

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 970 313**

51 Int. Cl.:

B64C 13/12 (2006.01)

G05G 5/03 (2008.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.03.2017** **PCT/GB2017/050861**

87 Fecha y número de publicación internacional: **19.10.2017** **WO17178789**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.03.2017** **E 17715970 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.12.2023** **EP 3442861**

54 Título: **Sistemas y métodos de control**

30 Prioridad:

11.04.2016 GB 201606074

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

28.05.2024

73 Titular/es:

BAE SYSTEMS PLC (100.0%)

6 Carlton Gardens

London SW1Y 5AD, GB

72 Inventor/es:

DEE, JUSTIN, MARK y

BEAN, JASON, HOWARD

74 Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 2 970 313 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

Sistemas y métodos de control

- 5 Esta invención se refiere a sistemas de control y es aplicable particularmente, aunque no de forma exclusiva, a palancas de control (denominadas a menudo "inceptores") para aeronaves, ya sean de ala fija o de ala rotatoria.

10 Un piloto usa un inceptor típico para controlar el cabeceo y el alabeo de una aeronave y se usa a menudo como parte de un sistema de pilotaje por cable. El inceptor puede moverse en dos ejes con movimientos en sentido longitudinal que controlan el cabeceo de la aeronave y movimientos de lado a lado que controlan el alabeo de la aeronave. A diferencia de los diseños de palanca de control clásicos, en los que las fuerzas que actúan sobre la aeronave durante el vuelo se transmiten a la palanca de control en forma de resistencia y desviación, en los sistemas de pilotaje por cable convencionales no existe tal retroalimentación. Los inceptores pasivos modernos tienen una característica de sensación de fuerza fija proporcionada por resortes y amortiguadores. Los inceptores activos actuales se dotan de sistemas de control que dependen de un mecanismo de servoaccionador que incorpora sensores de fuerza y de posición y motores de accionamiento para permitir que la característica de sensación de fuerza del inceptor se modifique de forma continua durante todo un vuelo.

20 Se conoce el hecho de enlazar electrónicamente dos inceptores activos entre sí en aeronaves que tienen configuraciones de cabina de piloto/copiloto de asiento doble, donde el piloto y el copiloto pueden realizar entradas a sus inceptores respectivos de forma individual o simultánea y también donde el piloto puede sentir la fuerza de entrada del copiloto y viceversa. En una configuración de este tipo, también puede existir un requisito de proporcionar fuerzas de eje de alabeo asimétricas; es decir, entre movimientos interiores y exteriores de un inceptor. Debido a la fisiología particular del brazo humano, un piloto/copiloto tiende a encontrar que le resulta más fácil mover un inceptor hacia dentro, en lugar de hacia fuera. Sería ventajoso proporcionar un medio para incorporar una respuesta de fuerza de alabeo asimétrica a un sistema de inceptor doble enlazado.

30 El documento US2012053735 se refiere a un sistema servocontrolado para proporcionar una sensación simulada equivalente a la de los controladores de mano mecánicos tradicionales. Las señales de sensores de posición y de fuerza procesadas se usan en un lazo de retroalimentación que controla el motor conectado mecánicamente a la palanca. El lazo de retroalimentación comprende un lazo de retroalimentación de motor de bajo nivel y un lazo de sensación de fuerza de alto nivel. Este último comprende componentes de rendimiento estáticos y dinámicos. El sistema permite que indicaciones de fuerza variables y adicionales se especifiquen externamente al sistema y que sean percibidas por el operador, y/o que una señal externa accione a la inversa la palanca para que siga un movimiento especificado. El marco de control permite el acoplamiento electrónico del movimiento y las fuerzas aplicadas por pilotos en una disposición dual al tiempo que se conservan las características mencionadas anteriormente.; Este simula la conformidad mecánica de acoplamiento cruzado debido a una lucha de fuerzas entre retenes de pilotos y gradientes de sensación de fuerza asimétricos. Los parámetros asociados con lazos y componentes de rendimiento pueden especificarse independientemente

40 Según un primer aspecto de la invención, se proporciona un sistema de control para controlar una primera y una segunda palancas de control accionadas manualmente, incluyendo el sistema de control: una primera disposición de circuito para recibir señales de fuerza representativas de una fuerza aplicada a cada palanca de control resultante de un movimiento de lado a lado de una palanca de control y dispuesta para detectar si dicha fuerza aplicada es en una dirección hacia dentro hacia el operador o en una dirección hacia fuera alejándose del operador y para aplicar un factor de ganancia a cada señal de fuerza recibida para producir señales de fuerza factorizadas en donde el factor de ganancia aplicado a una señal de fuerza recibida representativa de una fuerza aplicada en una dirección hacia fuera es mayor que el factor de ganancia aplicado a una señal de fuerza recibida representativa de una fuerza aplicada en una dirección hacia dentro; y un segundo circuito dispuesto para sumar las señales de fuerza factorizadas para producir una señal de fuerza modificada para su uso en un sistema de control de retroalimentación de fuerza asociado con cada palanca de control.

50 En una realización, el factor de ganancia aplicado a una señal de fuerza recibida representativa de una fuerza aplicada en una dirección hacia fuera es mayor que 1 y el factor de ganancia aplicado a una señal de fuerza recibida representativa de una fuerza aplicada en una dirección hacia dentro es igual a 1.

55 En una realización alternativa, el factor de ganancia aplicado a una señal de fuerza recibida representativa de una fuerza aplicada en una dirección hacia fuera es igual a 1 y el factor de ganancia aplicado a una señal de fuerza recibida representativa de una fuerza aplicada en una dirección hacia dentro es menor que 1.

60 Preferiblemente, una relación del factor de ganancia aplicado a una señal de fuerza recibida representativa de una fuerza aplicada a la primera palanca en una dirección hacia fuera con respecto al factor de ganancia aplicado a una señal de fuerza recibida representativa de una fuerza aplicada a la primera palanca en una dirección hacia dentro tiene el mismo valor que una relación del factor de ganancia aplicado a una señal de fuerza recibida representativa de una fuerza aplicada a la segunda palanca en una dirección hacia fuera con respecto al factor de ganancia aplicado a una señal de fuerza recibida representativa de una fuerza aplicada a la segunda palanca en una dirección hacia dentro.

El sistema de control según la invención incluye además un primer y un segundo sistemas de control de retroalimentación de fuerza asociados, respectivamente, con la primera y la segunda palancas de control y dispuestos para recibir la señal de fuerza modificada. Cada uno de dicho primer y dicho segundo sistemas de control de retroalimentación de fuerza está configurado como un sistema de masa-resorte-amortiguador (MSD) de segundo orden. Los sistemas de MSD incluyen, respectivamente, un primer y un segundo circuitos de ganancia de fuerza de gradiente que contienen mapeos independientes de características de fuerza-desplazamiento. De forma óptima, las características de fuerza-desplazamiento en una dirección de movimiento hacia la izquierda para ambas palancas de control son idénticas. De la misma manera, las características de fuerza-desplazamiento en una dirección de movimiento hacia la derecha para ambas palancas de control también son idénticas. Sin embargo, las características de fuerza-desplazamiento hacia la derecha y hacia la izquierda pueden ser diferentes.

