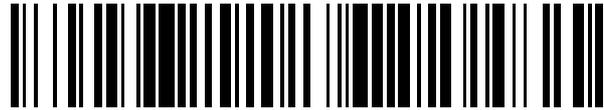


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 425 755**

51 Int. Cl.:

**H02K 7/06** (2006.01)  
**H02K 16/00** (2006.01)  
**H02K 7/102** (2006.01)  
**H02K 11/00** (2006.01)  
**F16H 25/22** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.04.2006 E 06758593 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.06.2013 EP 1900081**

54 Título: **Actuadores lineales electromecánicos de accionamiento directo**

30 Prioridad:

**31.05.2005 US 140702**

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

**17.10.2013**

73 Titular/es:

**THE BOEING COMPANY (100.0%)  
100 NORTH RIVERSIDE PLAZA  
CHICAGO, IL 60606, US**

72 Inventor/es:

**WAIDE, WILLIAM M.**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 425 755 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**

Actuadores lineales electromecánicos de accionamiento directo

- 5 La presente invención se refiere a dispositivos de control de movimiento o de accionamiento en general y, en particular, a actuadores de movimiento giratorio a lineal electromecánicos de accionamiento directo.
- 10 Dicho actuador se divulga en US 4,607,180 A. El documento divulga un actuador lineal que comprende una cubierta, un eje de salida sostenido de forma giratoria dentro de la cubierta, un primer y un segundo medio de motor eléctrico dispuestos dentro de dicha cubierta y un medio de bloqueo que comprende un primer y un segundo grupo de solenoides, cada uno de los cuales se encuentra conectado por engranajes con un motor respectivo del primer motor y del segundo motor, donde el primer y el segundo medio de bloqueo se adaptan para bloquear de forma selectiva el primer y el segundo motor. El primer y el segundo motor se configuran para dirigir linealmente el eje de salida por medio de un mecanismo lineal tipo pelota.
- 15 Además, en los documentos US 6,315,086 B1, EP 1 118 741 A1, US 6,531,798 B1, EP 0 404 223 A, US 4,603,594 A, US 3,407,680 A, US 2,630,022 A, GB 2 091 375 A y FR 1 540 855 A se muestran actuadores similares.
- 20 Los actuadores electromecánicos están reemplazando rápidamente a los dispositivos hidráulicos en una amplia variedad de industrias, incluida la aviación. Las mejoras en los dispositivos de conmutación en estado sólido, su control digital y en el rendimiento de los materiales magnéticos han contribuido al aumento por el interés en los actuadores eléctricos. Los actuadores lineales electromecánicos son particularmente adecuados para aplicaciones de control de vuelo, así como también para una multitud de usos industriales, particularmente en la automatización de la producción. Las aplicaciones automotrices y otras aplicaciones vehiculares también abundan, como puede encontrarse, por ejemplo, en las transmisiones variables y en los actuadores de frenos de pinzas o de disco descritos en, por ejemplo, las patentes de Estados Unidos No. 6,837,818 y 6,626,778 de Kapaan et al. y 6,367,597 y 6,318,512 de De Vries et al.
- 25 Las aplicaciones de vuelo, como el accionamiento de las superficies de control, las palas de rotor de los helicópteros, los dispositivos de mejora de transmisión vertical, el despliegue y freno del tren de aterrizaje, la apertura de puertas y similares, se manejan mejor con actuadores lineales. Las conversiones giratorias a lineales, diseñadas correctamente, pueden proporcionar un funcionamiento sin contrapresión, una rigidez alta, velocidades de salto elevadas, una buena eficacia general y una respuesta de frecuencia alta, y la combinación de todas esas propiedades es necesaria para un actuador de control de vuelo ideal.
- 30 Junto con su adopción generalizada, también se ha constatado la existencia de ciertos defectos en varios aspectos mecánicos y por tanto merecen atención. Estos problemas incluyen contrapresión, desgaste, complejidad y limitaciones de costos y de vida.
- 35 Por consiguiente, hace tiempo que existe una necesidad aún insatisfecha en varios ámbitos de contar con actuadores lineales que superen los problemas de contrapresión, desgaste rápido, complejidad, costos elevados y vida limitada inherentes a los actuadores de la técnica anterior y que proporcionen operaciones sin contrapresión, con rigidez, velocidades de salto y respuestas de frecuencia superiores y una mejor eficiencia general.
- 40 **BREVE SUMARIO**
- 45 De conformidad con las diversas realizaciones ejemplares descritas en la presente, los actuadores giratorios a lineales electromecánicos de accionamiento directo se proporcionan para abordar y superar muchas de las limitaciones que anteceden y otras limitaciones de los actuadores de la técnica previa.
- 50 En una realización ejemplar de estos, un actuador giratorio a lineal electromecánico de accionamiento directo incluye una cubierta alargada y un motor eléctrico, que incluye un estator fijado en la cubierta y un rotor sostenido para rotar con respecto al estator, unido a una unidad de accionamiento planetaria. La unidad de accionamiento comprende un eje central alargado unido al rotor para una rotación conjunta con este y tiene una pluralidad de roscas helicoidales en una superficie externa de este. Una tuerca planetaria que tiene una pluralidad de roscas helicoidales en una superficie externa de esta se dispone de forma concéntrica al eje y una pluralidad de rodillos planetarios, cada uno de los cuales presenta una rosca helicoidal en su superficie externa que es complementaria y se encuentra engranada con una rosca del eje y una rosca de la tuerca, se dispone concéntricamente entre el eje y la tuerca planetaria.
- 55 En una variación ventajosa de estos, el eje central del actuador forma parte del rotor del motor y se realiza con un material magnéticamente permeable, por ejemplo, acero bajo en carbono. El estator puede comprender laminaciones con un alto contenido en cobalto y el rotor puede comprender imanes de neodimio y hierro.
- 60 En otra variación, el eje central puede incluir un centro hueco, con un transductor de desplazamiento variable lineal ("LVDT") dispuesto dentro de este para medir la posición absoluta de un extremo de salida del actuador con
- 65

respecto a un extremo fijo de este.

5 En otra variación, puede proporcionarse una pluralidad de surcos axiales en la cubierta adyacentes a la tuerca planetaria y puede proporcionarse una pluralidad de ranuras axiales en dicha tuerca, cada una de las cuales se dispone de forma deslizante con respecto a uno de los surcos para evitar el giro de la tuerca con respecto a la cubierta y de ese modo hacer reaccionar cualquier par motor sobre la tuerca con la estructura de máquina adyacente.

10 En otra variación, el rotor puede definir un eje anular alargado y la tuerca planetaria puede acoplarse al eje anular dentro de su espacio anular para conservar la longitud del actuador y proporcionar un actuador con dos extremos. Un codificador de posición absolutamente angular puede acoplarse de forma giratoria al eje central para detectar la posición angular absoluta del eje.

15 En una realización ejemplar de la invención, el actuador puede incluir un segundo motor eléctrico, por ejemplo, un motor de reserva, que incluye un segundo estator fijado en la cubierta y un segundo rotor anular alargado sostenido para rotar con respecto al segundo estator. La unidad de accionamiento planetaria asociada de la presente realización comprende una tuerca planetaria que se acopla al segundo rotor anular dentro de su espacio anular para una rotación conjunta y un deslizamiento axial relativo en este. Como se indica anteriormente, una pluralidad de rodillos planetarios roscados se dispone concéntricamente entre el eje central y la tuerca planetaria y se proporcionan medios para bloquear de forma selectiva los rotores respectivos de los dos motores contra la rotación, lo que proporciona un modo de "funcionamiento a prueba de fallos" del actuador en caso de mal funcionamiento del motor principal.

