el vector de velocidad se corresponde con el ángulo resultante del cambio en ángulo de cabeceo del vector de velocidad y el cambio en ángulo de guiñada del vector de velocidad, según la relación:

$$\varphi_{VelAbs} = \arctan\left(\frac{\psi_{DIF}}{\theta_{DIF}}\right).$$

En la que el cambio en el ángulo de guiñada del vector de velocidad, en el que k y n son intervalos de tiempo, se calcula según la relación: $\psi_{DIF}[k] = \psi_{Vel}[k] - \psi_{Vel}[k-n]$.

En la que el cambio en el ángulo de cabeceo del vector de velocidad, ψ_{Vel} , se calcula según la relación:

$$\psi_{Vel} = \arctan\left(\frac{v_y}{v_x}\right),$$

en la que v_x y v_y are los componentes del vector de velocidad.

Y en la que el cambio en el ángulo de cabeceo del vector de velocidad se calcula de la misma manera que el cambio en ángulo de guiñada, pero con compensación por gravedad, según la relación:

$$\theta_{DIF} = \theta_{Vel}[k] - \arctan\left(\frac{-(v_z[k-n] + g \cdot n \cdot T_s)}{\sqrt{v_x[k-n]^2 + v_y[k-n]^2}}\right),$$

en la que v_x , v_y y v_z son los componentes del vector de velocidad, g es gravedad, k y n son intervalos de tiempo y T_s es tiempo de muestra.

En la que el ángulo de cabeceo, θ_{Vel} , del vector de velocidad se calcula según la relación:

$$\theta_{vel} = \arctan\left(\frac{-v_z}{\sqrt{v_x^2 + v_y^2}}\right),$$

en la que v_x , v_y y v_z son los componentes del vector de velocidad.

5 Los cálculos se llevan a cabo preferiblemente con funciones de filtro, pero también de otras maneras adecuadas, incluyendo tablas (tabla de consulta), estimaciones u otros elementos. Preferiblemente, el cálculo se hace en cierta forma de sistema programable que comprende un microprocesador, procesador de señales u otros elementos electrónicos de computación.

10 En la figura 2 se muestra una segunda realización de un sistema 1' de GNC, por ejemplo, para proyectiles que generan fuerzas de control sin creación de un ángulo de incidencia. En la segunda realización del sistema 1' de GNC, puede determinarse el ángulo de giro basándose en el componente de cabeceo del vector de velocidad o el componente de guiñada del vector de velocidad. Con datos de entrada que comprenden velocidad de giro, cambio en velocidad con respecto al sistema de coordenadas fijo en la tierra, además de componente de guiñada del vector de velocidad y componente de cabeceo del vector de velocidad, puede calcularse el ángulo de giro. El cálculo se hace preferiblemente con formas diferentes de funciones de filtro. El cálculo se hace en el sistema 3' de navegación del proyectil. El resultado es que se consigue un sistema completo de GNC debido al hecho de que pueden calcularse el ángulo de giro, el ángulo de cabeceo y también el ángulo de guiñada, y de que la posición y la velocidad, basándose en el sistema de coordenadas fijo en la tierra, puede medirse con el sistema de posicionamiento basado en radio.

20 Un ejemplo de un proyectil con un sistema de GNC, que aplica un método para la determinación del ángulo de giro, es el de un proyectil de artillería de 155 mm con giro estabilizado dotado de cuatro *canards* de control, un receptor GPS, determinación de ángulo de incidencia y un giroscopio para medir el ángulo de giro.

25 **Realizaciones alternativas**

La invención no está limitada a las realizaciones mostradas específicamente, pero pueden variarse de diferentes maneras dentro del alcance de las reivindicaciones de patente.

30 Se apreciará, por ejemplo, que el número, tamaño, material y forma de los elementos y partes de componentes que pertenecen al método para la determinación del ángulo de giro y al sistema de GNC se adaptan al/los sistema(s) y diversas características de diseño que existen actualmente.

