

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 645 413**

51 Int. Cl.:

F42B 10/66 (2006.01)

F42B 15/01 (2006.01)

F02K 9/18 (2006.01)

F02K 9/26 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.06.2010** **PCT/US2010/038547**

87 Fecha y número de publicación internacional: **23.12.2010** **WO10147910**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.06.2010** **E 10790009 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.09.2017** **EP 2443413**

54 Título: **Sistema de control de actitud y derivación modular**

30 Prioridad:

15.06.2009 US 484986

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
05.12.2017

73 Titular/es:

RAYTHEON COMPANY (100.0%)
870 Winter Street
Waltham, MA 02451-1449, US

72 Inventor/es:

OLDEN, THOMAS A. y
CAVALLERI, ROBERT J.

74 Agente/Representante:

IZQUIERDO BLANCO, María Alicia

ES 2 645 413 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).

Sistema de control de actitud y derivación modular**Descripción**

5 ANTECEDENTES

Campo

10 La presente divulgación se refiere a un sistema de maniobrar vehículos y a un procedimiento para interceptar y destruir vehículos de reentrada de misiles balísticos y otros objetivos.

Descripción de la técnica relacionada

15 Los sistemas para interceptar amenazas de misiles balísticos generalmente responden en un vehículo de muerte cinética (KKV), también denominado vehículo de "impacto para destrucción", para destruir el vehículo de reentrada de amenaza mediante colisión física. Se lanza un misil que lleva el KKV, o una pluralidad de KKV, para colocar al KKV en una posición próxima a la trayectoria del vehículo de reentrada objetivo. A continuación, el KKV detecta y rastrea el vehículo objetivo y navega para intentar colisionar físicamente con el objetivo. Entre los ejemplos de programas de desarrollo de KKV se incluyen el vehículo exoatmosférico de destrucción (EKV), el proyector exoatmosférico de peso ligero (LEAP) y el vehículo de destrucción múltiple (MKV).

25 Los KKV están diseñados para interceptar y destruir el vehículo de reentrada objetivo durante la fase a medio camino del vuelo del vehículo de reentrada. La interceptación se puede producir por encima de la atmósfera de la tierra a altitudes de más de 100 millas. La velocidad combinada del KKV y el vehículo de reentrada objetivo pueden acercarse a las 15.000 millas por hora, o más de 20.000 pies por segundo, de tal manera que una colisión entre el KKV y el vehículo de reentrada se dañará gravemente o destruirá el vehículo de reentrada. El KKV normalmente intenta maniobrar para asumir una trayectoria que es un valor recíproco de la trayectoria del vehículo de reentrada objetivo, lo que quiere decir que el vehículo de destrucción y los vehículos de reentrada objetivo están viajando en la misma o casi la misma trayectoria en direcciones opuestas. En realidad, el vehículo de destrucción se desviará de la trayectoria recíproca deseada por una cantidad de error, habitualmente denominada CEP o error circular probable. El CEP se define como el radio de un círculo alrededor de la trayectoria deseada que contendría el vehículo de destrucción el 50 % del tiempo. Normalmente se asume una distribución normal de los errores de navegación del vehículo, de manera que el vehículo de destrucción estará dentro de un círculo que tiene un radio de dos veces el CEP el 93 % del tiempo y dentro de un círculo que tiene un radio de tres veces el CEP más de 99 % de el tiempo. Dado el tamaño relativamente pequeño del vehículo impacto para destrucción y el vehículo de reentrada objetivo y la velocidad de cierre extremo, el CEP del KKV pueden necesitar ser menos de una fracción de un metro para proporcionar una alta probabilidad de colisión con el vehículo de reentrada objetivo.

40 Para cumplir estos requisitos de navegación extremadamente precisos, el KKV puede incluir un sensor integrado y un sistema de seguimiento para rastrear el objetivo hasta el punto de colisión. El KKV típicamente incluye un sistema de control de la actitud y desvío (DACS) que se utiliza para maniobrar el KKV a la trayectoria necesaria para interceptar el objetivo. El DACS tiene una pluralidad de propulsores de actitud que se pueden usar para controlar la actitud o la orientación del KKV alrededor de tres ejes de rotación. El propulsor de la actitud puede usarse, por ejemplo, para mantener el objetivo dentro del campo de visión del sensor integrado. El DACS puede incluir también subsistema de desvío utilizado para cambiar la trayectoria el KKV en respuesta al sistema de seguimiento de objetivos. Un subsistema de desvío típico puede incluir cuatro toberas dispuestas a intervalos de 90 grados alrededor de un perímetro del KKV. Cada tobera puede usarse para la salida del gas en una dirección generalmente normal a un eje longitudinal del KKV que típicamente está alineado con la dirección del recorrido. El gas puede salir selectivamente a través de las cuatro toberas para acelerar el KKV 4 en una dirección deseada generalmente normal a la dirección del recorrido para maniobrar el KKV para interceptar el objetivo.

55 En los subsistemas de desvío típicos, el gas sale a través de las toberas del subsistema de desvío puede ser proporcionado por un motor de cohete de combustible líquido independiente acoplado a cada tobera o mediante un suministro de gas común, tal como un depósito de gas o un motor de cohete. Cuando se utilizan motores de cohete independientes, la dirección y la magnitud del propulsor producido se pueden controlar mediante la dosificación del combustible suministrado a los motores de cohete. Cuando se utiliza un suministro de gas común motores de cohete independientes, la dirección y la magnitud del propulsor producido se pueden controlar mediante la dosificación del gas suministrado a las respectivas toberas. Cuando el suministro de gas común es un motor de cohete, los gases de combustión pueden dosificarse a través de las denominadas válvulas de gas caliente. Los tubos, válvulas, accionadores y otros componentes requeridos para medir el combustible o el gas de salida a múltiples toberas de desviación aumenta el coste y la complejidad del KKV. El documento US 5765367A, que se considera la técnica anterior más cercana a la presente invención, divulga un sistema de control para un vehículo espacial, que comprende una pluralidad de toberas que apuntan a diferentes direcciones, una pluralidad de generadores de gas y tuberías que conectan los generadores de gas a las toberas.

65

DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La figura 1 es una representación esquemática de un acoplamiento entre un vehículo de destrucción de sección cruzada grande y un vehículo de reentrada objetivo.

La figura 2 es una vista esquemática en perspectiva de un KKV de ejemplo.

La figura 3 es una vista en perspectiva de un motor de cohete de combustible sólido de impulso múltiple de ejemplo.

La figura 4 es una vista transversal esquemática de un motor de cohete de combustible sólido de impulso múltiple cargado con pellas.

La figura 5 es una vista transversal esquemática de un motor de cohete de combustible sólido de impulso múltiple cargado con pellas.

La figura 6 es una vista transversal esquemática del KKV de ejemplo de la figura 1.

La figura 7 es otra vista transversal esquemática del KKV de ejemplo de la figura 1.

La figura 8A es una vista en alzado esquemática de un motor de cohete de combustible sólido de impulso múltiple de ejemplo.

La figura 8B es una vista transversal esquemática del motor de cohete de combustible sólido de impulso múltiple de ejemplo de la figura 7A.

La Figura 9 es un diagrama de bloques de un KKV.

La figura 10 es un diagrama de flujo de un proceso para interceptar un objetivo.

A lo largo de esta descripción, a los elementos que aparecen en las figuras se les asignan indicadores de referencia de tres dígitos, en los que el dígito más significativo es el número de la figura y los dos dígitos menos significativos son específicos del elemento. Un elemento que no se describe junto con una figura puede suponerse que tiene las mismas características y funciona como un elemento descrito anteriormente- que tiene un indicador de referencia con los mismos dígitos menos significativos.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

Descripción del aparato

Haciendo referencia ahora a la figura 1, un acoplamiento entre un KKV y un vehículo de reentrada puede comenzar cuando se detecta el lanzamiento de un misil balístico 190. El lanzamiento se puede detectar mediante un radar terrestre de alerta temprana, un sensor de infrarrojos basado en satélites o algún otro sistema sensor. El misil balístico 190 puede rastreadse mediante uno o más sistemas sensores y se puede estimar un destino previsto. El misil balístico 190 puede incluir una o más etapas de cohetes, que no se muestran individualmente en la figura 1. Algún tiempo después del lanzamiento, el misil balístico 190 puede liberar un vehículo de reentrada 195 que contiene una ojiva. El misil balístico puede liberar otros vehículos de reentrada (no mostrados en la figura 1) además del vehículo de reentrada 195 o puede liberar una pluralidad de vehículos de reentrada y vehículos de señuelo (no mostrados en la figura 1).

