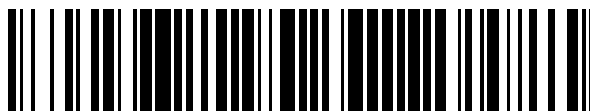


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 382 307**

51 Int. Cl.:
B62D 57/032 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **09753975 .3**
96 Fecha de presentación: **29.05.2009**
97 Número de publicación de la solicitud: **2313304**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **27.04.2011**

54 Título: **Robot humanoide que implementa una articulación esférica con accionadores acoplados**

30 Prioridad:
29.05.2008 FR 0853520

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
07.06.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
07.06.2012

73 Titular/es:
Bia
Z.A Les Boutriers 8 rue de l'HAUTIL
78700 Conflans Ste Honorine, FR

72 Inventor/es:
ALFAYAD, Samer;
BEN OUEZDOU, Fathi y
NAMOUN, Fayçal

74 Agente/Representante:
Carpintero López, Mario

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).

ES 2 382 307 T3

DESCRIPCIÓN

Robot humanoide que implementa una articulación esférica con accionadores acoplados

La invención se refiere a un robot humanoide que implementa una articulación esférica con accionadores acoplados y a un procedimiento que implementa la articulación. La invención encuentra una utilidad particular en la realización de robots humanoides que se aproximan mejor al antropomorfismo humano. Por ejemplo, la articulación esférica de acuerdo con la invención se puede implementar para una cadera, un hombro o una articulación entre una pelvis y un tronco del robot.

Un modelo matemático que modeliza este antropomorfismo se ha desarrollado en los años 1960 en los Estados Unidos por Aerospace Medical Research Laboratories situado en Dayton, Ohio. Ese modelo, bien conocido bajo nombre de modelo de Hanavan, describe de manera paramétrica, en relación a una talla y masa humanas dadas, las dimensiones de todas las partes del cuerpo. Por ejemplo, se describe la cadera como una articulación que posee tres grados de libertad en rotación. Se describen igualmente las dimensiones de la cadera y de las partes del cuerpo que la rodean: pelvis y muslo. Por ejemplo, para un adolescente de 14 años, de talla 1,6 m y de masa 50 kg, el muslo se puede representar por un tronco de cono de 392 mm de altura, de 46 mm de radio menor y de 74 mm para el radio mayor. Para el mismo robot y utilizando este modelo, la pelvis se representa por un paralelepípedo de 189 mm de altura, 230 mm de largo y 160 mm de profundidad. La distancia entre las dos caderas es igual a dos veces el radio mayor del muslo. La altura del muslo se define como la distancia entre la articulación formada por la cadera y la formada por la rodilla.

Un cálculo dinámico, muestra que para realizar una marcha a una velocidad de 1,2 m/s, y siempre para un robot de 1,6 m y 50 kg, la articulación de la cadera en el plano sagital necesita un par del orden de 35 N·m, con una velocidad máxima de 2,7 rad/s y una oscilación articular de -30° a $+30^\circ$. Por el contrario, en el plano frontal la articulación necesita un par del orden de 35 N·m, con una velocidad máxima del orden de 1 rad/s, y una oscilación articular de -5° a $+10^\circ$.

En el momento actual, se han desarrollado numerosos robots humanoides, pero ninguno respeta el modelo de Hanavan, principalmente en relación al volumen de la pierna y del hombro. Se encuentran por ejemplo robots cuya cadera se reduce a una articulación del tipo junta de cardán, es decir no incluye más que dos grados de libertad, una rotación en el plano sagital y una rotación en el plano frontal. Además, los mecanismos de accionamiento utilizados para motorizar estos dos grados de libertad, siguiendo los parámetros resultantes del cálculo dinámico, se salen de las dimensiones previstas en el modelo de Hanavan. Se encuentran igualmente robots cuya oscilación angular de la cadera en el plano sagital del robot no permite obtener una longitud de zancada suficiente para obtener una velocidad de marcha del robot asimilable a la de un humano, tal como se describe en el documento EP 1 433 694 A1.

La invención trata de mejorar la concordancia entre la realización de un robot y la anatomía humana, por ejemplo la aproximada por el modelo de Hanavan.

Con este fin, la invención tiene por objeto un robot humanoide que comprende una articulación esférica con tres grados de libertad en rotación que enlaza dos elementos del robot, siendo movida la articulación por tres accionadores en los que un primer y un segundo actúan en paralelo y están acoplados y en el que el tercer accionador actúa en serie con los dos primeros accionadores alrededor de un eje, caracterizado porque el eje del tercer accionador es el eje cuya oscilación angular debe ser más importante para aproximarse al antropomorfismo humano.

La invención tiene igualmente por objeto un procedimiento de accionamiento de un robot humanoide cuya articulación comprende dos émbolos, estando caracterizado el procedimiento porque para mover la articulación de acuerdo con un primer eje de la articulación, se actúa simultáneamente sobre los dos émbolos en el mismo sentido y porque para mover la articulación de acuerdo con un segundo eje de la articulación, se actúa simultáneamente sobre los dos émbolos en sentido opuesto.

En el caso de la cadera, gracias a los tres grados de libertad, respectivamente en un plano frontal, un plano sagital y un plano horizontal, la marcha de un robot humanoide que implemente una cadera de acuerdo con la invención será mucho más antropomórfica, principalmente en relación a su oscilación angular importante en el plano sagital. El hecho de acoplar los accionadores permitiendo las rotaciones alrededor de un eje vertical y frontal permite reducir el volumen de la articulación. Por el contrario, este acoplamiento limita la oscilación angular alrededor del eje considerado. El tercer accionador permite la rotación alrededor de un eje perpendicular al plano sagital y se mantiene independientemente de los dos otros lo que permite conservar una oscilación angular importante para este tercer accionador. En la invención, se realiza la elección de utilizar este tercer accionador independiente para el movimiento preponderante de la articulación, es decir la rotación que reclama la oscilación angular más grande en el antropomorfismo humano, por ejemplo como la que se define en el modelo de Hanavan.

Se comprenderá mejor la invención y surgirán otras ventajas con la lectura de la descripción detallada de un modo de realización dado a modo de ejemplo, descripción ilustrada por los dibujos adjuntos en los que:

la figura 1 representa en perspectiva un robot humanoide que comprende varias articulaciones esféricas de acuerdo con la invención;
 la figura 2 representa en perspectiva una cadena de acuerdo con la invención;
 la figura 3 representa la cadera en un corte en el plano frontal;
 la figura 4 representa un corte de los accionadores de la cadera;
 la figura 5 representa un corte de una cruceta de la cadera;
 la figura 6 representa un corte de los dos otros accionadores de la cadera;
 la figura 7 representa en perspectiva un hombro de acuerdo con la invención;
 la figura 8 representa un corte del hombro de la figura 7;
 la figura 9 representa en perspectiva una articulación de acuerdo con la invención entre un muslo y un tronco del robot;
 la figura 10 representa un corte de la articulación de la figura 9.

Por razones de claridad, los mismos elementos llevarán las mismas designaciones en las diferentes figuras. El dibujo se proporciona a título ilustrativo y las escalas no se respetan totalmente.