Según un segundo aspecto de la invención, se proporciona un método para controlar una primera y una segunda palancas de control accionadas manualmente como se define en la reivindicación 9.

Según un tercer aspecto de la invención, se proporciona un producto de programa informático tangible que tiene un código de programa informático ejecutable almacenado en el mismo para su ejecución por un procesador para realizar métodos según la invención.

El producto de programa informático tangible puede comprender al menos uno de un grupo que consiste en: un disco duro, un CD-ROM, un dispositivo de almacenamiento óptico, un dispositivo de almacenamiento magnético, una memoria de solo lectura, una memoria de solo lectura programable, una memoria de solo lectura programable y borrrable, una memoria de solo lectura programable y borrrable eléctricamente y una memoria flash.

Otros aspectos de la invención comprenden un sistema inceptor que incluye palancas de control enlazadas y un sistema de control según el primer aspecto y una aeronave que incorpora un sistema inceptor de este tipo.

Estos y otros aspectos, características y ventajas de la invención serán evidentes a partir de y se aclararán con referencia a las realizaciones descritas a continuación en la memoria.

A continuación, se describirán más detalles, aspectos y realizaciones de la invención, únicamente a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos. Los elementos de las Figuras se han ilustrado a efectos de simplicidad y claridad y no se han dibujado a escala necesariamente. Para facilitar la comprensión, se han incluido números de referencia idénticos en los dibujos respectivos.

La Figura 1 es un diagrama de bloques esquemático simplificado que muestra un ejemplo de un sistema inceptor;

la Figura 2 es un diagrama de bloques esquemático simplificado de un primer ejemplo (no reivindicado) de un primer y un segundo sistemas de control para controlar el funcionamiento de un inceptor accionado por un piloto y un inceptor accionado por un copiloto, respectivamente;

la Figura 3 muestra gráficas de gradientes de eje de alabeo asimétricos; y

la Figura 4 es un diagrama de bloques esquemático de un ejemplo según la invención de un primer y un segundo sistemas de control para controlar el funcionamiento de un inceptor accionado por un piloto y un inceptor accionado por un copiloto, respectivamente.

La Figura 1 muestra un diagrama de bloques esquemático de un sistema 100 inceptor activo que se acopla a un sistema 101 de control de vuelo, incorporándose ambos sistemas en una aeronave 102. Un inceptor 103 se acopla a un ensamblaje 104 de dos grados de libertad adecuado que permite que el inceptor 103 se mueva en direcciones en sentido longitudinal y de lado a lado. Convencionalmente, los movimientos en sentido longitudinal del inceptor 103 controlan el cabeceo de la aeronave y los movimientos de lado a lado del inceptor controlan el alabeo de la aeronave. El inceptor 103 incluye una empuñadura manual 105.

Como es convencional, el sistema inceptor 100 puede suministrar señales representativas de comandos de cabeceo y de alabeo de aeronave al sistema 101 de control de vuelo. Tales comandos de aeronave pueden obtenerse usando dispositivos y técnicas adecuados. Generalmente, tales comandos están relacionados con la posición angular del inceptor 103. En el ejemplo de la Figura 1, un ensamblaje 106 de sensor de posición se acopla al inceptor 103 y detecta el desplazamiento angular del inceptor 103 en direcciones tanto en sentido longitudinal como de lado a lado. El ensamblaje 106 de sensor de posición suministra señales al sistema 101 de control de vuelo que proporciona, a su vez, señales de control en la línea 107 de salida a accionadores que controlan las superficies de vuelo de la aeronave 102 y también suministra una señal de posición a un sistema 108 de control de motor.

También se proporciona un sensor 109 de fuerza, y se acopla al inceptor 103 para detectar una fuerza de entrada aplicada al inceptor 103 por el piloto. Una salida desde el sensor de fuerza se suministra a un sistema 110 de control. El sistema 110 de control emite señales de posición y de velocidad (derivadas de señales proporcionadas por el sensor

109 de fuerza) al sistema 108 de control de motor. El sistema 108 de control de motor emite una señal de accionamiento a un motor 111 que se acopla al inceptor 103. El sistema 110 de control y el sistema 108 de control de motor acoplado al mismo sirven para accionar el motor 111 de tal modo que el inceptor 103 es movido (por el motor) a una posición deseada que depende de la fuerza ejercida sobre el inceptor 103 por un operador. Por lo tanto, la acción del motor también proporciona una característica de sensación de fuerza al operador (piloto). El sistema 110 de control puede configurarse para simular un sistema de masa-resorte-amortiguador (MSD) de segundo orden. Tales sistemas de MSD son conocidos y se describen en la bibliografía. Véase, por ejemplo, http://www.cds.caltech.edu/~murray/books/AM08/pdf/am08-modeling_19Jul11.pdf.

Una aeronave típica puede incluir dos sistemas inceptores de este tipo, uno accionable por el piloto y el otro accionable por el copiloto, acoplándose cada sistema inceptor al sistema 101 de control de vuelo. Por ejemplo, pueden utilizarse dos inceptores activos como controles montados lateralmente en aeronaves con configuraciones de cabina de piloto/copiloto de asiento doble donde el piloto y el copiloto pueden realizar entradas a sus inceptores respectivos de forma individual o simultánea. Para simular un enlace mecánico (de tal modo que, cuando se mueve un inceptor, el otro se mueve de la misma forma), los dos inceptores pueden enlazarse electrónicamente para permitir que el piloto sienta la fuerza de entrada del copiloto y viceversa. Esto puede hacerse transmitiendo una fuerza aplicada por un piloto al inceptor del copiloto a través de un enlace de comunicación digital y sumando esta fuerza aplicada con la fuerza aplicada por el copiloto detectada (y viceversa).

La Figura 2 es un diagrama de bloques simplificado que ilustra componentes de dos sistemas 200, 200A de control, cada uno configurado como sistemas de MSD de segundo orden para reaccionar a movimientos de lado a lado (alabeo) de un inceptor accionado por un piloto y un copiloto, respectivamente. Cada sistema 200, 200A de control de la Figura 2 usa tres parámetros de función de MSD, es decir, inercia, amortiguación y gradiente para proporcionar una señal de salida de posición de modelo. Cada sistema 200, 200A de control usa una señal de entrada (en la línea 201), representativa de la suma de las fuerzas (aplicadas por el piloto y/o el copiloto a sus inceptores respectivos) para generar una señal de “posición” de retroalimentación (o “posición de modelo”) en las líneas de salida 202, 202' y también una señal de velocidad en la línea 203, ambas de las cuales pueden ser usadas por el sistema 108 de control de motor (junto con una entrada de posición desde el sistema 101 de control de vuelo) para generar una señal de demanda para accionar el motor 111 (y, por lo tanto, los inceptores) hasta una posición deseada que depende de la fuerza que se aplica. El recuadro 204 representa una fuerza aplicada a un inceptor por el operador.

