

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 682 330**

51 Int. Cl.:

B66C 1/10 (2006.01)

B66C 1/16 (2006.01)

B66C 13/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.04.2015** **E 15382183 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.06.2018** **EP 3081523**

54 Título: **Aparato autoequilibrado para elevación y posicionamiento de cargas, con seis grados de libertad**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
20.09.2018

73 Titular/es:

AIRBUS DEFENCE AND SPACE, S.A. (100.0%)
Av. John Lennon s/n
28906 Getafe (Madrid), ES

72 Inventor/es:

ESTEBAN FINK, FERNANDO, ENRIQUE;
LEÓN AREVALO, FRANCISCO, JOSÉ;
DEL POZO POLIDORO, ENRIQUE y
PÉREZ LÓPEZ, MANUEL

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 682 330 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

Aparato autoequilibrado para elevación y posicionamiento de cargas, con seis grados de libertad

Objeto de la invención

La presente invención se refiere en general a un aparato para la estabilización y el manejo de una carga elevada.

- 5 Un objeto de la presente invención es proporcionar un aparato para elevación y posicionamiento de una manera autoequilibrada de una carga independientemente de la posición de su centro de gravedad, tal como una amplia gama de piezas que varían en tamaño y forma, que pueden ser por lo tanto transportadas por el aire y manipuladas fácilmente y con seguridad.

Antecedentes de la invención

- 10 El movimiento potencial de un objeto elevado se puede prever mejor por medio de un sistema cartesiano de coordenadas en el que el eje z está en la dirección vertical, y los ejes x e y forman el plano horizontal. Por consiguiente, la rotación del objeto izado en torno al eje z se define como guiñada, la rotación alrededor del eje x se define como cabeceo, y la rotación alrededor del eje Y se define como alabeo.

- 15 En aplicaciones típicas de transporte de carga, una grúa tendrá un único cable de elevación, que es estable solo en la dirección z. Si una fuerza externa se aplica a partir de los lados, la carga realizará alabeo, cabeceo o guiñada, o se equilibrará en las direcciones x e y.

- Mientras que las cargas están siendo izadas, es esencial que el centro de masa del conjunto formado por el aparato de elevación y la carga esté alineado verticalmente con el punto de elevación con el fin de tener el conjunto equilibrado. De lo contrario, el conjunto puede oscilar y balancearse, causando daños a la pieza en sí, a los equipos de los alrededores o incluso causar lesiones a los operadores humanos.

- 20 Por lo tanto, la técnica anterior ha reconocido desde hace tiempo la necesidad de compensar estos movimientos no deseados, y como resultado varias soluciones han sido desarrolladas para la estabilización de una carga elevada. Por ejemplo, la patente US-4.883.184 desvela una disposición de cable y la plataforma de elevación de una manera estabilizada. La plataforma de elevación asegura las cargas a un dispositivo de sujeción y la plataforma es capaz de ser suspendida de una grúa por un carro de acoplamiento. El carro de acoplamiento incluye un torno de cable en el que seis cables se suspenden y se unen a la plataforma elevadora. El carro de acoplamiento también incluye guías de cables que guían los seis cables alejados del torno en tres pares de cables, preferentemente espaciados de forma equidistante.

- 30 Con el fin de sujetar los cables a la plataforma de elevación, la plataforma incluye un bastidor de fijación que tiene tres puntos de fijación del cable, preferiblemente espaciados equidistantemente separados entre sí. La plataforma de elevación ayuda a estabilizar el levantamiento de cargas mediante la detección de desequilibrio de la carga en relación con el centro de masa de la plataforma y el reposicionamiento de la carga para corregir el desequilibrio.

- 35 La patente US 4.932.541 desvela un sistema de manipulación de la carga estabilizado utilizando medios para estabilizar una carga suspendida en todos los seis grados de libertad utilizando seis cables controlados individualmente en tensión en una disposición cinemática. Unos sensores inerciales y de distancia, acoplados con las unidades de cable, proporcionan los medios para controlar la grúa multicableada de forma automática.

- 40 Por otro lado, unos dispositivos de accionamiento con seis grados de libertad, generalmente conocidos como hexápodos, se utilizan comúnmente, por ejemplo, en simuladores de vuelo o de conducción, que son capaces de mover una plataforma sobre la que está montada una cabina de simulación, con seis grados de libertad en el espacio. La plataforma móvil de la técnica anterior más conocida, es una plataforma Stewart, que se basa en el uso de un dispositivo de posicionamiento que permite el movimiento hexápodo con seis grados de libertad. El tipo de movimiento de estas plataformas forma parte de la familia de robots paralelos.