La figura 1 representa en perspectiva un robot humanoide 5 que comprende varias articulaciones esféricas de acuerdo con la invención entre ellas dos caderas 10, dos hombros 100 y una articulación 200 entre un muslo 101 y un tronco 102 del robot 5. Cada cadera 10 une un muslo 103 a la pelvis 101. Cada hombro 100 une un brazo 104 a un torso 105 del robot 5. Se puede disponer entre el tronco 102 y el torso 105 una articulación 106 con un grado de libertad en rotación alrededor de un eje sagital del robot 5. Por convención, se designa como eje sagital, un eje perpendicular al plano sagital, plano vertical en el que se realiza principalmente el movimiento de marcha del robot. Igualmente, se designa como eje frontal, un eje perpendicular al plano frontal del robot. El plano frontal es vertical y perpendicular al plano sagital. Finalmente, se designa como eje vertical, un eje formado por la intersección entre el plano sagital y el plano frontal.

La figura 2 representa una cadera 10 de acuerdo con la invención. La cadera 10 comprende una primera pieza de interfaz 11 solidaria con la pelvis 101 y una segunda pieza de interfaz 12 solidaria con el muslo 103. Para no sobrecargar las diferentes figuras, no se representan ni el muslo ni la cadera y solamente se representan los elementos de la cadera 10 que unen las dos piezas de interfaz 11 y 12.

La cadera 10 comprende tres accionadores que permiten cada uno mover en rotación la cadera con relación a la pelvis alrededor de un eje, siendo distintos los tres ejes. Más precisamente, en el ejemplo representado, el primer eje 13 es un eje sagital, el segundo eje 14 es un eje frontal y el tercer eje 15 es vertical.

Los accionadores pueden utilizar energía hidráulica o eléctrica.

La figura 3 representa la cadera en corte en un plano frontal. Esta figura permite visualizar mejor los accionadores. El accionador que permite mover la cadera alrededor del eje sagital 13 es un motor rotativo hidráulico 20 que comprende un estator 21 y un rotor 22. El estator 21 está formado por la pieza de interfaz 11 y una placa de cierre 23. Se realiza un cuello anular 24 en la pieza de interfaz 11 y se cierra por la placa 23.

La figura 4 representa un corte en el plano vertical, que pasa por el cuello anular 24, el estator 21 y el rotor 22. El cuello anular 24 se extiende 270° alrededor del eje 13. El rotor 22 comprende un árbol tubular 25 que se puede desplazar en rotación en un rebaje 26 realizado a la vez en la pieza de interfaz 11 y en la placa 23. El rotor 22 comprende igualmente una mariposa 27 que se puede desplazar en el anillo 24. La mariposa 27 y el árbol tubular 25 forman una única pieza mecánica. El rebaje 26 se extiende de acuerdo con el eje sagital 13. La mariposa 27 llena el anillo 24 siguiendo un arco de círculo de 90° alrededor del eje sagital 13.

La diferencia de dimensión angular entre la mariposa 27 y el anillo 24 permite dejar dos espacios libres de una parte y otra de la mariposa 27. Estos espacios forman dos cámaras 28 y 29 a las que se puede encaminar un fluido hidráulico por medio de racores, respectivamente 30 y 31. Una diferencia de presión del fluido entre las dos cámaras 28 y 29 permite hacer girar el rotor 22 con relación al estator 21. Esta diferencia de presión puede estar generada por una bomba hidráulica instalada a bordo del robot. Para mejorar la independencia de los diferentes accionadores entre sí, es posible prever una bomba dedicada para cada accionador. Las diferentes bombas pueden estar alojadas en el muslo o en la pelvis lo más cerca de los accionadores, con el fin de limitar la longitud de las canalizaciones hidráulicas que unen cada bomba con el accionador asociado. En la figura 3, el rotor 22 está representado en posición central con relación al estator 21 lo que permite una oscilación de + o de - 90° con relación a esta posición central. Otras dimensiones angulares para la mariposa 27 y el anillo 24 permiten aumentar o reducir, según la necesidad de la articulación, la amplitud del movimiento angular del rotor 22 con relación al estator 21.

La cadera 10 comprende dos accionadores 35 y 36 que actúan en paralelo sobre el muslo. Estos dos accionadores permiten el giro del muslo alrededor del eje frontal 14 y del eje vertical 15. Esta acción en paralelo permite evitar que uno de los accionadores no soporte al otro. Es posible por ejemplo realizar una articulación motorizada con tres grados de libertad en giro a partir de tres motores rotativos montados en serie. Más precisamente el rotor de un motor es solidario con el estator del motor que le sigue en la cadena cinemática. Esta concepción, que prevé unos accionadores en serie, impone dimensionar el accionador más arriba en la cadena cinemática para que sea capaz

de soportar la carga del accionador aguas abajo además de la carga del objeto a desplazar, en este caso el muslo. Una cadera de acuerdo con la invención prevé que al menos dos de los tres accionadores actúen en paralelo. Dicho de otra forma, los dos accionadores actúan directamente, entre los elementos a desplazar, sin pasar por el otro accionador. Uno cualquiera de los accionadores en paralelo no soporta la carga inducida por los otros accionadores, sino solamente aquella engendrada por el objeto a desplazar, lo que permite reducir sus dimensiones. En el ejemplo descrito, la cadera 10 comprende dos accionadores que actúan en paralelo.

Con este fin, la cadera 10 comprende un enlace 37 con dos grados de libertad en giro de acuerdo con unos ejes secantes, el eje frontal 14 y el eje vertical 15. El enlace 37 se puede asimilar a un enlace del tipo junta de cardán. El punto de intersección de los dos ejes 14 y 15 lleva la referencia 38. El enlace 37 une dos elementos que son, en el ejemplo representado, el rotor 22 y la pieza de interfaz 12. La motorización del enlace 37 se realiza por medio de dos accionadores 35 y 36 que están formados cada uno por un émbolo lineal dispuesto entre el rotor 22 y la pieza de interfaz 12. Cada émbolo 35 y 36 permite un desplazamiento de acuerdo con un eje, respectivamente 39 y 40. El punto de intersección 38 de los ejes 14 y 15 no está situado en los ejes de los émbolos con el fin de que una acción sobre los émbolos pueda mover el enlace 37. En el ejemplo descrito, el enlace 37 y su motorización son llevados por el rotor 22. Dicho de otra manera, el enlace 37 está aguas abajo del motor 20 en la cadena cinemática de la cadera 10. Es posible igualmente prever un enlace motorizado con dos grados de libertad aguas arriba del motor 20.

Ventajosamente, el enlace 37 comprende una cruceta 45 que puede pivotar alrededor de un eje del enlace 37 con relación a un primero de los dos elementos y alrededor del otro eje del enlace 37 con relación a un segundo de los dos elementos. En el ejemplo representado, la cruceta 45 puede pivotar alrededor del eje vertical 15 con relación al rotor 22 y alrededor del eje frontal 14 con relación a la pieza de interfaz 12 solidaria con el muslo.

La figura 5 representa un corte del enlace 37 en un plano que contiene los ejes 14 y 15. La cruceta 45 está formada por dos árboles 46 y 47 solidarios y perpendiculares. El árbol 46 se extiende siguiendo el eje frontal 14 y el árbol 47 se extiende siguiendo el eje vertical 15. Dos cojinetes 48 y 49 permiten la rotación del árbol 47 con relación al rotor 22 y dos cojinetes 50 y 51 permiten la rotación del árbol 46 con relación a la pieza de interfaz 12. Para conocer el desplazamiento angular de la cadera 10 según los ejes 14 y 15, se puede disponer en cada uno de los cojinetes 49 y 50, un potenciómetro, respectivamente 52 y 53, que proporcionan una información eléctrica en función de la posición angular de la cruceta 45 con relación al rotor 22 y la pieza de interfaz 12, potenciómetro que servirá para el control del enlace 37 por un dispositivo de comando (no representado). Es posible igualmente equipar el motor rotativo 20 con un potenciómetro que permite conocer la posición angular del muslo alrededor del eje sagital 13.