Una señal que representa fuerza aplicada se introduce en un primer circuito sumador 205. Otras dos entradas también son recibidas por el primer circuito sumador 205. Estas otras dos entradas se restan en realidad de la entrada de fuerza para proporcionar una señal de salida en la línea 206 que se alimenta a una entrada de un circuito 207 de ganancia (1/inercia). El circuito 207 de ganancia (1/inercia) funciona de forma convencional y emite una señal que representa una aceleración del inceptor 103. A continuación, una salida del circuito 207 de ganancia (1/inercia) se alimenta a través de un primer integrador 208 que emite una señal en la línea 203 que representa una velocidad. La señal de velocidad se alimenta a través de un circuito 209 de ganancia de fuerza de amortiguación cuya salida se alimenta al primer circuito sumador 205. La señal de velocidad también se envía a un segundo integrador 210 que emite una señal en la línea 202 que representa una posición. La salida del segundo integrador 210 proporciona la salida del sistema 200 de control en la línea 202, 202' y también se alimenta a un circuito 211 de ganancia de fuerza de gradiente cuya salida se alimenta al primer circuito sumador 205.

Un circuito 211 de ganancia de fuerza de gradiente está configurado para calcular una fuerza de gradiente según una serie compleja de coordenadas que definen una característica de mapeo predeterminada de posición (es decir; desplazamiento angular de inceptor) a fuerza. Esta característica de fuerza-desplazamiento puede estar predeterminada por el sistema 101 de control de vuelo y determina la “sensación” para el operador cuando este acciona el inceptor 103. Las coordenadas 302 pueden almacenarse en una tabla de consulta incorporada en el circuito 211 de ganancia de fuerza de gradiente. Por lo tanto, el circuito 211 de ganancia de fuerza de gradiente toma una posición emitida desde la salida del segundo integrador 210, pasa la posición a través de la tabla de consulta de coordenadas y emite la fuerza correspondiente introduciéndola en el primer circuito sumador 205.

El primer circuito sumador 205, el primer integrador 208, el segundo integrador 210, el circuito 209 de ganancia de fuerza de amortiguación y el circuito 211 de control de ganancia de fuerza de gradiente se comportan como un sistema de MSD de segundo orden. El sistema 108 de control de motor accionará un inceptor a una posición deseada dependiendo de la fuerza aplicada y, si tanto el piloto como el copiloto deben liberar la fuerza sobre sus inceptores de tal modo que la contribución de la señal de entrada en la línea 201 a las fuerzas sumadas en el sumador 205 es cero, a continuación, el motor accionará los inceptores de vuelta a una posición nula. Los dos sistemas 200, 200A de MSD de segundo orden se enlazan por medio de un segundo y un tercer circuitos sumadores 212, 213. El segundo circuito sumador 212 suma la fuerza aplicada por el copiloto a la fuerza aplicada por el piloto y aplica la suma al primer circuito sumador 205 del sistema 200 de MSD de segundo orden. El tercer circuito sumador 213 suma la fuerza aplicada por el piloto a la fuerza aplicada por el copiloto y aplica la suma al primer circuito sumador 205 del sistema 200A de control de segundo orden. La señal en la línea 202 se usa para generar una señal de control para accionar el inceptor del piloto y la señal en la línea 202' se usa para generar una señal de control para accionar el inceptor del copiloto.

En algunos sistemas inceptores, puede existir un requisito de proporcionar fuerzas de eje de alabeo asimétricas; es decir, entre movimientos interiores y exteriores. Debido a la fisiología particular del brazo humano, un operador encuentra que le resulta más fácil mover un inceptor hacia dentro, en lugar de hacia fuera. Un sistema de control de inceptor puede configurarse para simular una resistencia mayor a un movimiento interior que a un movimiento exterior de tal modo que el operador percibe que está usando la misma fuerza en cada dirección. Esto puede lograrse mediante el uso de una característica de fuerza-desplazamiento asimétrica en el circuito 211 de fuerza de ganancia de gradiente, de tal modo que ha de aplicarse una fuerza hacia dentro mayor en comparación con la fuerza hacia fuera para lograr la misma amplitud de desplazamiento. Sin embargo, debido a que, por ejemplo, una entrada de alabeo hacia la izquierda es un movimiento exterior para el piloto, pero un movimiento interior para el copiloto, las características de fuerza-desplazamiento en los circuitos 211 de ganancia de fuerza de gradiente de los sistemas 200 y 200A de control de MSD de segundo orden tendrían que ser diferentes. Si también existe un requisito de que los inceptores del piloto y del copiloto se enlacen electrónicamente, entonces la disposición de enlace de la Figura 2 no puede usarse debido a que una disposición de este tipo no puede mantener el enlace al mismo tiempo que proporciona diferentes fuerzas de retroalimentación al piloto y al copiloto. La presente invención proporciona una solución para superar este problema.

Un ejemplo de gradientes de eje de alabeo asimétricos se ilustra en la Figura 3, en donde la gráfica 301 muestra una característica de fuerza-desplazamiento para el piloto (inceptor de mano izquierda) y la gráfica 302 muestra una característica de fuerza-desplazamiento para el copiloto (inceptor de mano derecha). Para que el piloto, accionando un inceptor con la mano izquierda, logre un desplazamiento angular de 15 grados en una dirección exterior (hacia la izquierda), la fuerza requerida es de solo (-) 44,5 N (10 libras), pero para el mismo desplazamiento en la dirección interior (hacia la derecha), la fuerza requerida es de (+) 89,0 N (20 libras). Para que el copiloto, accionando un inceptor con la mano derecha, logre un desplazamiento angular de 15 grados en una dirección interior (hacia la izquierda), la fuerza requerida es de (-) 89,0 N (20 libras), pero para el mismo desplazamiento en la dirección exterior (hacia la derecha), la fuerza requerida es de solo (+) 44,5 N (10 libras). Por ello, en este ejemplo, existe una relación de factor de ganancia de 2 entre movimientos interiores y exteriores, pero son posibles otros valores. La relación del factor de ganancia se elige para que sea la misma para el inceptor del piloto que para el inceptor del copiloto y puede ser establecida por el sistema 101 de control de vuelo y determinarse a partir de evaluaciones de piloto/copiloto.

La Figura 4 es un diagrama de bloques simplificado que ilustra componentes de dos sistemas 300, 300A de control que pueden mantener el enlace entre entradas de piloto y de copiloto con sus inceptores respectivos al mismo tiempo que se proporcionan diferentes fuerzas de retroalimentación interiores/exteriores. La Figura 4 muestra los sistemas 200 y 200A de control de piloto y de copiloto enlazados de la Figura 2 con los siguientes componentes y funcionalidad adicionales.

Cada circuito 211 de ganancia de fuerza de gradiente de los sistemas 300, 300A de control está configurado con la misma característica de mapeo de fuerza-posición. Cada sistema 300, 300A de control puede proporcionar gradientes de eje de alabeo asimétricos, siendo el gradiente para los movimientos interiores mayor que el de los movimientos exteriores. En este ejemplo, la relación de gradientes es 2:1 como en el ejemplo descrito anteriormente con referencia a la Figura 3. En un ejemplo, cada sistema 300, 300A de control se dota de un circuito de cálculo (no mostrado) para calcular una relación de gradientes basándose en la posición nula (cero) con respecto al primer segmento de coordenadas de la característica de fuerza-desplazamiento transmitida izquierda y derecha. En otro ejemplo, el circuito de control de vuelo transmite una relación fija a cada sistema 300, 300A de control. La característica de mapeo de fuerza-desplazamiento en cada circuito 211 de ganancia de fuerza de gradiente se establece al gradiente más alto en ambas direcciones. Por ello, en este ejemplo, la característica de mapeo de fuerza-desplazamiento requiere que un desplazamiento angular de más o menos 15° requiera una fuerza aplicada de 89,0 N (20 libras).

