

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 397 940**

51 Int. Cl.:

**B25J 9/16** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.12.2010 E 10015263 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.11.2012 EP 2359988**

54 Título: **Procedimiento de calibración para robots gemelos**

30 Prioridad:

**09.12.2009 DE 102009057585**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**12.03.2013**

73 Titular/es:

**MULTIVAC SEPP HAGGENMÜLLER GMBH & CO.  
KG (100.0%)  
Bahnhofstrasse 4  
87787 Wolfertschwenden, DE**

72 Inventor/es:

**WÖRZ, NORBERT**

74 Agente/Representante:

**MILTENYI, Peter**

**ES 2 397 940 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**

Procedimiento de calibración para robots gemelos.

La presente invención se refiere a un procedimiento de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 para la calibración de un robot.

5 En robots, preferentemente robots delta con tres o más ejes, habitualmente están dispuestos simétricamente los servomotores y una mecánica posterior, por ejemplo, los brazos principales y su disposición de cojinetes, para no diseñar una transformación cinemática de forma innecesariamente complicada. Tales robots delta se conocen, por ejemplo, por el documento EP0200369A1 o el documento EP1293691B1.

10 Después de la terminación del montaje y la unión de los servomotores a un control de orden superior se tienen que calibrar los ajustes de los accionamientos con respecto a los sistemas de medición correspondientes, preferentemente codificadores giratorios absolutos, que se encuentran sobre los ejes de los servomotores. Las coordenadas o dimensiones y la situación de los servomotores, brazos principales, barras de antebrazo y articulaciones se pueden introducir y almacenar en el control. Para llevar los accionamientos a una ubicación conocida para la transformación cinemática se llevan los brazos principales a la posición en la cual las articulaciones en el extremo externo de los brazos principales se encuentran en el mismo plano horizontal que los ejes de los servomotores. Ya que estas posiciones se encuentran para el montador en el espacio tridimensional libre, se usan ayudas de ajuste que se montan en el armazón portante en el que están colocados los servomotores para servir de tope para los brazos principales.

20 Estas propias ayudas de ajuste se tienen que fabricar de forma muy precisa, así como el armazón portante para los servomotores, para que la superficie de montaje para la ayuda de ajuste con respecto a la situación de un servomotor y, por tanto, con respecto al eje del servomotor, esté sometida solamente a pequeñas tolerancias, ya que las imprecisiones y las tolerancias en estas zonas se pueden sumar y conducen a divergencias con respecto a los parámetros o medidas adoptados en teoría e introducidos en el control.

25 Estas divergencias conducen a divergencias en la posición de situación de la placa de colocación, en la que se alojan y colocan los productos, y también a imprecisiones en la colocación de productos. Además se pueden producir esfuerzos mecánicos en las articulaciones cuando los movimientos no se desarrollan tal como se ha calculado teóricamente en la transformación cinemática.

30 Como alternativa, las ayudas de ajuste también pueden poseer superficies de montaje (de referencia) en un bastidor portante en el que está colocado el armazón portante para los servomotores, que están previstas para la ayuda o las ayudas de ajuste. En este caso, la influencia de las precisiones de mecanizado y tolerancias no es menos crítica. Una ayuda de ajuste de este tipo, que se fija en el armazón portante para los servomotores de un robot delta y que une la placa de herramientas del robot delta de forma rígida con el armazón portante, se obtiene por el documento JP 2009 255 197 A. Con esta ayuda de ajuste se puede llevar a cabo un procedimiento para la calibración de un robot de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

35 Todos estos procedimientos conocidos tienen en común que la calibración a través de tales ayudas de ajuste no es muy precisa; y sobre todo existe la desventaja de que las ayudas de ajuste habitualmente no se suministran con el robot, sino que se tienen que traer por el montador de servicio de la fábrica cuando localmente, por ejemplo, se tiene que cambiar un servomotor y calibrar a continuación.

40 Es objetivo de la presente invención poner a disposición un procedimiento de calibración para robots que no presente las desventajas del estado de la técnica.

Este objetivo se resuelve mediante un procedimiento con las características de la reivindicación 1.

