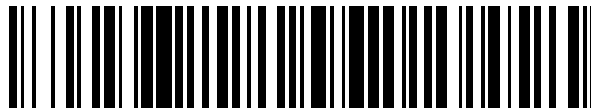


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 732 849**

51 Int. Cl.:

B64C 13/04 (2006.01)

B64C 13/46 (2006.01)

G05G 5/03 (2008.01)

G05G 9/047 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.10.2012** **E 12190364 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.04.2019** **EP 2586702**

54 Título: **Cardán compacto de dos ejes para palanca de control**

30 Prioridad:

28.10.2011 US 201161552493 P

22.10.2012 US 201213657294

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

26.11.2019

73 Titular/es:

WOODWARD MPC, INC. (100.0%)
7320 North Linder Avenue
Skokie, Illinois 60077, US

72 Inventor/es:

DECRAENE, MATTHEW P.;
KRAMER, MATTHEW;
THOMPSON, NATHAN y
PETROU, ANTON

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 732 849 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

Cardán compacto de dos ejes para palanca de control

Campo de la invención

5 Esta invención se refiere en general a sistemas de control de aeronaves, y más particularmente a dispositivos de palanca de control para convertir la entrada piloto para el control del cabeceo y del alabeo en señales eléctricas. La invención también se puede utilizar en cualquier aplicación que requiera convertir dos ejes de entrada mecánica en una entrada eléctrica.

Antecedentes de la invención

10 Un dispositivo de entrada para convertir la entrada piloto para el control del alabeo y del cabeceo normalmente incluye un dispositivo de entrada piloto que se conecta de forma operativa a una estructura cardan de dos ejes que permite manipular de forma operativa el dispositivo de entrada piloto alrededor de dos ejes para controlar el alabeo y el cabeceo de una aeronave. Muchas aeronaves utilizan el control "pilotaje por mandos electrónicos" cuando la palanca de control no está directamente conectada a las superficies de control de la aeronave. En cambio, la palanca de control incluye varios sensores de posición que detectan el cambio de posición del dispositivo de entrada piloto y convierten los cambios de posición del dispositivo de entrada piloto en señales eléctricas que se pueden utilizar para controlar electrónicamente los actuadores que manipulan las superficies de control de la aeronave.

15 La retroalimentación de fuerza se ha incorporado en estas palancas de control de estilo pilotaje por mandos electrónicos con el fin de simular la sensación táctil que un piloto habría experimentado en las palancas de control donde la palanca de control se une mecánicamente a las superficies de control de la aeronave.

20 Debido al espacio limitado en la cabina de una aeronave, siempre se desea reducir el tamaño de los componentes de la palanca de control para proporcionar el empaquetado más compacto y ligero posible. Además, también se desea proporcionar el diseño más rentable posible. Las formas de realización de la presente invención proporcionan una combinación innovadora y no obvia de componentes electromagnéticos y mecánicos que da como resultado una arquitectura compacta para proporcionar la parte electromecánica de una palanca de control activa de dos ejes. Estas y otras ventajas de la invención, así como características inventivas adicionales, serán evidentes a partir de la descripción de la invención proporcionada en la presente memoria.

25 El documento EP1908685 describe un conjunto de interfaz de usuario activa que incluye una interfaz de usuario y uno o más motores de retroalimentación acoplados a la interfaz de usuario. El uno o más motores de retroalimentación, cuando se energizan, suministran una fuerza de retroalimentación a la interfaz de usuario que se opone al movimiento de la interfaz de usuario. Uno de los motores de retroalimentación se dispone de tal manera que su centro de gravedad se sitúa en una posición con respecto a la interfaz de usuario para equilibrar la masa de la interfaz de usuario cuando está en la posición nula. El documento describe el preámbulo de la reivindicación independiente 1.

30 Breve resumen de la invención

En vista de lo anterior, las formas de realización de la presente invención proporcionan una palanca de control compacta de dos ejes nueva y mejorada.

35 En una forma de realización, se proporciona una palanca de control compacta de dos ejes que tiene un dispositivo de entrada piloto, una unidad impulsora de la retroalimentación de la fuerza de cabeceo, una unidad impulsora de la retroalimentación de la fuerza de alabeo, una articulación de cabeceo y una articulación de alabeo. El dispositivo de entrada piloto puede pivotar sobre un eje de cabeceo y un eje de alabeo. La unidad impulsora de la retroalimentación de la fuerza de alabeo incluye un motor de alabeo que incluye un eje de salida y un tren de engranajes de alabeo. El tren de engranajes de alabeo incluye un engranaje planetario de alabeo montado en el eje de salida del motor de alabeo, varios engranajes planetarios de alabeo montados en un portador de alabeo de posición fija y un engranaje anular de alabeo. Los varios engranajes planetarios de alabeo se colocan radialmente entre el engranaje planetario de alabeo y el engranaje anular de alabeo. La articulación de cabeceo se acopla de forma operativa al dispositivo de entrada piloto y al engranaje anular de cabeceo de tal manera que la rotación del engranaje planetario de cabeceo provoque la rotación del dispositivo de entrada piloto alrededor del eje de cabeceo.

40 La articulación de alabeo se acopla de forma operativa al dispositivo de entrada piloto y al engranaje planetario de alabeo de tal manera que la rotación del engranaje planetario de alabeo provoque la rotación del dispositivo de entrada piloto alrededor del eje de alabeo.

En una forma de realización, la unidad impulsora de la retroalimentación de la fuerza de alabeo y la unidad impulsora de la retroalimentación de la fuerza de cabeceo son, en esencia, idénticas.

50 En una forma de realización, el eje de salida del motor de cabeceo rota alrededor de un eje de rotación que es paralelo al eje de cabeceo y el eje de salida del motor de alabeo rota alrededor de eje de rotación que es paralelo al eje de alabeo. Los ejes de rotación del eje de salida del motor de cabeceo y del eje de salida del motor de alabeo son, en general, perpendiculares entre sí.

En una forma de realización, la palanca de control incluye además un mecanismo de centrado del cabeceo que actúa en el dispositivo de entrada piloto para forzar el dispositivo de entrada piloto a una posición de inicio de cabeceo cuando el dispositivo de entrada piloto se rota alrededor del eje de cabeceo alejándose de la posición de inicio de cabeceo. La palanca de control también incluye un mecanismo de centrado del alabeo que actúa en el dispositivo de entrada piloto para forzar el dispositivo de entrada piloto a una posición de inicio de alabeo cuando el dispositivo de entrada piloto se rota alrededor del eje de alabeo alejándose de la posición de inicio de alabeo.

En una forma de realización, la palanca de control incluye además un bastidor de base al cual el dispositivo de entrada piloto se monta de forma operativa con capacidad de pivotar para la rotación alrededor de los ejes de cabeceo y de alabeo. El portador de cabeceo de posición fija define un eje de rotación para cada uno de los varios engranajes planetarios de cabeceo. El portador de cabeceo de posición fija tiene una posición fija con respecto al bastidor de base y mantiene los ejes de rotación de los varios engranajes planetarios de cabeceo en una posición fija con respecto al bastidor de base. El portador de alabeo de posición fija define un eje de rotación para cada uno de los varios engranajes planetarios de alabeo. El portador de alabeo de posición fija tiene una posición fija con respecto al bastidor de base y mantiene los ejes de rotación de los varios engranajes planetarios de alabeo en una posición fija con respecto al bastidor de base.