Los ejes 39 y 40 de los dos émbolos lineales 35 y 36 son ventajosamente paralelos entre sí. Sea bien entendido que este paralelismo no existe más que en una posición particular del enlace 37, por ejemplo la posición en la que un robot equipado con la cadera 10 estuviese de pie en equilibrio sin andar. La figura 6 es una vista en corte de la cadera 10 en un plano que contiene los ejes de los émbolos 35 y 36 cuando éstos son paralelos. Los ejes 39 y 40 pueden estar sensiblemente paralelos al eje sagital 13. Los émbolos 35 y 36 son por ejemplo hidráulicos de doble efecto. Cada émbolo posee dos extremidades 55 y 56 para el émbolo 35 así como 57 y 58 para el émbolo 36. Para permitir la independencia del movimiento de los dos émbolos, las extremidades 55 y 57 se unen cada una a la pieza de interfaz 12 por intermedio de una rótula, respectivamente 59 y 60. Igualmente, las extremidades 56 y 58 se enlazan cada una al rotor 22 por intermedio de una rótula, respectivamente 61 y 62.

El enlace de los émbolos 35 y 36 al rotor 22 se puede hacer por medio de una placa 65 solidaria con el árbol tubular 25 del rotor 22. La placa 65 se extiende en un plano sagital. Un perno 66 es solidario en su parte media con la base de la placa 65. Las rótulas 61 y 62 se disponen en las extremidades del perno 66 de una parte y otra de la placa 65. Igualmente, un perno 67 es solidario con la pieza de interfaz 12 y se disponen las rótulas 59 y 60 en las extremidades del perno 67 de una parte y otra de la pieza de interfaz 12.

Los émbolos 35 y 36 son ventajosamente hidráulicos. Comprenden cada uno un pistón 70 que separa dos cámaras 71 y 72 de los émbolos. Como en el motor rotativo 20, las cámaras 71 y 72 están alimentadas por una diferencia de presión de un fluido hidráulico.

Cuando los dos émbolos 35 y 36 se accionan en el mismo sentido, por ejemplo cuando una parte de las extremidades 57 y 58 del émbolo 36 y la otra parte de las extremidades 55 y 57 del émbolo 35 se aproximan simultáneamente, la pieza de interfaz 12 gira con relación al rotor 22 alrededor del eje frontal 14. Por el contrario, cuando los dos émbolos 35 y 36 se accionan simultáneamente en el sentido opuesto, la pieza de interfaz 12 gira con relación al rotor 22 alrededor del eje vertical 15.

Las figuras 7 y 8 representan un hombro 100 de acuerdo con la invención. La figura 7 es una vista en perspectiva del hombro 100 y la figura 8 es una vista en corte. El hombro 100 une el torso 105 y un brazo 104. La pieza de interfaz 11 es solidaria con el torso 105 y la pieza de interfaz 12 es solidaria con el brazo 104.

En el hombro 100, se encuentra el accionador 20 en la forma de un motor hidráulico que permite la rotación del brazo alrededor del eje sagital del robot 5. Se encuentran igualmente los dos accionadores 35 y 36 que permiten la rotación del brazo 104 alrededor del eje frontal y del eje vertical del robot 5. Los dos accionadores 35 y 36 están acoplados y el accionador 20 es independiente de los otros dos permitiendo de este modo una gran oscilación

angular del brazo en el plano sagital. Este movimiento de rotación es por ejemplo el que es preponderante cuando el robot 5 marcha para equilibrar su cuerpo.

Las figuras 9 y 10 representan una articulación 200 entre la pelvis 101 y el tronco 102 del robot 5. La figura 9 es una vista en perspectiva de la pelvis 100 y la figura 10 es una vista en corte. La pieza de interfaz 11 es solidaria con la pelvis 101 y la pieza interfaz 12 es solidaria con el tronco 102.

En la articulación 200, se encuentra el accionador 20 en la forma de un motor hidráulico que permite la rotación del tronco 102 alrededor del eje frontal del robot 5. Se encuentran igualmente los dos accionadores 35 y 36 que permiten la rotación del tronco 102 alrededor del eje sagital y del eje vertical del robot 5. Los dos accionadores 35 y 36 están acoplados y el accionador 20 es independiente de los otros dos permitiendo de este modo una gran oscilación angular del tronco 102 en el plano frontal. Esta oscilación contribuye a aumentar el espacio lateral de trabajo del robot 5. Dicho de otro modo, cuando el robot 5 mantiene los pies en el suelo sin desplazarse, su envergadura de trabajo de las manos se incrementa por el hecho de esta oscilación del tronco en el plano frontal.

En los tres ejemplos de articulación descritos anteriormente, el estator 21 del accionador 20 es ventajosamente solidario con el elemento del robot 5 más próximo con relación al centro de gravedad del robot 5. Para la cadera, el elemento más próximo es la pelvis 101, para el hombro 100, el elemento más próximo es el torso 105 y para la articulación 200, el elemento más próximo es la pelvis 101. Se considera que el centro de gravedad del robot 5 se sitúa sensiblemente en su pelvis 101. Más generalmente, expresado de forma cinemática, en una articulación con tres ejes de rotación, se tiene un eje que soporta a los otros dos ejes. El accionador 20 soporta a los otros dos accionadores 35 y 36.

REIVINDICACIONES

1. Robot humanoide que comprende una articulación (10, 100, 200) esférica con tres grados de libertad en rotación según tres ejes (13, 14, 15) que unen dos elementos (101, 103; 105, 104; 101, 102) del robot (5), siendo movida la articulación por tres accionadores (20, 35, 36) de los que un primero (35) y un segundo (36) actúan en paralelo y están acoplados y en el que un tercer accionador (20) actúa en serie con los dos primeros accionadores alrededor de un primero de los ejes (13), **caracterizado porque** el eje (13) del tercer accionador (20) es el eje (13) cuya oscilación angular debe ser la más importante para aproximarse al antropomorfismo humano.
2. Robot humanoide según la reivindicación 1, **caracterizado porque** comprende dos elementos (12, 22) unidos por un enlace (37) con dos grados de libertad en rotación de acuerdo con el segundo y tercer eje (14, 15) secantes en un punto (38) y movido por el primer y el segundo accionador (35, 36), **porque** los dos accionadores (35, 36) que actúan en paralelo están formados cada uno por un émbolo lineal (35, 36) dispuesto entre los dos elementos (12, 22) unidos por el enlace (37), desplazándose cada émbolo (35, 36) según un eje (39, 40) y **porque** el punto de intersección (38) de los ejes (14, 15) del enlace (37) no se sitúa sobre los ejes (39, 40) de los émbolos (35, 36).
3. Robot humanoide de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado porque** el enlace (37) comprende una cruceta (45) que puede pivotar alrededor de un eje (15) del enlace (37) con relación a un primero (22) de los dos elementos unidos por el enlace (37) y alrededor del otro eje (14) del enlace (37) con relación a un segundo (12) de los dos elementos.
4. Robot humanoide según una de las reivindicaciones 2 ó 3, **caracterizado porque** los ejes (39, 40) de los dos émbolos lineales (35, 36) son paralelos.
5. Robot humanoide según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** el accionador es un motor rotativo (20) que comprende un estator (21) y un rotor (22), accionando el motor (20) la articulación (10).
6. Robot humanoide según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** el tercer accionador (20) comprende un estator (21) y un rotor, y porque el estator (21) es solidario con el elemento (101, 105) del robot (5) más próximo con relación al centro de gravedad del robot (5).
7. Robot humanoide según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** los accionadores (20, 35, 36) utilizan energía hidráulica.
8. Robot humanoide según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** la articulación es una cadera (10), **porque** el primer elemento es una muslo (103) y el segundo elemento es una pelvis (101), **porque** el primer eje (13) es un eje sagital, el segundo eje (14) es un eje frontal y el tercer eje (15) es un eje vertical y **porque** los dos primeros accionadores (35, 36) que permiten la rotación alrededor del eje frontal (14) y del eje vertical (15) actúan en paralelo sobre el muslo (103).
9. Robot humanoide según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** la articulación es un hombro (100), **porque** el primer elemento es un brazo (104) y el segundo elemento es un torso (105), **porque** el primer eje (13) es un eje sagital, el segundo eje (14) es un eje frontal y el tercer eje (15) es un eje vertical y **porque** los dos primeros accionadores (35, 36) que permiten la rotación alrededor del eje frontal (14) y del eje vertical (15) actúan en paralelo sobre el brazo (104).
10. Robot humanoide según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** el primer elemento es una pelvis (101) y el segundo elemento es un tronco (102), **porque** el primer eje (13) es un eje frontal, el segundo eje (14) es un eje sagital y el tercer eje (15) es un eje vertical y **porque** los dos primeros accionadores (35, 36) que permiten la rotación alrededor del eje sagital (14) y del eje vertical (15) actúan en paralelo sobre el tronco (102).
11. Procedimiento de accionamiento un robot humanoide según una de las reivindicaciones 2 a 9 en tanto reivindicación dependiente de la reivindicación 2, **caracterizado porque** para mover la articulación (10, 100, 200) de acuerdo con un primer eje (14) del enlace (37), se actúa simultáneamente sobre los dos émbolos (35, 36) en el mismo sentido y **porque** para mover la articulación (10, 100, 200) según un segundo eje (15) del enlace (37), se actúa simultáneamente sobre los dos émbolos (35, 36) en sentido opuesto.