45 En un robot con un armazón portante y al menos tres brazos principales alojados de forma móvil con respecto al armazón portante, pudiéndose mover los extremos externos opuestos al armazón portante de los brazos principales en diferentes ubicaciones en el espacio con respecto al armazón portante y relativamente unos con respecto a otros, los extremos externos de cada brazo principal se pueden unir con una distancia definida con respecto al extremo externo de los dos brazos principales adyacentes con elementos de unión que presentan una misma longitud. A este respecto, los extremos externos de los brazos principales forman de forma forzosa un triángulo equilátero, cuyas dimensiones y coordenadas son conocidas por el control. De este modo, los servomotores pueden calibrarse sin requerir la ayuda de otros dispositivos mecánicos de calibración.

50 A este respecto, el armazón portante puede estar colocado en un bastidor portante o ser por sí mismo una parte del bastidor portante, que está configurado como carcasa o pórtico. En el armazón portante para cada brazo principal que está alojado en el mismo está previsto un accionamiento, realizado preferentemente como servomotor. Todos los servomotores están unidos con un control, que está en disposición de realizar la transformación cinemática del robot. Habitualmente, en los brazos principales del robot están colocados antebrazos que a su vez de forma conjunta están fijados en una placa de colocación, que está en disposición de alojar uno o varios productos y colocar los mismos a lo largo de una trayectoria deseada de movimiento.

55

5 Para poder controlar un movimiento de este tipo de la placa de colocación mediante los brazos principales, es necesaria una transformación cinemática en el control y, para esto, todos los servomotores durante la puesta en marcha tienen que calibrarse de forma muy precisa. Esto significa que los servomotores se mueven a una posición conocida por el control y la ubicación del sistema de medición de cada servomotor, en la posición en la que se calibra, se asume por el control y se correlaciona con la transformación cinemática. A continuación, el robot puede asumir sus funciones, por ejemplo, la recolocación de productos, sin que se produzcan esfuerzos mecánicos o colisiones en la estructura mecánica del robot.

10 A este respecto es ventajoso desactivar los equipos de frenos colocados en los servomotores, de tal manera que se puedan mover manualmente los brazos principales por el montador para la puesta en marcha. Como alternativa, también se pueden trasladar los servomotores mediante un funcionamiento de pulsación mediante botones de mando y el control preferentemente de forma muy lenta hasta una posición deseada.

15 En este caso, como condición, al menos algunos antebrazos, compuestos la mayoría de las veces de dos barras de antebrazo, deben poderse separar de los brazos principales o la placa de colocación hasta que sea posible un movimiento libre de los brazos principales. La invención también se puede realizar de tal manera que los brazos principales en su lado opuesto al armazón portante presenten articulaciones, en las que se pueden colocar elementos de unión que presentan una misma longitud, de tal manera que un elemento de unión une dos brazos principales adyacentes y entre cada brazo principal se encuentre un elemento de unión. De este modo se produce un triángulo equilátero en el plano de los elementos de unión, por ejemplo, en un robot delta de tres ejes, en el que los tres brazos principales presentan un mismo ángulo con respecto a las disposiciones de cojinetes en el armazón portante.

20 Mediante las dimensiones de los puntos de apoyo de los brazos principales, de los propios brazos principales así como la situación de las articulaciones y la longitud de los elementos de unión puede realizarse la calibración de la transformación cinemática.

25 Las articulaciones están realizadas preferentemente como articulaciones esféricas, que posibilitan que las, por ejemplo, dos barras de antebrazo por antebrazo en el brazo principal sean adecuadas para el uso durante el funcionamiento del robot y también que se puedan fijar en las mismas elementos de unión para unir respectivamente dos brazos principales adyacentes, de tal manera que todos los brazos principales se puedan llevar a una posición definida para la calibración y también posiblemente predeterminada.

30 A este respecto es particularmente razonable usar como elementos de unión las propias barras de antebrazo que anteriormente se separaron en parte de los brazos principales y en parte de la placa de colocación. Esto ofrece la ventaja de que no se necesitan elementos de unión adicionales para la calibración y, por tanto, también se pueden usar en una operación de asistencia técnica posterior, por ejemplo, para la sustitución de un servomotor, las barras de antebrazo sin tener que buscar o proporcionar elementos de unión adicionales.