En una forma de realización, el engranaje anular de cabeceo incluye una característica de unión que se extiende radialmente hacia afuera. La articulación de cabeceo se conecta con capacidad de pivotar a la característica de unión que se extiende radialmente hacia afuera del engranaje anular de cabeceo próxima a un primer extremo de la articulación de cabeceo y la articulación de cabeceo se conecta de forma operativa con capacidad de pivotar al dispositivo de entrada piloto próxima a un segundo extremo de la articulación de cabeceo. El engranaje anular de alabeo incluye una característica de unión que se extiende radialmente hacia afuera. La articulación de alabeo conectada con capacidad de pivotar a la característica de unión que se extiende radialmente hacia afuera del engranaje anular de alabeo próxima a un primer extremo de la articulación de alabeo y la articulación de alabeo se conectan de forma operativa con capacidad de pivotar al dispositivo de entrada piloto próxima a un segundo extremo de la articulación de alabeo.

En una forma de realización, el engranaje anular de cabeceo tiene un primer extremo adyacente al motor de cabeceo y un segundo extremo, opuesto al primer extremo. El segundo extremo se separa alejándose del motor de cabeceo con el primer extremo colocado axialmente entre el segundo extremo y el motor de cabeceo a lo largo de un eje definido por el eje de salida del motor de cabeceo. La característica de unión que se extiende radialmente hacia afuera del engranaje anular de cabeceo no se extiende axialmente más allá del segundo extremo del engranaje anular de cabeceo. El engranaje anular de alabeo tiene un primer extremo adyacente al motor de alabeo y un segundo extremo, opuesto al primer extremo. El segundo extremo se separa alejándose del motor de alabeo con el primer extremo colocado axialmente entre el segundo extremo y el motor de alabeo a lo largo de un eje definido por el eje de salida del motor del alabeo. La característica de unión que se extiende radialmente hacia afuera del engranaje anular de alabeo no se extiende axialmente hacia afuera más allá del segundo extremo.

En una forma de realización, el engranaje anular de cabeceo incluye una característica de unión que se extiende radialmente hacia afuera, la articulación de cabeceo con capacidad de pivotar conectada a la característica de unión que se extiende radialmente hacia afuera del engranaje anular de cabeceo próxima a un primer extremo de la articulación de cabeceo y la articulación de cabeceo se conecta de forma operativa con capacidad de pivotar al dispositivo de entrada piloto próxima a un segundo extremo de la articulación de cabeceo; y el engranaje anular de alabeo incluye una característica de unión que se extiende radialmente hacia afuera, la articulación de alabeo conectada de forma operativa con capacidad de pivotar a la característica de unión que se extiende radialmente hacia afuera del engranaje anular de alabeo próxima a un primer extremo de la articulación de alabeo y la articulación de alabeo se conecta de forma operativa con capacidad de pivotar al dispositivo de entrada piloto próxima a un segundo extremo de la articulación de alabeo.

En una forma de realización, la unidad impulsora de la retroalimentación de la fuerza de cabeceo incluye un par de rodamientos portadores reductores separados axialmente que soportan radialmente el engranaje anular de cabeceo para la rotación. La característica de unión que se extiende radialmente hacia afuera del engranaje anular de cabeceo se centra, en esencia, axialmente con respecto al par de rodamientos portadores reductores separados axialmente. La unidad impulsora de la retroalimentación de la fuerza de alabeo incluye un par de rodamientos portadores reductores separados axialmente que soportan radialmente el engranaje anular de alabeo para la rotación. La característica de unión que se extiende radialmente hacia afuera del engranaje anular de alabeo se centra, en esencia, axialmente con respecto al par de rodamientos portadores reductores separados axialmente.

En una forma de realización alternativa, la característica de unión que se extiende radialmente hacia afuera del engranaje anular de cabeceo tiene un par de patas separadas axialmente que se extienden radialmente hacia afuera y la articulación de cabeceo se coloca entre el par de patas separadas axialmente. La característica de unión que se extiende radialmente hacia afuera del engranaje anular de alabeo tiene un par de patas separadas axialmente que se extienden radialmente hacia afuera y la articulación de alabeo se coloca entre el par de patas separadas axialmente.

Sin embargo, en otras formas de realización, la característica de unión que se extiende radialmente hacia afuera del engranaje anular tiene una sola pata que se extiende radialmente hacia afuera. En una forma de realización, la pata

se puede colocar próxima al rodamiento portador reductor más cercano al motor. Alternativamente, la pata se puede centrar entre el par de rodamientos portadores reductores.

La articulación se puede unir a cada lado de la pata dependiendo de la ubicación particular de la unidad impulsora de la retroalimentación de fuerza en relación con el dispositivo de entrada piloto. En una forma de realización, la articulación, y particularmente la articulación de cabeceo, se puede acoplar a un lado del motor de la pata de tal manera que la articulación se desplace axialmente sobre el motor y se desplace axialmente por completo del engranaje anular. Esto permite que la articulación de cabeceo esté, considerablemente, si no completamente, alineada con el eje de rotación de alabeo y se centre en el eje de rotación de alabeo. En una forma de realización alternativa, la articulación se puede unir en el lado opuesto de la pata de tal manera que la articulación se coloque axialmente entre el par de rodamientos portadores reductores y se desplace axialmente sobre el engranaje anular más bien que sobre el motor. Sin embargo, en cualquier configuración, se desea que la articulación no se desplace axialmente alejándose del motor y más allá del extremo del engranaje anular más alejado del motor de modo que se evite aumentar la longitud total de la unidad impulsora de la retroalimentación de fuerza.

En una forma de realización, la característica de unión que se extiende radialmente hacia afuera del engranaje anular de cabeceo tiene una sola pata que se extiende radialmente hacia afuera y la articulación de cabeceo se conecta de forma operativa en un lado de la pata; y la característica de unión que se extiende radialmente hacia afuera del engranaje anular de alabeo tiene una sola pata que se extiende radialmente hacia afuera y la articulación de alabeo se conecta de forma operativa en un lado de la pata.

En una forma de realización, la articulación de cabeceo se conecta en un lado de la pata del motor de cabeceo del engranaje anular de cabeceo de tal manera que esté, en esencia, alineada con el eje de rotación de alabeo; y la articulación de alabeo se conecta en un lado de la pata opuesto al motor de alabeo con la articulación de alabeo colocada axialmente entre el par de rodamientos portadores reductores.

En una forma de realización, se proporciona un método para proporcionar retroalimentación de fuerza a un dispositivo de entrada piloto de acuerdo con la reivindicación 8. El método incluye detectar un desplazamiento del dispositivo de entrada piloto alrededor de un eje de cabeceo; proporcionar retroalimentación de fuerza de cabeceo para forzar el dispositivo de entrada piloto de vuelta hacia una posición de inicio de cabeceo utilizando una unidad impulsora de la retroalimentación de la fuerza de cabeceo conectada de forma operativa al dispositivo de entrada piloto con una articulación de cabeceo. La unidad impulsora de la retroalimentación de la fuerza de cabeceo incluye un motor de cabeceo que incluye un eje de salida y un tren de engranajes de cabeceo. El tren de engranajes de cabeceo incluye un engranaje planetario de cabeceo montado en el eje de salida del motor de cabeceo, varios engranajes planetarios de cabeceo montados en un portador de cabeceo de posición fija y un engranaje anular de cabeceo. Los varios engranajes planetarios de cabeceo se colocan radialmente entre el engranaje planetario de cabeceo y el engranaje anular de cabeceo. La articulación de cabeceo se acopla directamente de forma operativa al engranaje anular de cabeceo. El método comprende además detectar un desplazamiento del dispositivo de entrada piloto alrededor de un eje de alabeo y proporcionar retroalimentación de la fuerza de alabeo para forzar el dispositivo de entrada piloto de vuelta hacia una posición de inicio de alabeo utilizando una unidad impulsora de la retroalimentación de la fuerza de alabeo conectada de forma operativa al dispositivo de entrada piloto con una articulación de alabeo. La unidad impulsora de la retroalimentación de la fuerza de alabeo incluye un motor de alabeo que incluye un eje de salida y un tren de engranajes de alabeo que incluye un engranaje planetario de alabeo montado en el eje de salida del motor de alabeo, varios engranajes planetarios de alabeo montados en un portador de alabeo de posición fija y un engranaje anular de alabeo, los varios engranajes planetarios de alabeo colocados radialmente entre el engranaje planetario de alabeo y el engranaje anular de alabeo, la articulación de alabeo acoplada directamente al engranaje anular de alabeo.