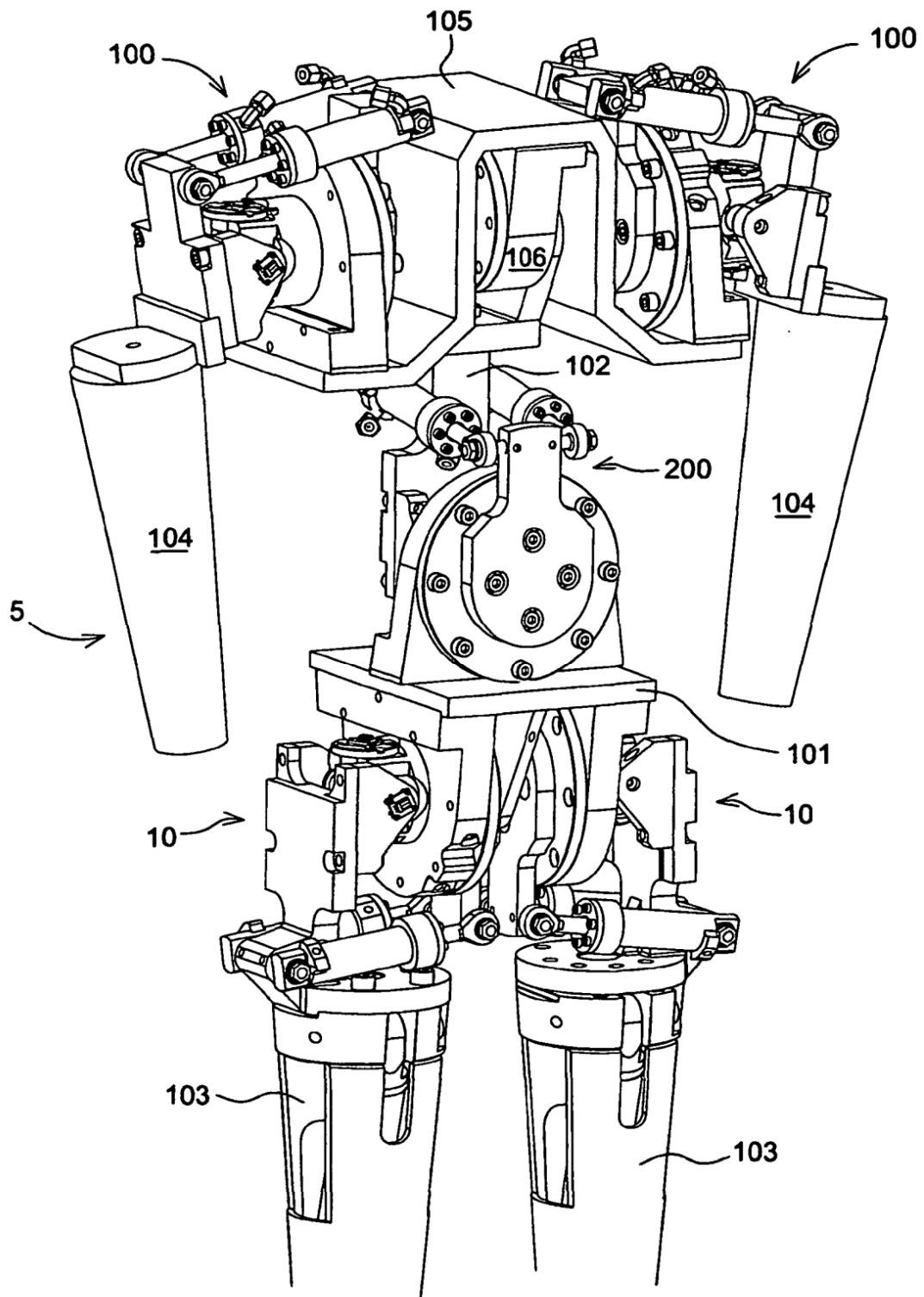


FIG.1

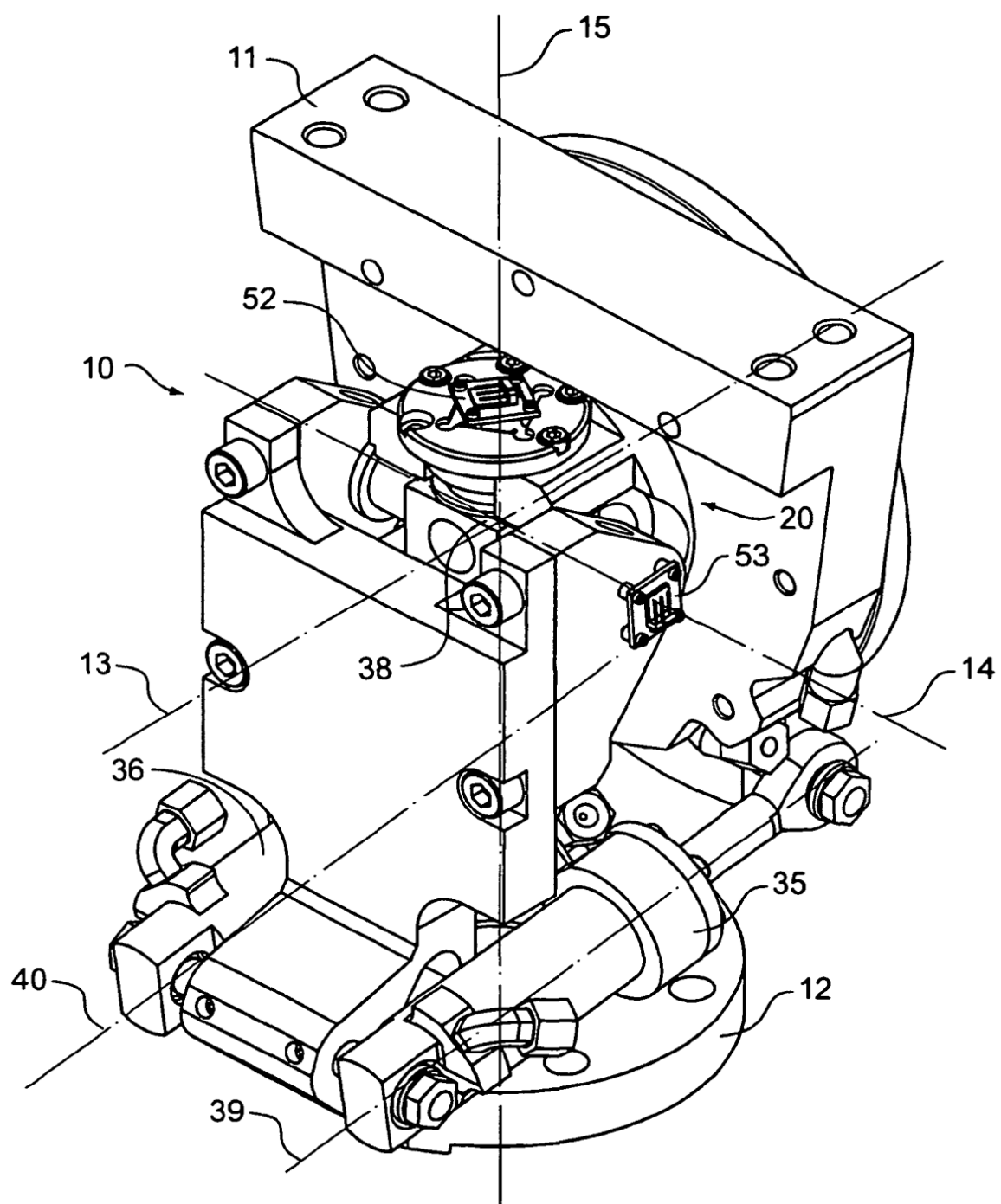


FIG.2