- 45 Las publicaciones de patentes americanas US2009/0035739 A1 y US2012/0180593 A1 desvelan e ilustran en detalle más ejemplos de plataformas Stewart. Típicamente, una plataforma Stewart comprende una placa fija inferior, seis accionadores telescópicos y una placa superior móvil, en la que los accionadores telescópicos están conectados de manera pivotante en sus extremos opuestos a la placa base y a la placa superior móvil, existiendo tres puntos de fijación en cada una de las placas base y la placa superior móvil a los que están conectados los respectivos pares de los accionadores telescópicos. Como consecuencia de esta disposición conocida, la placa superior móvil tiene seis grados de libertad, es decir, tanto la rotación y traslación sobre los ejes X, Y y Z.

- 50 También se conocen robots de cable suspendido o robots de tendón accionado, generalmente referidos como robots de cable, y se basan en múltiples cables conectados a una plataforma móvil que puede llevar uno o más manipuladores o robots. La plataforma es manipulada por los motores que pueden extender o retraer los cables. Los robots de cable se utilizan para diversas tareas de manipulación en un espacio de trabajo en tres dimensiones, como por ejemplo el manejo de materiales, hápticos, etc. La publicación de la patente de Estados Unidos

US2009/0066100A1 se refiere a un robot de cable de este tipo.

En la industria aeronáutica, unas piezas grandes y pesadas como planos de cola horizontal, alas o secciones del fuselaje, tienen que ser levantadas y transportadas de un lugar de trabajo a otro dentro de una planta de la fábrica o el montaje. Para esta tarea, los mecanismos de elevación, tales como grúas o tornos generales se utilizan comúnmente para proporcionar la fuerza de elevación necesaria para levantar la pieza.

Elevar y posicionar estas piezas grandes de aviones es un reto porque una gran variedad de piezas de diferentes tamaños y pesos, de posición previamente desconocida del centro de gravedad, tienen que ser transportadas y manipuladas dentro de una fábrica. Una solución clásica, es proporcionar un equipo de elevación dedicado para cada parte, pero esta solución es muy cara y engorrosa, ya que se requiere un gran número de equipos de elevación (plantillas).

En consecuencia, aunque muchos sistemas de elevación de carga autoequilibrados ya se conocen, ninguno de ellos ha sido concebido específicamente para resolver los problemas de elevación y manipulación de grandes piezas de aviones en la industria aeronáutica.

Un sistema de elevación según la técnica anterior se desvela en el documento US2014/0217050.

Sumario de la invención

La presente invención resuelve los inconvenientes de la técnica anterior mencionados anteriormente, proporcionando un aparato para la elevación y el posicionamiento de una carga de una manera autoequilibrada, sin saber de antemano la posición del centro de gravedad de la carga a elevar.

El aparato de la invención comprende dos plataformas superpuestas, una plataforma superior que está destinada a ser elevada por un equipo de elevación externa y convencional, tal que durante el uso el aparato se eleva a partir de al menos un punto de elevación y una plataforma inferior que está destinada a ser conectada a una pieza o parte para ser transportada y colocada, tal como durante el uso, esta parte se une a la plataforma inferior.

Además, el aparato comprende un accionador con seis grados de libertad, que incluye seis tendones de longitud variable en la que cada tendón está acoplado con la plataforma superior y con la plataforma inferior, de tal manera que la plataforma inferior está suspendida de la plataforma superior por medio de estos seis tendones de longitud variable. Para estas conexiones, tres puntos de fijación se definen respectivamente en las plataformas superior e inferior, de modo que un par de tendones están conectados a cada punto de fijación.

Los tres puntos de fijación en la plataforma superior yacen dentro del mismo plano, y en una realización preferida de la invención están espaciados equidistantemente entre sí, de modo que, estos puntos de fijación son los tres vértices de una configuración de triángulo equilátero. Del mismo modo, los tres puntos de fijación en la plataforma inferior yacen dentro del mismo plano, y en una realización preferida de la invención están espaciados equidistantemente entre sí, de modo que, estos puntos de fijación son los tres vértices de una configuración de triángulo equilátero y en el inferior de la plataforma. Sin embargo, en otras realizaciones preferidas de la invención se consideran otros tipos de configuraciones triangulares para las plataformas superior e inferior.

Preferiblemente, las plataformas superior y/o inferior tienen/tiene un bastidor triangular, preferentemente equilátero, ya que cada uno de dichos bastidor o plataforma triangular define los vértices, que están equidistantemente espaciados en el caso de una configuración equilátera. Cuando tanto las plataformas superior e inferior incluyen respectivos bastidores triangulares equiláteros, se compensa la posición relativa de estos dos bastidores superpuestos, es decir, los vértices de cada uno de los bastidores triangulares, no están alineados verticalmente.