35 En el procedimiento de acuerdo con la invención se separan al menos algunos antebrazos de los brazos principales o la placa de colocación y después los extremos externos de los brazos principales se mueven unos hacia otros hasta que mediante los elementos de unión se hayan unido todos los brazos principales mediante la unión de respectivamente dos brazos principales adyacentes. Esto conduce a una posición de calibración común inequívoca de todos los brazos principales y, por tanto, también de los correspondientes servomotores o sus sistemas de medición. A este respecto, las barras de unión en su plano común en un robot delta de tres ejes forman un triángulo equilátero.

40 Para poder mover manualmente los brazos principales, preferentemente se desactivan los equipos de frenado existentes en los servomotores.

45 Los elementos de unión se colocan en las articulaciones existentes de los brazos principales, que están realizadas preferentemente como articulaciones esféricas. La ventaja de estas articulaciones esféricas con contrapieza adecuada en el elemento de unión es que esta unión carece de holgura cuando, por ejemplo, la contrapieza de la articulación esférica (denominada "rótula") se presiona en el elemento de unión mediante medios auxiliares elásticos, tales como resortes o gomas tensoras, contra la articulación esférica. Asimismo se puede concebir realizar la rótula como articulación en el brazo principal y la articulación esférica en el elemento de unión.

50 El procedimiento de acuerdo con la invención en una variante prevé que las barras de antebrazo que forman el antebrazo, que a su vez están fijadas en los brazos principales, se usen como elementos de unión. A este respecto, las mismas se separan en parte de los brazos principales y en parte de la placa de colocación para a continuación poder estar en disposición de unir respectivamente dos brazos principales adyacentes mediante las barras de antebrazo a través de las articulaciones sin mover a este respecto los brazos principales a la posición de calibración.

55 Esta posición de calibración es una posición forzada, que por un lado está fijada mediante la situación y las dimensiones de todos los componentes unidos entre sí, no pudiéndose modificar por otro lado esta posición, ya que un intento de desviación de uno o varios componentes conduce a contratensiones en este sistema mecánico, que tiene por objeto devolver los componentes de nuevo a la posición de calibración.

A continuación se representa con más detalle un ejemplo de realización ventajoso de la invención mediante un dibujo. En particular muestran:

La Figura 1, una vista lateral de un ejemplo de realización del robot a calibrar con un bastidor portante,

La Figura 2, el robot mostrado en la Figura 1 sin bastidor portante para el funcionamiento,

5 La Figura 3, el robot mostrado en la Figura 2 en una posición de calibración,

La Figura 4, una vista lateral esquemática en una posición de funcionamiento con un brazo principal y antebrazo,

La Figura 5, una vista lateral esquemática en una posición de calibración con un brazo principal y antebrazo y

La Figura 6, una vista superior esquemática con brazos principales y elementos de unión en una posición de calibración.

10 Los componentes iguales están provistos en las figuras constantemente de las mismas referencias.

La Figura 1 muestra una vista lateral de un robot delta de tres ejes 1 en un bastidor portante 2. El robot 1 puede realizar, por ejemplo, la función de introducir productos 3 desde una cinta de suministro 4 en un recipiente 5 que se encuentra sobre una cinta de salida 6.

15 En la Figura 2 está mostrado el robot 1 sin bastidor portante 2. Los brazos principales 7a, 7b, 7c están alojados en el armazón portante 8 y son accionados por los servomotores 9a, 9b, 9c. Para el funcionamiento están previstos antebrazos 10a, 10b, 10c, que disponen de respectivamente dos barras de antebrazo 11 para establecer mediante articulaciones 12 en el extremo de los brazos principales 7a, 7b, 7c y articulaciones 13 en la placa de colocación 14 una unión, para que la placa de colocación 14 se pueda colocar mediante el movimiento de los tres brazos principales 7a, 7b, 7c.