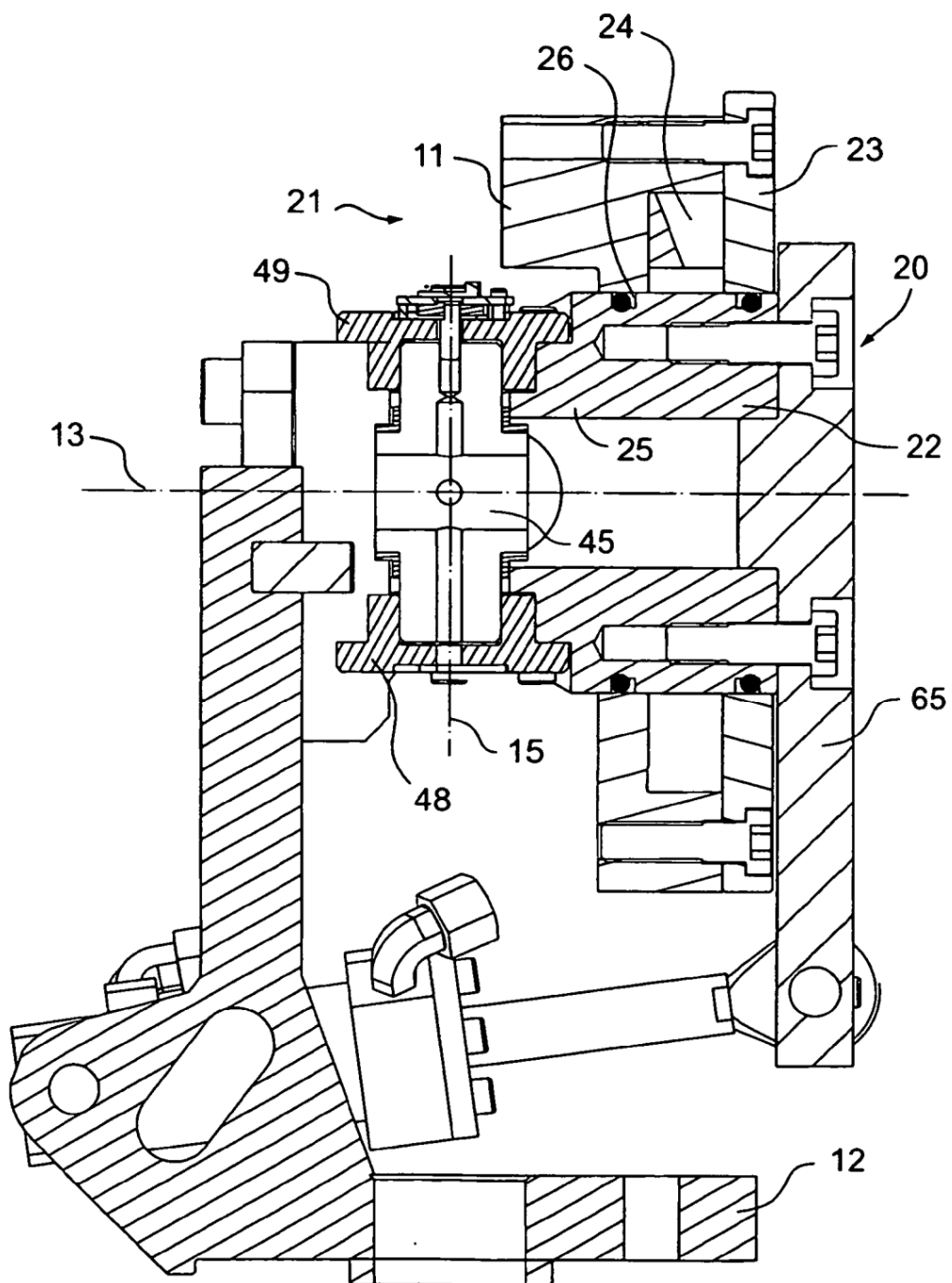


FIG.3

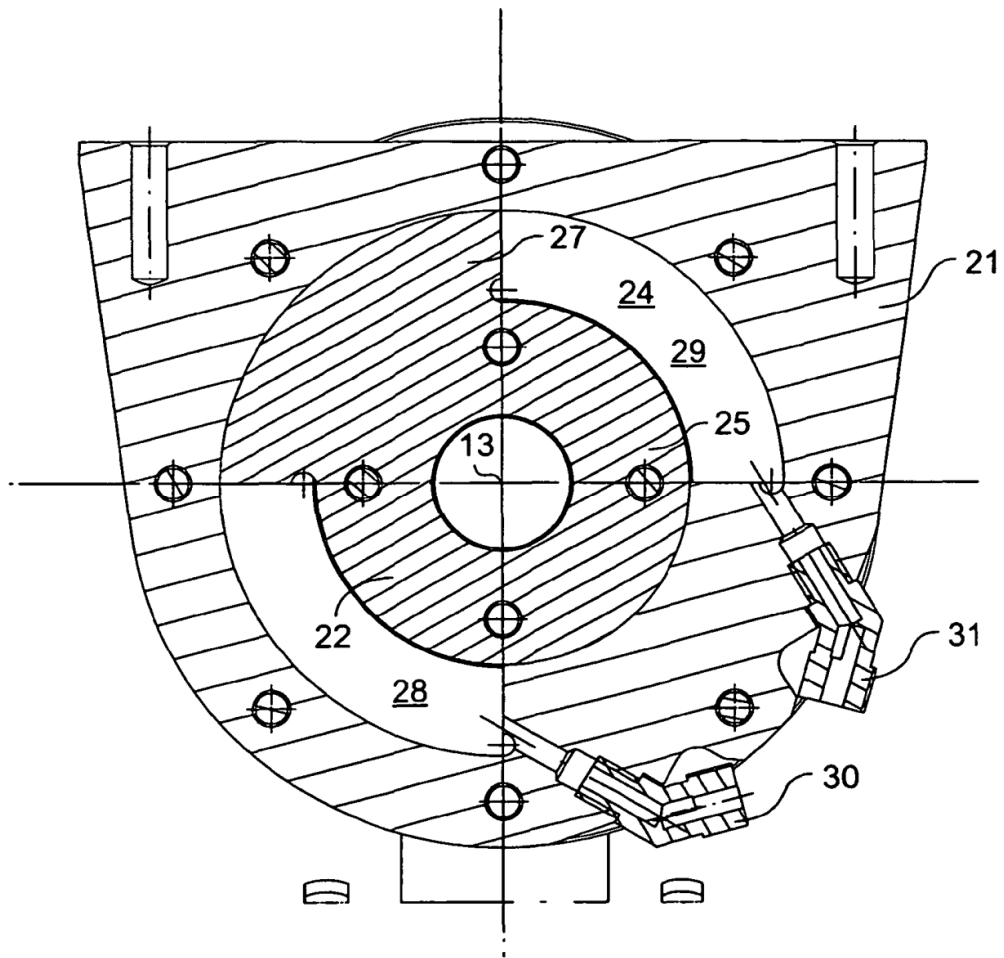


FIG.4