25 Además, por ejemplo, en una aplicación de actuador de alta potencia, el medio que bloquea el rotor puede comprender un disco de embrague montado sobre el rotor del motor principal para una rotación conjunta y posicionado de forma tal que rote entre las mordazas del freno de mordazas. Una pluralidad de palancas oscilantes que presentan rodillos dispuestos en los primeros extremos respectivos se disponen para moverse entre una primera orientación, en la que los rodillos se enganchan en las muescas respectivas en un extremo del rotor del motor de reserva y una segunda orientación donde los rodillos se desenganchan de las muescas. Una pluralidad de primeros resortes lleva a las palancas oscilantes a la primera orientación, de forma tal que el motor de reserva se bloquea contra la rotación durante el funcionamiento normal. Un segundo resorte, por ejemplo, un resorte Belleville, lleva las mordazas del freno de mordazas junto y contra el disco de embrague en el rotor principal, lo que de ese modo sujeta el rotor e impide cualquier rotación durante un mal funcionamiento. Una bobina puede moverse entre una primera posición que comprime el segundo resorte y de ese modo libera la polarización del segundo resorte sobre las mordazas del freno de mordazas durante el funcionamiento normal del motor principal y una segunda posición que bloquea el motor principal y lleva a las palancas oscilantes contra la polarización de los primeros resortes y hacia su segunda orientación, lo que desbloquea el motor de reserva para la rotación.

40 Se proporcionan medios para sujetar de forma liberable la bobina en la primera posición durante el funcionamiento normal del actuador. En una implementación confiable y simple, estos medios pueden comprender una pluralidad de cojinetes de bolas dispuestos en las aberturas en la bobina y se mantienen cautivos en un surco circunferencial adyacente mediante el brazo de un solenoide. El mismo solenoide puede utilizarse para liberar de forma seleccionable la bobina de la primera posición para su movimiento hacia la segunda posición, por ejemplo, en respuesta a un mal funcionamiento del motor principal, tras lo cual el actuador conmuta rápidamente a un modo de "funcionamiento a prueba de fallos" donde el motor de reserva se encarga del funcionamiento del actuador del motor principal en mal funcionamiento.

50 En una implementación alternativa posible de esta realización, al menos uno de los dos motores, por ejemplo, el motor de reserva, comprende un "motor con devanado en espiral" y el medio de bloqueo del rotor principal que presenta un mal funcionamiento puede comprender un mecanismo de freno de embrague con solenoide de armadura doble y disco doble que funciona para bloquear/desbloquear de forma selectiva uno de los dos rotores.

55 En otra realización ejemplar que se adapta de forma ventajosa para miniaturizar aplicaciones de actuadores, el actuador puede comprender un motor eléctrico que incluye un estator sostenido para su movimiento axial en una cubierta de estator y un rotor apoyado en la cubierta para un movimiento axial conjunto y una rotación con respecto al estator. La unidad de accionamiento planetaria de la presente realización comprende un husillo cilíndrico sin rosca, angosto, alargado que tiene un eje largo y se acopla al rotor para una rotación conjunta con este. En el lugar de una tuerca planetaria, se dispone un tambor con una pared lateral cilíndrica delgada con una pluralidad de ondulaciones helicoidales de forma concéntrica al husillo. En el lugar de los rodillos planetarios alargados, se dispone una pluralidad de rodillos en forma de disco en una disposición radialmente simétrica alrededor del husillo. Cada uno de los rodillos se monta sobre la cubierta del estator para su rotación alrededor de un eje que se sesga en un ángulo igual al ángulo de paso de las ondulaciones del tambor y cada uno tiene una superficie circunferencial con convoluciones que corresponden a las ondulaciones en el tambor. La superficie circunferencial de cada uno de los rodillos se dispone en enganche fraccional o parcial con el husillo y una de las ondulaciones respectivas del tambor.

65

En una realización alternativa, los rodillos pueden ubicarse en planos adyacentes perpendiculares al husillo, cada plano contiene una disposición radialmente simétrica de dos o más rodillos. En otra variación ventajosa, la pared del tambor puede forzarse de una forma cilíndrica a una forma trocoidal, mediante la incorporación de una pluralidad de zonas longitudinales que tienen un radio más pequeño alternándose con una pluralidad de zonas longitudinales que tienen un radio mayor. La curvatura por haz resultante impuesta en la pared del tambor, junto con el efecto de rigidización de las ondulaciones en este, proporciona una fuerza de restauración dirigida hacia adentro que engancha los rodillos en compresión diametral entre las paredes del tambor y el husillo del motor.

Puede lograrse una mayor comprensión de las características que anteceden y muchas otras características y ventajas de la presente invención mediante la consideración de la descripción detallada de las realizaciones ejemplares a continuación, particularmente si dicha consideración se realiza junto con los dibujos adjuntos, donde se utilizan números de referencia similares para identificar elementos similares en una o más de las figuras en la presente.

#### BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La figura 1 es una vista elevada lateral transversal de una primera realización ejemplar de un actuador lineal electromecánico de accionamiento directo no realizada de conformidad con la presente invención;

La figura 2 es una vista elevada lateral transversal de una segunda realización ejemplar de un actuador lineal electromecánico de accionamiento directo no realizada de conformidad con la presente invención;

La figura 3 es una vista elevada transversal de una tercera realización ejemplar de un actuador lineal electromecánico de accionamiento directo no realizada de conformidad con la presente invención;

La figura 4 es una vista elevada lateral transversal de una realización ejemplar de un actuador lineal electromecánico de accionamiento directo, donde su mecanismo de freno de embrague se muestra en el área señalada con un círculo 5-5;

La figura 5 es una vista detallada ampliada de una realización de un mecanismo de freno de embrague de conformidad con la presente invención, alternativo al mostrado en el área señalada con un círculo 5-5 de la figura 4;

La figura 6 es una vista elevada lateral transversal de una quinta realización ejemplar de un actuador lineal electromecánico de accionamiento directo no realizada de conformidad con la presente invención;

La figura 7 es una vista transversal del actuador de la figura 6, realizada a lo largo de las líneas 7-7 de este;

La figura 8 es una vista transversal detallada ampliada de un rotor del actuador de la figura 6, realizada a lo largo de las líneas 8-8 de este; y

La figura 9 es otra vista transversal detallada y ampliada de un rotor del actuador de la figura 6, realizada a lo largo de las líneas 9-9 de este.

#### DESCRIPCIÓN DETALLADA

La presente descripción divulga diversas realizaciones ejemplares de nuevos actuadores giratorios a lineales electromecánicos de accionamiento directo. Como se ilustra de varias formas en las figuras, el mecanismo ejemplar que convierte la rotación en traslación en las diversas realizaciones es un arreglo de tuerca y eje planetarios con rosca helicoidal de un tipo como el descrito en la patente de Estados Unidos No. 3,884,090 de L. I. Dock. A diferencia de una combinación tuerca/rosca convencional, dicho arreglo comprende tres elementos, a saber, 1) un eje central o tornillo de avance, que contiene una o más roscas helicoidales; 2) un conjunto de rodillos agrupados o "planetas" que incorporan una rosca helicoidal externa correspondiente; y 3) una "tuerca" o cubierta que contiene una pluralidad de roscas helicoidales externas correspondientes que circunscriben los dos elementos anteriores. Estos elementos pueden compararse respectivamente con los de un arreglo de engranaje planetario concéntrico convencional de un tipo que incluye un "engranaje central", un conjunto de "engranajes planetarios" y un "engranaje anular" que circunscriben los dos elementos anteriores. No obstante, como se explica a continuación, dichos trenes de engranajes planetarios presentan ciertas desventajas. Además, como apreciarán los entendidos en la técnica, otros tipos de arreglos de tuerca, como tuerca de tornillo de bolas, tuerca de tornillo trapecial, tuerca de tornillo de recirculación de bolas o tuerca y tornillo simples también pueden funcionar en cierto grado y pueden sustituirse por el arreglo de tuerca y eje planetarios con rosca helicoidal en algunas realizaciones descritas en la presente.