Un primer circuito 401 de conmutación recibe entradas desde la caja 204 (la señal que representa la fuerza detectada aplicada por el piloto a su inceptor) y desde dos circuitos multiplicadores 402, 403, respectivamente. El primer circuito 401 de conmutación está configurado para detectar si la fuerza aplicada por el piloto a su inceptor es positiva o negativa. En este ejemplo, la convención es que una fuerza positiva es un movimiento del inceptor hacia la derecha (es decir, hacia dentro para el piloto) y una fuerza negativa es un movimiento del inceptor hacia la izquierda (es decir, hacia fuera para el piloto). Dependiendo de si la fuerza aplicada es positiva o negativa, el primer circuito de conmutación selecciona una señal de salida de uno u otro de los circuitos multiplicadores 402, 403 y envía la señal seleccionada a los sumadores 212 y 213 para su procesamiento adicional por los sistemas de control de MSD de segundo orden como se ha descrito anteriormente con referencia a la Figura 2. Los circuitos multiplicadores 402, 403 reciben la fuerza detectada (desde la caja 204) y también desde los circuitos 404, 405 de ganancia respectivos y, por lo tanto, modifican el valor de la señal que representa la fuerza detectada. En este ejemplo, un primer circuito 404 de ganancia proporciona un factor de ganancia igual a 1 y un segundo circuito 405 de ganancia proporciona un factor de ganancia mayor que 1 (2 en este ejemplo, pero son posibles otros valores). Durante el funcionamiento, cuando el primer circuito 401 de conmutación detecta que el inceptor del piloto se ha movido hacia la derecha (hacia fuera), este selecciona la salida del multiplicador 402 que ha aplicado un factor de ganancia de 1 a la señal de fuerza recibida desde la caja 204. Cuando el primer circuito 401 de conmutación detecta que el interceptor del piloto se ha movido hacia la izquierda (hacia dentro), este selecciona la salida del multiplicador 403 que ha aplicado un factor de ganancia mayor que 1 (2 en este ejemplo) a la señal de fuerza recibida desde la caja 204. Por lo tanto, cuando el piloto mueve el inceptor hacia la izquierda se emite una señal de fuerza mayor para la suma por el primer sumador 205 que cuando el piloto mueve el inceptor hacia la derecha.

El sistema 300A de control del copiloto se dota de una disposición similar. Un segundo circuito 406 de conmutación recibe entradas desde la caja 204 (la señal que representa una fuerza detectada aplicada por el copiloto a su inceptor) y desde dos circuitos multiplicadores 407, 408, respectivamente. El segundo circuito 406 de conmutación está configurado para detectar si la fuerza aplicada por el copiloto a su inceptor es positiva o negativa. Una fuerza positiva es un movimiento del inceptor hacia la derecha (es decir, hacia fuera para el copiloto) y una fuerza negativa es un movimiento del inceptor hacia la izquierda (es decir, hacia dentro para el copiloto). Dependiendo de si la fuerza aplicada es positiva o negativa, el segundo circuito 406 de conmutación selecciona una señal de salida de uno u otro de los circuitos multiplicadores 407, 408 y envía la señal seleccionada a los sumadores 213 y 212 para su procesamiento adicional. Los circuitos multiplicadores 407, 408 reciben la fuerza detectada (desde la caja 204) y también desde los circuitos 409, 410 de ganancia respectivos y, por lo tanto, modifican el valor de la señal que representa la fuerza detectada. En este ejemplo, un tercer circuito 409 de ganancia proporciona un factor de ganancia mayor que 1 (2 en este ejemplo) y un cuarto circuito 410 de ganancia proporciona un factor de ganancia igual a 1. Durante el funcionamiento, cuando el segundo circuito 406 de conmutación detecta que el inceptor del copiloto se ha movido hacia la derecha (hacia dentro), este selecciona la salida del multiplicador 407 que ha aplicado un factor de ganancia de 2 a la señal de fuerza detectada recibida desde la caja 204. Cuando el segundo circuito 406 de conmutación detecta que el inceptor del copiloto se ha movido hacia la izquierda (hacia dentro), este selecciona la salida del multiplicador 408 que ha aplicado un factor de ganancia igual a 1 a la señal de fuerza detectada. Por lo tanto, cuando el copiloto mueve el inceptor hacia la derecha se emite una señal de fuerza mayor para la suma por el primer sumador 205 que cuando el copiloto mueve el inceptor hacia la izquierda.

Los factores de ganancia (proporcionados por los circuitos 404, 405, 409, 410 de ganancia) representan un factor de multiplicación aplicado a la fuerza detectada para producir una fuerza “factorizada” antes de la transmisión (a través de un enlace digital, por ejemplo) al otro inceptor y para su uso dentro del modelo de MSD del propio inceptor. Por lo tanto, la entrada de fuerza total usada en el modelo de MSD de segundo orden del piloto es la suma de la señal de fuerza factorizada que es emitida por el primer circuito 401 de conmutación y una señal de fuerza factorizada recibida desde el inceptor del copiloto (es decir, desde la salida del segundo circuito 406 de conmutación). De forma similar, la entrada de fuerza total usada en el modelo de MSD de segundo orden del copiloto es la suma de la fuerza factorizada que es emitida por el segundo circuito 406 de conmutación y una señal de fuerza factorizada recibida desde el inceptor del piloto (es decir, desde la salida del primer circuito 401 de conmutación).

Empleando la disposición de la Figura 4, los inceptores tanto del piloto como del copiloto reciben la misma contribución de fuerza total y, siempre que la característica de mapeo de fuerza-desplazamiento sea idéntica en ambos inceptores, estos se enlazarán en su posición al tiempo que proporcionan una sensación de gradiente de fuerza asimétrico al piloto y al copiloto. De forma óptima, las características de mapeo de fuerza-desplazamiento en la dirección negativa (hacia la izquierda) de los inceptores de piloto y de copiloto son idénticas. De la misma manera, las características de fuerza-desplazamiento en la dirección positiva (hacia la derecha) de los inceptores de piloto y de copiloto también son idénticas. Sin embargo, las características de fuerza-desplazamiento positivas y negativas pueden ser diferentes.

El ejemplo de la Figura 4 proporcionó ayuda al operador al moverse en una dirección exterior proporcionando un factor de ganancia mayor que uno cuando se detectaba movimiento en esta dirección. En una disposición alternativa, los movimientos en una dirección interior pueden hacerse más difíciles proporcionando un factor de ganancia de menos de uno cuando se detecta movimiento en esta dirección. En este último caso, se aplica un factor de ganancia igual a 1 a los movimientos en la dirección exterior.

Aunque los ejemplos específicos se han descrito con referencia a palancas de control para aeronaves, se entenderá que los principios descritos en la presente memoria pueden ser aplicables igualmente a otro tipo de vehículos y maquinaria.