35 Se apreciará que el método descrito anteriormente para la determinación de ángulo de giro, y/o sistema de navegación, puede aplicarse en principio a todos los vehículos y sistemas que comprenden aeronaves, proyectiles y misiles.

REIVINDICACIONES

1. Método para determinar el ángulo de giro de un proyectil (9) guiado y sustancialmente o parcialmente estable al giro que comprende un sistema (4) de control, receptor (7) de posicionamiento basado en radio y sensor para medir velocidad (6) angular de giro, en el que se incluyen las siguientes etapas:
- (a) actuación de los actuadores del proyectil (9) mediante el sistema (4) de control, incluido en el proyectil (9), para maniobramiento del proyectil (9);
 - (b) estimación de una primera señal, la fuerza de control del proyectil, basándose en el sistema (4) de control incluido en el proyectil (9);
 - (c) medición de una segunda señal, la velocidad del proyectil con respecto al sistema de coordenadas fijo en la tierra, con el receptor (7) de posicionamiento basado en radio montado en el proyectil (9);
 - (d) medición de una tercera señal, la velocidad de rotación, con el sensor para velocidad (6) angular de giro montado en el proyectil (9); caracterizándose dicho método porque se incluye además la siguiente etapa:
 - (e) cálculo de un ángulo de giro partiendo de una base de las señales primera, segunda y tercera, fuerza de control de proyectil estimada, velocidad de proyectil medida y velocidad de rotación medida, mediante la suma de un cambio de ángulo absoluto, en el que el cambio de ángulo absoluto se establece para corresponderse con el ángulo resultante del cambio en ángulo cabeceo del vector de velocidad de proyectil y el cambio en ángulo de guiñada del vector de velocidad de proyectil, con ponderación de una evaluación de ángulo, en el que la evaluación de ángulo se determina como un valor medio de la evaluación del ángulo de incidencia, en el que el valor medio de la evaluación del ángulo de incidencia se establece en correspondencia con el valor medio del ángulo resultante de la fuerza de control de proyectil que controla el componente de guiñada, β , del ángulo de incidencia y la fuerza de control del proyectil que controla el componente de cabeceo, α , del ángulo de incidencia.
2. Método para determinar el ángulo de giro de un proyectil (9) guiado y sustancialmente o parcialmente estable al giro que comprende un sistema (4) de control, receptor (7) de posicionamiento basado en radio y sensor para medir la velocidad (6) angular de giro, en el que se incluyen las siguientes etapas:
- (a) actuación de los actuadores del proyectil (9) mediante el sistema (4) de control, incluido en el proyectil (9), para maniobramiento del proyectil (9);
 - (b) estimación de una primera señal, la fuerza de control del proyectil, basándose en el sistema (4) de control incluido en el proyectil (9);
 - (c) medición de una segunda señal, la velocidad del proyectil (9) con respecto al sistema de coordenadas fijo en la tierra, con el receptor (7) de posicionamiento basado en radio montado en el proyectil (9);
 - (d) medición de una tercera señal, la velocidad de rotación, con el sensor para velocidad (6) angular de giro montado en el proyectil (9);
- estando caracterizado dicho método porque se incluye además la siguiente etapa:
- (e) cálculo de un ángulo de giro basándose en las señales primera, segunda y tercera, fuerza de control de proyectil estimada, velocidad de proyectil medida y velocidad de rotación medida, mediante la suma de un cambio de ángulo absoluto, en el que el cambio de ángulo absoluto se establece en correspondencia con el ángulo resultante del cambio en ángulo de cabeceo del vector de velocidad del proyectil y el cambio en ángulo de guiñada del vector de velocidad del proyectil, con ponderación de una evaluación de ángulo, en el que la evaluación de ángulo se determina como un valor medio del ángulo de la evaluación de ángulo de fuerza de control, en el que el valor medio de la evaluación de ángulo de fuerza de control se establece en correspondencia con el valor medio del ángulo resultante de la fuerza de control de proyectil que controla el componente de guiñada del vector de velocidad y la fuerza de control de proyectil que controla el componente de cabeceo del vector de velocidad.
3. Método para la determinación del ángulo de giro según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque se hace cálculo con filtrado.
4. Método para la determinación del ángulo de giro según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el sensor para la medir velocidad (6) angular de giro es un giroscopio.
5. Método para la determinación de ángulo de giro según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el receptor 7 de posicionamiento basado en radio es un receptor GPS.
6. Método para la determinación del ángulo de giro según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores,