Como se muestra en la presente, cuando se accionan mediante un motor o motores eléctricos, varias realizaciones ventajosas que incorporan dichos arreglos de tuerca y eje planetarios son posibles y proporcionan mecanismos útiles o resultados más confiables no encontrados anteriormente en los actuadores de la técnica anterior. Por tanto, la presente invención se refiere a arreglos de componentes no accionados por engranajes, a veces denominados como actuadores "de accionamiento directo". El uso de accionamiento directo evita los problemas de contrapresión, complejidad, eficiencia y fiabilidad asociados con los actuadores de la técnica anterior que incorporan trenes de engranaje. Por consiguiente, aunque pueden aparecer algunas formas de dientes de engranaje en algunas de las realizaciones descritas e ilustradas en la presente, debe entenderse que estas se utilizan únicamente a efectos de alineación y no a efectos de transmisión de energía. Por ejemplo, los rodillos en una tuerca planetaria pueden tener pequeños engranajes dispuestos en cada extremo que se engranan con los correspondientes conjuntos de dientes internos en los extremos correspondientes de la tuerca. Debe entenderse que estos funcionan únicamente para mantener los rodillos paralelos al eje y a la tuerca durante el funcionamiento del dispositivo y no se utilizan para transmitir por motor o empuje.

## PRIMERA REALIZACIÓN EJEMPLAR

Con referencia a las figuras, una primera realización ejemplar de un actuador lineal electromecánico de accionamiento directo 100, no realizada de conformidad con la presente invención, que comprende un único motor, un dispositivo con un único extremo, se ilustra en la vista elevada lateral transversal de la figura 1. El actuador 100 comprende un motor eléctrico sin escobillas 102 que tiene un estator 104 montado en una cubierta alargada 106. Un rotor 108 que incorpora imanes permanentes 110 y un eje central con rosca externa alargado o tornillo de avance 112, se sostiene de forma giratoria en la cubierta mediante un conjunto de soportes 114. El rotor 108 sostiene un codificador de motor 116 de un tipo conocido, que funciona como un sustituto para un conmutador de motor, para una rotación conjunta con el rotor. Una extensión de salida tubular 118 que tiene un extremo de salida 120 y que contiene una tuerca planetaria de rodillo con rosca interna 122 ubicada en su extremo opuesto, se dispone coaxialmente dentro de la cubierta y es guiada por esta para la rotación alrededor y la traslación a lo largo del eje largo del actuador. Un conjunto de rodillos planetarios con rosca externa 124, cada uno de los cuales tiene una o más roscas que se engranan simultáneamente con las roscas correspondientes en el tornillo de avance 112 y en la tuerca planetaria de rodillo 122, se dispone de forma coaxial entre los dos últimos elementos para la rotación alrededor y la traslación a lo largo del eje largo del dispositivo.

En uso, la cubierta 106 del actuador 100 se sujeta a una estructura de máquina adyacente (no ilustrada) y el extremo de salida 120 se sujeta al componente que será accionado (no ilustrado). Opcionalmente, un transductor de desplazamiento variable lineal ("LVDT") 125, que comprende un vástago magnéticamente permeable 126, dispuesto concéntricamente dentro de un serpentín electromagnético 127 contenido en el eje central 112, se monta para un movimiento axial relativo dentro del serpentín para detectar la posición absoluta de un extremo de salida del actuador con respecto a su otro extremo fijo 121. En esta, la configuración más simple de actuador, el par motor desarrollado por el motor 102 y transmitido al extremo de salida 120 a través del eje central y la tuerca 122 reacción por la estructura adyacente (no ilustrada) y opcionalmente, en el extremo de salida por el dispositivo accionado, de forma tal que se evita que la tuerca gire y por tanto, se limita únicamente a un movimiento traslacional a lo largo del eje largo del dispositivo.

Una inspección minuciosa del actuador 100 de la figura 1 revela que la estructura del rotor 108 puede implementarse en dos configuraciones alternativas. En la primera de estas, la porción de tornillo de avance 112 del rotor puede comprender un tubo anular con rosca externa separado 128 que se sostiene en un extremo, por ejemplo, con una técnica de ajuste por contracción, concéntricamente dentro y unido directamente a una porción de rotor anular separada 130, como se ilustra en la porción media de la figura por encima de la línea central del actuador de la figura 1. De forma alternativa, las porciones de tornillo de avance y rotor pueden fabricarse integralmente a partir de una única pieza de material magnéticamente permeable, como se ilustra en la porción media de la figura debajo de la línea central del actuador. El motor de gran par de arranque 102 preferentemente se construye a partir de laminaciones de alto contenido en cobalto utilizadas en el estator 104 e imanes de neodimio-hierro 110 sujetos al rotor 108. Mientras que el motor resultante es levemente más grande que el que podría esperarse normalmente para un actuador de una fuerza de salida comparable, cabe señalar que no se requieren engranajes ni soportes en el actuador diferentes a los utilizados para sostener los componentes de rotor/eje para la rotación, como se describe anteriormente. Por consiguiente, la combinación de elementos que antecede, junto con la eliminación de cualesquiera trenes de engranaje, resulta en un ahorro total en costo y peso del actuador, en una vida y fiabilidad superior del actuador, en una eliminación total de la contrapresión, en una ganancia en velocidad de salto y en una resistencia y frecuencia de respuesta del actuador superior.

## SEGUNDA REALIZACIÓN EJEMPLAR

Una segunda realización ejemplar de un actuador lineal electromecánico de accionamiento directo 200, no realizada de conformidad con la presente invención, que comprende un único motor, un dispositivo con un único extremo con reacción de par motor interna, se ilustra en la vista elevada lateral transversal de la figura 2. Como puede observarse mediante la comparación de la primera y la segunda realización respectiva de las figuras 1 y 2, la segunda realización del actuador 200 incorpora varios elementos de la primera realización del actuador 100, pero con la adición de un elemento de tuerca y extremo de salida anti-rotación 232 y 234, como se ilustra en la figura 2. En particular, en la segunda realización, las ranuras de fricción baja (por ejemplo, Teflón) o los deslizadores 232, se disponen en la tuerca planetaria 222 para deslizarse con un leve ajuste con apriete sobre los surcos longitudinales complementarios o carriles 234, dispuestos en la cubierta 206. El motor 202 y por consiguiente, el par motor sobre la tuerca 222, reacciona directamente en retroceso hacia la cubierta, en una forma que evita cualquier contrapresión rotacional entre la tuerca y la cubierta.

Como resultado de este arreglo, la fidelidad de posición a comando del actuador 200 no se ve afectada por ningún movimiento libre que pudiera estar presente en otro tipo de arreglo, por ejemplo, un arreglo de tren de engranajes. Por tanto, esta realización del actuador puede montarse sobre juntas esféricas (por ejemplo, un enganche unido por clavijas) en uno o ambos de sus extremos 220 y 221 y puede utilizarse, por ejemplo, entre partes de máquinas que se mueven a lo largo de diferentes ejes, debido a que todas las reacciones de par motor ocurren en el interior del actuador. También pueden proporcionarse topes de recorrido antiatasco elastoméricos 236 y un cierre deslizante 238 dispuesto alrededor de la extensión de salida tubular 218, como se muestra en la figura 2, para limitar

suavemente las posiciones finales de la extensión de salida y evitar la suciedad y humedad en el interior del dispositivo.

5 La diferencia en los módulos de volumen de material entre los deslizadores de fricción baja 232 y los carriles complementarios de la cubierta 234 por los cuales se deslizan, asegura que el movimiento relativo de las partes fijas y móviles del actuador 200 se logre con pérdidas de fricción bajas y evitando completamente cualquier desmonte en el curso de una de duración prolongada. Esto permite un funcionamiento del actuador libre de contrapresión y el logro de un movimiento de una frecuencia alta considerable.