La funcionalidad de procesamiento de señales de las realizaciones de la invención puede lograrse usando sistemas o arquitecturas informáticas conocidos por los expertos en la materia relevante. Pueden usarse sistemas informáticos tales como un ordenador de sobremesa, portátil o ultraportátil, un dispositivo informático de mano (PDA, teléfono celular, ordenador de bolsillo, etc.), un ordenador central, un servidor, un cliente, o cualquier otro tipo de dispositivo informático de propósito especial o general según pueda ser deseable o apropiado para una aplicación o entorno dado. El sistema informático puede incluir uno o más procesadores que pueden implementarse usando un motor de procesamiento de propósito general o especial tal como, por ejemplo, un microprocesador, un microcontrolador u otro módulo de control.

El sistema informático también puede incluir una memoria principal, tal como memoria de acceso aleatorio (RAM) u otra memoria dinámica, para almacenar información e instrucciones que van a ser ejecutadas por un procesador. Una memoria principal de este tipo también puede usarse para almacenar variables temporales u otra información intermedia durante la ejecución de instrucciones que van a ser ejecutadas por el procesador. De la misma manera, el sistema informático puede incluir una memoria de solo lectura (ROM) u otro dispositivo de almacenamiento estático para almacenar información e instrucciones estáticas para un procesador.

El sistema informático también puede incluir un sistema de almacenamiento de información que puede incluir, por ejemplo, una unidad de medios y una interfaz de almacenamiento extraíble. La unidad de medios puede incluir una unidad u otro mecanismo para soportar medios de almacenamiento fijos o extraíbles, tales como una unidad de disco duro, una unidad de disco flexible, una unidad de cinta magnética, una unidad de disco óptico, una unidad de escritura o lectura (R o RW) de discos compactos (CD) o de unidades de vídeo digital (DVD) u otra unidad de medios fija o extraíble. Los medios de almacenamiento pueden incluir, por ejemplo, un disco duro, un disco flexible, una cinta magnética, un disco óptico, un CD o DVD u otro medio fijo o extraíble que se lee o en el que se escribe mediante una unidad de medios. Los medios de almacenamiento pueden incluir un medio de almacenamiento legible por ordenador que tiene software informático o datos particulares almacenados en el mismo.

En realizaciones alternativas, un sistema de almacenamiento de información puede incluir otros componentes similares para permitir que programas informáticos u otras instrucciones o datos se carguen en el sistema informático. Tales componentes pueden incluir, por ejemplo, una unidad de almacenamiento extraíble y una interfaz, tal como un cartucho de programa y una interfaz de cartucho, una memoria extraíble (por ejemplo, una memoria flash u otro módulo de memoria extraíble) y una ranura de memoria, y otras unidades de almacenamiento extraíbles e interfaces que permiten que se transfieran software y datos desde la unidad de almacenamiento extraíble a un sistema informático.

El sistema informático también puede incluir una interfaz de comunicaciones. Una interfaz de comunicaciones de este tipo puede usarse para permitir que se transfieran software y datos entre un sistema informático y unos dispositivos externos. Los ejemplos de interfaces de comunicaciones pueden incluir un módem, una interfaz de red (tal como una tarjeta de NIC de Ethernet o de otro tipo), un puerto de comunicaciones (tal como, por ejemplo, un puerto de bus serie universal (USB)), una ranura y tarjeta de PCMCIA, etc. El software y los datos transferidos a través de una interfaz de comunicaciones están en forma de señales que pueden ser electrónicas, electromagnéticas y ópticas o de otro tipo, susceptibles de ser recibidas por un medio de interfaz de comunicaciones.

En este documento, las expresiones “producto de programa informático”, “medio legible por ordenador” y similares pueden usarse generalmente para referirse a medios tangibles tales como, por ejemplo, una memoria, un dispositivo de almacenamiento o una unidad de almacenamiento. Estas y otras formas de medios legibles por ordenador pueden almacenar una o más instrucciones para su uso por el procesador que comprende el sistema informático para hacer que el procesador realice operaciones especificadas. Tales instrucciones, denominadas generalmente “código de programa informático” (que puede agruparse en forma de programas informáticos u otros agrupamientos), cuando se ejecutan, posibilitan que el sistema informático realice funciones de realizaciones de la presente invención. Obsérvese que el código puede hacer directamente que un procesador realice operaciones especificadas, se compile para hacerlo y/o se combine con otros elementos de software, hardware y/o firmware (por ejemplo, bibliotecas para realizar funciones estándar) para hacerlo.

En una realización en donde los elementos se implementan usando software, el software puede almacenarse en un medio legible por ordenador y cargarse en un sistema informático usando, por ejemplo, una unidad de almacenamiento extraíble. Un módulo de control (en este ejemplo, instrucciones de software o código de programa informático ejecutable), cuando es ejecutado por el procesador en el sistema informático, hace que un procesador realice las funciones de la invención como se describe en la presente memoria.

Además, el concepto inventivo puede aplicarse a cualquier circuito para realizar la funcionalidad de procesamiento de señales dentro de un elemento de red. Se prevé además que, por ejemplo, un fabricante de semiconductores pueda emplear el concepto inventivo en un diseño de un dispositivo autónomo, tal como un microcontrolador de un procesador de señales digitales (DSP), o un circuito integrado específico de la aplicación (ASIC) y/o cualquier otro elemento de subsistema.

Se apreciará que, para fines de claridad, la descripción anterior ha descrito realizaciones de la invención con referencia a una única lógica de procesamiento. Sin embargo, el concepto inventivo puede implementarse igualmente mediante una pluralidad de unidades funcionales y procesadores diferentes para proporcionar la funcionalidad de procesamiento de señales. Por lo tanto, las referencias a unidades funcionales específicas han de verse solo como referencias a medios adecuados para proporcionar la funcionalidad descrita, en lugar de ser indicativas de una estructura u organización lógica o física estricta.

Pueden implementarse aspectos de la invención de cualquier forma adecuada, incluyendo hardware, software, firmware o cualquier combinación de estos. La invención puede implementarse opcionalmente, al menos parcialmente, como software informático que se ejecuta en uno o más procesadores de datos y/o procesadores de señales digitales o componentes de módulo configurables tales como dispositivos de FPGA. Por lo tanto, los elementos y componentes de una realización de la invención pueden implementarse física, funcional y lógicamente de cualquier forma adecuada. De hecho, la funcionalidad puede implementarse en una única unidad, en una pluralidad de unidades o como parte de otra unidad funcional.

Aunque la presente invención se ha descrito en relación con algunas realizaciones, no se pretende que esté limitada a la forma específica expuesta en la presente memoria. Más bien, el ámbito de la presente invención está limitado

únicamente por las reivindicaciones adjuntas. En las reivindicaciones, la expresión “que comprende” no excluye la presencia de otros elementos o etapas.

5 Adicionalmente, aunque se enumeran individualmente, una pluralidad de medios, elementos o etapas de método pueden implementarse, por ejemplo, mediante una única unidad o procesador.