caracterizado porque ángulo de cabeceo, θ , se calcula mediante la suma de las resultantes de los componentes de velocidad de proyectil medidos por el sistema de posicionamiento basado en radio y la evaluación de la fuerza de control de proyectil que controla el componente de cabeceo, α , del ángulo de incidencia.

5
7. Método para la determinación del ángulo de giro según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el ángulo de cabeceo, θ , se calcula mediante la suma de la resultante de los componentes de velocidad del proyectil medidos por el sistema de posicionamiento basado en radio y la evaluación de la fuerza de control del proyectil que controla el componente de cabeceo del vector de velocidad.

10
8. Método para la determinación del ángulo de giro según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque ángulo de guiñada, ψ , se calcula mediante la resta de la evaluación de la fuerza de control del proyectil que controla el componente de guiñada, β , del ángulo de incidencia de la resultante de los componentes de velocidad de proyectil medidos por el sistema (7) de posicionamiento basado en radio.

15
9. Método para determinación del ángulo de giro según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el ángulo de guiñada, ψ , se calcula mediante la resta de la evaluación de la fuerza de control del proyectil que controla el componente de guiñada del vector de velocidad de la resultante de los componentes de velocidad del proyectil medidos por el sistema (7) de posicionamiento basado en radio.

20
10. Sistema (1, 1') de guiado, navegación y control, GNC, para un proyectil (9) guiado que comprende un sistema (4) de control, sistema (7) de posicionamiento basado en radio y sensor para medir la velocidad (6) angular de giro para la determinación del ángulo de giro, en el que:

25
(a) el sistema (4) de control incorporado para el maniobramiento del proyectil (9) está dispuesto para accionar los actuadores del proyectil (9);

(b) el sistema (4) de control incluido en el proyectil (9) está dispuesto para estimar una primera señal, la fuerza de control del proyectil;

30
(c) el receptor (7) de posicionamiento basado en radio montado en el proyectil (9) está dispuesto para medir una segunda señal, la velocidad del proyectil con respecto al sistema de coordenadas fijo en la tierra;

(d) el sensor para velocidad (6) angular de giro montado en el proyectil (9) está dispuesto para medir una tercera señal, la velocidad de rotación; estando caracterizado dicho sistema GNC porque:

35
(e) el sistema GNC está dispuesto para calcular un ángulo de giro basándose en las señales primera, segunda y tercera, fuerza de control del proyectil estimada, velocidad de proyectil medida y velocidad de rotación medida, mediante la suma de un cambio de ángulo absoluto, en el que el cambio de ángulo absoluto se establece en correspondencia con el ángulo resultante del cambio en ángulo de cabeceo del vector de velocidad del proyectil y el cambio en ángulo de guiñada del vector de velocidad de proyectil, con ponderación de una evaluación de ángulo, en el que la evaluación de ángulo se determina como un valor medio del ángulo de evaluación de incidencia, en el que el valor medio del ángulo de evaluación de incidencia se establece en correspondencia con el valor medio del ángulo resultante de la fuerza de control del proyectil que controla el componente de guiñada, β , del ángulo de incidencia y la fuerza de control de proyectil que controla el componente de cabeceo, α , del ángulo de incidencia.