En algún momento después de la detección del lanzamiento del misil balístico, se puede lanzar un misil interceptor 105 para interceptar el vehículo de reentrada 195. El misil interceptor 105 puede incluir una o más etapas de cohete, que no se muestran individualmente en la figura 1. Algún tiempo después del lanzamiento, el misil interceptor puede liberar un vehículo de destrucción 100. El misil interceptor 105 puede liberar otros vehículos de destrucción (no mostrados en la figura 1) además del vehículo de destrucción 100. Los otros vehículos de destrucción pueden ser asignados a interceptar otros vehículos de reentrada liberados por el misil balístico 190. En algunos enfrentamientos, se puede asignar más de un vehículo de destrucción para interceptar el vehículo de reentrada 195.

El vehículo de destrucción 100 puede incluir un DACS usado para maniobrar el vehículo de destrucción 100 en un curso de colisión con el vehículo de reentrada 195 en un intento de destruir el vehículo de reentrada 195 por colisión física. En la presente patente, la expresión "curso de colisión" pretende significar un recorrido en el que el CEP del vehículo de destrucción se centra en una trayectoria que generalmente es recíproca de la trayectoria del vehículo de reentrada.

Haciendo referencia ahora a la figura 2, un vehículo de destrucción 200 de ejemplo, que puede ser adecuado para su uso como vehículo de destrucción 100, puede incluir una carrocería de vehículo 202. La carrocería de vehículo 202 puede contener o soportar un sensor, del cual solo un toldo 204 es visible en la figura 2, un DACS y otros subsistemas de comunicaciones, navegación y control que no se muestran en la figura 2. El DACS puede incluir un subsistema de desvío, del cual solo las toberas 206 son visibles en la figura 2, y un subsistema de control de la actitud, del cual solo las toberas 208 son visibles en la figura 2. La carrocería del vehículo 202 se muestra en la figura 2 como una carcasa cilíndrica que encierra los diversos subsistemas de los vehículos de destrucción 410. No obstante, la carrocería del vehículo 202 puede ser un chasis o marco abierto. Todos o partes del DACS, el sensor y los subsistemas de comunicaciones, navegación y control montados en el exterior de la carrocería del vehículo 202.

El subsistema de desviación puede incluir cuatro toberas 206, de las cuales tres son visibles en parte en la figura

2. Las toberas de desviación 206 pueden estar dispuestas para expulsar los gases de combustión para producir empuje a lo largo de líneas radiales separadas por intervalos de 90 grados. Las toberas de desviación pueden estar dispuestas de manera que un plano que pase por el centro de cada tobera también pase a través, o próximo a, un centro de masa del vehículo de destrucción 410. El subsistema de control de la actitud puede incluir seis u ocho o más toberas 208, de las que solo tres se muestran en la figura 2.

Haciendo referencia ahora a la figura 3, un motor 310 de cohetes de impulsos múltiples puede ser adecuado para su uso en el subsistema de desviación o el subsistema de control de la actitud de un vehículo de destrucción, tal como el vehículo 200 de destrucción. El motor 310 de cohetes de múltiples impulsos puede incluir una pluralidad de cámaras de combustión independientes 312A, 312B, 312C, 312D, que comparten una tobera común 306. Cada una de las cámaras de combustión 312A-D puede incluir una carga propulsora de combustible sólido dentro de una caja acoplada a la tobera común 306. La carga propulsora de combustible sólido dentro de cada una de las cámaras de combustión 312A-D pueden encenderse de forma independiente y pueden quemarse sin encenderse o, de otro modo, impactar sobre las cargas propulsoras dentro de otras cámaras de combustión. Mientras que el ejemplo de figura 3 muestra cuatro cámaras de combustión 312A-D, puede haber dos, tres, seis, ocho o algún otro número de cámaras de combustión que comparten la tobera común 306.

Cada una de la pluralidad de cámaras de combustión 312A-D puede estar acoplada por separado y directamente a la tobera común 306, de modo que se proporciona una vía directa para los gases de combustión desde cada una de las cámaras de combustión a la tobera común 306 sin fluir a través de ninguna otra cámara de combustión. La pluralidad de cámaras de combustión 312A-D puede estar dispuesta radialmente alrededor de la tobera común 306, como se muestra en la figura 3, o puede estar dispuesta de alguna otra manera. En este contexto, el término radialmente significa irradiar hacia afuera pero no implica la separación angular igual entre cámaras de combustión adyacentes. La pluralidad de cámaras de combustión 312A-D puede ser del mismo tamaño, como se muestra en la figura 3, o puede ser de diferentes tamaños.

La figura 4 muestra una vista transversal a través de dos cámaras de combustión 412A, 412B de un motor de cohete de impulsos múltiples cargado con pastillas 410. El motor de cohete de impulsos múltiples 410 puede ser adecuado para su uso en el subsistema de desviación o el subsistema de control de la actitud de un vehículo de destrucción, tal como el vehículo de destrucción 410. Las cámaras de combustión 412A, 412B pueden ser las cámaras de combustión 312A, 312B del motor de cohete de impulsos múltiples 310 mostrado en la figura 3. Cada cámara de combustión 412A, 412B puede incluir un caso respectivo 414A, 414B, una carga propulsora de combustible sólido respectiva 420A, 420B y un encendedor respectivo 422A, 422B. Las cajas 414A, 414B pueden acoplarse a una tobera común 406.

En la figura 4, las cajas 414A, 414B y la tobera 406 están representadas por un límite continuo. Sin embargo, las cajas 414A, 414B y la tobera 406 pueden ser tres o más componentes físicamente separables que pueden unirse, por ejemplo, en las interfaces roscadas de acoplamiento (no mostradas) o mediante soldadura u otro proceso de unión.

Cuando el motor de cohete 410 de impulsos múltiples cargado con pastillas se utiliza como motor de desviación o impulsor de control de la actitud para un misil que tiene una carrocería de vehículo generalmente cilíndrica, las cámaras de combustión 412A, 412B pueden disponerse generalmente paralelas a una pared exterior de la carrocería del vehículo 402. La tobera 406 puede estar adaptada para descargar los gases de combustión desde el motor de cohete 410 de impulsos múltiples cargado con pastillas a través de la pared lateral de la carrocería 402 del vehículo. La tobera 406 puede estar adaptada para descargar los gases de combustión del motor de cohete 410 de impulsos múltiples cargado con pastillas a través de la pared lateral de la carrocería del vehículo 402 en una dirección aproximadamente normal a la pared lateral.

Los detonadores 422A, 422B pueden ser una pequeña carga de material inflamable que, cuando se enciende, libera una cantidad predeterminada de gases de combustión calientes. La combustión del detonador puede iniciarse, por ejemplo, mediante una corriente eléctrica aplicada a través de los contactos eléctricos 424A, 424B. La corriente eléctrica puede fluir a través de un cable calefactor adyacente o incrustado en el material detonador inflamable. Para encender una de las cargas propulsoras 420A o 420B, puede ser necesario que la temperatura y la presión de los gases producidos por el detonador respectivo 422A o 422B excedan ambos unos valores predeterminados.

Antes de la ignición de cada detonador 422A, 422B y las respectivas cargas propulsoras 420A, 420B, el acoplamiento entre cada cámara de combustión 412A, 412B y la tobera 406 puede sellarse mediante respectivos discos de descarga asimétricos 428A, 428B. En este contexto, la expresión "disco de descarga" significa cualquier estructura que aísla una de las cámaras de combustión 412A, 412B de la tobera 406 hasta que se enciende la carga propulsora dentro de la cámara de combustión, momento en que la presión dentro de la cámara de combustión hace que el disco estalle o se abra de otra manera.

Tras la ignición de un detonador, por ejemplo el detonador 422A, el disco de descarga respectivo puede ser efectivo para permitir que se acumule presión dentro de la cámara de combustión 412A y, de este modo, facilita la ignición de la carga propulsora 420A. El disco de ráfaga 428A puede diseñarse para romperse, liberarse del motor o

abrir de otro modo un paso de la cámara de combustión a la tobera después de que la presión dentro de la cámara de combustión 412A excede un nivel de presión predeterminado, que puede ser, por ejemplo, entre 100 y 4100 libras por pulgada cuadrada (PSI). Por ejemplo, el disco de descarga 428A se puede retener en la tobera por medio de pasadores de cizallamiento que se fracturan cuando la presión supera el nivel predeterminado. El disco de

descarga 428A puede tener una debilidad estructural controlada que permite que el disco de descarga se rompa de una manera controlada cuando la presión supera el nivel predeterminado.

Los discos de descarga 428A, 428B también pueden servir para proteger las cargas propulsoras de combustible sólido 420A, 420B de los efectos ambientales, tales como la humedad y las precipitaciones.