Los métodos adicionales incluyen las características de la palanca de control resumidas anteriormente.

En una forma de realización del método, el dispositivo de entrada piloto comprende además un par de rodamientos portadores reductores separados axialmente que soportan radialmente el engranaje anular de cabeceo para la rotación, la característica de unión que se extiende radialmente hacia afuera del engranaje anular de cabeceo se coloca axialmente adyacente al rodamiento portador reductor axialmente más cercano al motor de cabeceo; y un par de rodamientos portadores reductores separados axialmente que soportan radialmente el engranaje anular de alabeo para la rotación, la característica de unión que se extiende radialmente hacia afuera del engranaje anular de alabeo se coloca axialmente adyacente al rodamiento portador reductor axialmente más cercano al motor de cabeceo.

Un ejemplo de aparato para proporcionar retroalimentación de fuerza a un dispositivo de entrada piloto incluye una unidad impulsora de la retroalimentación de fuerza y una articulación. La unidad impulsora de la retroalimentación de fuerza incluye un motor que incluye un eje de salida y un tren de engranajes. El tren de engranajes incluye un engranaje planetario montado en el eje de salida del motor, varios engranajes planetarios montados en un portador de posición fija y un engranaje anular. Los varios engranajes planetarios se colocan radialmente entre el engranaje planetario y el engranaje anular. La articulación se configura para acoplar de forma operativa la unidad impulsora de la retroalimentación de fuerza al dispositivo de entrada piloto. La articulación se configura para ser acoplada de forma operativa al dispositivo de entrada piloto. La articulación se acopla directamente de forma operativa al

engranaje anular de tal manera que la rotación del engranaje anular de cabeceo provoque el movimiento de la articulación. El engranaje anular proporciona la salida del tren de engranajes.

5 En este ejemplo, el portador de posición fija puede definir un eje de rotación para cada uno de los varios engranajes planetarios. El portador de posición fija tiene una posición fija con respecto al motor y mantiene los ejes de rotación de los varios engranajes planetarios en una posición fija con respecto al motor.

En este ejemplo, el engranaje anular puede incluir una característica de unión que se extiende radialmente hacia afuera. La articulación se conecta con capacidad de pivotar a la característica de unión que se extiende radialmente hacia afuera del engranaje anular próxima a un primer extremo de la articulación.

10 En este ejemplo, el engranaje anular puede tener un primer extremo adyacente al motor y un segundo extremo, opuesto al primer extremo. El segundo extremo se separa del motor con el primer extremo colocado axialmente entre el segundo extremo y el motor a lo largo de un eje definido por el eje de salida del motor. La característica de unión que se extiende radialmente hacia afuera no se extiende axialmente más allá del segundo extremo del engranaje anular en una dirección que extiende alejándose del motor.

15 En este ejemplo, un par de rodamientos portadores reductores separados axialmente pueden soportar radialmente el engranaje anular para la rotación. La característica de unión que se extiende radialmente hacia afuera se centra, en esencia, axialmente con respecto al par de rodamientos portadores reductores separados axialmente.

En este ejemplo, la característica de unión que se extiende radialmente hacia afuera del engranaje anular puede tener un par de patas separadas axialmente que extienden radialmente hacia fuera y la articulación se coloca entre el par de patas separadas axialmente.

20 Sin embargo, la característica de unión que se extiende radialmente hacia afuera del engranaje anular puede tener una sola pata que se extiende radialmente hacia afuera. La articulación se puede unir a cada lado de la pata.

En este ejemplo la característica de unión que se extiende radialmente hacia afuera del engranaje anular tiene una sola pata que se extiende radialmente hacia afuera y la articulación se conecta a un lado de la pata, pero no se extiende axialmente más allá de un extremo del engranaje anular opuesto al motor.

25 Otros aspectos, objetivos y ventajas de la invención llegarán a ser más evidentes a partir de la siguiente descripción detallada cuándo se toma en conjunto con los dibujos adjuntos.

Breve descripción de los dibujos

Los dibujos adjuntos incorporados y que forman parte de la memoria descriptiva ilustran varios aspectos de la presente invención y, junto con la descripción, sirven para explicar los principios de la invención. En los dibujos:

30 La FIG. 1 es una ilustración parcial de una forma de realización de una palanca de control compacta de dos ejes construida de acuerdo con las enseñanzas de la presente invención;

La FIG. 2 es una ilustración parcial de la palanca de control de la FIG. 1 que ilustra la unidad impulsora de la retroalimentación de la fuerza de alabeo y el mecanismo de centrado de alabeo;

La FIG. 3 es otra ilustración de la palanca de control de la FIG. 1, que incluye el portador de engranajes planetarios de cabeceo de posición fija;

35 La FIG. 4 es una ilustración parcial en vista superior de la palanca de control de la FIG. 1 que tiene la unidad impulsora de la retroalimentación de la fuerza de cabeceo en sección transversal parcial;

La FIG. 5 es una ilustración similar a la FIG. 2, que incluye además el portador de engranajes planetarios de alabeo de posición fija; y

40 La FIG. 6 es una ilustración simplificada de una forma de realización de una unidad impulsora de la retroalimentación de fuerza que se puede utilizar en la palanca de control de la FIG. 1.

Aunque la invención se describirá en conexión con determinadas formas de realización preferidas, no se pretende limitarla a esas formas de realización. Por el contrario, la intención es cubrir todas las alternativas, modificaciones y equivalentes como incluidas dentro del espíritu y alcance de la invención, según se define mediante las reivindicaciones adjuntas.

Descripción detallada de la invención

45 La FIG. 1 ilustra, en forma simplificada, una palanca de control compacta de dos ejes 100 (también denominada como "palanca de control 100") de acuerdo con una forma de realización de la invención. La palanca de control 100 se utiliza para controlar el cabeceo y el alabeo de una aeronave.

La palanca de control de dos ejes 100 incluye un dispositivo de entrada piloto 102 que el piloto utiliza para proporcionar entradas de control para controlar el cabeceo y el alabeo de la aeronave. El dispositivo de entrada

piloto 102 se porta mediante una disposición cardan de dos ejes 104 configurada para permitir que la palanca de control pivote alrededor de un eje de cabeceo 106 y un eje de alabeo 108, que generalmente son perpendiculares entre sí en la forma de realización ilustrada. El eje de cabeceo 106 es perpendicular a la página para la FIG. 1.

5 Cada eje incluye una estructura mecánica de cardan soportada por rodamientos de elementos rodantes, mecanismos de centrado basados en levas, articulaciones para conectar una unidad impulsora de potencia engranada que incluye un motor de corriente continua sin escobillas conmutado por resolver y un reductor planetario compuesto para proporcionar retroalimentación de fuerza activa al usuario, y varios sensores de posición para convertir la rotación mecánica en señales eléctricas para el ordenador de vuelo.

10 En la forma de realización ilustrada, la disposición de cardan de dos ejes 104 se porta de forma operativa mediante el bastidor de base 110. En la Fig. 1, la estructura de cardan del eje de alabeo 116 se ilustra mejor. La estructura del cardan del eje de alabeo 116 se soporta por los rodamientos de elementos rodantes 114 para la rotación alrededor del eje de alabeo 108. Varios sensores de transformador diferencial de variación lineal 118 (sensores RVDT 118) independientes eléctricamente cooperan con la estructura de cardan del eje de alabeo 116 para convertir la rotación mecánica en señales eléctricas para el ordenador de vuelo.