20 La Figura 3 muestra el robot 1 en su posición de calibración. A este respecto, las articulaciones 12 adyacentes de los brazos principales 7a, 7b, 7c están unidas entre sí mediante las tres barras de antebrazo 11. Antes de que se alcance este estado se desactivan los equipos de frenado que se encuentran preferentemente en el servomotor 9a, 9b, 9c o sobre el eje del servomotor. Esto se puede llevar a cabo mediante un control no representado. Por tanto, el operario o el montador está en disposición de mover manualmente los brazos principales 7a, 7b, 7c en solitario o de  
25 forma conjunta. Para esto, las barras de antebrazo 11 se separan en parte de las articulaciones 12 en los brazos principales 7a, 7b, 7c y las articulaciones 13 en la placa de colocación 14, ya que, por un lado, se usan solo tres barras de antebrazo 11 en la posición de calibración y, por otro lado, no está prevista una unión con la placa de colocación 14. Los brazos principales 7a, 7b, 7c se mueven aproximadamente a la posición de calibración  
30 representada en la Figura 3 y se coloca una primera barra de antebrazo 11 entre dos brazos principales 7a, 7b adyacentes. Para esto puede ser necesario colocar la barra de antebrazo 11 en el brazo principal 7a, 7b, por ejemplo, mediante un dispositivo elástico no representado, de forma que se sujete por sí misma. A continuación se coloca la siguiente barra de antebrazo 11 de la misma forma en los brazos principales 7b, 7c. Si la tercera y última barra de antebrazo 11 se coloca entre los brazos principales 7c, 7a, todavía no unidos entre sí, esto es posible solo en una posición definida mediante la situación y las dimensiones de los brazos principales 7a, 7b, 7c, de las  
35 articulaciones 12 y de las barras de antebrazo 11. Esta posición preferentemente es la posición de calibración.

En la Figura 4 se muestra una vista lateral esquemática de un brazo principal 7 con la articulación 12 colocada en el extremo y la barra de antebrazo 11 unida con la misma. En este caso no se representa la unión de la barra de antebrazo 11 con la placa de colocación 14.

40 La Figura 5 muestra una vista lateral esquemática de la posición de calibración con un brazo principal 7, una articulación 12 y una barra de antebrazo 11. En esta posición se encuentran las articulaciones 12 y las tres barras de antebrazo 11 en un plano E común y el mismo es paralelo con respecto al plano de referencia en el que se encuentran los ejes de giro 15 de los brazos principales 7a, 7b, 7c.

A este respecto se ajusta para los tres brazos principales 7a, 7b, 7c un ángulo de eje W y la distancia del plano E y el plano en el que encuentran los ejes de motor se denomina distancia vertical V. La longitud L de los brazos principales se define como distancia del punto central de la articulación 12 y el eje de giro 15 de la disposición de cojinetes del brazo principal en el armazón portante 8.  
45

En la Figura 6 se muestra una vista superior esquemática sobre el robot 1 en la posición de calibración. En un robot delta de tres ejes, los ejes de las barras de antebrazo 11 en su plano E común forman un triángulo equilátero. En esta vista están definidas otras dimensiones:

50 a = distancia de dos puntos centrales de las articulaciones 12 en el extremo de los brazos principales 7a, 7b, 7c

b = longitud de la barra de antebrazo 11

c = longitud de cantos del triángulo equilátero

## ES 2 397 940 T3

d = distancia del eje del servomotor, al mismo tiempo también eje de giro 15 de la disposición de cojinetes del brazo principal, con respecto al eje central vertical del robot

e = distancia horizontal de los puntos centrales de las articulaciones 12 con respecto al eje central vertical del robot

r = radio a través de las esquinas del triángulo equilátero

5 L = longitud del brazo principal 7a, 7b, 7c

W = ángulo de eje de brazo principal 7a, 7b, 7c en ubicación de calibración

V = distancia vertical del plano del triángulo con respecto al plano de referencia

Existen las siguientes relaciones matemáticas:

$$c = 2 * a + b$$

10  $r = \text{raíz} (1/3 * c \text{ elevado a } 2)$

$$e = r - \text{raíz} (a \text{ elevado a } 2 * 3/4)$$

$$W = \text{ARCCOS} ((e - d) / L)$$

$$V = \text{SEN}(W) * L$$

15 El control del robot contiene una transformación cinemática. En la misma pueden introducirse los datos para a, b, d, L. Mediante las relaciones matemáticas se obtiene el ángulo de eje W y se puede cotejar en la posición de calibración con los sistemas de medición de los servomotores 9a, 9b, 9c.