Una vez que el disco de descarga 428A se rompe, los gases de combustión de la combustión del detonador correspondiente 412A y la carga propulsora 420A pueden descargarse a través de la tobera 406. La tobera 406 y los discos de descarga 428A, 428B pueden adaptarse para que cuando se encienda una única cámara de combustión (por ejemplo, la cámara de combustión 412A), los discos de descarga (tales como el disco de descarga 428B) dentro de las otras cámaras de combustión permanecen intactos y evitan la ignición simpática de las otras cámaras de combustión. Cada uno de los discos de descarga 428A, 428B puede ser de construcción asimétrica. Por ejemplo, cada uno de los discos de descarga 428A, 428B puede ser un disco frangible soportado por un miembro de soporte dispuesto en el lado del disco opuesto a la tobera, similar a los discos de descarga descritos en el documento US 4.505.180. La combinación del disco frangible y el miembro de soporte puede permitir que el disco de descarga 428A, 428B se rompa a una presión relativamente baja cuando se enciende la carga propulsora en la cámara de combustión asociada, pero que no se rompa cuando se enciende cualquier otra carga propulsora. Por lo tanto, cada una de las cámaras de combustión 412A, 412B del motor de cohete 410 de impulsos múltiples cargado con pastillas se puede encender de forma independiente.

Para reducir el tiempo requerido para encender una de las cargas propulsoras 420A, 420B, el interior de cada cámara de combustión 412A, 412B puede presurizarse con aire u otro gas a un nivel de presión inicial durante la fabricación. Por ejemplo, la presión inicial en la cavidad antes de la ignición puede ser de 500 a 4100 PSI. En este caso, cada disco de descarga 428A, 428B puede diseñarse para retener el nivel de presión inicial indefinidamente y para romperse a un nivel de presión sustancialmente mayor después de que se haya encendido la respectiva carga propulsora 420A, 420B.

Cada carga propulsora 420A, 420B puede incluir una gran pluralidad (docenas, cientos o miles) de pastillas de combustible sólido 416 que, juntos, constituyen la carga propulsora sólida 420A, 420B. Las pastillas de combustible sólido 416 pueden ser, por ejemplo, pastillas de generador de gas que se producen en grandes cantidades para su uso en bolsas de aire de automóviles.

Cada pastilla de combustible sólido 416 puede estar compuesta por al menos algo de un material de combustible energético y un material oxidante. Cada pastilla de combustible puede contener material aglutinante y / o plastificante adicional. El material aglutinante y el material plastificante pueden ser reactivos y pueden servir como un material combustible y / o un material oxidante. Las composiciones adecuadas para las pastillas de combustible sólido generadoras de gas son bien conocidas. Las composiciones generadoras de gas adecuadas incluyen, por ejemplo, composiciones que son predominantemente nitrato de guanidina (o guanidinio) y nitrato de cobre básico, nitrato de cobalto y combinaciones de los mismos, como se describe en la patente de los Estados Unidos 5.608.183. Al menos el 60 % de la masa total de las pastillas de combustible puede estar compuesta por nitrato de guanidina y nitrato de cobre básico. Los pastillas de combustible sólido pueden tener temperaturas de combustión relativamente bajas, por ejemplo entre 1500 °C y 4100 °C, de modo que los componentes del motor de cohete 410 que están expuestos a los productos de combustión pueden fabricarse a partir de aleación de molibdeno o TZM (titanio-circonio-molibdeno).

Las pastillas de combustible sólido 416 pueden estar dispuestas aleatoriamente con el motor de cohete como se muestra. Alternativamente, las pastillas de combustible sólido 416 pueden estar dispuestas o apiladas de una manera ordenada. Para facilitar la disposición o el apilamiento de las pastillas de combustible de una manera ordenada, cada cámara de combustión 412A, 412B puede incluir varillas, guías u otra estructura (no mostrada en la figura 2) para posicionar y retener las pastillas apiladas.

Las pastillas de combustible sólido 416 pueden ser todas idénticas o pueden ser una mezcla de dos o más composiciones o tamaños de pastillas. Algunas o todas las pastillas de combustible sólido pueden estar recubiertas con un inhibidor para cambiar las características de combustión de las pastillas de combustible. El inhibidor puede ser un material orgánico, inorgánico o compuesto no combustible o de combustión lenta que retrasa la ignición de las pastillas recubiertas y, por lo tanto, prolonga el tiempo de combustión del motor del cohete. El recubrimiento inhibidor se puede aplicar mediante pintura, pulverización, inmersión o unión. El perfil de empuje frente al tiempo del motor de cohete se puede adaptar combinando múltiples tamaños de pastillas de combustible, composiciones y / o recubrimientos inhibidores.

Las pastillas de combustible sólido 416 pueden retenerse dentro de las cámaras de combustión 412A, 412B mediante retenedores de pastillas perforados 420A, 420B. El término "perforado" abarca cualquier tipo o forma de

aberturas en la estructura del retenedor de pastillas y no implica ningún método particular para formar o crear las aberturas. Los retenedores de pastillas 420A, 420B pueden, como se muestra en este ejemplo, extenderse a lo largo de la longitud de las cámaras de combustión 412A, 412B. Los retenedores de pastillas 420A, 420B pueden definir las cavidades 418A, 418B que pueden estar desprovistas de pastillas de combustible. Las cavidades 418A, 418B pueden ser, generalmente, cilíndricas, como se muestra en la figura 2, o de alguna otra forma. Las cavidades 418A, 418B pueden proporcionar un paso directo para los gases de combustión calientes desde las pastillas de combustible en combustión a la tobera 406. Las cavidades 418A, 418B pueden proporcionar un paso directo para al menos una porción de los gases de combustión calientes desde los detonadores 422A, 422B a las pastillas de combustible 416.

Los retenedores de pastillas 420A, 420B pueden ser un cilindro de diámetro uniforme, un cilindro ahusado o una forma cónica, o alguna otra forma. El retenedor de pastillas puede tener una sección transversal irregular, particularmente en situaciones en las que las cajas de la cámara de combustión 414A, 414B no son cilíndricas. Los retenedores de pastillas 420A, 420B pueden estar formados de un material metálico delgado con perforaciones mecanizadas o formadas químicamente. Los retenedores de pastillas 420A, 420B pueden estar formados por una pantalla o malla tejida o grabada. Los retenedores 420A, 420B pueden estar formados como un único elemento físico o pueden incluir una pluralidad de piezas físicas tales como, por ejemplo, una pluralidad de discos metálicos, alambres o varillas estrechamente espaciadas. Sin embargo, los retenedores de pastillas están formados, las perforaciones en los retenedores de pastillas 420A, 420B pueden ser hendiduras circulares, cuadradas, rectangulares o alargadas, o cualquier otra forma que permita el paso de los gases de combustión mientras retienen las pastillas de combustible.

Las dimensiones de las perforaciones o aberturas en los retenedores de pastillas 420A, 420B pueden ser significativamente menores que al menos una dimensión de las pastillas de combustible 416, de modo que las pastillas de combustible pueden no pasar a través del retenedor de pastillas hasta que la combustión esté casi completa. Cuando la combustión de las pastillas de combustible 416 está casi completa, al menos algunas de las pastillas de combustible pueden ser barridas a través de las perforaciones en los retenedores de pastillas 420A, 420B en la cavidad respectiva 418A, 418B por el flujo de los gases de combustión. El tamaño de las perforaciones en los retenedores de pastillas 420A, 420B, con relación al tamaño de las pastillas 416, puede ser tal que al menos una porción de las pastillas de combustible que pasan a través del retenedor de pastillas se quemen completamente antes de que las pastillas de combustible pasen por una garganta 426, que puede ser la porción de la tobera 406 que tiene el área transversal más pequeña. Las pastillas de combustible que se queman completamente dentro de las cavidades 418A, 418B antes de pasar a través de la garganta 426 pueden contribuir completamente al empuje del motor del cohete. Cada pastilla de combustible que todavía está ardiendo cuando es expulsada a través de la garganta 426 puede dar como resultado una reducción incremental del empuje total provisto por el motor del cohete.

La combustión de las cargas propulsoras 410A, 420B puede controlarse, en cierta medida, controlando la presión dentro de las cámaras de combustión 412A, 412B. La presión dentro de las cámaras de combustión puede determinarse, al menos en parte, por el área de la sección transversal de una abertura que restringe el flujo de gases de combustión desde las cargas propulsoras 420A, 420B a la salida de la tobera 406. El área de sección transversal de la garganta 426 puede seleccionarse para controlar la presión dentro de cada cámara de combustión 412A, 412B durante la combustión. En este caso, el área total de la sección transversal de las perforaciones en cada uno de los retenedores de pastillas 420A, 420B puede ser mayor que el área de la sección transversal de la garganta 426.

Las perforaciones en los retenedores de pastillas 420A, 420B pueden usarse para controlar, al menos en parte, la presión en las cargas propulsoras 420A, 420B restringiendo el flujo de gases de combustión desde las pastillas de combustible ardiendo 416 a la tobera 406. El tamaño y la distribución de las perforaciones en los retenedores de pastillas 420A, 420B se puede usar para controlar el flujo de los gases de combustión y los gradientes de presión dentro de cada cámara de combustión 412A, 412B. En este caso, el área total de la sección transversal de las perforaciones en cada uno de los retenedores de pastillas 420A, 420B puede ser comparable o menor que el área de la sección transversal de la garganta 426.