15 Con referencia a la FIG. 2, se ilustra el mecanismo de centrado basado en leva de alabeo 120. El mecanismo de centrado basado en leva de alabeo incluye una disposición de leva que incluye una superficie de leva 122 y un seguidor de leva 124 que se fuerza contra la superficie de leva 122. En la forma de realización ilustrada, la superficie de leva 122 se acopla de forma operativa al dispositivo de entrada piloto 102 de tal manera que movimiento de rotación alrededor del eje de alabeo 108 provoque el movimiento coordinado de la superficie de leva 122. La superficie de leva 122 define una posición de inicio 126 que es la parte más inferior de la superficie de leva 122. Cuando el dispositivo de entrada piloto 102 se rota desde una posición central o de inicio (ilustrada con líneas continuas), el seguidor de leva 124 se moverá fuera de la posición de inicio 126 y se moverá a lo largo de la superficie de leva 122. Este movimiento provocará que la superficie de leva 122 aplique una fuerza de forzado contra el seguidor de leva 124. El seguidor de leva 124 se conecta de forma operativa a un elemento de forzado 128 en forma de resorte de compresión que empujará al seguidor de leva 124 de vuelta hacia la posición de inicio 124 y, en consecuencia, forzará el dispositivo de entrada piloto 102 de vuelta hacia su posición de inicio.

30 Con referencia a la FIG. 1, se ilustra un mecanismo de centrado basado en leva de cabeceo 130. El mecanismo de centrado basado en la leva de cabeceo 130 opera, en esencia, de la misma manera que el mecanismo de centrado basado en leva de alabeo y se configura para forzar el dispositivo de entrada piloto de vuelta a la posición de inicio de cabeceo ilustrada en líneas continuas en la FIG. 1 cuando el dispositivo de entrada piloto 102 se rota alrededor del eje de cabeceo 106. En este mecanismo de centrado 130, el seguidor de leva 132 se porta por el dispositivo de entrada piloto 102 y la superficie de leva 134 se porta o proporciona por un brazo balancín 136 que coopera con el resorte de compresión 138 cuando se fuerza por el seguidor de leva 132 en respuesta a los movimientos del dispositivo de entrada piloto 102.

35 La palanca de control 100 incluye una unidad impulsora de la retroalimentación de la fuerza de cabeceo 140 y una unidad impulsora de la retroalimentación de la fuerza de alabeo 142. Las unidades impulsoras de la retroalimentación de fuerza 140, 142 se configuran para proporcionar resistencia mecánica al dispositivo de entrada piloto 102 cuando el dispositivo de entrada piloto 102 se pivota desde las posiciones de inicio de cabeceo y alabeo alrededor de los ejes de cabeceo y alabeo correspondientes 106, 108. La retroalimentación de fuerza se configura normalmente para simular las fuerzas debidas a las superficies de control de la aeronave, ya que la palanca de control 100 no está mecánicamente unida a las superficies de control en la forma de realización ilustrada.

45 La unidad impulsora de la retroalimentación de la fuerza de cabeceo 140 incluye un motor de cabeceo 144 que impulsa de forma operativa un tren de engranajes de cabeceo 146. El motor de cabeceo 144 es preferiblemente un motor de corriente continua sin escobillas conmutado por resolver. El motor de cabeceo 144 se monta de forma operativa en el bastidor de base 110. El tren de engranajes de cabeceo 146 es preferiblemente un reductor planetario compuesto. En formas de realización alternativas, el tren de engranajes de cabeceo 146 podría adoptar la forma de un reductor planetario de una sola etapa o de varias etapas.

50 Un engranaje de piñón de cabeceo 148 se acopla de forma operativa al eje de salida del motor de cabeceo 144 y actúa como el engranaje planetario del reductor planetario compuesto. Los tres engranajes planetarios de cabeceo 150 se colocan radialmente entre el engranaje planetario de cabeceo, es decir, el engranaje de piñón de cabeceo 148, y un engranaje anular de cabeceo de rotación interno 152. Con referencia adicional a la FIG. 3, el tren de engranajes de cabeceo 146 incluye un portador de engranajes planetarios de cabeceo fijo 154 (también denominado como "portador de cabeceo 154") que porta los varios engranajes planetarios de cabeceo 150 para la rotación alrededor de los ejes de rotación de los engranajes planetarios de cabeceo 156 correspondientes. El portador de cabeceo 154 incluye ejes que se extienden axialmente que definen los ejes de rotación de los engranajes planetarios de cabeceo 156. Estos ejes se extienden axialmente alejándose de una parte de cubierta exterior 158 del portador de cabeceo 154 hacia el motor de cabeceo 144. Debido a que el portador de cabeceo 154 es un portador de posición fija, los ejes del engranaje planetario de cabeceo 156 definidos por el portador de cabeceo 154 no se mueven con respecto al bastidor de base 110.

60 Con referencia adicional a la FIG. 4, el engranaje anular de cabeceo 152 se coloca axialmente entre el motor de cabeceo 144 y la parte de cubierta exterior 158. Más particularmente, el engranaje anular de cabeceo 152 incluye un

primer extremo 180 que se coloca axialmente (con referencia al eje de rotación del engranaje de piñón de cabeceo 148) próximo y orientado hacia el motor de cabeceo 144 y un segundo extremo opuesto 182 que se orienta axialmente alejándose del motor de cabeceo 144 y que está próximo al portador de cabeceo 154. El primer extremo se coloca axialmente entre el motor de cabeceo 144 y el segundo extremo. El engranaje anular de cabeceo 152 rota en relación con el bastidor de base de posición fija 110 alrededor de un eje de rotación que es coaxial con el eje de rotación del engranaje de piñón de cabeceo 144 debido al hecho de que los engranajes planetarios 150 tienen una posición, en esencia, fija con respecto al bastidor de base 110 debido a la inclusión del portador de cabeceo de posición fija 154. Además, el engranaje anular rota alrededor de un eje de rotación que es paralelo al eje de cabeceo 106.

El engranaje anular de cabeceo 152 se soporta por un par de rodamientos portadores reductores 159 (también denominados "rodamientos de jaula 159") que soportan el engranaje anular de cabeceo 152 para la rotación alrededor del eje de rotación definido por el engranaje de piñón de cabeceo 148. Los rodamientos portadores reductores 159 se desplazan axialmente entre sí de tal manera que uno de los rodamientos portadores reductores 159 esté próximo al motor de cabeceo 144 y el otro rodamiento portador reductor 159 se sitúe cerca de la parte de cubierta 158 del portador de cabeceo 154.

Con referencia adicional a la FIG. 6, el engranaje anular de cabeceo 152 incluye una característica de unión que se extiende radialmente hacia afuera 160. La característica de unión 160 se forma como una pieza continua con el resto del engranaje anular de cabeceo 152 y generalmente tiene forma de horquilla o de U, que incluye dos patas que se extienden radialmente hacia afuera separadas axialmente. La articulación de cabeceo 162 se acopla de forma operativa entre las patas de la característica de unión 160 en un primer extremo 164. La articulación 162 se acopla de forma operativa al dispositivo de entrada piloto 102 en un segundo extremo 166 opuesto.