45
11. Sistema (1, 1') de guiado, navegación y control, GNC, para un proyectil (9) guiado que comprende un sistema (4) de control, sistema (7) de posicionamiento basado en radio y sensor para medir velocidad (6) angular de giro para la determinación de ángulo de giro, en el que:

50
(a) el sistema (4) de control incorporado para el maniobramiento del proyectil (9) está dispuesto para activar los actuadores del proyectil (9);

(b) el sistema (4) de control incluido en el proyectil (9) está dispuesto para estimar una primera señal, la fuerza de control del proyectil;

55
(c) el receptor (7) de posicionamiento basado en radio montado en el proyectil (9) está dispuesto para medir una segunda señal, la velocidad del proyectil (9) con respecto al sistema de coordenadas fijo en la tierra;

(d) el sensor para velocidad (6) angular de giro montado en el proyectil (9) está dispuesto para medir una tercera señal, la velocidad de rotación; estando caracterizado dicho sistema GNC porque:

60
(e) el sistema GNC está dispuesto para calcular un ángulo de giro basándose en las señales primera, segunda y tercera, fuerza de control de proyectil estimada, velocidad de proyectil medida y velocidad de rotación medida, mediante la suma de un cambio de ángulo absoluto, en el que el cambio de ángulo absoluto se establece en correspondencia con el ángulo resultante del cambio

en ángulo de cabeceo del vector de velocidad del proyectil y el cambio en ángulo de guiñada del vector de velocidad del proyectil, con ponderación de una evaluación de ángulo, en el que la evaluación de ángulo se determina como un valor medio del ángulo de la evaluación del ángulo de fuerza de control, en el que el valor medio de la evaluación del ángulo de fuerza de control se establece en correspondencia con el valor medio del ángulo resultante de la fuerza de control de proyectil que controla el componente de guiñada del vector de velocidad y la fuerza de control de proyectil que controla el componente de cabeceo del vector de velocidad.

- 5
- 10
12. Sistema GNC (1, 1') para proyectil (9) guiado según una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 11, caracterizado porque se hace cálculo con filtrado.
13. Sistema GNC (1, 1') para proyectil (9) guiado según una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, caracterizado porque el sensor para medir la velocidad (6) angular de giro es un giroscopio.
- 15
14. Sistema GNC (1, 1') para proyectil (9) guiado según una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 13, caracterizado porque el receptor (7) de posicionamiento basado en radio es un receptor GPS.
15. Sistema GNC (1, 1') para proyectil (9) guiado según una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 14, caracterizado porque el ángulo de cabeceo, θ , se calcula mediante la suma de la resultante de los componentes de velocidad del proyectil (9) medidos por el sistema (7) de posicionamiento basado en radio y la evaluación de la fuerza de control del proyectil (9) que controla el componente de cabeceo, α , del ángulo de incidencia.
- 20
16. Sistema GNC (1, 1') para proyectil (9) guiado según una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 15, caracterizado porque el ángulo de cabeceo, θ , se calcula mediante la suma de la resultante de los componentes de velocidad de proyectil (9) medidos por el sistema (7) de posicionamiento basado en radio y evaluación de la fuerza de control del proyectil (9) que controla el componente de cabeco del vector de velocidad.
- 25
17. Sistema GNC (1, 1') para proyectil (9) guiado según una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 16, caracterizado porque el ángulo de guiñada, ψ , se calcula mediante la resta de la evaluación de la fuerza de control del proyectil (9) que controla el componente de guiñada, β , del ángulo de incidencia de la resultante de los componentes de velocidad del proyectil (9) medidos por el sistema (7) de posicionamiento basado en radio.
- 30
18. Sistema GNC (1, 1') para proyectil (9) guiado según una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 17, caracterizado porque ángulo de guiñada, ψ , se calcula mediante la resta de la evaluación de la fuerza de control de proyectil (9) que controla el componente de guiñada del vector de velocidad de la resultante de los componentes de velocidad del proyectil (9) medidos por el sistema (7) de posicionamiento basado en radio.
- 35
- 40