#### 10 TERCERA REALIZACIÓN EJEMPLAR

Una tercera realización ejemplar de un actuador lineal electromecánico de accionamiento directo 300, no realizada de conformidad con la presente invención, que comprende un único motor y un dispositivo con un único extremo o con dos extremos con una extensión de recorrido superior, se ilustra en la vista elevada lateral transversal de la figura 3. Como en la primera y segunda realización anteriores, un motor eléctrico sin escobillas 302 incluye un tornillo de avance 304 montada de forma fija en una cubierta 306. La porción de rotor 308 también se sostiene de forma giratoria en la cubierta mediante un conjunto de soportes 314 y la porción de rotor también puede sostener un codificador de motor 316 para una rotación conjunta, como en las realizaciones anteriores.

20 Como se ilustra en la figura 3, la porción de rotor 308 del motor 302 de la tercera realización se fabrica como un eje anular alargado sobre el cual se montan los imanes de neodimio-hierro 310, como en las realizaciones anteriores y donde la tuerca 322 del tornillo planetario de rodillo se monta de forma concéntrica. El eje central giratorio o el tornillo de avance 312, tiene un arreglo de horquilla 340 dispuesto en uno o ambos de sus extremos para sujetar el/los componente(s) que será(n) accionado(s). El tornillo de avance en sí también puede fabricarse con un interior hueco, como se muestra, para ahorrar peso. Un codificador de posición angular absoluta 342 para medir el número absoluto de giros realizados por el eje central se acopla de manera rotatoria con un engranaje helicoidal (no ilustrado) que se engrana con las roscas del tornillo de avance.

30 Como puede observarse con referencia a las figuras 1, 2 y 3, la longitud de recorrido total, así como la longitud estructural del actuador 300 es sustancialmente superior con respecto a las de la primera y la segunda realización del actuador 100 y 200 descrito anteriormente. En particular, si la "longitud exacta" del actuador se define como la suma de las longitudes de todos los elementos del actuador que no contribuyen al desplazamiento, entonces los actuadores con centros "cerrados" tendrán una longitud máxima que es igual a su longitud exacta más su longitud de recorrido, mientras que los actuadores con centros "abiertos" tendrán una longitud máxima que es igual a su longitud exacta más el doble de su longitud de recorrido. Esta característica de la primera y la segunda realización descritas anteriormente, que son dispositivos con centro cerrado, hace que la longitud estructural y el peso de los actuadores de recorrido largo sea un asunto de preocupación creciente ya que la longitud de recorrido del dispositivo aumenta. No obstante, la tercera realización del actuador 300, que tiene centros abiertos, tiene una longitud exacta constante y compacta, lo que hace que el dispositivo sea más adecuado para aplicaciones de largo recorrido. En esta realización, el par motor del motor debe transferirse desde la cubierta 306 a las estructuras de máquina adyacentes (no ilustradas) y, por tanto, a los dispositivos accionados (no ilustrados) montados en los extremos opuestos del eje central 312 para completar la ruta de carga del actuador.

45 También puede apreciarse con relación a la tercera realización ejemplar del actuador 300 que, mediante la combinación del elemento de tuerca 322 de un arreglo de tornillo planetario de rodillo directamente con una porción de rotor hueca 308 de un motor eléctrico y además, mediante la combinación de la tuerca como una parte integral del material magnético del rotor, como se ilustra en la sección transversal alternativa de la porción media del rotor debajo de la línea central del actuador de la figura 3, dicha combinación permite el pasaje de un tornillo de avance 312 que tiene una longitud relativamente larga, que se limita únicamente por los requisitos de rigidez, estabilidad y apoyo del dispositivo. Por consiguiente, el actuador 300 es particularmente adecuado para aplicaciones de recorrido largo.

#### 50 CUARTA REALIZACIÓN EJEMPLAR

Una cuarta realización ejemplar de un actuador lineal electromecánico de accionamiento directo 400, de conformidad con la presente invención, que comprende un motor doble, una única salida, un actuador que reacciona con par motor interno con un grado sustancial de redundancia, se ilustra en la vista elevada lateral transversal de la figura 4. De manera importante, la cuarta realización del actuador 400 comprende un par de motores eléctricos sin escobillas, a saber, un motor principal 402A y un motor de reserva 402B. Como se ilustra en la figura 4, los estatores respectivos 404A, 404B de los dos motores se montan de forma fija en la cubierta del actuador 406. La cubierta también sostiene los conjuntos de soportes 414A y 414B para los rotores del motor respectivos 408A y 408B, los codificadores del motor respectivos 416A y 416B y en la realización alternativa particular ilustrada en la figura 4, la cubierta también sostiene los bobinados (no ilustrados) para una doble armadura, freno de embrague con solenoide y doble disco 442A, así como un conjunto de cojinetes de empuje 444 para el eje central o tornillo de avance 412 del actuador.

65 Como puede observarse en la figura 4, el tornillo de avance 412 es común a una extensión del rotor 408A del motor

principal 402A. Un elemento de soporte giratorio 446 con surcos axiales internos 432 sostiene la tuerca planetaria de rodillo 422 y se fabrica en común y como una extensión del rotor 408B del motor de reserva 402B. La tuerca de rodillo en sí incluye deslizadores de fricción baja 432 que se deslizan dentro de los surcos 434 del elemento de soporte giratorio para hacer reaccionar el par motor internamente dentro del actuador 400, como se describe anteriormente con respecto a la segunda realización del actuador 200 y se dispone en la extensión de salida tubular del actuador 418, que finaliza en una horquilla 440 montada sobre los cojinetes de empuje 446 en el extremo de salida 420 del actuador. El actuador que se sella para protegerlo de factores ambientales con un cierre aislante deslizante 438 dispuesto alrededor de la extensión de salida tubular y con juntas esféricas (no ilustradas) instaladas en cada uno de sus extremos, funciona como un enganche unido por clavijas sin hacer reaccionar ningún par motor en su estructura de montaje. Los discos de embrague 448A y 448B del freno de embrague con solenoide 442A, que comprenden un material de fricción alta, por ejemplo, carbono grafito y/o amianto, se sujetan respectivamente a los rotores del motor principal y el motor de reserva.

Durante el funcionamiento normal de la cuarta realización del actuador 400, el motor principal 402A tiene la menor inercia de los dos motores y por consiguiente se prefiere para el funcionamiento de alta frecuencia. En cambio, el motor de reserva 402B se configura preferentemente en forma de "disco", es decir, una que tiene una longitud relativamente más corta y un diámetro relativamente mayor, de forma tal que la tuerca planetaria 422 y los deslizadores 432 puedan funcionar dentro de su diámetro interno, lo que conserva la longitud del actuador. En el modo de funcionamiento normal, el freno de embrague 442B del motor de reserva 402B es accionado por resorte para enganchar y bloquear el rotor. Los surcos del deslizador 434 del elemento anti-rotación de la tuerca 446 se mantienen estáticos y el par motor de la tuerca normalmente reacciona a través del embrague del motor de reserva engranado. El freno de embrague para el motor principal es accionado por resorte para encontrarse normalmente desembragado y por consiguiente normalmente fuera de contacto con el rotor principal.

El motor principal y el motor de reserva 402A y 402B del actuador 400 se proporcionan con circuitos de energía, de control de motor y de codificación de motor independientes. Un mal funcionamiento del motor principal o su control se mostrará como una respuesta incorrecta o inexistente a un comando de posición. Esta detección es extremadamente rápida. Por ejemplo, el motor principal puede cortocircuitarse, estacionarse, moverse lentamente, oscilar o acelerarse a toda potencia a una posición no comandada. En todos dichos escenarios de mal funcionamiento, es necesario que el motor que funciona mal se detenga con fricción lo más rápidamente posible. Para realizar esto, el freno de embrague con solenoide 442A se activa eléctricamente y se engancha en un estado de "reserva", a saber, el motor que funciona mal se bloquea y el motor de reserva se libera. Por consiguiente, el freno de embrague se ajusta para detener la totalidad del par motor de un motor accionado. Del mismo modo los bobinados del solenoide del freno se ajustan para permitir una activación constante y por tanto, para producir la fuerza coercitiva necesaria para el engranaje de la placa de fricción adecuada 448A o 448B sin sobrecalentamiento.