La conexión entre el dispositivo de entrada piloto 102 y la articulación 162 se desplaza desde el eje de cabeceo 106, de tal manera que el movimiento de rotación del engranaje anular de cabeceo 152 imparte de forma operativa un par al dispositivo de entrada piloto 102 alrededor del eje de cabeceo 106 a través de la articulación 162. La articulación 162 se puede conectar directamente al dispositivo de entrada piloto o al dispositivo de cardan de cabeceo para conectarse de forma operativa al dispositivo de entrada piloto 102. Preferiblemente, las conexiones entre la articulación 162 y el dispositivo de entrada piloto 102 y la característica de unión 160 pueden rotar libremente, de tal manera que la articulación 162 puede rotar con respecto al dispositivo de entrada piloto 102 y la característica de unión 160 y la articulación 162 permanecen, en esencia, en un estado de tensión o compresión y no se doblan.

Con referencia adicional a la FIG. 6, la característica de unión 160 del engranaje anular de cabeceo 152 se coloca axialmente entre los extremos primero y segundo del engranaje anular de cabeceo 152 y axialmente entre el motor de cabeceo 144 y el portador de cabeceo 154. Del mismo modo, es preferible que la articulación 162 se desplace axialmente desde el portador de cabeceo 154 y el segundo extremo del engranaje anular de cabeceo 152 hacia el motor de cabeceo 144. Preferiblemente, la característica de unión 160 y la articulación 162 se colocan axialmente entre el par de rodamientos portadores reductores 159 que soportan con capacidad de rotación al engranaje anular de cabeceo 152.

En una forma de realización, la característica de unión 160 no se desplaza axialmente del engranaje anular de cabeceo 152. Esta disposición proporciona una ventaja significativa para proporcionar una unidad impulsora de la retroalimentación de la fuerza de cabeceo 140 reducida en comparación con los sistemas en los que la salida se proporciona por un portador de engranajes planetarios rotativos. Debido a la ubicación de la palanca de control 100 dentro de la cabina de una aeronave, cualquier reducción de la huella proporcionada por el dispositivo es una ventaja significativa para el diseño general. Esto también permite que la unidad impulsora de la retroalimentación de la fuerza de cabeceo 140 y, en particular, el motor de cabeceo 144 de la misma, se sitúe de forma más centrada. Además, esta disposición de tener la salida del tren de engranajes de cabeceo 146 colocada entre los rodamientos portadores reductores 159, reduce la carga de momento en los rodamientos portadores reductores 159 de cuándo la salida se proporciona mediante un portador de engranajes planetarios rotativos.

Aunque una forma de realización anterior de la característica de unión 160 se describe como que tiene dos patas que se extienden radialmente hacia afuera, formas de realización alternativas incluyen una sola pata que se extiende radialmente hacia fuera. En una forma de realización, la pata se puede colocar próxima al rodamiento portador reductor 159 más próximo al motor de cabeceo 144. Alternativamente, la pata se puede centrar entre el par de rodamientos portadores reductores 159. En una forma de realización adicional, la pata se podría colocar axialmente más cercana al rodamiento portador reductor 159 que está axialmente más lejos del motor de cabeceo 144.

Cuando sólo se proporciona una sola pata que se extiende radialmente, la articulación se puede unir a cada lado de la pata. La colocación de la articulación dependerá de la ubicación particular de la unidad impulsora de la retroalimentación de fuerza con respecto al dispositivo de entrada piloto 102. En una forma de realización, la pata se puede colocar axialmente adyacente al rodamiento portador reductor 159 más cercano al motor de cabeceo 144 con la articulación 162 acoplada en un lado del motor de la pata. En esta disposición, la articulación 162 se desplaza axialmente del engranaje anular de cabeceo 152 y se superpone axialmente al motor de cabeceo. Más particularmente, la articulación 162 se desplazará axialmente desde el extremo 180 del engranaje anular 152 en una dirección que se extiende alejándose del extremo 182 y hacia el motor de cabeceo 144. Esto permite que la articulación de cabeceo 162 esté, considerablemente, si no completamente, alineada con el eje de rotación de

alabeo 108. Esto también permite centrar la unidad impulsora de la retroalimentación de la fuerza de cabeceo 140, en esencia, en el eje de rotación de alabeo.

En una forma de realización alternativa, la articulación de cabeceo 162 se puede unir en el lado opuesto de la pata de tal manera que la articulación 162 se coloque axialmente entre el par de rodamientos portadores reductores 159 y se desplace axialmente sobre el engranaje anular 152 mejor que sobre el motor de cabeceo 144. Este lado de la pata se puede considerar un lado de "extremo libre" de la pata, ya que está orientado hacia el extremo libre de la unidad impulsora de la retroalimentación de fuerza y el portador de engranajes planetarios. Sin embargo, se desea que la articulación 162 no se desplace axialmente alejándose del motor 144 más allá del extremo 182 del engranaje anular 152 y el portador de engranajes planetarios con el fin de evitar aumentar la longitud total de la unidad impulsora de la retroalimentación de la fuerza de cabeceo 140.

En funcionamiento, cuando los sensores del eje de cabeceo determinan que el piloto ha realizado la transición del dispositivo de entrada piloto 102 desde su posición de inicio de cabeceo, el controlador 170 provocará que la unidad impulsora de la retroalimentación de la fuerza de cabeceo 140 aplique una fuerza resistiva al dispositivo de entrada piloto 102 utilizando el motor de cabeceo 144 a través del tren de engranajes de cabeceo 146 y la articulación 162.

La unidad impulsora de la retroalimentación de la fuerza de alabeo 142, véanse, por ejemplo, las FIG. 2-3 y 5, es, en esencia, idéntica a la unidad impulsora de la retroalimentación de la fuerza de cabeceo 140 descrita anteriormente. Sin embargo, la unidad impulsora de la retroalimentación de la fuerza de alabeo 142 proporciona retroalimentación resistiva al dispositivo de entrada piloto 102 cuando el dispositivo de entrada piloto 102 se pivota alrededor del eje de alabeo 108 desde la posición de inicio de alabeo. La unidad impulsora de la retroalimentación de la fuerza de alabeo 142 también se puede conectar al controlador 170 o a su propio controlador independiente.

En la forma de realización ilustrada, la articulación de alabeo 190 es más corta que la articulación de cabeceo 162. La única otra diferencia significativa entre la unidad impulsora de la retroalimentación de la fuerza de alabeo 142 es que los ejes de rotación de los engranajes en el tren de engranajes para la unidad impulsora de la retroalimentación de la fuerza de alabeo 142 que rotan alrededor del cual rota el engranaje anular del mismo son perpendiculares al eje de cabeceo 108 y los ejes de rotación para los engranajes de la unidad impulsora de la retroalimentación de la fuerza de cabeceo 140. Esto se debe al hecho de que los ejes de cabeceo y alabeo 106, 108 son generalmente paralelos entre sí.

Según se indicó anteriormente, las unidades impulsoras de retroalimentación de la fuerza de cabeceo y de alabeo 140, 142 pueden ser idénticas, debido a la geometría compacta de la presente forma de realización.

La utilización de los términos "uno" y "una" y "el" y otros referentes similares en el contexto de la descripción de la invención (especialmente en el contexto de las siguientes reivindicaciones) se debe interpretar en el sentido de que cubre tanto el singular como el plural, a menos que se indique lo contrario en la presente memoria o se contradiga claramente por el contexto. Los términos "que comprende", "que tiene", "que incluye" y "que contiene" se deben interpretar como términos abiertos (es decir, que significan "que incluye, pero no se limita a") a menos que se indique lo contrario. La relación de rangos de valores en la presente memoria sólo pretende servir como método abreviado para referirse de forma individual a cada uno de los diferentes valores que caen dentro del rango, a menos que se indique lo contrario en la presente memoria, y cada valor diferente se incorpora a la memoria descriptiva como si se enumerara de forma individual en la presente memoria. Todos los métodos descritos en la presente memoria se pueden realizar en cualquier orden adecuado, a menos que se indique lo contrario en la presente memoria o se contradiga claramente por el contexto. La utilización de todos y cada uno de los ejemplos, o de un lenguaje de ejemplo (por ejemplo, "tal como") que se proporciona en la presente memoria, pretende meramente aclarar mejor la invención y no plantea una limitación en el alcance de la invención a menos que se reivindique lo contrario. La falta de lenguaje en la memoria descriptiva se debe interpretar como que indica cualquier elemento no reivindicado como esencial para la práctica de la invención.