10 Además, el orden de las características en las reivindicaciones no implica ningún orden específico en el que deben realizarse las características y, en particular, el orden de pasos individuales en una reivindicación de procedimiento no implica que los pasos deban realizarse en este orden. Más bien, los pasos pueden realizarse en cualquier orden adecuado. Además, las referencias en singular no excluyen una pluralidad. Por lo tanto, las referencias a “uno”, “una”, “primero”, “segundo”, etc. no excluyen una pluralidad. En las reivindicaciones, la expresión “que comprende” o “que incluye” no excluye la presencia de otros elementos.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de control para controlar una primera y una segunda palancas de control accionadas manualmente, comprendiendo el sistema de control: una primera disposición de circuito para recibir señales de fuerza representativas de una fuerza aplicada a cada palanca de control resultante de un movimiento de lado a lado de una palanca de control y dispuesta para detectar si dicha fuerza aplicada es en una dirección hacia dentro hacia el operador o en una dirección hacia fuera alejándose del operador y para aplicar un factor de ganancia a cada señal de fuerza recibida para producir señales de fuerza factorizadas en donde el factor de ganancia aplicado a una señal de fuerza recibida representativa de una fuerza aplicada en una dirección hacia fuera es mayor que el factor de ganancia aplicado a una señal de fuerza recibida representativa de una fuerza aplicada en una dirección hacia dentro; y un segundo circuito dispuesto para sumar las señales de fuerza factorizadas para producir una señal de fuerza modificada para su uso en un sistema de control de retroalimentación de fuerza asociado con cada palanca de control, **caracterizado por** incluir el sistema de control un primer y un segundo sistemas de control de retroalimentación de fuerza asociados, respectivamente, con la primera y la segunda palancas de control y dispuestos para recibir la señal de fuerza modificada y en donde cada uno de dicho primer y dicho segundo sistemas de control de retroalimentación de fuerza está configurado como un sistema de masa-resorte-amortiguador de segundo orden, es decir, un sistema de MSD de segundo orden que incluye, respectivamente, un primer y un segundo circuitos (211) de ganancia de fuerza de gradiente que contienen mapeos independientes de características de fuerza-desplazamiento.
2. El sistema de control de la reivindicación 1, en donde el factor de ganancia aplicado a una señal de fuerza recibida representativa de una fuerza aplicada en una dirección hacia fuera es mayor que 1 y el factor de ganancia aplicado a una señal de fuerza recibida representativa de una fuerza aplicada en una dirección hacia dentro es igual a 1.
3. El sistema de control de la reivindicación 1, en donde el factor de ganancia aplicado a una señal de fuerza recibida representativa de una fuerza aplicada en una dirección hacia fuera es igual a 1 y el factor de ganancia aplicado a una señal de fuerza recibida representativa de una fuerza aplicada en una dirección hacia dentro es menor que 1.
4. El sistema de control de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde una relación del factor de ganancia aplicado a una señal de fuerza recibida representativa de una fuerza aplicada a la primera palanca en una dirección hacia fuera con respecto al factor de ganancia aplicado a una señal de fuerza recibida representativa de una fuerza aplicada a la primera palanca en una dirección hacia dentro tiene el mismo valor que una relación del factor de ganancia aplicado a una señal de fuerza recibida representativa de una fuerza aplicada a la segunda palanca en una dirección hacia fuera con respecto al factor de ganancia aplicado a una señal de fuerza recibida representativa de una fuerza aplicada a la segunda palanca en una dirección hacia dentro.
5. El sistema de control de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el primer y el segundo circuitos de ganancia de fuerza de gradiente contienen mapeos idénticos de características de fuerza-desplazamiento.
6. El sistema de control de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde el primer y el segundo circuitos de ganancia de fuerza de gradiente contienen diferentes mapeos de características de fuerza-desplazamiento.
7. Un sistema inceptor (100) para una aeronave (102) que incluye una primera y una segunda palancas de control enlazadas electrónicamente y el sistema de control de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6.
8. Una aeronave (102) que incluye el sistema inceptor (100) de la reivindicación 7.
9. Un método para controlar una primera y una segunda palancas de control accionadas manualmente, incluyendo el método: recibir señales de fuerza representativas de una fuerza aplicada a cada palanca de control resultante de un movimiento de lado a lado de una palanca de control; detectar si dicha fuerza aplicada es en una dirección hacia dentro hacia el operador o en una dirección hacia fuera alejándose del operador; aplicar un factor de ganancia a cada señal de fuerza recibida para producir señales de fuerza factorizadas en donde el factor de ganancia aplicado a una señal de fuerza recibida representativa de una fuerza aplicada en una dirección hacia fuera es mayor que el factor de ganancia aplicado a una señal de fuerza recibida representativa de una fuerza aplicada en una dirección hacia dentro; y sumar las señales de fuerza factorizadas para producir una señal de fuerza modificada para su uso en un sistema de control de retroalimentación de fuerza asociado con cada palanca de control, incluyendo el método proporcionar un primer y un segundo sistemas de control de retroalimentación de fuerza asociados, respectivamente, con la primera y la segunda palancas de control y dispuestos para recibir la señal de fuerza modificada y configurar cada uno de dicho primer y dicho segundo sistemas de control de retroalimentación

de fuerza como un sistema de masa-resorte-amortiguador de segundo orden, es decir, un sistema de MSD de segundo orden que incluye, respectivamente, un primer y un segundo circuitos (211) de ganancia de fuerza de gradiente que contienen mapeos independientes de características de fuerza-desplazamiento.

- 5 10. Un producto de programa informático tangible que tiene un código de programa informático ejecutable almacenado en el mismo para su ejecución por un procesador para realizar un método según la reivindicación 9.
- 10 11. El producto de programa informático tangible de la reivindicación 10, que comprende al menos uno de un grupo que consiste en: un disco duro, un CD-ROM, un dispositivo de almacenamiento óptico, un dispositivo de almacenamiento magnético, una memoria de solo lectura, una memoria de solo lectura programable, una memoria de solo lectura programable y borrrable, una memoria de solo lectura programable y borrrable eléctricamente y una memoria flash.