Para el funcionamiento, después de la calibración se vuelven a soltar las uniones mediante las barras de antebrazo 11 entre los brazos principales 7a, 7b, 7c y todas las barras de antebrazo 11 se unen correspondientemente con los brazos principales 7a, 7b, 7c y la placa de colocación 14.

20 La invención no está imitada a la calibración de un robot delta de tres ejes, sino que se pueden concebir también robots con más de tres brazos principales 7A, 7b, 7c y/o ejes adicionales que pueden realizar un giro del producto 3.

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para la calibración de un robot (1) con un armazón portante (8) y al menos tres brazos principales (7a, 7b, 7c) alojados de forma móvil con respecto al armazón portante (8) y al menos tres antebrazos (10a, 10b, 10c) que durante el funcionamiento unen respectivamente un brazo principal (7a, 7b, 7c) con un placa de colocación (14), **caracterizado por** la separación de al menos algunos antebrazos (10a, 10b, 10c) de los brazos principales (7a, 7b, 7c) o de la placa de colocación (14), de tal manera que es posible un movimiento libre de los brazos principales (7a, 7b, 7c), así como por el movimiento de los extremos externos opuestos al armazón portante (8) de los brazos principales (7a, 7b, 7c) a una ubicación en el espacio relativa unos con respecto a otros y la unión de los extremos externos de los brazos principales (7a, 7b, 7c) con elementos de unión (11) con la misma longitud hasta que el extremo de cada brazo principal (7a, 7b, 7c) esté unido con el extremo de al menos un brazo principal (7a, 7b, 7c) adyacente.
2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** cada brazo principal (7a, 7b, 7c) está unido con ambos vecinos.
3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado porque** los brazos principales se mueven manualmente.
4. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** los extremos externos de los brazos principales (7a, 7b, 7c) presentan articulaciones (12), uniéndose respectivamente las articulaciones (12) de brazos principales (7a, 7b, 7c) adyacentes mediante los elementos de unión (11).
5. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque** los extremos de los brazos principales (7a, 7b, 7c) están unidos con antebrazos (10a, 10b, 10c) y cada antebrazo (10a, 10b, 10c) comprende dos barras de antebrazo (11) y las barras de antebrazo (11) son los elementos de unión (11) y se suelta al menos una barra de antebrazo (11) de una articulación (12) de un brazo principal (7a, 7b, 7c).