Las formas de realización preferidas de esta invención se describen en la presente memoria, incluyendo el mejor modo conocido para que los inventores lleven a cabo la invención. Variaciones de esas formas de realización preferidas pueden resultar aparentes para los expertos en la técnica después de leer la siguiente descripción. Los inventores esperan que los artesanos hábiles empleen dichas variaciones según corresponda, y los inventores tienen la intención de que la invención se practique de otra manera que no sea la descrita específicamente en la presente memoria. Por consiguiente, esta invención incluye todas las modificaciones y equivalentes de la materia en estudio enumerada en las reivindicaciones adjuntas a la presente memoria, según lo permitido por la ley aplicable. Además, cualquier combinación de los elementos descritos anteriormente en todas las variaciones posibles de los mismos se contempla por la invención a menos que se indique lo contrario en la presente memoria o se contradiga claramente de otro modo por el contexto.

REIVINDICACIONES

1. Una palanca de control compacta de dos ejes (100) que comprende:
un dispositivo de entrada piloto (102) que puede pivotar alrededor de un eje de cabeceo (106) y un eje de alabeo (108);
- 5 una unidad impulsora de la retroalimentación de la fuerza de cabeceo (140) que incluye:
un motor de cabeceo (144) que incluye un eje de salida;
un tren de engranajes de cabeceo (146) que incluye un engranaje planetario de cabeceo montado en el eje de salida del motor de cabeceo, varios engranajes planetarios de cabeceo montados en un portador de cabeceo de posición fija y un engranaje anular de cabeceo (152), los varios engranajes planetarios de cabeceo colocados radialmente
- 10 entre el engranaje planetario de cabeceo y el engranaje anular de cabeceo;
caracterizada por que la palanca de control de dos ejes (100) incluye, además:
una unidad impulsora de la retroalimentación de la fuerza de alabeo (142) que incluye:
un motor de alabeo que incluye un eje de salida;
- 15 un tren de engranajes de alabeo que incluye un engranaje planetario de alabeo montado en el eje de salida del motor de alabeo, varios engranajes planetarios de alabeo montados en un portador de alabeo de posición fija y un engranaje anular de alabeo, los varios engranajes planetarios de alabeo colocados radialmente entre el engranaje planetario de alabeo y el engranaje anular de alabeo; y
- 20 una articulación de cabeceo (162) que acopla de forma operativa la unidad impulsora de la retroalimentación de la fuerza de cabeceo al dispositivo de entrada piloto, siendo acoplada de forma operativa la articulación de cabeceo al dispositivo de entrada piloto y al engranaje anular de cabeceo de tal manera que la rotación del engranaje anular de cabeceo provoque la rotación del dispositivo de entrada piloto alrededor del eje de cabeceo;
- 25 una articulación de alabeo (190) que acopla de forma operativa la unidad impulsora de la retroalimentación de la fuerza de alabeo al dispositivo de entrada piloto, siendo acoplada de forma operativa la articulación de alabeo al dispositivo de entrada piloto y al engranaje anular de alabeo, de tal manera que la rotación del engranaje anular de alabeo provoque la rotación del dispositivo de entrada piloto alrededor del eje de alabeo.
2. La palanca de control de la reivindicación 1, en donde la unidad impulsora de la retroalimentación de la fuerza de alabeo y la unidad impulsora de la retroalimentación de la fuerza de cabeceo son, en esencia, idénticas.
3. La palanca de control de la reivindicación 1, en donde el eje de salida del motor de cabeceo rota alrededor de un eje de rotación que es paralelo al eje de cabeceo y el eje de salida del motor de alabeo rota alrededor de un eje de rotación que es paralelo al eje de alabeo, siendo los ejes de rotación del eje de salida del motor de cabeceo y el eje de salida del motor de alabeo perpendiculares entre sí en general.
- 30 4. La palanca de control de la reivindicación 1, que comprende, además:
un mecanismo de centrado de cabeceo (130) que actúa en el dispositivo de entrada piloto para forzar el dispositivo de entrada piloto a una posición de inicio de cabeceo cuando el dispositivo de entrada piloto se rota alrededor del eje de cabeceo alejándose de la posición de inicio de cabeceo; y
- 35 un mecanismo de centrado de alabeo (120) que actúa en el dispositivo de entrada piloto para forzar el dispositivo de entrada piloto a una posición de inicio de alabeo cuando el dispositivo de entrada piloto se rota alrededor del eje de alabeo alejándose de la posición de inicio de alabeo.
5. La palanca de control de la reivindicación 1, que comprende además un bastidor de base (110) en el que el dispositivo de entrada piloto se monta de forma operativa con capacidad de pivotar para la rotación alrededor de los ejes de cabeceo y alabeo, definiendo el portador de cabeceo de posición fija un eje de rotación para cada uno de los varios engranajes planetarios de cabeceo, teniendo el portador de cabeceo de posición fija una posición fija con respecto al bastidor de base y manteniendo los ejes de rotación de los varios engranajes planetarios de cabeceo en una posición fija con respecto al bastidor de base; y
- 40 definiendo el portador de alabeo de posición fija un eje de rotación para cada uno de los engranajes planetarios de alabeo, teniendo el portador de alabeo de posición fija una posición fija con respecto al bastidor de base y manteniendo los ejes de rotación de los varios engranajes planetarios de alabeo en una posición fija con respecto al bastidor de base.
- 45 6. La palanca de control de la reivindicación 1, en donde el engranaje anular de cabeceo incluye una característica de unión que se extiende radialmente hacia afuera (160), la articulación de cabeceo conectada de forma operativa con capacidad de pivotar a la característica de unión que se extiende radialmente hacia afuera del engranaje anular de cabeceo próxima a un primer extremo de la articulación de cabeceo y la articulación de cabeceo se conecta de
- 50

forma operativa con capacidad de pivotar al dispositivo de entrada piloto próxima a un segundo extremo de la articulación de cabeceo; y

en donde el engranaje anular de alabeo incluye una característica de unión que se extiende radialmente hacia afuera, la articulación de alabeo conectada de forma operativa con capacidad de pivotar a la característica de unión que se extiende radialmente hacia afuera del engranaje anular de alabeo próxima a un primer extremo de la articulación de alabeo y la articulación de alabeo se conecta de forma operativa con capacidad de pivotar al dispositivo de entrada piloto próxima a un segundo extremo de la articulación de alabeo.

7. La palanca de control de la reivindicación 6, que comprende además un par de rodamientos portadores reductores separados axialmente que soportan radialmente el engranaje anular de cabeceo para la rotación, la característica de unión que se extiende radialmente hacia afuera del engranaje anular de cabeceo se coloca axialmente adyacente a uno de los rodamientos portadores reductores; y

un par de rodamientos portadores reductores separados axialmente que soportan radialmente el engranaje anular de alabeo para la rotación, la característica de unión que se extiende radialmente hacia afuera del engranaje anular de alabeo colocada axialmente adyacente a uno de los rodamientos portadores reductores.