Las cajas 414A, 414B, la tobera 406 y los retenedores de pastillas 420A, 420B pueden estar fabricados de un material cerámico, un material metálico tal como aleación de molibdeno o TZM u otro material. Las cajas 414A, 414B, la tobera 406 y los retenedores de pastillas 420A, 420B pueden fabricarse principalmente de un material, tal como acero o material compuesto reforzado, que no puede resistir directamente las temperaturas de combustión de las pastillas de combustible si se proporcionan capas aislantes térmicas adecuadas. Las cajas 414A, 414B, la tobera 406 y los retenedores de pastillas 420A, 420B pueden estar fabricados principalmente de un material, tal como acero o material compuesto reforzado, que no puede resistir directamente las temperaturas de combustión de las pastillas de combustible si los diversos elementos son lo suficientemente gruesos como para conservar la integridad física durante la combustión del motor del cohete a pesar de la erosión u otros efectos degradantes de los gases de combustión.

La figura 5 muestra una vista en sección transversal a través de dos cámaras de combustión 512A, 512B de un motor de cohete de impulsos múltiples cargado de pastillas 510. El motor de cohetes de impulsos múltiples 510

puede ser, generalmente, similar al motor de cohete de impulsos múltiples 410 y la descripción de los elementos equivalentes no se repetirá. Las dos cámaras de combustión 512A, 512B pueden estar acopladas indirectamente a una tobera común 506 a través de un depósito de gas 530 y una válvula 532. El depósito de gas 530, en combinación con cualquier cámara de combustión vacía, puede acumular gas producido por la combustión de combustible dentro de una o ambas cámaras de combustión 512A, 512B. El gas acumulado puede salir a través de la válvula 532 en incrementos menores que la cantidad de gas producido por la ignición de una única cámara de combustión. El gas acumulado en el depósito de gas 530 puede reponerse mediante la ignición de una cámara de combustión 512A, 512B según sea necesario.

La figura 6 muestra una vista en sección transversal de un vehículo de destrucción 600 de ejemplo que puede ser el vehículo de destrucción 200. La figura 6 es una vista en sección transversal a través de un plano A-A identificado en la figura 2. El vehículo de destrucción 600 puede incluir cuatro motores de cohete de múltiples impulso 610-1, 610-2, 610-3 y 610-4, que colectivamente forman un subsistema de desviación. Cada uno de los motores de cohete de impulsos múltiples independientes 610-1, 610-2, 610-3, 610-4 puede incluir una sola tobera, tal como la tobera 606-1, acoplada a una pluralidad de cámaras de combustión, tales como las cámaras de combustión 612A-1, 612B-1, 612C-1, cada una de las cuales contiene una carga propulsora de combustible sólido de encendido independiente. Cada uno de los motores de cohete de impulsos múltiples independientes 610-1, 610-2, 610-3, 610-4 puede ser un motor de cohete de impulsos múltiples 310 como se muestra en la figura 3. Aunque la figura 6 es una vista en sección transversal, no se muestran los detalles del interior de los cuatro motores de cohetes de impulsos múltiples independientes 610-1, 610-2, 610-3 y 610-4, pero pueden ser similares al motor de cohete de impulsos múltiples cargados con pastillas 410 o 510.

Los cuatro motores de cohetes de impulsos múltiples independientes 610-1, 610-2, 610-3 y 610-4 pueden disponerse en intervalos de 90 grados alrededor de una circunferencia del vehículo de destrucción 600. Los cuatro motores de cohete de impulsos múltiples independientes 610-1, 610-2, 610-3, y 610-4 pueden estar orientados de tal manera que el empuje producido por cada motor se dirija esencialmente normal a un eje longitudinal del vehículo de destrucción 600. El empuje producido por cada motor puede ser dirigido esencialmente a lo largo de una línea radial en el plano A-A (el plano del dibujo en figura 6). El plano A-A puede pasar a través o cerca de un centro de masa del vehículo de destrucción 600 de manera que el empuje de uno o más de los cuatro motores de cohete de impulsos múltiples independientes 610-1, 610-2, 610-3, y 610-4 puede causar la aceleración del vehículo de destrucción en una dirección normal al eje longitudinal sin introducir una rotación sustancial del vehículo de destrucción.

La figura 7 muestra una vista en sección transversal de un vehículo de destrucción 700 de ejemplo que puede ser el vehículo de destrucción 200. La figura 7 es una vista en sección transversal a través de un plano B-B identificado en la figura 2. El vehículo de destrucción 700 puede incluir seis o más propulsores de la actitud 710-1, 710-2, 710-3, 710-4, 710-5 y 710-6 independientes que colectivamente forman un subsistema de desviación. Cada uno de los propulsores de actitud 710-1, 710-2, 710-3, 710-4, 710-5, 710-6 puede incluir una sola tobera, tal como la tobera 706-1, acoplada a una pluralidad de cámaras de combustión, tales como las cámaras de combustión 712A-1, 712B-1, 712C-1. Cada cámara de combustión puede contener una carga de combustible sólido de ignición independiente. Cada uno de los propulsores de la actitud 710-1, 710-2, 710-3, 710-4, 710-5, 710-6 puede ser un motor de cohete de impulsos múltiples 310 como se muestra en la figura 3. Aunque la figura 7 es una vista en sección transversal, no se muestran los detalles de los propulsores de la actitud 710-1, 710-2, 710-3, 710-4, 710-5, 710-6, pero pueden ser similares al motor de cohete de impulsos múltiples cargados con pastillas 410 o 510.

Los propulsores de actitud 710-1, 710-2, 710-3, 710-4, 710-5, 710-6 independientes pueden estar dispuestos alrededor de una circunferencia del vehículo de destrucción 700. Los propulsores de actitud 710-1, 710-2, 710-3, 710-4, 710-5, 710-6 pueden orientarse de manera que el empuje producido por cada motor se dirija hacia fuera desde un eje longitudinal del vehículo de destrucción 700 pero no necesariamente a lo largo de una línea radial. Al menos algunos de los propulsores de actitud pueden estar orientados a emitir empuje en direcciones no radiales para provocar la rotación del vehículo de destrucción alrededor del eje longitudinal. El plano B-B (el plano del dibujo en la figura 7) puede estar distante del centro de masa del vehículo de destrucción 700 de manera que el empuje desde uno o más de los propulsores de actitud independientes 710-1, 710-2, 710-3, 710-4, 710-5, 710-6 puede provocar la aceleración de rotación del vehículo de destrucción sin introducir un movimiento sustancial del vehículo de destrucción transversal al eje longitudinal.

La figura 8A y la figura 8B muestran vistas superior y lateral, respectivamente, de un ejemplo de motor de cohete de múltiples impulsos cargado de pastillas 810 que incluye una pluralidad de cámaras de combustión independientes 812A, 812B, 812C, 812D que comparten una tobera común 806. El motor de cohete de impulsos múltiples 810 cargado con pastillas puede ser adecuado para su uso como un motor 610-1 a 610-4 en un subsistema de desviación o un propulsor de actitud 710-1 a 710-6. Cada una de las cámaras de combustión 812A-D puede incluir una carga propulsora dentro de una caja acoplada a la tobera común 806. Cada una de las cargas propulsoras puede encenderse independientemente y puede quemarse sin encender o impactar de otro modo las cargas propulsoras en otras cámaras de combustión.

La pluralidad de cámaras de combustión independientes 812A-D puede ser de varios tamaños diferentes y

puede proporcionar los correspondientes valores de impulso diferentes. A diferencia de los motores de cohetes 310, 410, 510, 610 y 710 mostrados en las figuras anteriores, la pluralidad de las cámaras de combustión independientes 812A-D no son generalmente de forma cilíndrica. Dado que la carga propulsora dentro de cada una de la pluralidad de cámaras de combustión independientes 812A-D puede ser una pluralidad de pastillas de combustible sólido, la forma y el factor de forma de las cámaras de combustión 812A-D pueden ser arbitrarios. La forma y el factor de forma de las cámaras de combustión 812A-D pueden diseñarse para minimizar el volumen total ocupado por el motor cohete de impulsos múltiples 810. La forma y el factor de forma de las cámaras de combustión 812A-D pueden diseñarse para ocupar un volumen disponible de forma irregular dentro o sobre un vehículo de destrucción. En particular, como se muestra en la figura 8, al menos una parte de la caja de algunas o todas las cámaras de combustión 812A-D puede adaptarse para que sea conforme a una superficie 802 que puede ser una carrocería de vehículo.