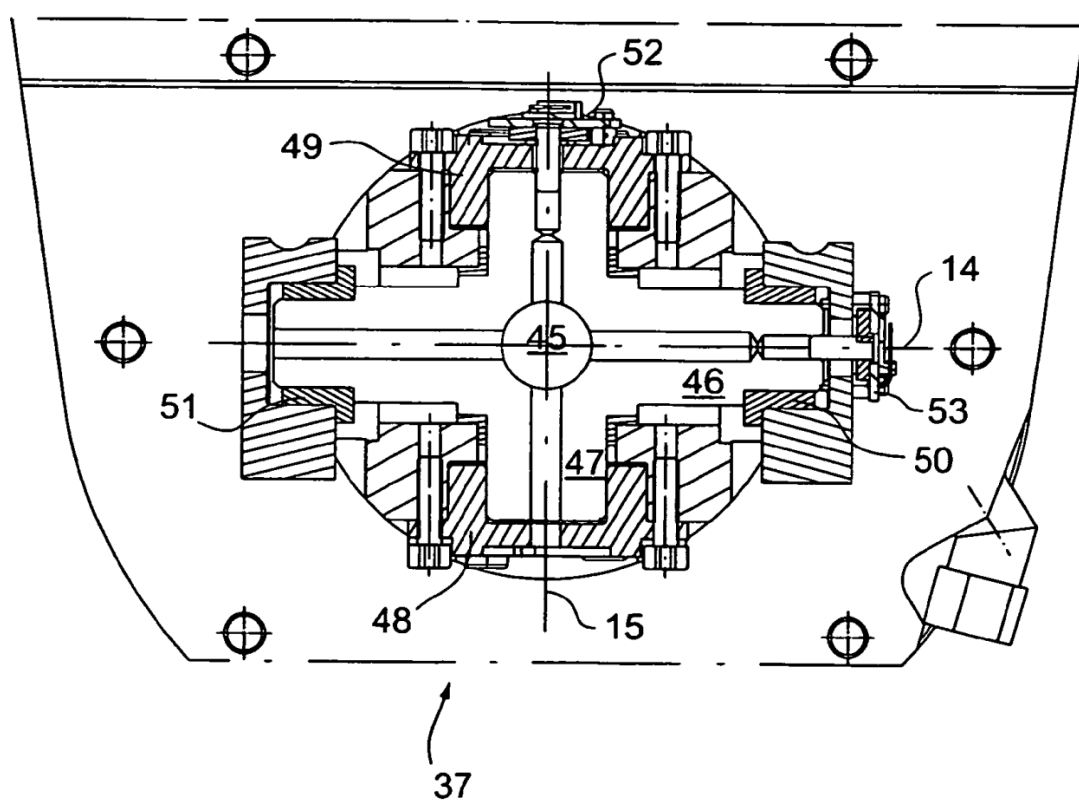


FIG.5

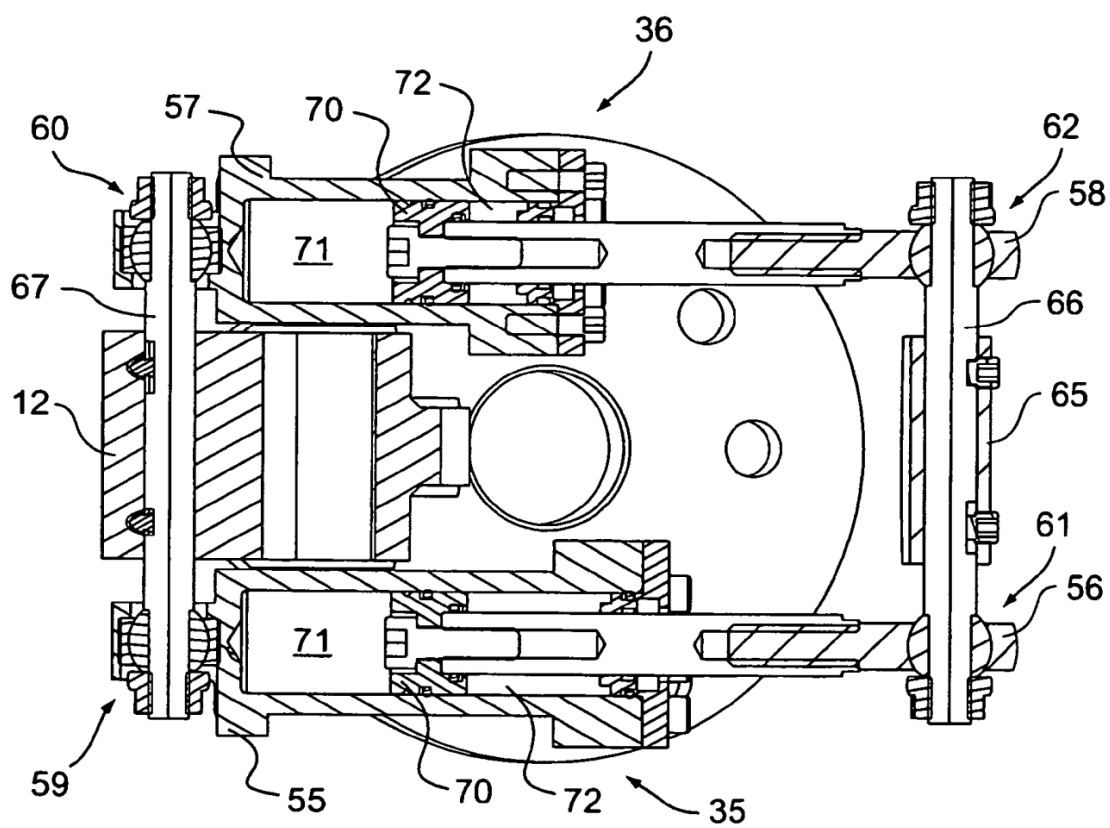


FIG.6