8. Un método para proporcionar retroalimentación de fuerza a un dispositivo de entrada piloto (102) que comprende: detectar un desplazamiento del dispositivo de entrada piloto alrededor de un eje de cabeceo (106);

proporcionar retroalimentación de la fuerza de cabeceo para forzar el dispositivo de entrada piloto de vuelta hacia una posición de inicio de cabeceo utilizando una unidad impulsora de la retroalimentación de la fuerza de cabeceo (140) conectada de forma operativa al dispositivo de entrada piloto con una articulación de cabeceo (162), incluyendo la unidad impulsora de la retroalimentación de la fuerza de cabeceo:

un motor de cabeceo (144) que incluye un eje de salida; y

un tren de engranajes de cabeceo (146) que incluye un engranaje planetario de cabeceo montado en el eje de salida del motor de cabeceo, varios engranajes planetarios de cabeceo montados en un portador de cabeceo de posición fija y un engranaje anular de cabeceo (152), los varios engranajes planetarios de cabeceo colocados radialmente entre el engranaje planetario de cabeceo y el engranaje anular de cabeceo, la articulación de cabeceo de forma operativa la articulación de cabeceo al dispositivo de entrada piloto y al engranaje anular de cabeceo de tal manera que la rotación del engranaje anular de cabeceo provoque la rotación del dispositivo de entrada piloto alrededor del eje de cabeceo [reivindicación 1];

detectar un desplazamiento del dispositivo de entrada piloto alrededor de un eje de alabeo (108); y

proporcionar retroalimentación de la fuerza de alabeo para forzar al dispositivo de entrada piloto de vuelta hacia una posición de inicio de alabeo utilizando una unidad impulsora de la retroalimentación de la fuerza de alabeo (142) conectada de forma operativa al dispositivo de entrada piloto con una articulación de alabeo (190), incluyendo la unidad impulsora de la retroalimentación de la fuerza de alabeo:

un motor de alabeo que incluye un eje de salida; y

un tren de engranajes de alabeo que incluye un engranaje planetario de alabeo montado en el eje de salida del motor de alabeo, varios engranajes planetarios de alabeo montados en un portador de alabeo de posición fija y un engranaje anular de alabeo, los varios engranajes planetarios de alabeo colocados radialmente entre el engranaje planetario de alabeo y el engranaje anular de alabeo, la articulación de alabeo de forma operativa al dispositivo de entrada piloto y al engranaje anular de alabeo de tal manera que la rotación del engranaje anular de alabeo provoque la rotación del dispositivo de entrada piloto alrededor del eje del alabeo.

9. El método de la reivindicación 8, en donde el engranaje anular de cabeceo incluye una característica de unión que se extiende radialmente hacia afuera, la articulación de cabeceo conectada con capacidad de pivotar a la característica de unión que se extiende radialmente hacia afuera del engranaje anular de cabeceo próxima a un primer extremo de la articulación de cabeceo y la articulación de cabeceo se conecta con capacidad de pivotar al dispositivo de entrada piloto próxima a un segundo extremo de la articulación de cabeceo; y

en donde el engranaje anular de alabeo incluye una característica de unión que se extiende radialmente hacia afuera, la articulación de alabeo conectada con capacidad de pivotar a la característica de unión que se extiende radialmente hacia afuera del engranaje anular de alabeo próxima a un primer extremo de la articulación de alabeo y la articulación de alabeo se conecta con capacidad de pivotar al dispositivo de entrada piloto próxima a un segundo extremo de la articulación de alabeo.

10. El método de la reivindicación 9, en donde el engranaje anular de cabeceo tiene un primer extremo adyacente al motor de cabeceo y un segundo extremo, opuesto al primer extremo, el segundo extremo se separa alejándose del motor de cabeceo con el primer extremo colocado axialmente entre el segundo extremo y el motor de cabeceo a lo largo de un eje definido por el eje de salida del motor de cabeceo, siendo colocada la característica de unión que se

extiende radialmente hacia afuera del engranaje anular de cabeceo hacia adentro desde el segundo extremo del engranaje anular de cabeceo hacia el motor de cabeceo; y

5 en donde el engranaje anular de alabeo tiene un primer extremo adyacente al motor de alabeo y un segundo extremo, opuesto al primer extremo, el segundo extremo se separa alejándose del motor de alabeo con el primer extremo colocado axialmente entre el segundo extremo y el motor de alabeo a lo largo de un eje definido por el eje de salida del motor de alabeo, siendo colocada la característica de unión que se extiende radialmente hacia afuera del engranaje anular de alabeo hacia adentro desde el segundo extremo del engranaje anular de alabeo hacia el motor de alabeo.