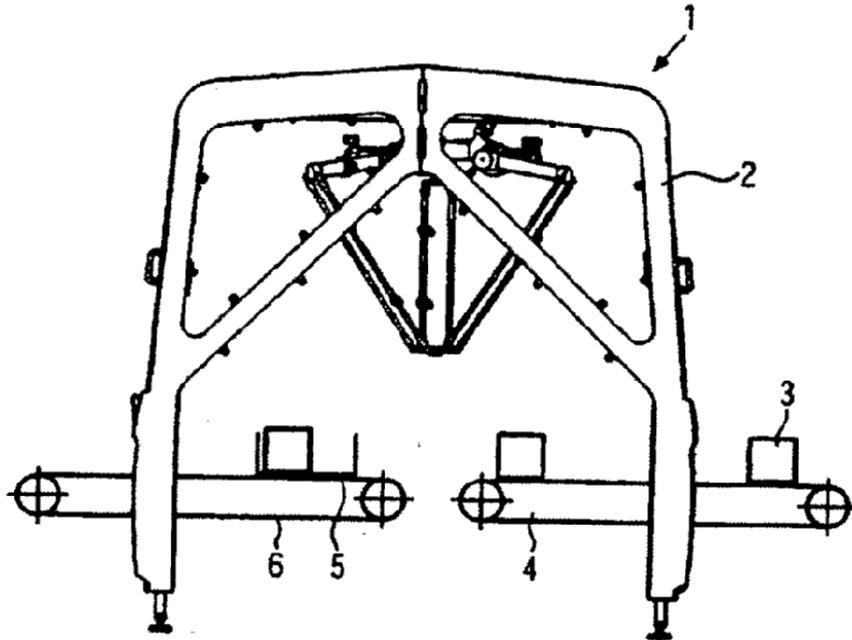


FIG. 1

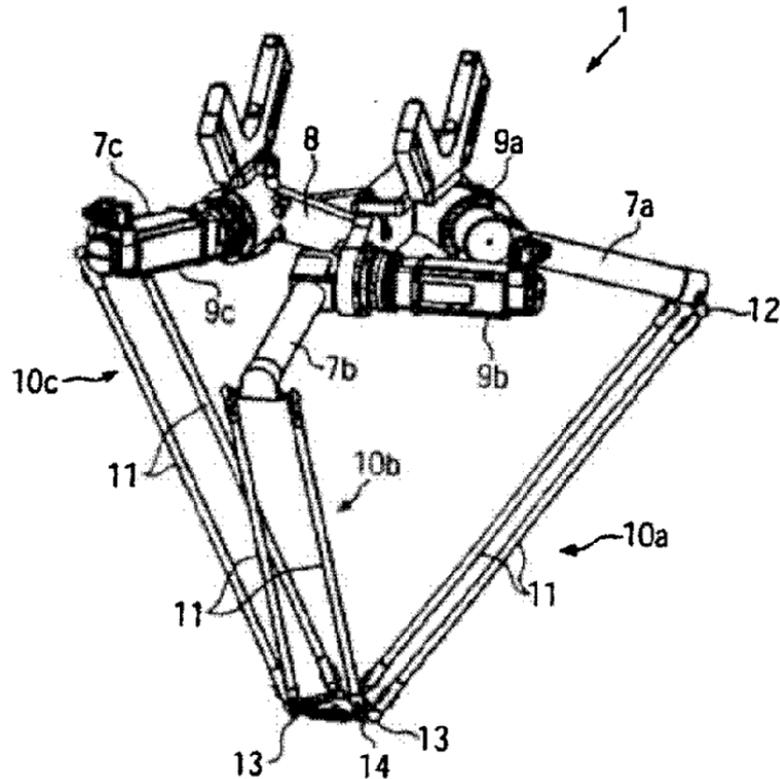


FIG. 2