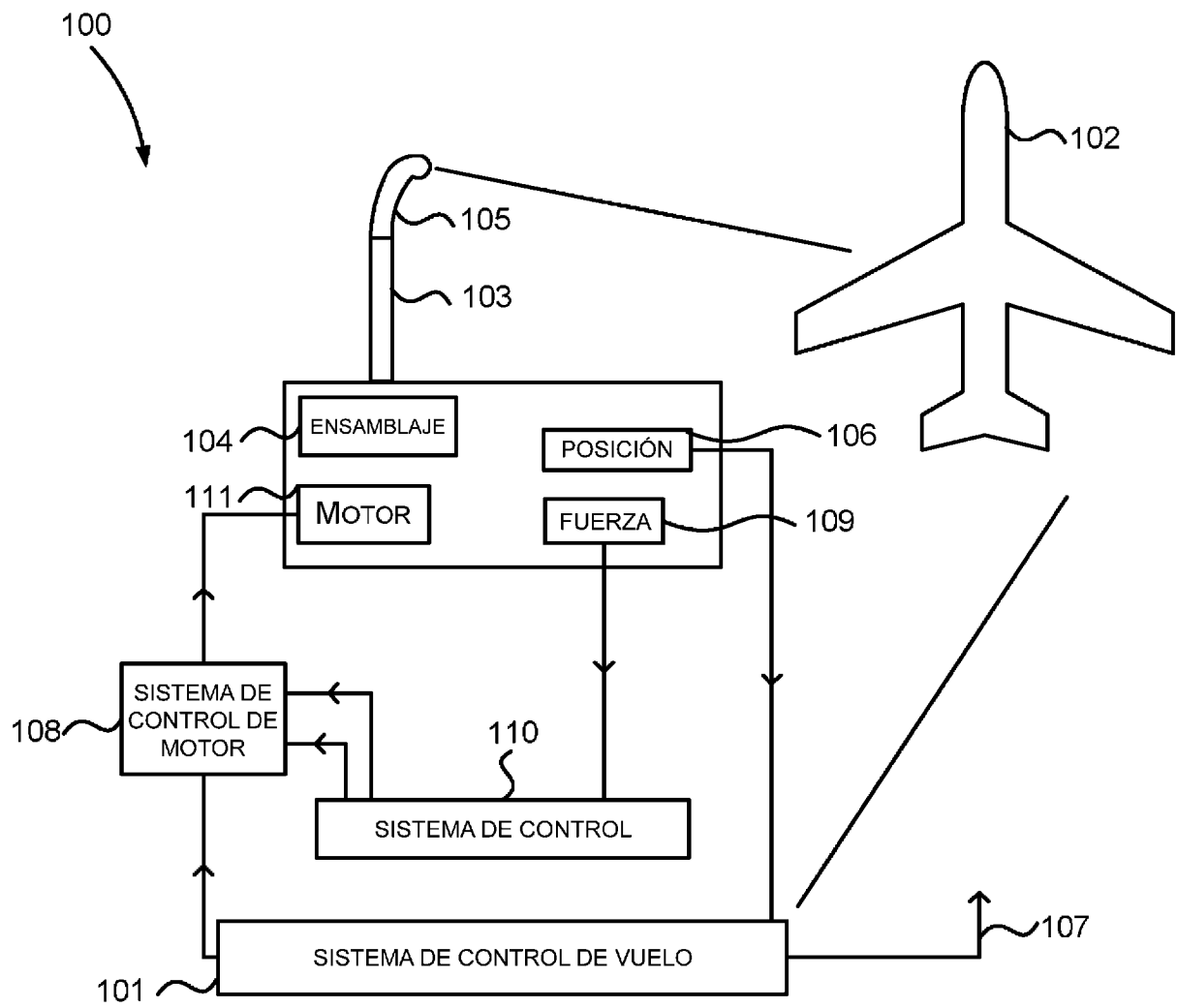


Figura 1

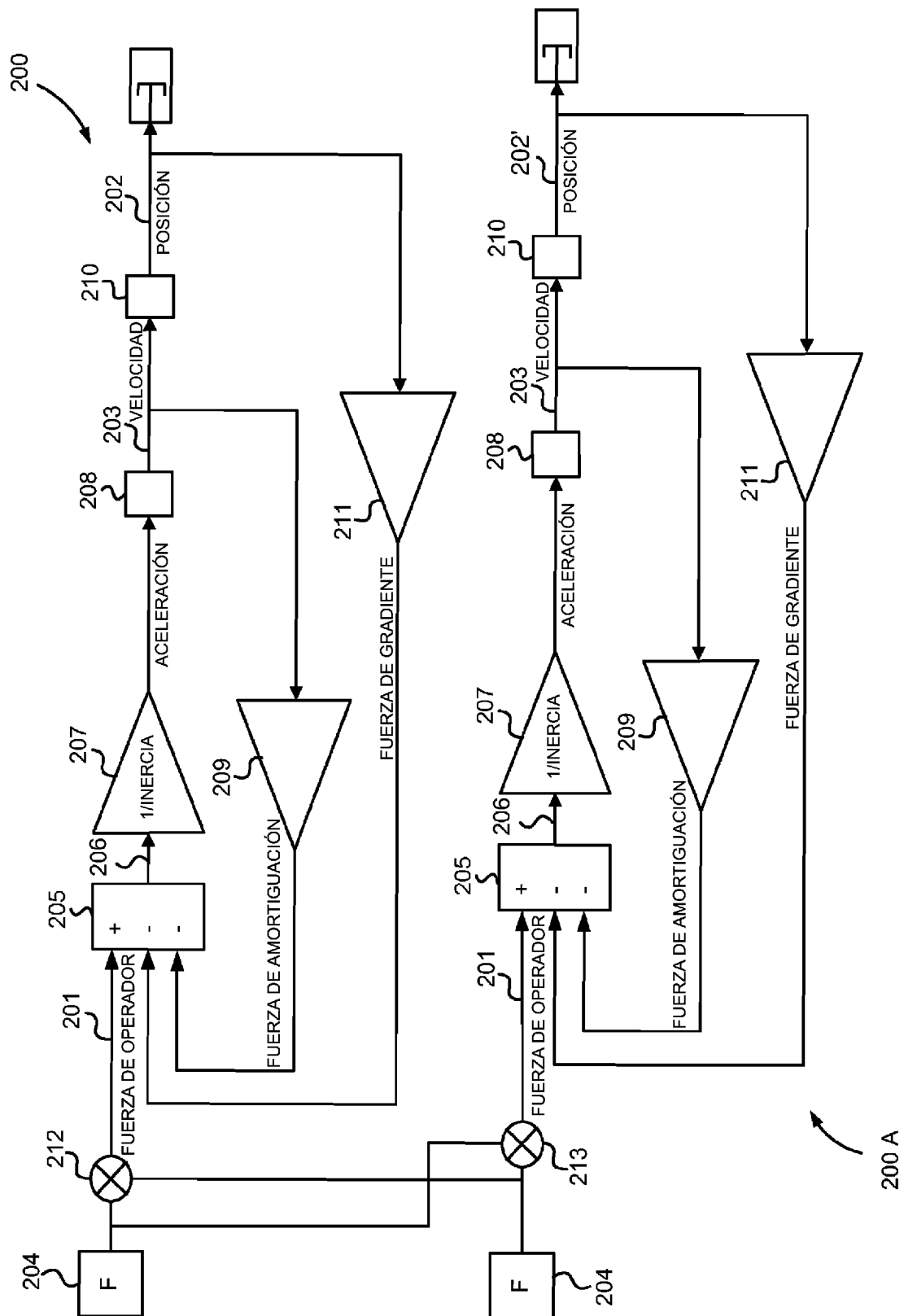


Figura 2