En este modo de "funcionamiento a prueba de fallos", el actuador 400 ahora funciona con una tuerca giratoria 422 que recorre un eje central estático 412, y funciona normalmente, aunque con frecuencia de respuesta reducida debido a la inercia de los componentes de diámetro más grande en la ruta de "reserva". El funcionamiento del único LVDT 425 no se ve afectado por el cambio de ruta de accionamiento. Notablemente, se considera que el mecanismo de tornillo de rodillo y el LVDT son de tal alta fiabilidad que no es necesario que garanticen la redundancia. Si después de la inspección se encuentra que la falla está en el controlador de motor de la ruta principal, esta realización del actuador volverá a su estado inicial sin ninguna atención externa (es decir, por la ausencia de un comando de solenoide) para el funcionamiento normal a través del motor principal 402A.

Como puede observarse en lo que antecede, la cuarta realización ejemplar del actuador 400 combina muchos de los beneficios de la primera, la segunda y la tercera realización descritas anteriormente, a saber, la libertad de contrapresión, velocidades de salto altas, una rigidez de sistema alta y una vida larga, con un grado sustancial de redundancia mediante la incorporación de los beneficios de ahorro de espacio de un motor de reserva 402B, con forma de "disco", con un espacio interno utilizado de forma ventajosa para el arreglo de tuerca y deslizador planetarios que antecede. También se incorpora un arreglo de empaquetado único donde los núcleos de laminación respectivos de los bobinados de solenoide (no ilustrados) de los frenos de embrague del rotor respectivos se disponen espalda con espalda en una estructura monolítica rígida que se encuentra sujeta a la cubierta y por tanto sirve como una ruta de carga fuerte para transferir las cargas sustancialmente axiales impuestas por el motor principal 402A y los soportes del cojinete de empuje y del motor de reserva 444 y 414B a la cubierta, lo que permite lograr una reducción sustancial en el tamaño, con el resultado de que el actuador redundante es únicamente aproximadamente un 20% más largo que el actuador de un único motor 200 de la segunda realización descrita anteriormente.

Una implementación alternativa del mecanismo de freno de embrague con solenoide de armadura doble y disco doble 442B de la cuarta realización del actuador 400 se ilustra en la vista detallada ampliada de la figura 5. En esta implementación alternativa, los elementos de redundancia del actuador 400 se modifican mediante la redefinición del concepto, método y forma de llevar a cabo el proceso de conversión de accionamiento desde los modos de funcionamiento principal y a prueba de fallos, para mejorar la idoneidad del diseño del actuador para dispositivos muy grandes de 20 kW de potencia y mayores, así como para su uso en operaciones de vuelo asistido.

La figura 5 (observada junto con la figura 4), ilustra la disposición de los componentes del freno de embrague alternativo 442B dispuestos entre el motor principal y el motor de reserva 402A y 402B, que, como se describe anteriormente, tienen una configuración convencional y en forma de disco respectivamente. Como se establece anteriormente, la cubierta 406 contiene los estatores 404A y 404B de los dos motores, ranuras 450 para montar los discos de embrague estáticos 452 asociados con el motor principal y las instalaciones para un solenoide posicionado tangencialmente 454 y los conjuntos de cojinetes de empuje 414A y 414B del rotor principal y del rotor de reserva respectivamente.

El rotor del motor principal 408A se extiende de forma radial y se ranura para aceptar un disco de embrague giratorio 456 de un material de fricción alta dispuesto entre las mordazas de un freno de embrague de pinzas 457. En cambio, el rotor del motor de reserva 408B se extiende de forma axial para formar un tambor 458 que tiene muescas axiales en un extremo de este. El disco de embrague giratorio del rotor principal se bloquea o desbloquea alternadamente para la rotación alrededor del eje central por medio de una fuerza de compresión de un resorte Belleville 460 que actúa contra una mordaza móvil de las mordazas del freno de embrague de pinzas. En cambio, el rotor de reserva se bloquea o desbloquea alternadamente para la rotación mediante el enganche y desenganche de los rodillos 462, dispuestos en los extremos respectivos de una pluralidad de palancas oscilantes 464, en las muescas axiales respectivas en el extremo de la extensión de tambor del rotor de reserva en la siguiente forma.

Como se muestra en la figura 5, los rodillos 462 se montan en un extremo de las palancas oscilantes respectivas 464. Una pluralidad de primeros resortes 465 elásticamente polarizados con respecto a los otros extremos de las palancas oscilantes de forma tal que los rodillos en los primeros extremos se engranan respectivamente con las muescas axiales en el extremo de la extensión de tambor 458 del rotor de reserva 408B, lo que de ese modo lo bloquea contra la rotación. El espacio entre el resorte Belleville 460 y los extremos internos de las palancas oscilantes es ocupado por un manguito anular con rebordes o bobina 468, capaz de deslizarse axialmente sobre una superficie cilíndrica concéntrica que contiene un surco de bloqueo anular externo 470. Un brazo 472 del solenoide 454, que se dispone para moverse de forma tangencial y moverse en plano, sostiene los cojinetes de bolas individuales 474 cautivos en el surco de bloqueo anular, lo que evita el movimiento axial de la bobina. En esta posición de espera, la bobina sostiene el resorte de Belleville en un estado comprimido, lo que libera cualquier presión del resorte sobre las mordazas del freno de mordazas 457 y de ese modo libera el disco de embrague 456 del rotor principal 408A para la rotación y al mismo tiempo, a través de su contacto con los extremos internos de las palancas oscilantes, sostiene los rodillos en los extremos externos de las palancas oscilantes en engranaje de bloqueo con las muescas en el extremo de la extensión de tambor del rotor de reserva, como se ilustra en la porción media del actuador arriba de la línea central de la figura 5. Cuando se disponen en esta posición bloqueada, todos los componentes son mecánicamente inertes y el estado del actuador 400 no puede cambiar excepto por intervención externa, a saber, mediante transmisión de un comando de desbloqueo al solenoide.

Los entendidos en la técnica apreciarán que, a medida que el tamaño, la potencia y por tanto el régimen del par motor de un actuador aumenta, la capacidad de un embrague de solenoide de acción directa combinado con un elemento de fricción (como en la realización del freno de embrague alternativa de la figura 4) de reaccionar de forma eficaz al par motor se limita cada vez más. En el actuador de 20 kW ejemplar 400 considerado en la presente, los pares motores se encuentran en el orden de 250 pies-libras. Por consiguiente, el cambio de estado que ocurre al ir desde el modo principal al modo de reserva tras la detección de una falla es deseablemente irreversible, excepto mediante una intervención externa posterior para reajustar el actuador. Las ventajas que resultan del disparo del estado ajustado para cambiar de forma irreversible son particularmente aplicables a los actuadores de alta potencia.

Mediante la definición de la ruta de par motor de reacción de tuerca, el rotor 408B del motor de reserva 408B es un par motor que reacciona estadísticamente. Un método eficaz y confiable para la liberación de este par motor es mediante los rodillos 462 posicionados con sus ejes de cojinete respectivos dispuestos de forma normal al plano de la fuerza aplicada. Como se describe anteriormente, el modo a prueba de fallos del motor principal 402A puede ser uno de detenerse, moverse lentamente, oscilar o fluctuar a una velocidad de par motor máxima. En todos esos casos, el rotor principal 402A se detiene mejor mediante el uso de un disco de embrague 456 que tiene un coeficiente alto de fricción (por ejemplo, carbono sobre carbono), sujetado entre las mordazas del freno de mordazas 457 mediante un resorte de fuerza alta. Una característica ventajosa del resorte Belleville 460 es que su fuerza de liberación aumenta de forma no lineal con el recorrido. Esto significa que la fuerza requerida para mantener el rotor principal en el estado desbloqueado (efectuado a través del mecanismo de la bobina 468, el surco anular 470 y los cojinetes de bolas 474) es relativamente baja, mientras que la fuerza disponible para bloquear el rotor principal y para liberar los rodillos 462, lo que desbloquea el rotor de reserva, es relativamente mucho más alta. El amplio margen de fuerza (6:1) garantiza la rotación del rotor de reserva dentro de los milisegundos del mando de cambio de estado al solenoide 454. La configuración desbloqueada o el funcionamiento a prueba de fallos del freno de embrague alternativo 442B, es decir, después de la detención del rotor principal que presenta un mal funcionamiento y su bloqueo contra la rotación, y el desbloqueo del rotor de reserva para la rotación, es como se ilustra en la porción media del actuador debajo de la línea central de la figura 5.