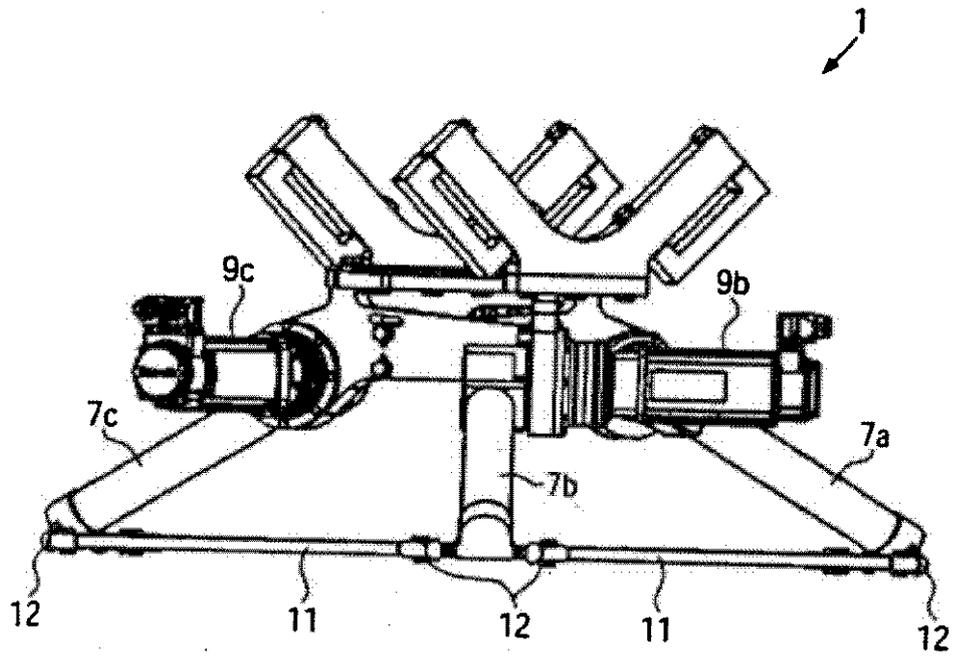


FIG. 3

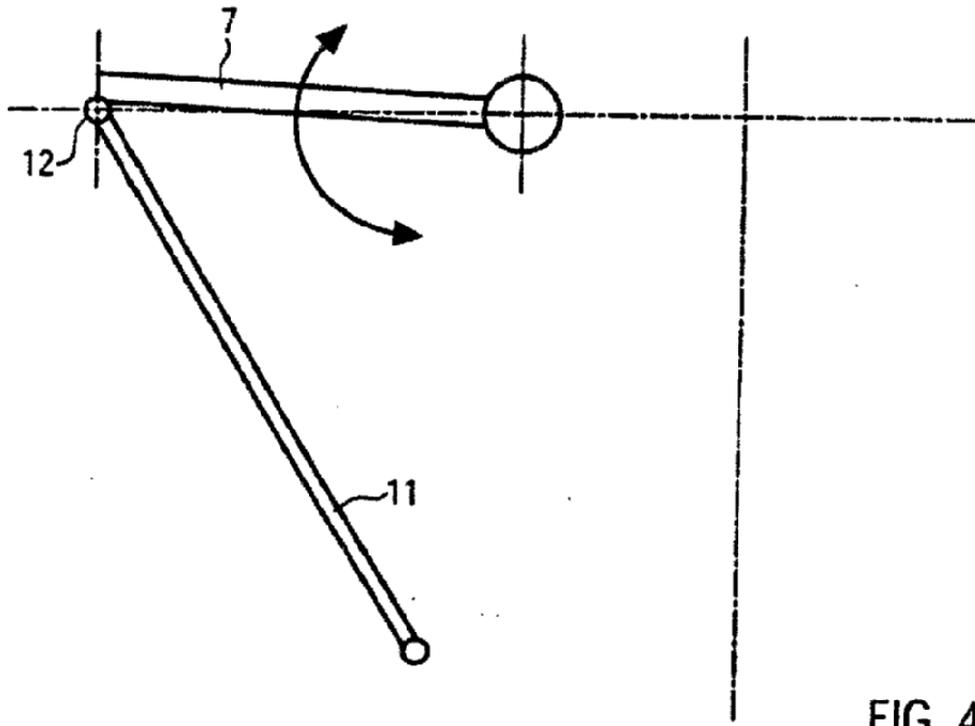


FIG. 4