Haciendo referencia ahora a la figura 9, un vehículo de destrucción 900, que puede ser el vehículo de destrucción 100, puede incluir un procesador 940, un DACS 956 y al menos uno de un subsistema buscador 942, un subsistema de navegación 946 y un subsistema de comunicaciones 950. El DACS 956 puede incluir un subsistema de desviación con cuatro motores de desvío independientes 910A, 910B, 910C, 910D. Los motores de desviación pueden ser motores de cohetes de impulsos múltiples tales como los motores de cohetes de impulsos múltiples 310, 410, 510 y 610. El DACS 956 puede incluir un subsistema de control de actitud 958 que también puede incluir una pluralidad de propulsores de actitud que también pueden ser múltiples motores de cohetes de impulso tales como los motores 310, 410, 510 y 610. Los motores de desviación 910A, 910B, 910C, 910D, los propulsores de actitud, o ambos, los motores de desviación y los propulsores de actitud pueden ser motores de cohete de impulsos múltiples cargados con pastillas, tales como los motores 310, 410, 510 y 610.

El subsistema buscador 942, si está presente, puede contener uno o más buscadores tales como, por ejemplo, un buscador de imágenes infrarrojas (IIR), un buscador de radar láser, y / o un buscador de radar. El subsistema buscador 942 puede proporcionar una o más señales de guía 944 al procesador 940. Las señales de guía 944 proporcionadas por el subsistema buscador 942 pueden indicar la dirección a un objetivo que está siendo rastreado por el subsistema buscador.

El subsistema de navegación 946, si está presente, puede contener uno o más sistemas de navegación, tales como, por ejemplo, un sistema de navegación inercial. El subsistema de navegación 946 puede proporcionar una o más señales de estado 948 al procesador 940. Las señales de estado 948 proporcionadas por el subsistema de navegación 946 pueden definir un estado actual específico del vehículo de destrucción 900. Por ejemplo, las señales de estado 948 pueden definir un vector de la velocidad de la corriente del vehículo de destrucción 900 y la orientación y aceleración del vehículo de destrucción 900 con respecto al vector de velocidad.

El subsistema de comunicaciones 950, si está presente, puede contener un enlace de datos u otro dispositivo de comunicación para recibir órdenes e información de control desde una fuente externa al misil. Las órdenes y la información de control recibida pueden incluir una o más órdenes 952 que pueden proporcionarse al procesador 940. Las órdenes 952 proporcionadas por el subsistema de comunicaciones 950 pueden, por ejemplo, designar un objetivo específico para ser rastreado y acoplado al vehículo de destrucción 900.

El procesador puede generar señales de control 954 basadas en una o más de las señales de guía 954, las señales de estado 948 y las órdenes 952. Por ejemplo, el procesador 940 puede generar señales de control 954 basadas en las señales de estado 948 y órdenes 952 para hacer que los propulsores de control de actitud orienten el vehículo de destrucción 900, de modo que el subsistema buscador 942 pueda rastrear un objetivo designado. Posteriormente, el procesador 940 puede generar señales de control adicionales 954 basadas en las señales de estado 948 y las señales de guía 944 para hacer que el DACS 956 maniobre el vehículo de destrucción 900 para interceptar el objetivo designado.

Las señales de control 954 generadas por el procesador 940 pueden incluir señales para encender una o más cargas propulsoras seleccionadas dentro de uno o más de los motores de desviación 910A-D y / o los propulsores de actitud. Cuando los motores de desviación 910A-D y / o los propulsores de actitud que incluyen depósitos de gas y válvulas (530, 532 en la figura 5), las señales de control 954 pueden incluir señales para abrir o cerrar una o más de las válvulas.

Descripción de procesos

Haciendo referencia ahora a la figura 10, un diagrama de flujo de un proceso 1060 para acoplar un objetivo de misil balístico con un vehículo de destrucción comienza en 1062 y continúa a 1080 hasta que el vehículo de destrucción colisiona o casi colisiona con el objetivo. Al comienzo del proceso en 1062, se despliegan sistemas para detectar amenazas objetivo y para lanzar interceptores y el vehículo de destrucción se monta en un misil interceptor. Al finalizar el proceso en 1080, el objetivo se ha interceptado y, si el acoplamiento tiene éxito, se destruye.

En 1064, se puede detectar el lanzamiento de un objetivo de misiles balísticos. El lanzamiento se puede detectar mediante un radar terrestre de alerta temprana, un sensor de infrarrojos basado en satélites o algún otro sistema

sensor. La amenaza puede rastrearse mediante uno o más sistemas sensores y se puede estimar un destino previsto. Algún tiempo después del lanzamiento, la amenaza puede liberar un vehículo de reentrada objetivo que puede contener una ojiva nuclear, biológica, química o convencional. La amenaza puede liberar una pluralidad de vehículos de reentrada o una pluralidad de vehículos de reentrada y vehículos señuelo. El proceso 1060 está dirigido a interceptar y destruir un vehículo de reentrada objetivo específico.

En algún momento después de la detección del lanzamiento de la amenaza en 1064, el misil interceptor puede lanzarse en 1066 para interceptar el vehículo de reentrada objetivo. En 1068, en un tiempo predeterminado después del lanzamiento, el misil interceptor puede desplegar al menos un vehículo de destrucción, tal como el vehículo de destrucción 200 o 900, asignado para interceptar el vehículo de reentrada objetivo.

En 1070, el vehículo de destrucción puede recibir, a través de un subsistema de comunicaciones tal como el subsistema de comunicación 950, instrucciones de órdenes y control que incluyen información que designa un objetivo específico para acoplar. La información que designa el objetivo específico puede, por ejemplo, incluir información que indique una posición relativa del objetivo designado, de modo que el vehículo de destrucción pueda orientarse en 1072 para adquirir y rastrear el objetivo utilizando un subsistema buscador integrado, tal como el subsistema buscador 942.

En 1080, el vehículo de destrucción puede maniobrar a un recíproco de la trayectoria del vehículo de reentrada objetivo de modo que el vehículo de destrucción interceptará y, si tiene éxito, colisionará con el vehículo de reentrada objetivo. La acción en 1080 puede ser un proceso continuo de circuito cerrado en lugar de un solo evento. El objetivo puede rastrearse en 1082 por un subsistema buscador que genera señales de guía 1044. Por ejemplo, las señales de guía 1044 pueden indicar una posición actual y la velocidad del objetivo con respecto al vehículo de destrucción. En 1084, se puede calcular un error entre la trayectoria actual del vehículo de destrucción y una trayectoria requerida para interceptar el objetivo y se puede determinar una corrección requerida de la trayectoria y / o actitud del vehículo de destrucción.

En 1086, se puede determinar el empuje necesario para efectuar la corrección requerida, por ejemplo, aplicando leyes de control para el vehículo de destrucción específico a la trayectoria requerida y / o corrección de actitud desde 1084. Las señales de control 1054 pueden generarse en función del empuje necesario para efectuar la corrección requerida. Las señales de control 1054 pueden incluir al menos una señal que provoca la ignición de una o más cámaras de combustión dentro del DACS del vehículo de destrucción. Cuando el DACS incluye motores de cohetes de impulsos múltiples que incluyen depósitos de gas, tal como el motor de cohete de impulsos múltiples 510, las señales de control pueden incluir o ser una o más señales para abrir y / o cerrar una o más válvulas de gas dentro del DACS.

En 1088, una o más cámaras de combustión dentro del DACS pueden encenderse y / o pueden abrirse o cerrarse más válvulas dentro del DACS para proporcionar el empuje como se determina en 1086. Aunque las acciones del 1082 al 1088 se muestran como secuenciales para facilidad de explicación, estas acciones se pueden realizar de manera esencialmente simultánea como un ciclo de control en tiempo real. Las acciones de 1082 a 1088 se pueden realizar continuamente desde el momento en que se adquiere una pista del objetivo designado en 1072 hasta que el vehículo de destrucción intercepta el objetivo.

Comentarios de cierre

Como se usa en el presente documento, "pluralidad" significa dos o más. Tal como se usa en el presente documento, un "conjunto" de artículos puede incluir uno o más de tales artículos. Como se usa en el presente documento, ya sea en la descripción escrita o en las reivindicaciones, los términos "que comprende", "que incluye", "que lleva", "que tiene", "que contiene", "que implica" y similares deben entenderse en sentido amplio, es decir, que incluyen, pero sin limitaciones. Solo las frases de transición "que consisten en" y "que consisten esencialmente en", respectivamente, son frases de transición cerradas o semicerradas con respecto a las reivindicaciones. El uso de términos ordinales tales como "primero", "segundo", "tercero", etc., en las reivindicaciones para modificar un elemento de la reivindicación no por sí mismo connota cualquier prioridad, precedencia u orden de un elemento de la reivindicación sobre otro o el orden temporal orden en el que se realizan actos de un método, pero se utilizan simplemente como marcadores para distinguir un elemento reivindicado que tiene un cierto nombre de otro elemento que tiene un mismo nombre (pero para el uso del término ordinal) para distinguir los elementos reivindicados. Tal como se usa en el presente documento, "y / o" significa que los artículos enumerados son alternativas, pero las alternativas también incluyen cualquier combinación de los artículos enumerados.