Por consiguiente, el cambio de estado desde el mecanismo de motor de la ruta principal al mecanismo de motor de

5 la ruta de reserva de la realización alternativa del actuador 400 irreversible (excepto mediante intervención posterior) permite no solamente la capacidad de utilizar diferentes tipos de embrague que mejor se adecuen a las condiciones particulares de la respectiva liberación o enganche del rotor, sino también la capacidad de liberar y enganchar dos embragues simultáneamente mediante el uso de únicamente un resorte Belleville primario 460 y un solenoide de señal de energía baja 454. Por tanto, este arreglo alternativo ofrece una fiabilidad mecánica extremadamente alta en virtud de su estado inerte con ruta bloqueada por cebador.

QUINTA REALIZACIÓN EJEMPLAR

10 Una quinta realización ejemplar de un actuador lineal electromecánico de accionamiento directo 500, no realizada de conformidad con la presente invención, que comprende un actuador lineal de un único motor con un estator de rodillo helicoidal y otros elementos adecuados para la miniaturización del actuador, se ilustra en la vista elevada lateral transversal de la figura 6. En lugar de los rodillos planetarios alargados de las realizaciones anteriores, el actuador ejemplar 500 incorpora una pluralidad, por ejemplo, cuatro rodillos en forma de disco 524 montados para una rotación independiente sobre una cubierta del estator 506 y se dispone en un arreglo en "estrella" radialmente simétrico, donde los diámetros comunes de los rodillos respectivos son tales que se superponen y requieren dos planos de ubicación para alojar dos conjuntos, cada uno de dos rodillos diametralmente opuestos, como se ilustra en la vista transversal de la figura 7.

20 Los rodillos 524 se montan en cojinetes de bolas 566 y sus ejes respectivos de rotación se inclinan mutuamente en la misma dirección en un ángulo helicoidal común  $\alpha$ , como se ilustra en la vista detallada ampliada de la figura 8. Un motor eléctrico sin escobillas 502 se sostiene de forma deslizable en la cubierta del estator 506 por las ranuras 568 que se mueven en los surcos axiales 570 de forma tal que el motor puede producir un movimiento axial limitado en la cubierta, pero no puede rotar en ella. Para dar cabida a este pequeño movimiento axial del motor, las señales de energía y control pueden conducirse al motor mediante cables de "circuito de servicio" extensibles y retractiles 572. El husillo o eje central 512 del motor comprende un cilindro endurecido hecho con precisión que tiene un diámetro relativamente pequeño y una circunferencia que engancha con fricción la superficie circunferencial de cada uno de los rodillos, como se ilustra en la figura 7.

30 Las convoluciones 523 en la superficie circunferencial de cada uno de los rodillos en estrella 525 se enganchan en las correspondientes ondulaciones helicoidales 574 en la pared lateral cilíndrica fina de un tambor endurecido 522, donde el ángulo helicoidal  $\alpha$  coincide con el ángulo de inclinación  $\beta$  de los ejes del rodillo, como se ilustra en la vista detallada de la figura 9. Los rodillos endurecidos tienen sus bordes configurados con dos convoluciones de un grado de inclinación dado por  $\pi D$  en lugar de  $\alpha$ , donde  $\alpha$  es el ángulo helicoidal y D es el diámetro del tambor. Como un ejemplo, en el caso de un tambor de 10 mm de diámetro y un ángulo helicoidal  $\alpha$  de 1,5 grados, el grado de inclinación de la convolución es de 0,82 mm. Las crestas de las convoluciones respectivas se truncan con una porción cilíndrica real. Durante el montaje, el tambor preferentemente se deforma de una configuración cilíndrica real a una forma más trocoidal, lo que proporciona cuatro zonas longitudinales de un radio más pequeño, intercaladas con cuatro zonas longitudinales de un radio mayor. La curvatura por haz resultante impuesta en la pared del tambor, junto con el efecto de rigidización de las ondulaciones en este, proporciona una fuerza de restauración dirigida hacia adentro que engancha los rodillos en compresión diametral entre la pared y el husillo del motor 512.

45 Las instalaciones del rodillo en estrella del estator 508 son axialmente rígidas, pero radialmente son lo suficientemente distensibles para permitir un contacto completo entre los rodillos 524 y el husillo del motor 512. Esta disposición permite la transferencia del par motor de accionamiento del motor hacia el sistema planetario definido por el husillo, los rodillos y el tambor 522. Puede sujetarse un potenciómetro de película resistente (no ilustrado) a la cubierta 506 y moverse axialmente mediante la conexión con el tambor de traslación para la detección de la posición. Opcionalmente, puede montarse una placa de circuito de control de accionamiento por motor (no ilustrada) dentro de la cubierta. Como se describe con respecto a la primera realización del actuador 100 anterior, el actuador 500 se monta en una estructura externa (no ilustrada) de forma tal de reaccionar por par motor en el extremo fijo 521 opuesto al extremo de salida 520.

55 En funcionamiento, los rodillos 524 de la quinta realización 500 se posicionan en dos planos de simetría, por tanto, el husillo del motor 512 siempre se encuentra en equilibrio de fuerzas y no soporta cargas axiales y por consiguiente requiere únicamente una carga de empuje mínima para trasladar el motor 502 a través de distancias cortas. Esta traslación se da por una distancia lineal  $d/D \times$  recorrida por el tambor 522. En el caso del ejemplo del husillo de 0,5 mm y del tambor de 10 mm de diámetro que antecede, esta traslación será de un recorrido de tambor de 1/20. El ángulo de presión de las convoluciones del rodillo se encuentra en el orden de los 20 grados. La capacidad de transportar una carga límite del actuador 500 es regulada por la tensión hertziana en los ocho puntos simétricos de contacto entre la porción cilíndrica en la parte superior de las convoluciones del rodillo y el husillo de accionamiento. De los cálculos surge que con una tensión hertziana de 125 ksi (es decir, aproximadamente la mitad de la permitida) y con 4 rodillos en un tambor de 10 mm de diámetro, las fuerzas axiales de hasta 4 libras pueden ser producidas por el actuador en miniatura. Esto es acompañado por una rigidez alta, una libertad completa de contrapresión y potencial para una respuesta de frecuencia alta, en un paquete en miniatura de menos de 0,5 pulgadas de diámetro.

65 Los entendidos en la técnica apreciarán que, en el contexto de los actuadores miniaturizados, como el actuador en

5 miniatura 500 descrito en el ejemplo anterior, es difícil o prácticamente imposible lograr ángulos helicoidales  $\alpha$  bajos con roscas helicoidales acanaladas a máquina. No obstante, como se demuestra anteriormente, pueden lograrse fácilmente mediante el uso de contacto directo con los rodillos de disco 524 sesgados en un ángulo llano  $\alpha$ , y además, cuando se expresan en el diámetro más grande D del tambor 522, la estructura helicoidal deseada puede producirse fácilmente mediante la formación de ondulaciones semicilíndricas discontinuas 574 que pueden hacer reaccionar cargas axiales. Además, el uso de potencia de tensión de un cilindro corrugado de pared fina, cuando se ladea, produce de forma ventajosa una fuerza diametral que, cuando se acopla con la fricción dominante entre los rodillos y el husillo de accionamiento 512, crea el par motor necesario para que el dispositivo funcione, lo que abre la

10 puerta a los dispositivos de rodillos planetarios miniaturizados altamente ventajosos mecánicamente.