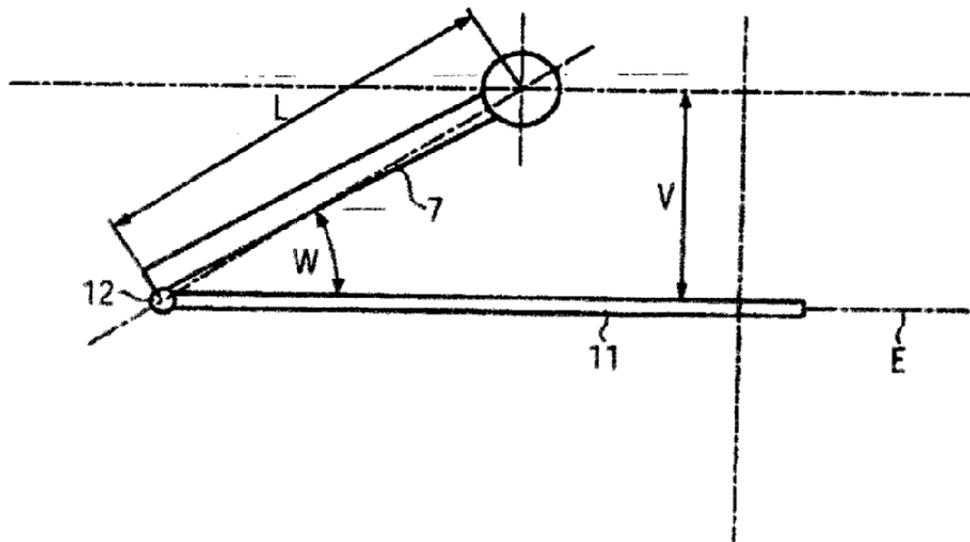


FIG. 5

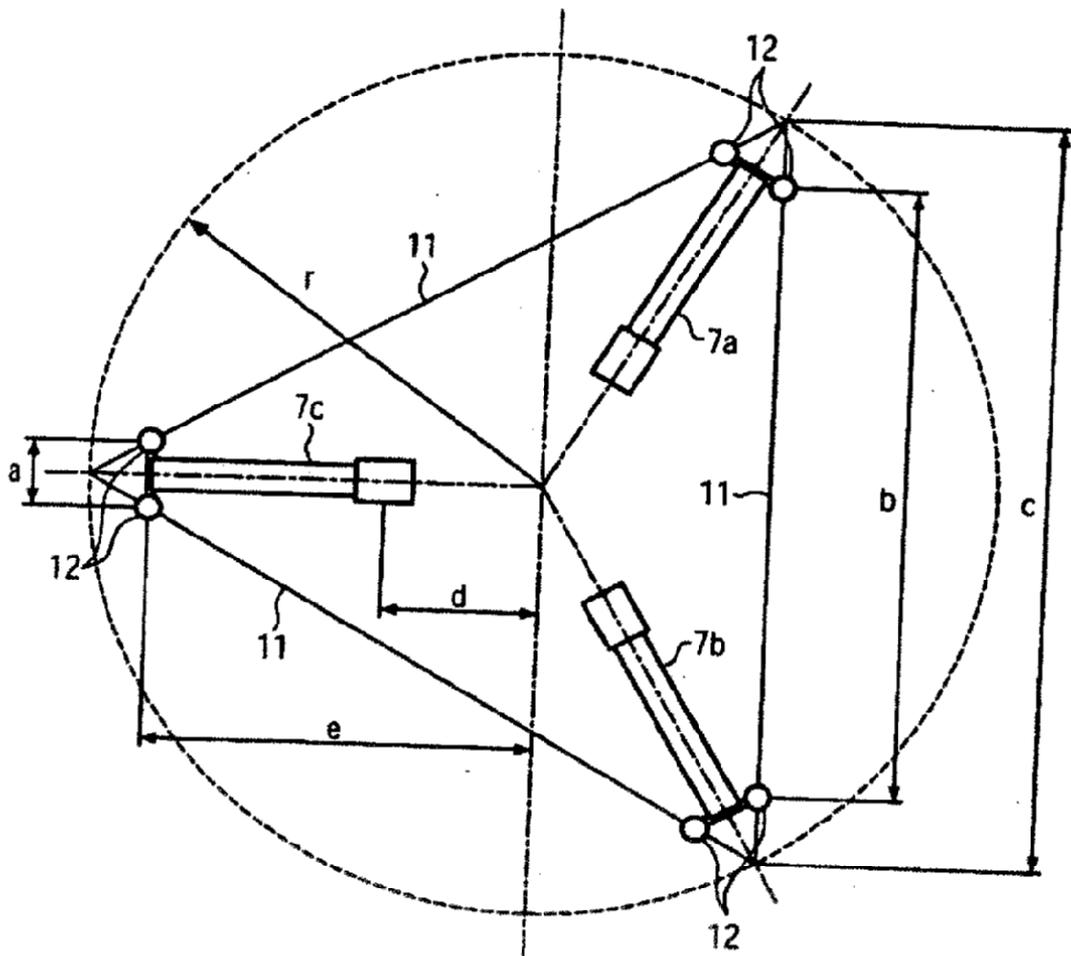


FIG. 6