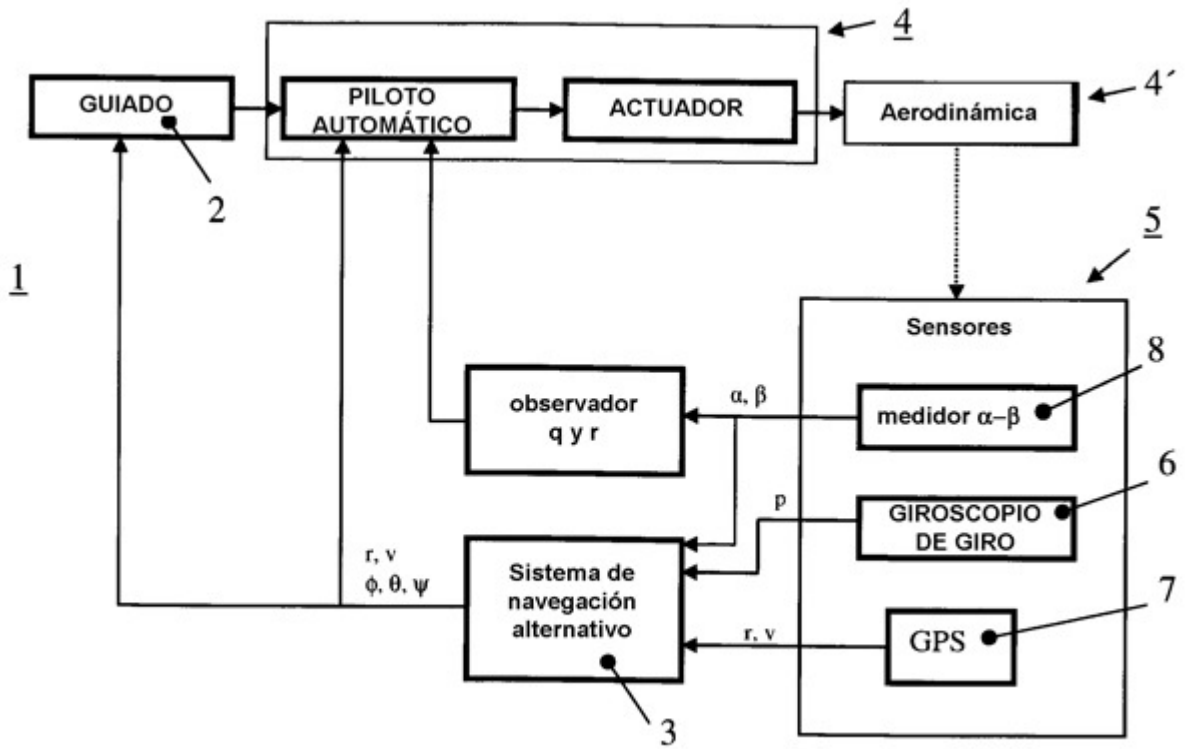


Fig. 1

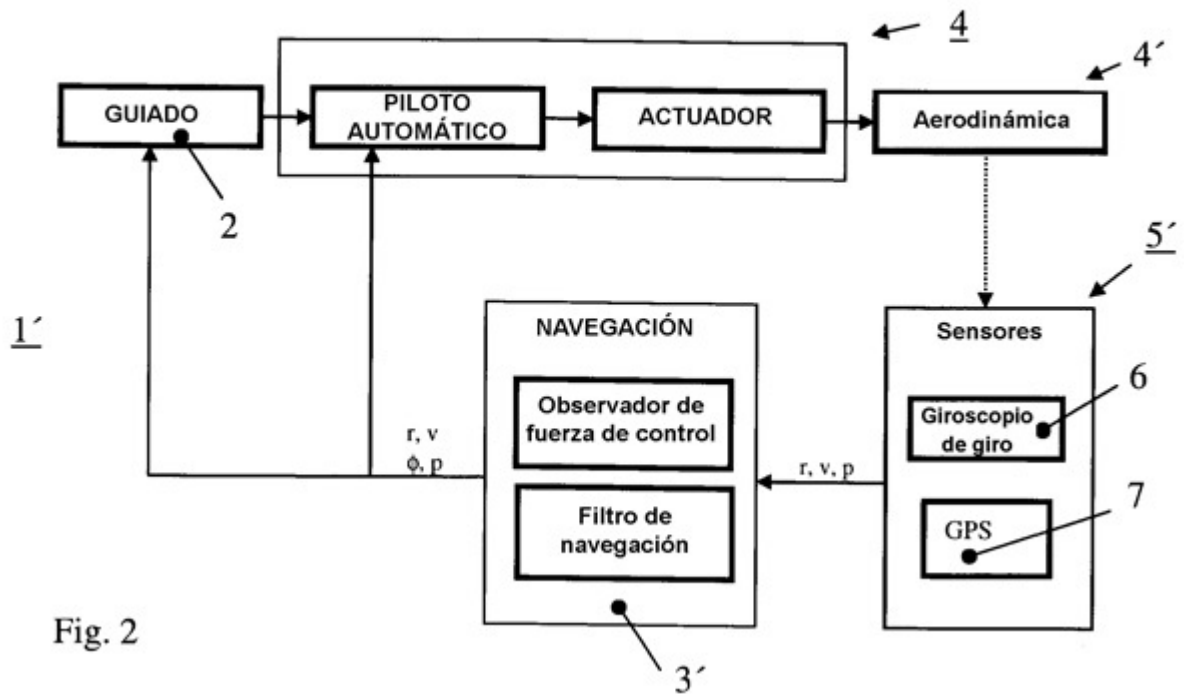