Reivindicaciones

1. Un vehículo (200, 900) que comprende:

una pluralidad de motores de cohete de múltiples impulsos independientes (310, 410, 510, 610, 710, 810), cada uno de los cuales comprende una pluralidad de cargas propulsoras de combustible sólido (416) inflamables independientemente; y
un procesador (940) que genera al menos una orden (954) para encender al menos una carga propulsora de combustible sólido de al menos uno de la pluralidad de motores de cohete de múltiples impulsos independientes.

2. El vehículo de la reivindicación 1, en el que cada motor de cohete de impulsos múltiples (310) comprende además:

una tobera (306), y
una pluralidad de cámaras de combustión (312A-D, 812A-D) acopladas a la tobera, en la que cada una de la pluralidad de cámaras de combustión al menos parcialmente encierra una carga propulsora de combustible sólido respectiva (416), y
una ruta de gas desde cada carga propulsora de combustible sólido a la tobera está obstruida, antes de la ignición de la carga propulsora de combustible sólido, por un disco de descarga asimétrico (428A, 428B).

3. El vehículo de la reivindicación 2, en el que al menos algunos de los motores de cohete de impulsos múltiples comprenden además:

un depósito de gas (530) acoplado para acumular gases de combustión producidos por la combustión de una o más de las cargas propulsoras; y
una válvula (532) para controlar el flujo de gases desde el depósito de gas a la tobera, en el que el procesador (940) proporciona órdenes para abrir y cerrar la válvula, y
en el que cada disco de descarga está dispuesto entre la respectiva carga propulsora de combustible sólido y el depósito de gas.

4. El vehículo de la reivindicación 3, en el que al menos parte de la pluralidad de motores de cohete de impulsos múltiples son motores de cohete de impulsos múltiples cargados con pastillas.

5. El vehículo de la reivindicación 1, en el que la pluralidad de motores de cohete de impulsos múltiples incluye una pluralidad de motores de desviación (610-1, -2, -3, -4).

6. El vehículo de la reivindicación 5, en el que la pluralidad de motores de desviación consiste en cuatro motores de desviación, que están

dispuestos en un plano que es normal a un eje longitudinal del vehículo y próximo a un centro de masa del vehículo, y
orientado para generar empuje en direcciones radiales separadas por intervalos de 90 grados.

7. El vehículo de la reivindicación 1, en el que la pluralidad de motores de cohete de impulsos múltiples incluye una pluralidad de propulsores de actitud (710-1, -2, -3, -4).

8. El vehículo de la reivindicación 7, en el que la pluralidad de los propulsores de actitud están

dispuestos en posiciones remotas desde un plano que es normal a un eje longitudinal del vehículo y próximo a un centro de masa del vehículo, y
orientados para generar empuje hacia fuera del eje longitudinal en las direcciones respectivas, incluyendo las direcciones radiales y las direcciones no radiales.

9. El vehículo de la reivindicación 1, en el que el procesador genera al menos una orden basada en señales recibidas de uno o más de un subsistema buscador (942), un subsistema de comunicaciones (950) y un subsistema de navegación (946).

10. El vehículo de la reivindicación 9, en el que:

el subsistema buscador rastrea un objetivo,
el procesador genera órdenes para maniobrar el vehículo en una trayectoria para interceptar el objetivo en función de las señales de guía del subsistema buscador.

11. Un método (1080) de maniobrar un vehículo que tiene una pluralidad de motores de cohete de múltiples impulsos independientes dispuestos para controlar una trayectoria y una actitud del vehículo, incluyendo cada motor de cohete de múltiples impulsos una pluralidad de cargas de combustible sólido inflamables de forma independiente,

comprendiendo el método:

- 5 determinar un empuje requerido para efectuar un cambio requerido en al menos una de la trayectoria del
vehículo y la actitud del vehículo (1086);
seleccionar una o más cargas propulsoras de combustibles sólidos adaptadas colectivamente para producir el
empuje requerido (1088); y
encender la una o más cargas propulsoras de combustible sólido seleccionadas (1088).
- 10 12. El método de la reivindicación 11, en el que encender la una o más cargas propulsoras de combustible sólido
seleccionadas hace que uno o más depósitos de gas acumulen gases de combustión, comprendiendo además el
método:
- 15 abrir uno o más valores acoplados a los respectivos depósitos de gas para descargar los gases de combustión
para producir el empuje requerido (1088).
- 20 13. El método de acuerdo con la reivindicación 11, que además comprende:
- rastrear un objetivo (1082)
determinar el cambio en la trayectoria del vehículo requerido para maniobrar el vehículo para interceptar el
objetivo (1084).
14. El método de la reivindicación 11, en el que el método se realiza de forma continua y en tiempo real.