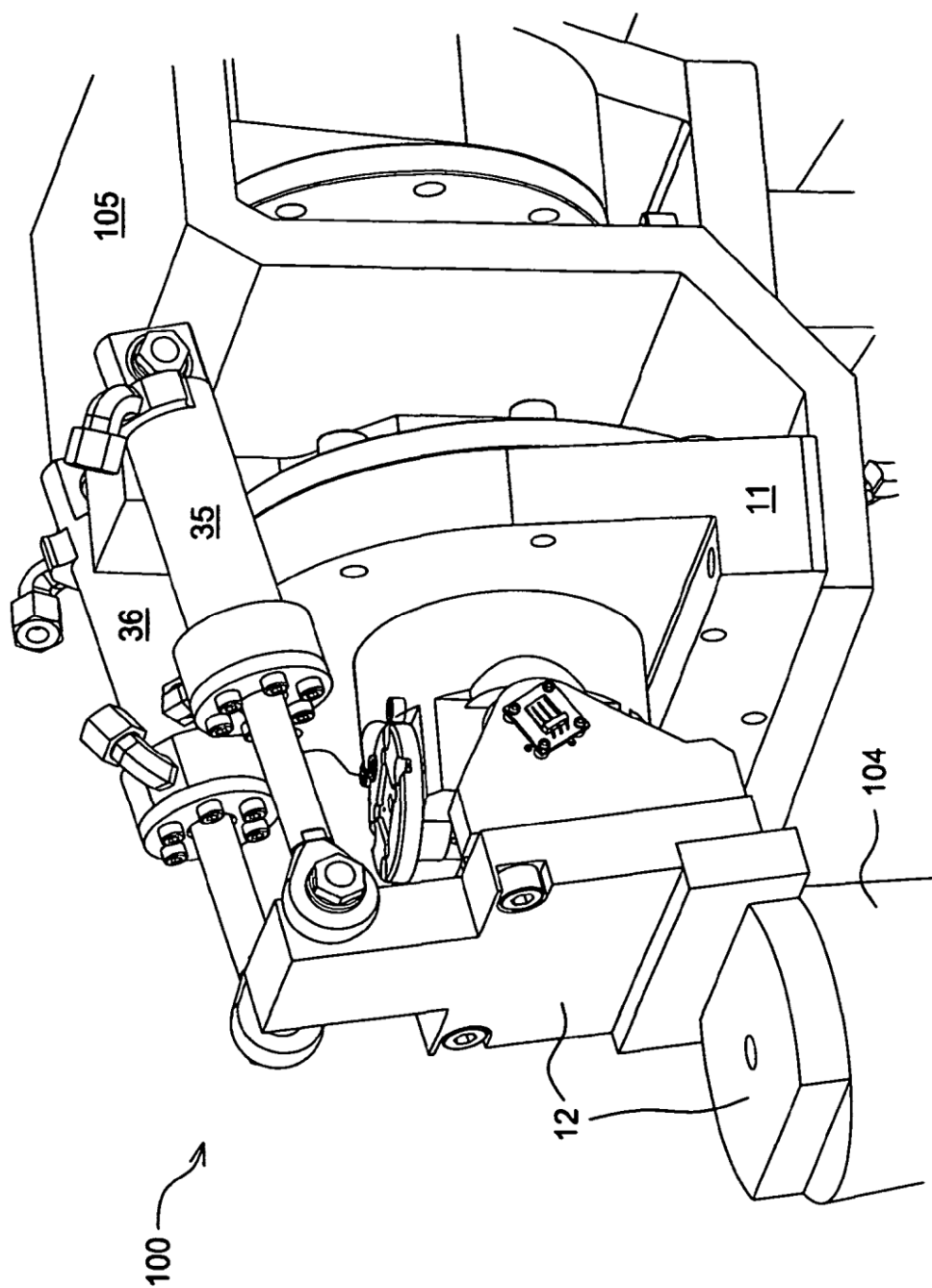


FIG.7

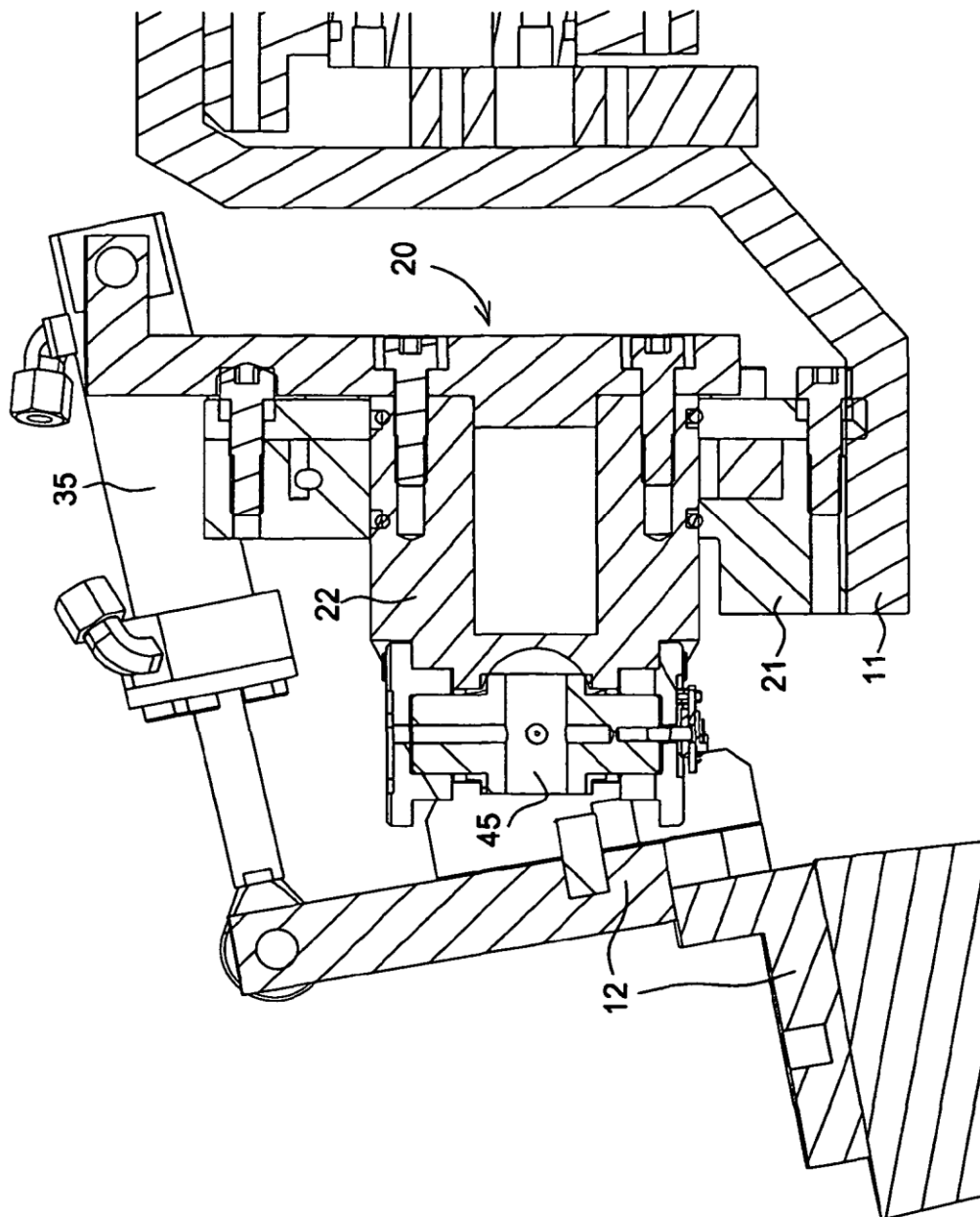


FIG. 8