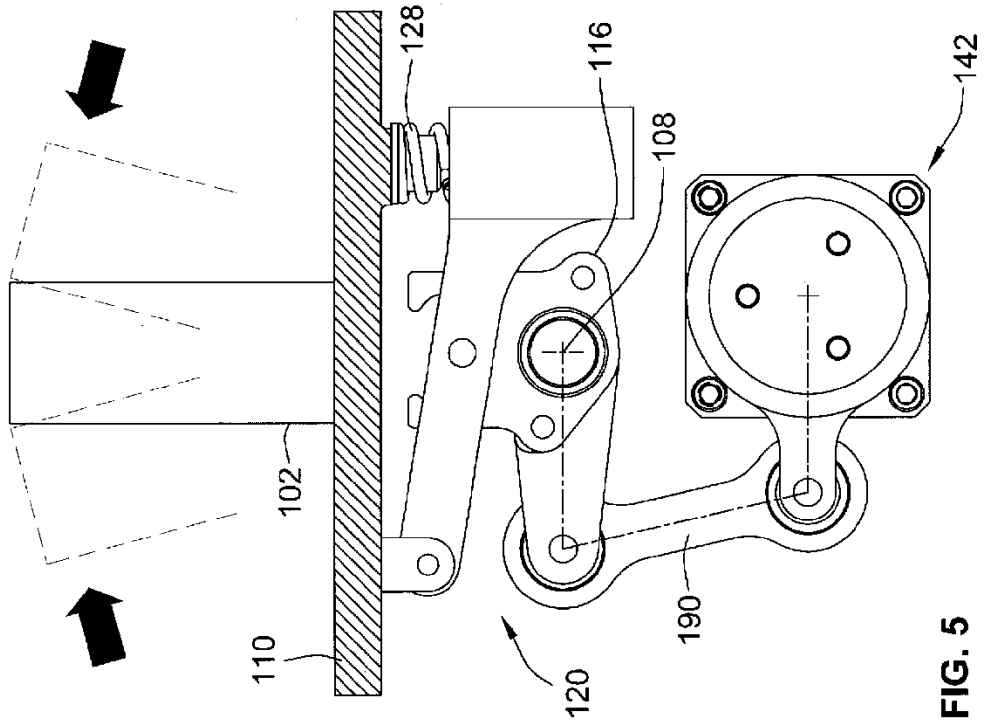


FIG. 5

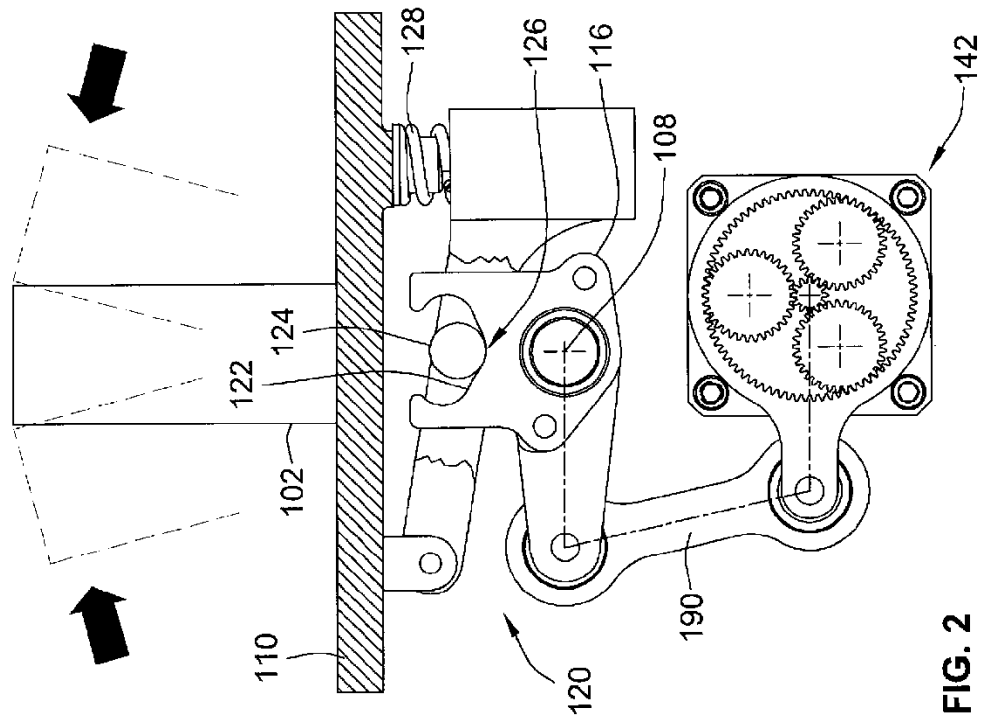


FIG. 2

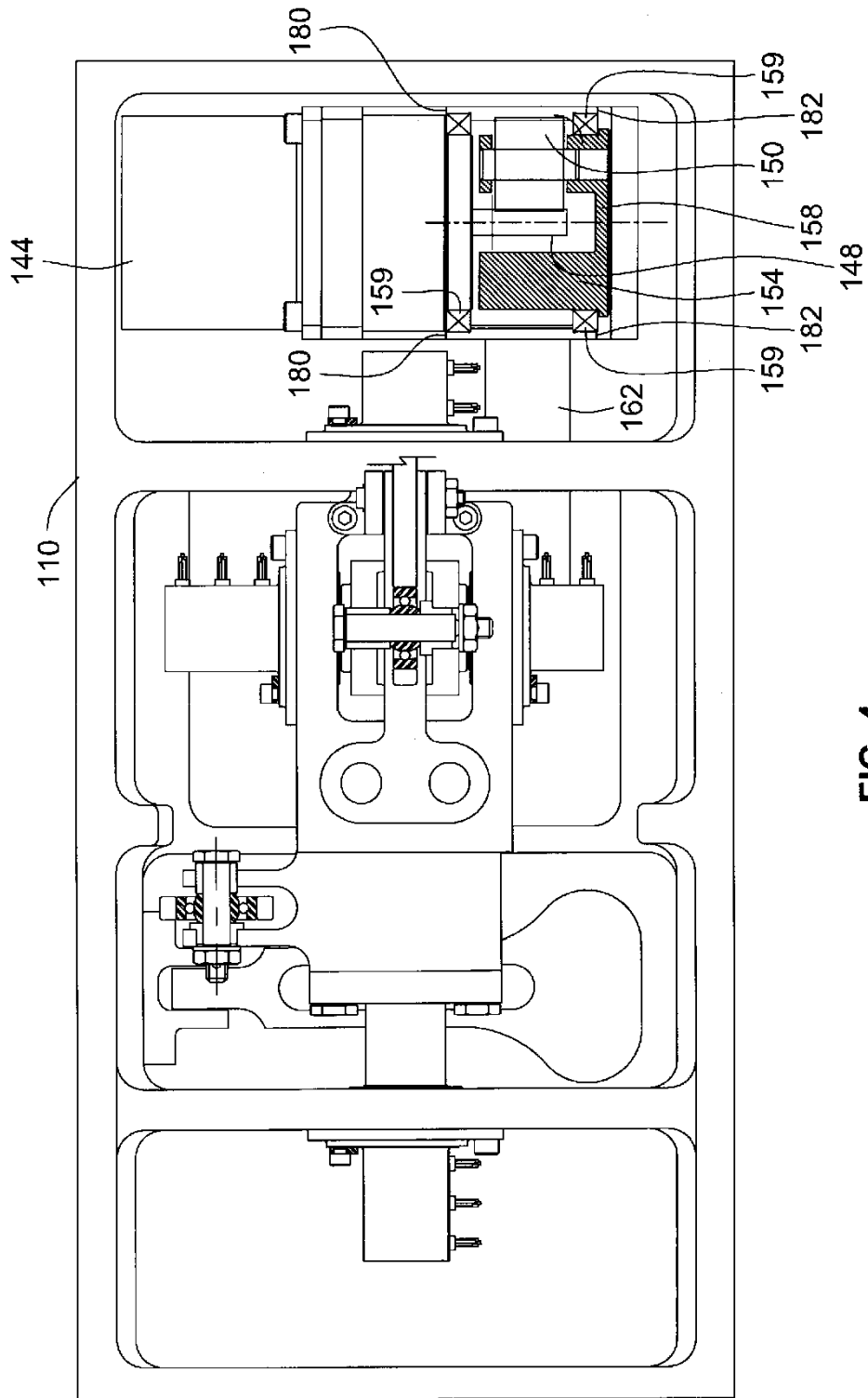


FIG. 4

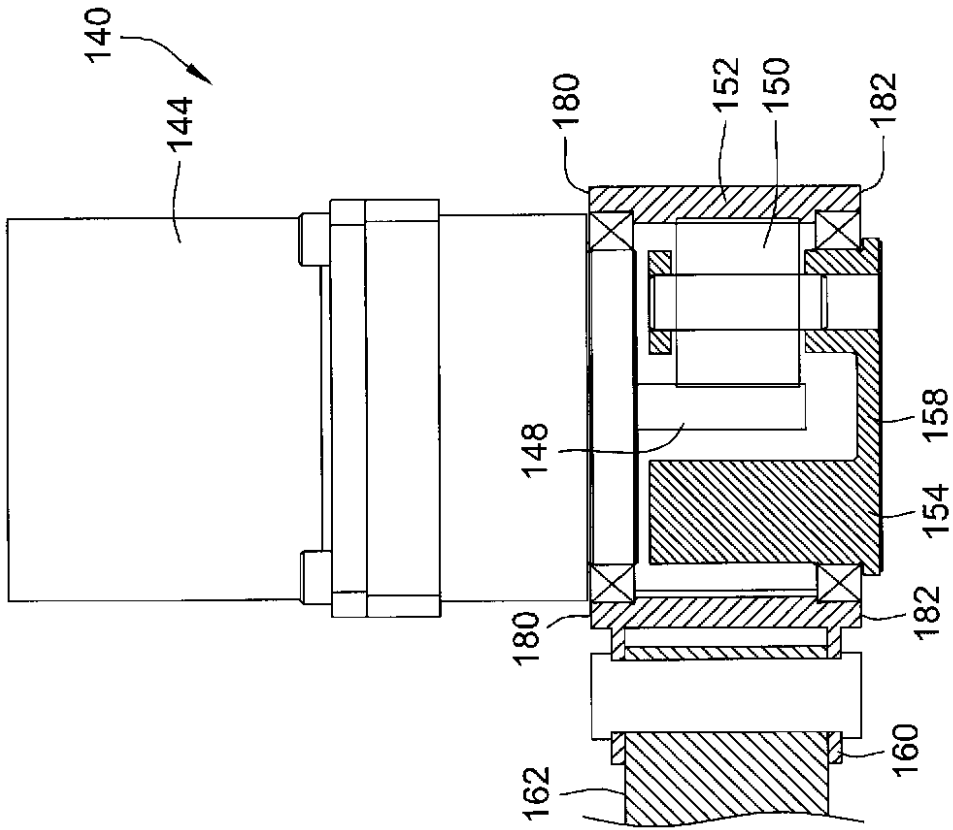


FIG. 6