REIVINDICACIONES

1. Un actuador giratorio a lineal electromecánico de accionamiento directo (400) que comprende:

5 una cubierta alargada (406);  
 un primer motor eléctrico (402A), que incluye un primer estator (404A) fijado en la cubierta (406) y un primer rotor (408A) sostenido para su rotación con respecto al primer estator (404);  
 un segundo motor eléctrico (402B), que incluye un segundo estator (408B) fijado en la cubierta y un segundo rotor anular alargado (408B) sostenido para su rotación con respecto al segundo estator (404A);  
 10 una unidad de accionamiento planetaria que comprende:

un eje central alargado (412) unido al primer rotor (408A) para una rotación conjunta con este y tiene una o más roscas helicoidales en una superficie externa de este;  
 una tuerca planetaria (422) que tiene una pluralidad de roscas helicoidales en una superficie interna de esta y acoplada al segundo rotor anular (408B) dentro de su espacio anular para una rotación conjunta y un deslizamiento axial relativo en este; y  
 15 una pluralidad de rodillos planetarios (424) dispuestos concéntricamente entre el eje central (412) y la tuerca planetaria (422), cada uno de los cuales tiene una rosca helicoidal en su superficie externa que es complementaria y rueda con una rosca del eje (412) y una rosca de la tuerca (422); y

20 medios para bloquear el respectivo primer y segundo rotor (408A, 408B) contra la rotación,  
**caracterizados por**  
 un disco de embrague (456) montado sobre el primer rotor (408A) para una rotación conjunta con este y entre las mordazas de un freno de mordazas (457);  
 25 una pluralidad de palancas oscilantes (464) que presentan rodillos (462) dispuestos en su respectivo primer extremo se disponen para moverse entre una primera orientación, en la que los rodillos (462) se enganchan en las muescas respectivas en un extremo del segundo rotor (408B) y una segunda orientación donde los rodillos (462) se desenganchan de las muescas;  
 una pluralidad de primeros resortes (465) que llevan a las palancas oscilantes (464) a una primera orientación;  
 30 un segundo resorte (460) que lleva las mordazas del freno de mordazas (457) junto y contra el disco de embrague (456); y  
 una bobina (468) que se mueve entre una primera posición que comprime el segundo resorte (460) y de ese modo libera la polarización del segundo resorte (460) sobre las mordazas del freno de mordazas y una  
 35 segunda posición que lleva a las palancas oscilantes (464) contra la polarización de los primeros resortes (465) y hacia su segunda orientación.

2. El actuador de la reivindicación 1, donde al menos uno de los motores comprende un motor con devanado en espiral.

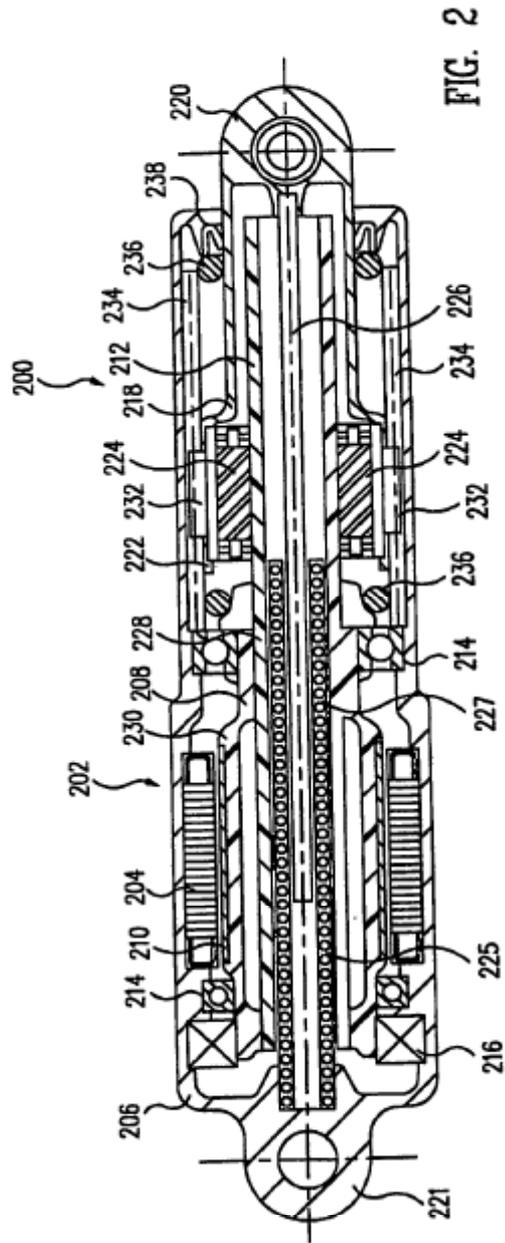
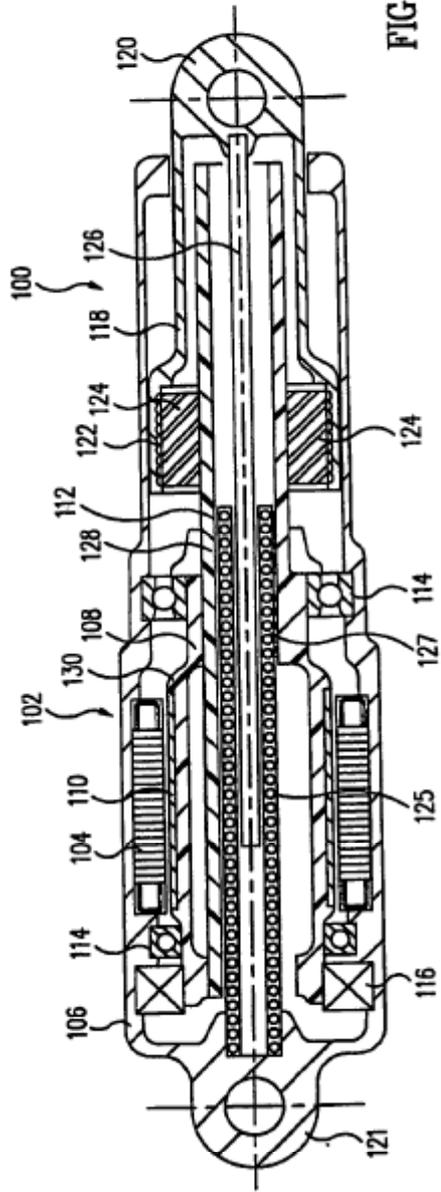
3. El actuador de la reivindicación 1, donde el medio que bloquea el rotor comprende un freno de embrague con solenoide de armadura doble y disco doble (442A, 442B).

4. El actuador de la reivindicación 1, que comprende además:

45 medios para sujetar de forma liberable la bobina (468) en la primera posición; y  
 medios para liberar de forma selectiva la bobina (468) de la primera posición para su movimiento a la segunda posición.

5. El actuador de la reivindicación 4, donde los medios para liberar de forma selectiva la bobina (468) comprenden un solenoide (454).

6. El actuador de la reivindicación 5, donde el medio para sujetar de forma liberable la bobina (468) en la primera posición comprende una pluralidad de cojinetes de (474) dispuestos en aberturas en la bobina (468) y se mantienen cautivos en un surco circunferencial adyacente por un brazo (472) del solenoide (454).