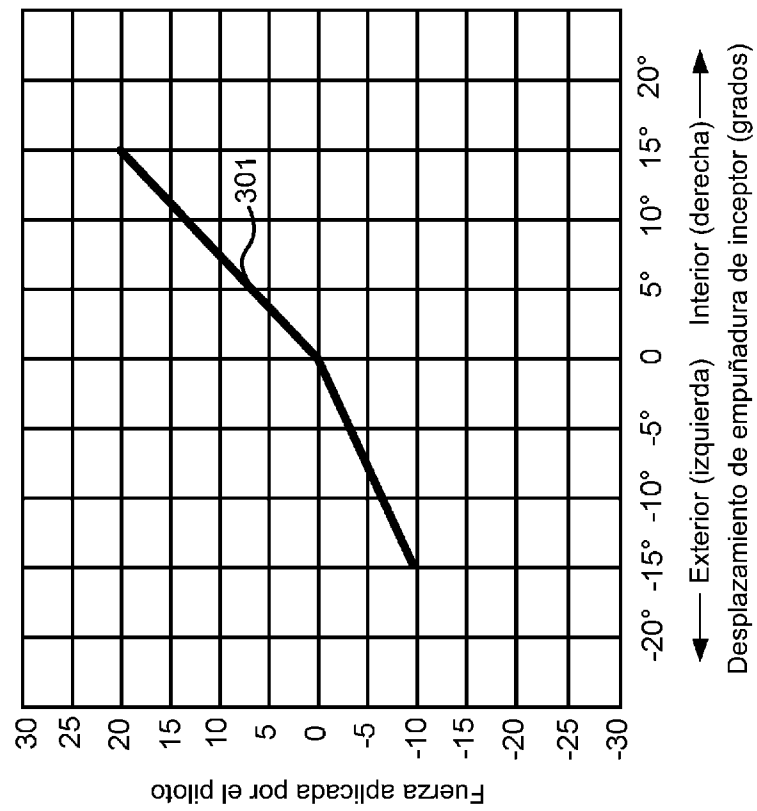
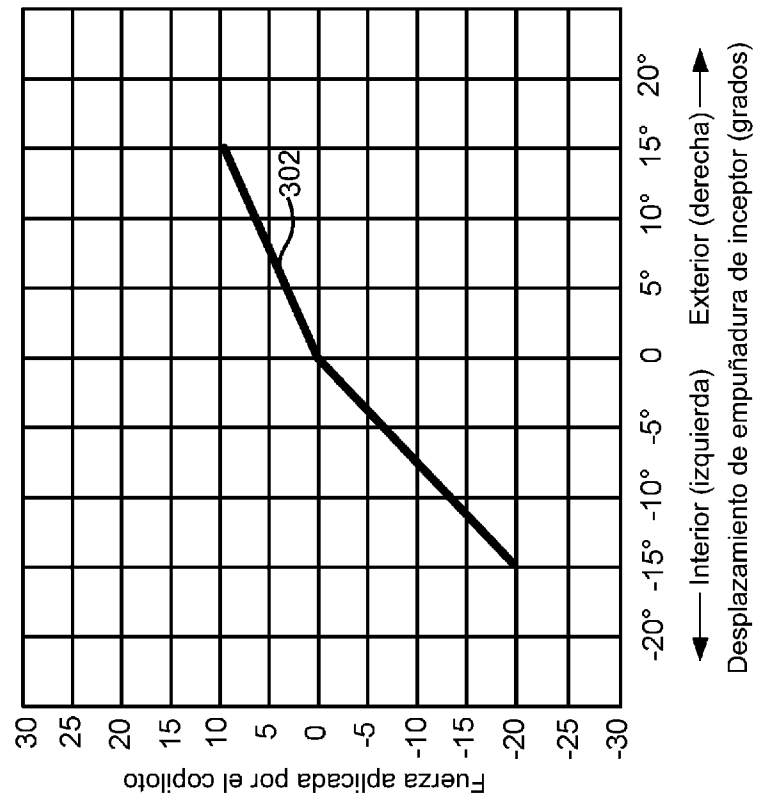


Figura 3

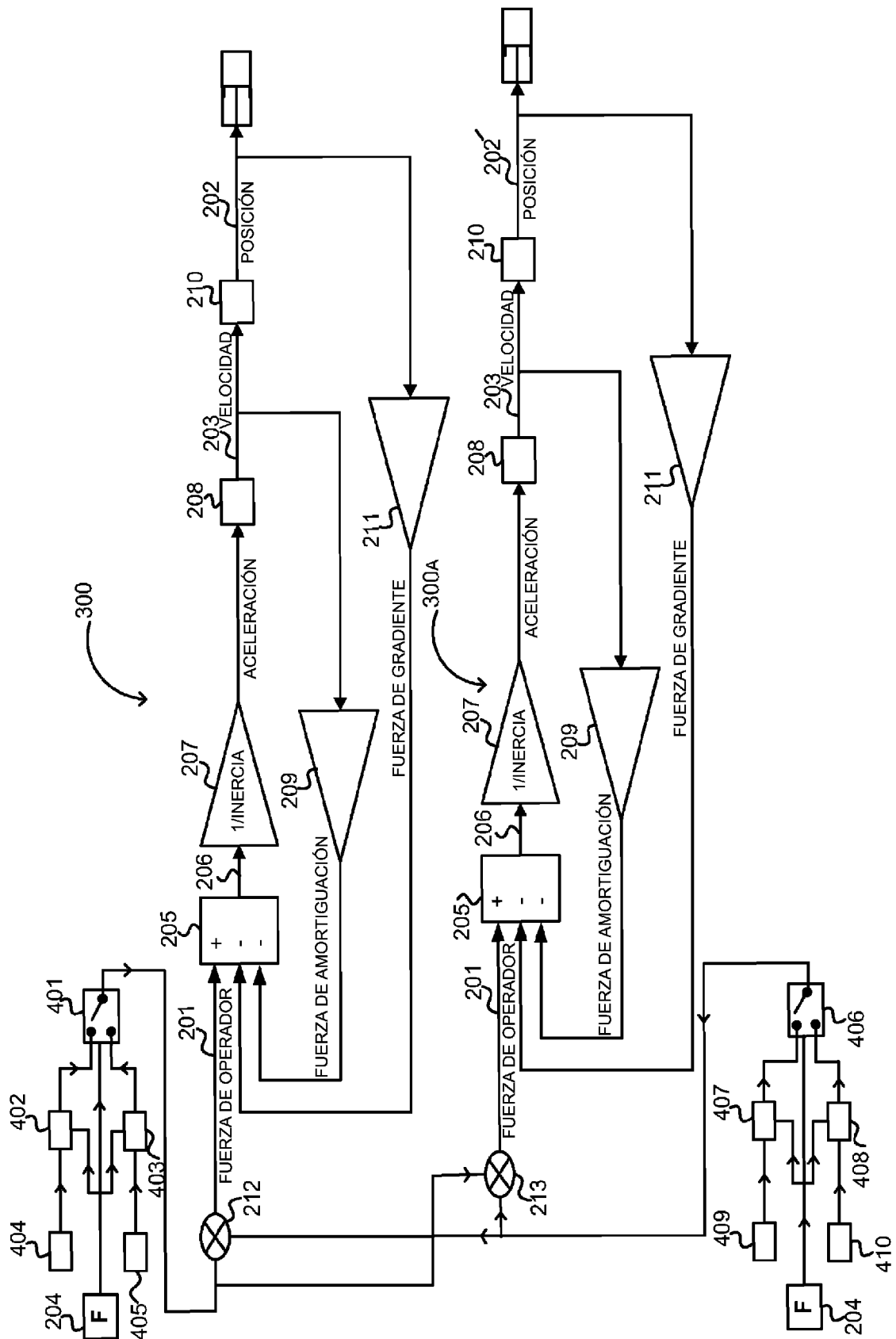


Figura 4