Fig. 2

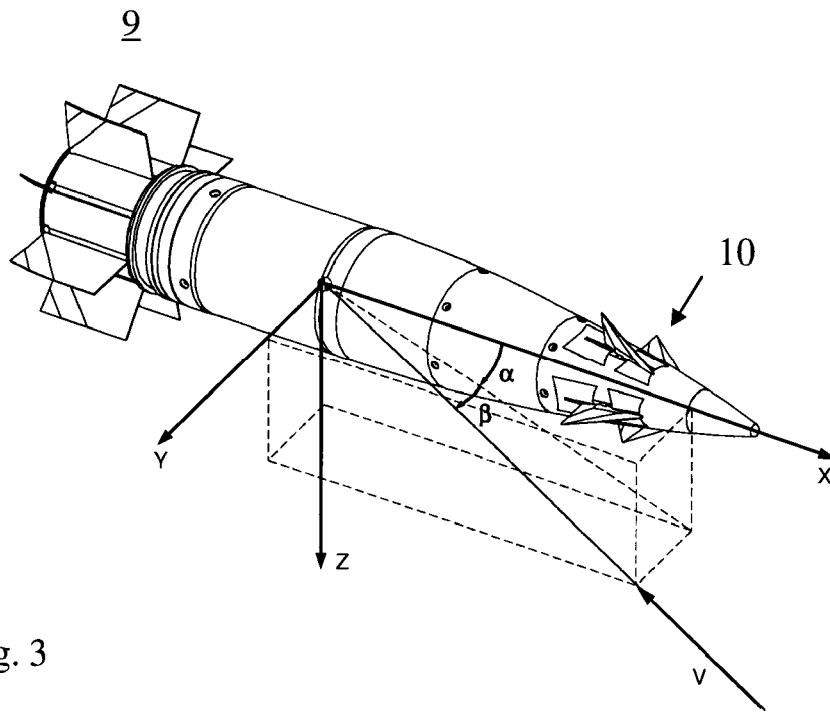


Fig. 3