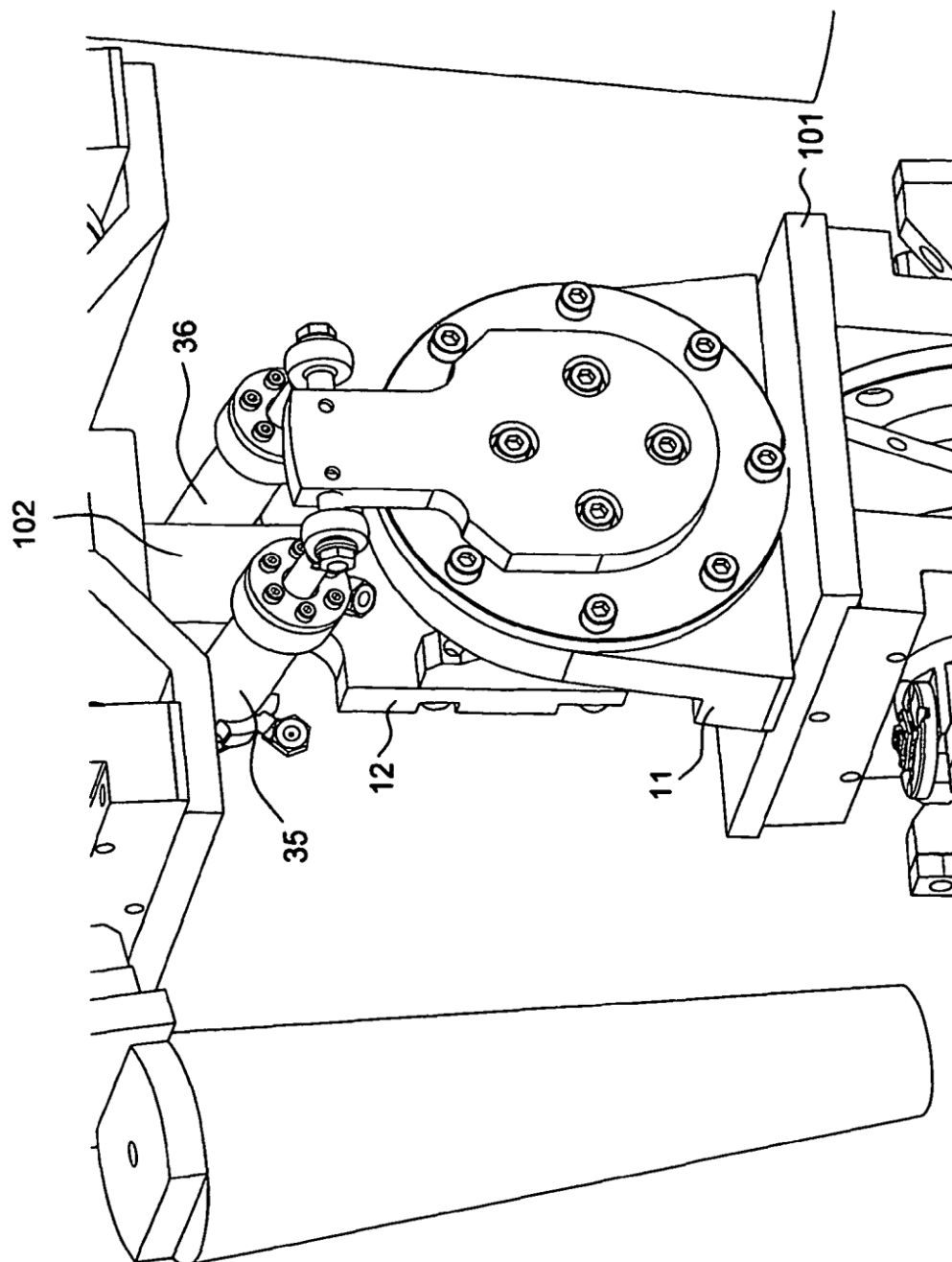


FIG.9

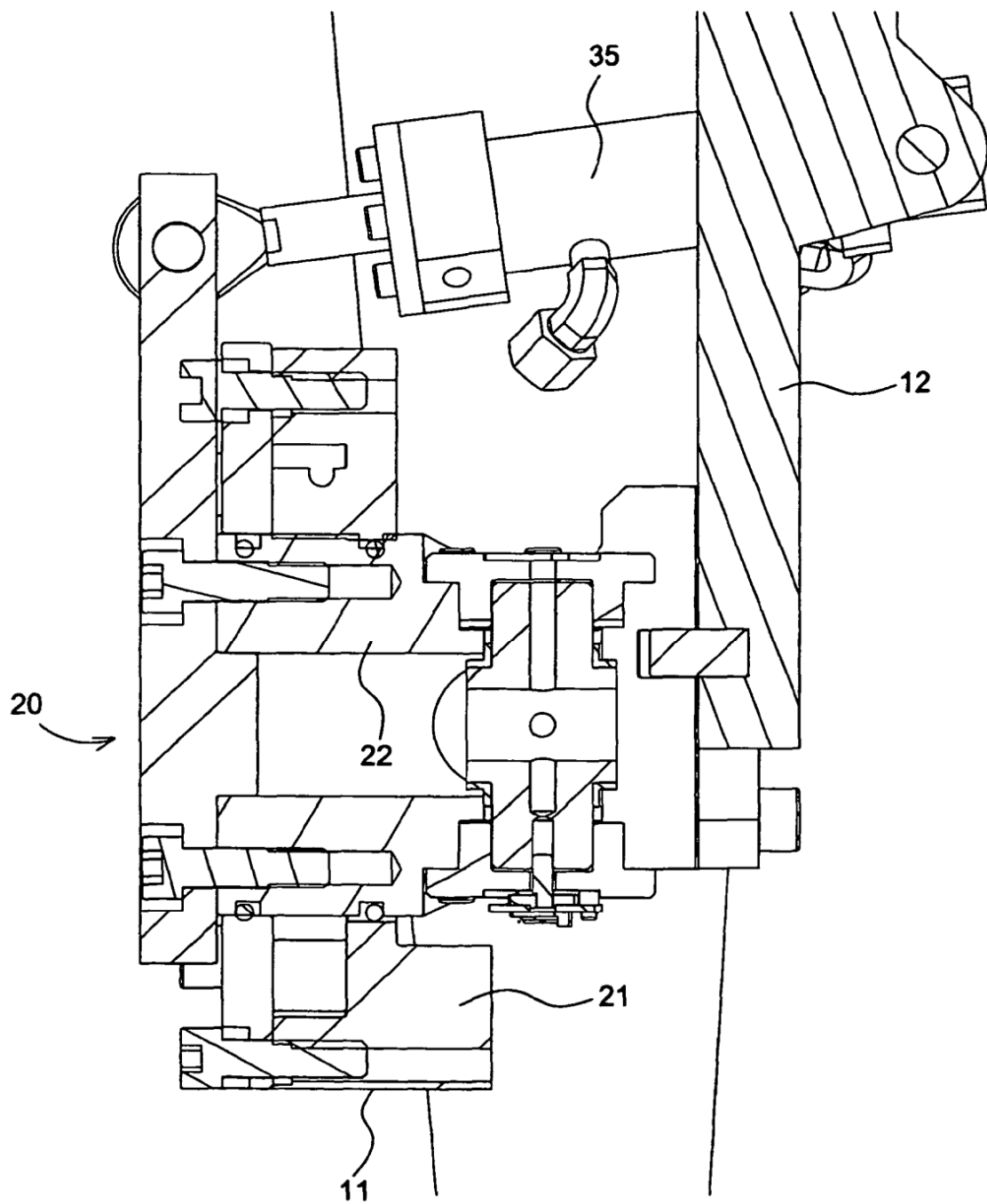


FIG.10