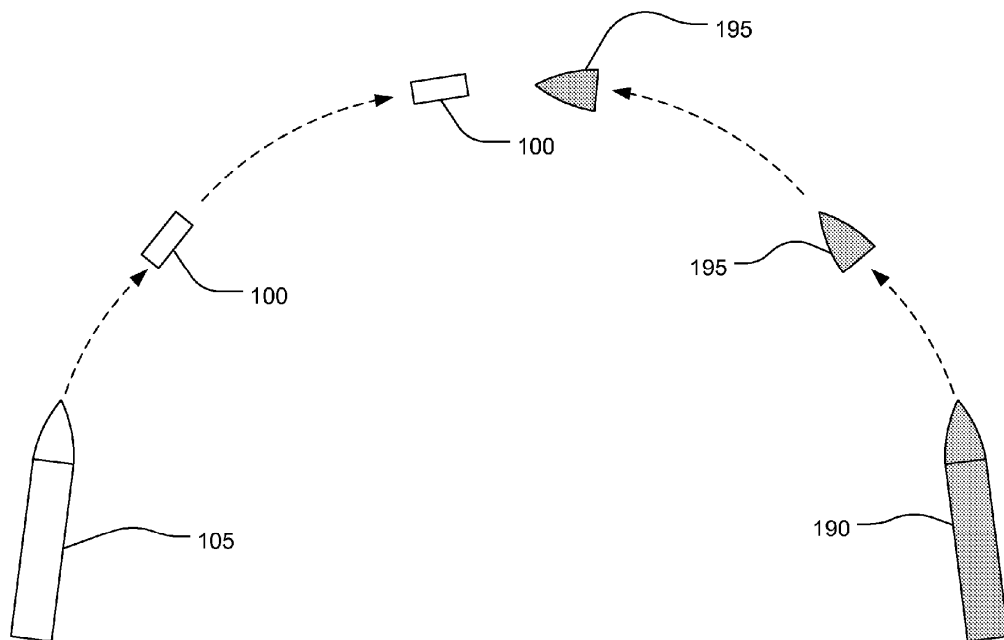


FIG. 1

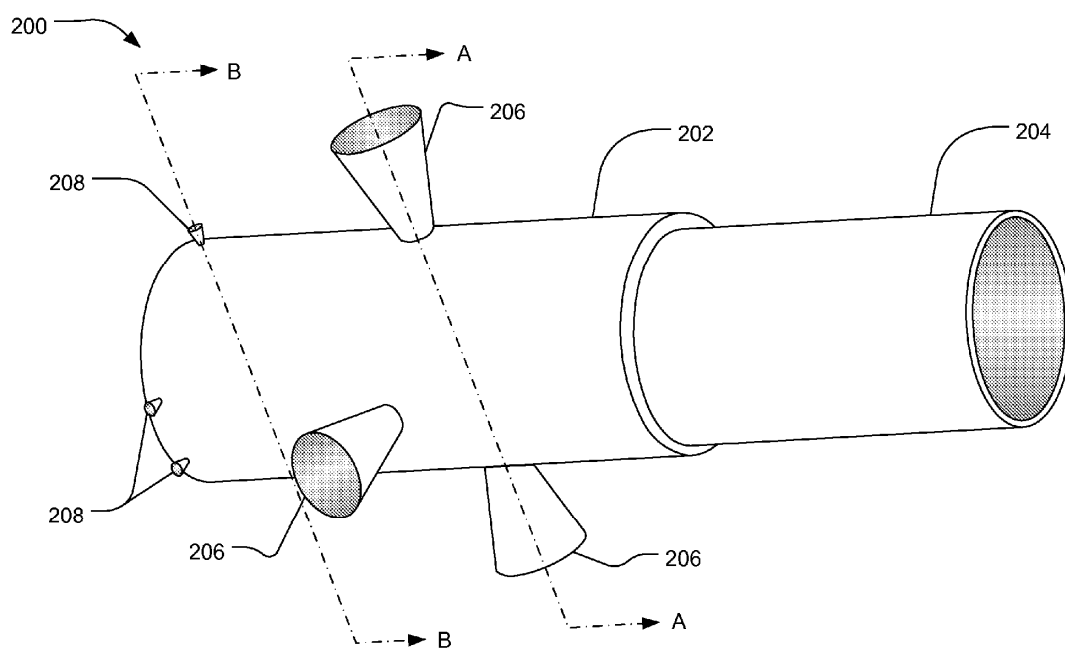


FIG. 2

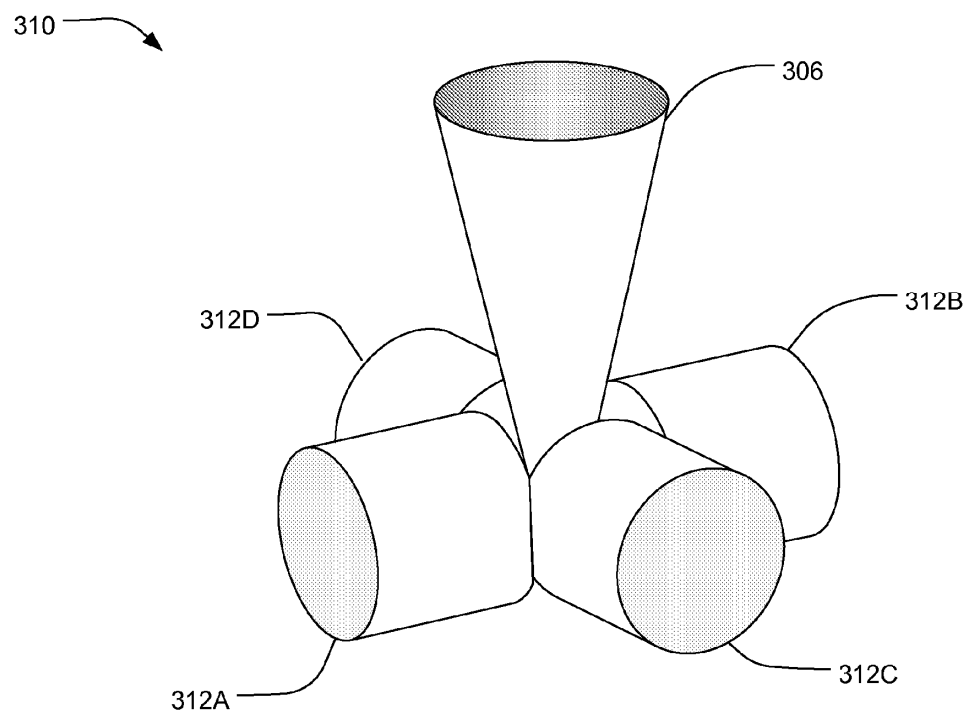


FIG. 3

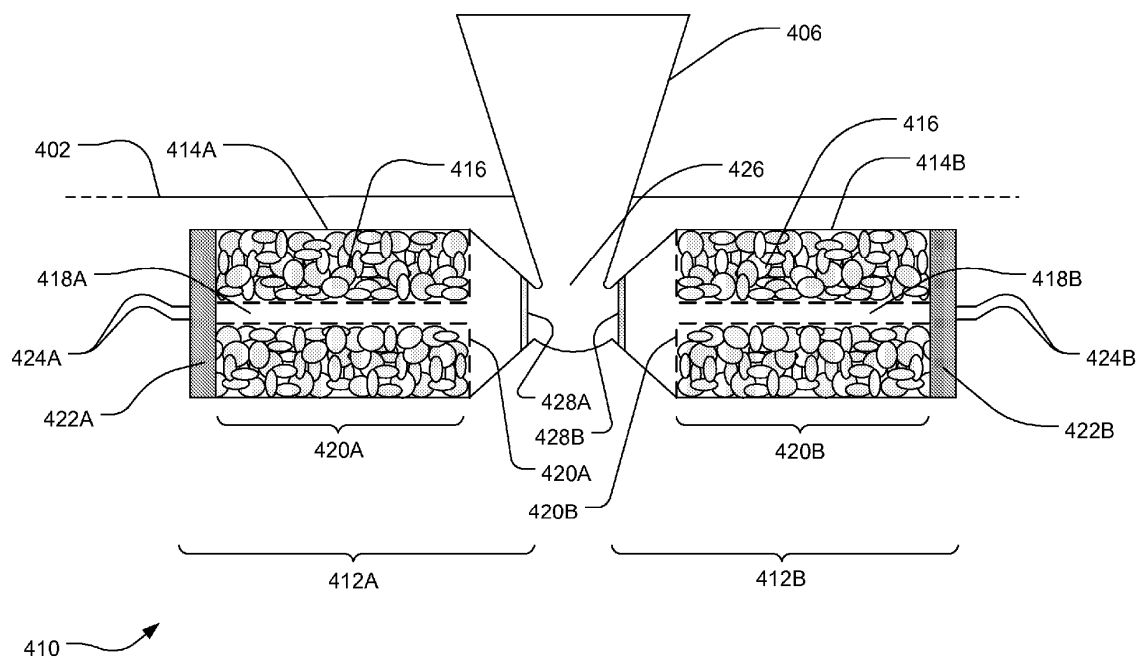


FIG. 4

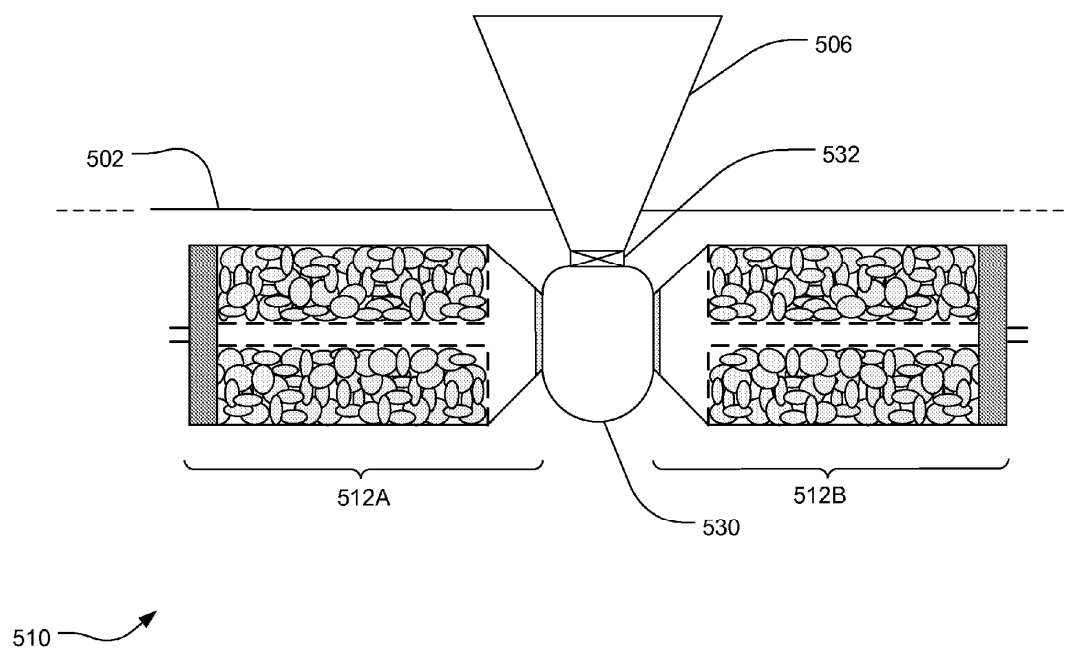


FIG. 5

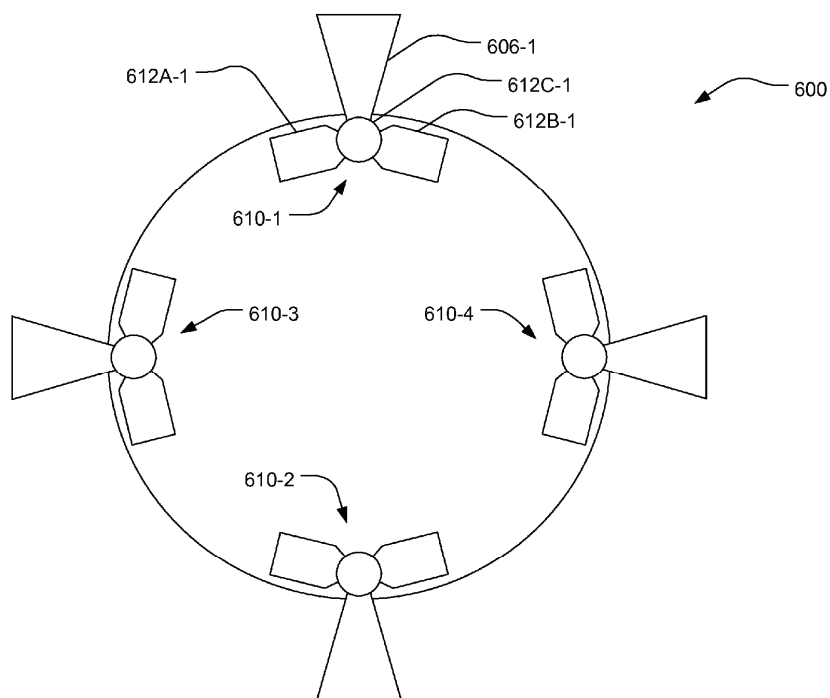


FIG. 6
Sección A-A