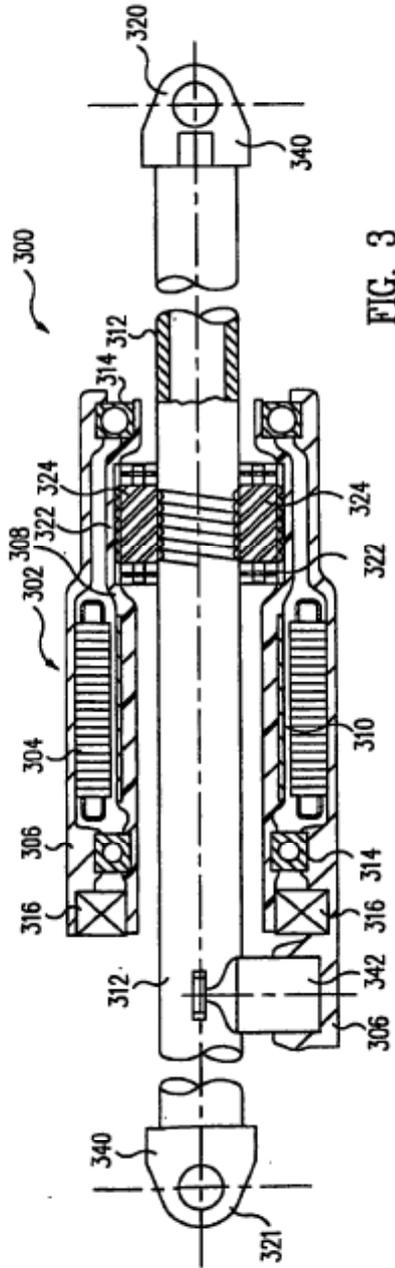


FIG. 3

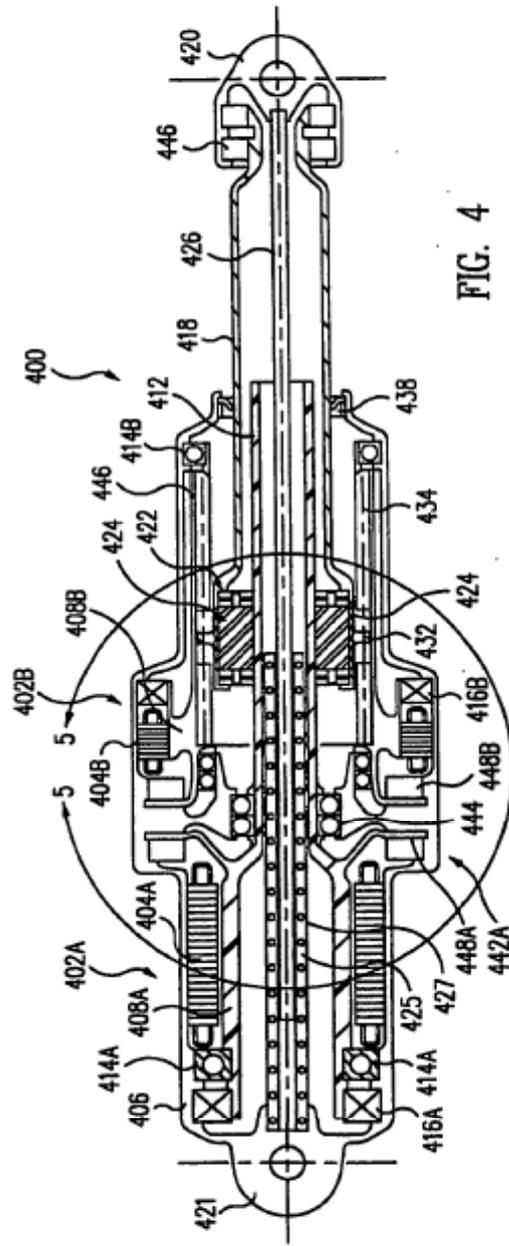


FIG. 4

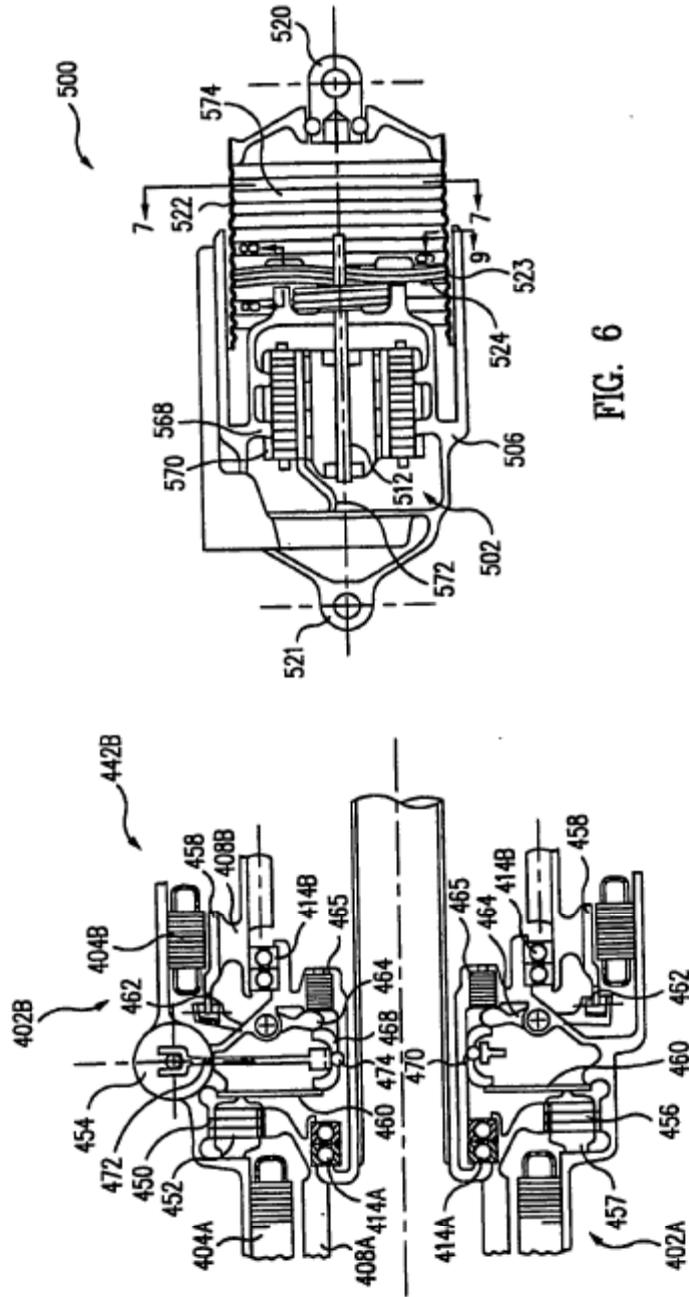


FIG. 6

FIG. 5

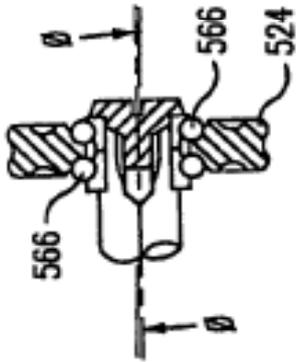


FIG. 8

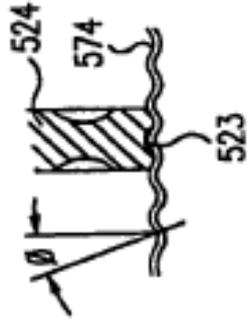


FIG. 9

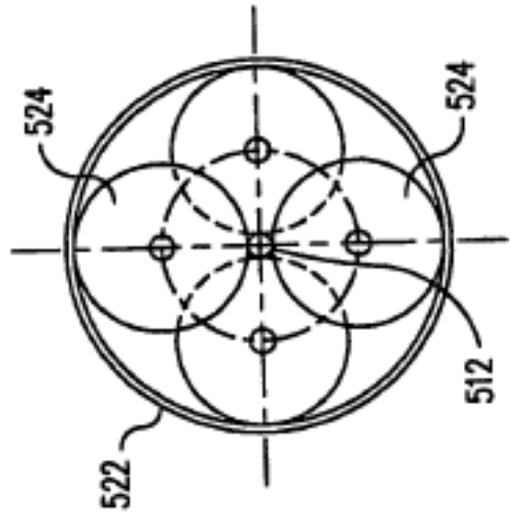


FIG. 7