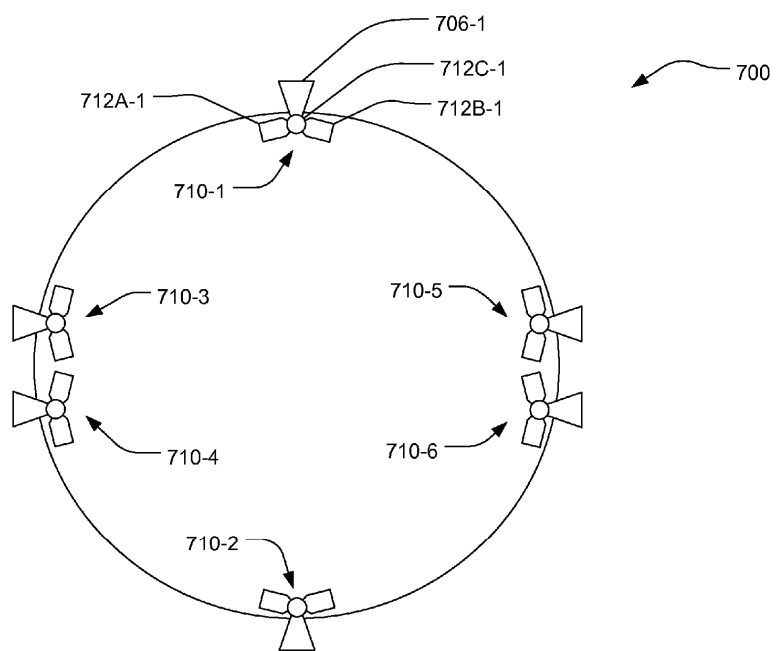


FIG. 7
Sección B-B

FIG. 8B
Vista lateral

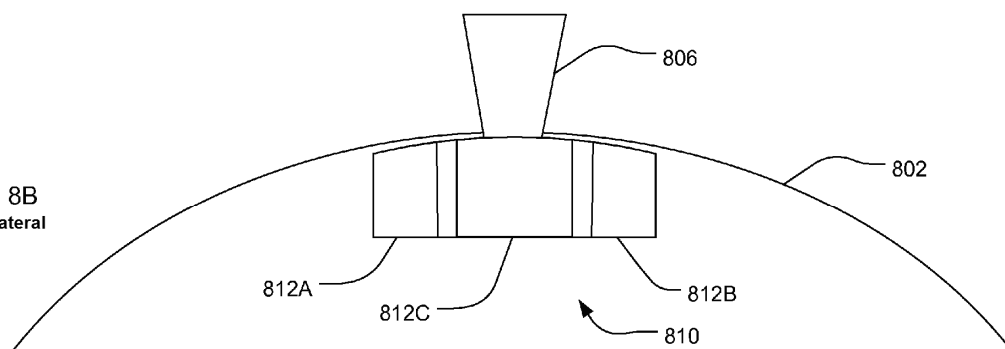
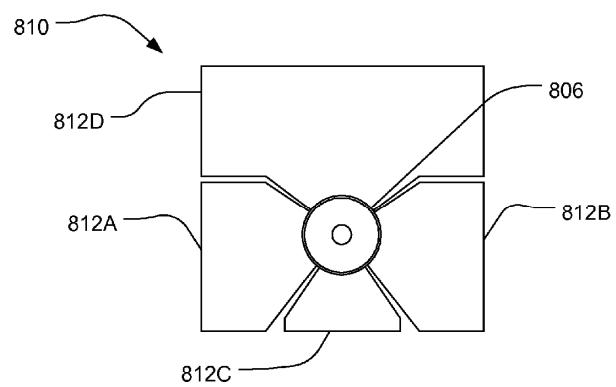


FIG. 8A
Vista desde arriba



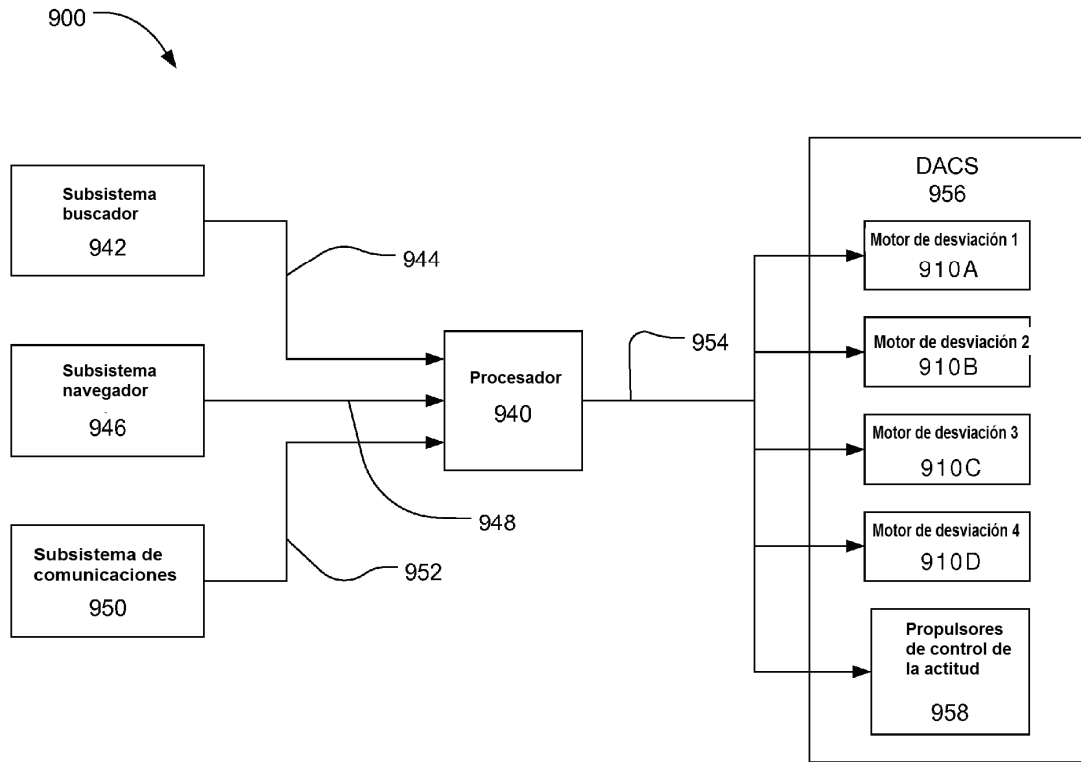


FIG. 9

1060

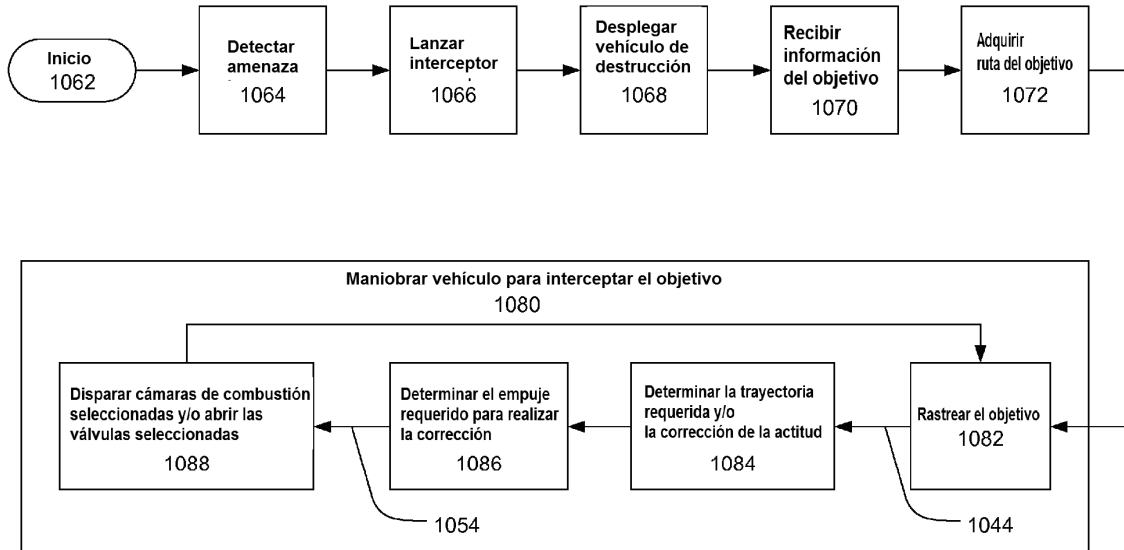


FIG. 10