Con esta disposición, la carga de una parte a ser elevada, es soportada por dichos tendones, por lo tanto, cuando el aparato está en uso, los tendones se tensan principalmente por la carga que se está elevando, y por la carga de la plataforma inferior. Siendo el número de tendones iguales a los grados de libertad, la aplicación de una carga vertical implica que todos los tendones se someterán a cargas de tracción. En caso de que la posición del centro de gravedad no satisfaga los criterios geométricos determinados, uno o varios tendones serían sometidos a cargas de tracción. Siendo el tendón capaz de soportar cargas de tracción solamente, tal condición eventualmente causaría el colapso del dispositivo.

Cada tendón de longitud variable es un elemento alargado y flexible, por ejemplo un cable ajustable o una correa ajustable, adaptados para ser linealmente extendidos y retraídos, por ejemplo por medio de un mecanismo de torno o un dispositivo similar.

Preferiblemente, cada uno de los tendones de longitud variable tiene un extremo articuladamente conectado a un punto de conexión o vértice de la plataforma inferior, y otro extremo conectado a un torno situado en la plataforma superior. Dichas conexiones articuladas pueden ser implementadas con ojales, grilletes o cualquier otro tipo de conexión de cable o hardware.

Por la operación del accionador con seis grados de libertad de una manera conocida, es decir, variando

individualmente y en forma coordinada la longitud de los tendones de longitud variable, la plataforma inferior (y a su vez la pieza unida a la misma) se puede mover con relación a la plataforma superior, en las tres direcciones del espacio e inclinarse alrededor de los tres ejes del espacio (x, y, z) (ya sea con respecto al centro de la plataforma superior o al centro de la plataforma inferior), resultando en un total de seis grados de libertad.

- 5 El aparato comprende además un sistema de contrapeso configurable con el apoyo de la plataforma superior, y adaptado para la nivelación de la plataforma superior para mantenerla horizontal. La propiedad configurable del sistema de contrapeso significa que su distribución de masa es variable, más específicamente es variable dentro de un plano con el fin de mantener la plataforma superior horizontal compensando cualquier excentricidad causada en el aparato en el momento de elevar una parte sin tener en cuenta su centro de gravedad, o en el momento de modificar la posición de una parte elevada. Dicha distribución de la masa se puede modificar, por ejemplo, mediante el desplazamiento de cualquiera de los pesos que se acumulan en el sistema dentro de un plano horizontal.

10 Disponiendo adecuadamente la distribución masiva de sistema de contrapeso, la ubicación del centro de gravedad del conjunto formado por el aparato y la parte levantada, es variada con el fin de conseguir alinearla verticalmente con el punto de suspensión general. Por lo tanto, el sistema de contrapeso configurable permite los movimientos estabilizados de una pieza elevada, evitando movimientos de alabeo y cabeceo no deseados.

15 El aparato comprende adicionalmente medios de medición de carga adaptados para medir individualmente fuerzas de tracción transmitidas por cada uno de los seis tendones de longitud variable. Tal medición de la carga, junto con la geometría del conjunto, permite que el sistema de control calcule exactamente el peso de la parte que es levantada y la posición de su centro de gravedad.

20 El aparato también está provisto de medios de procesamiento configurados para calcular dinámicamente una configuración deseada del sistema de contrapeso, basado en la medición de la carga de tracción de los tendones (un inclinómetro se utiliza solo como un sistema de seguridad para garantizar el funcionamiento correcto) cuando la carga es suavemente levantada antes de dejar totalmente el suelo.

25 Como una característica de seguridad adicional, el ángulo del bastidor superior en relación con el plano horizontal se mide por un inclinómetro, por lo que una situación anormal se puede detectar con prontitud y abortar la maniobra.

Al calcular automáticamente la ubicación del centro de gravedad de todo el conjunto (aparatos y parte), una distribución de masa correctiva del sistema de contrapeso se puede establecer dinámicamente, manteniendo el montaje nivelado, evitando así las oscilaciones no deseadas y reduciendo drásticamente el número de equipos de elevación necesarios en una planta de fabricación o montaje.

30 Una vez que la nivelación del conjunto en una posición dada de la carga se ha alcanzado plenamente, cualquier movimiento adicional de la carga en el eje x, y y z estaría acompañada automáticamente por el ajuste coherente del sistema de contrapeso, de tal manera que el conjunto se mantiene dinámicamente siempre horizontal en tiempo real.

35 Dado que el aparato es autoequilibrado varias operaciones se pueden realizar, como el transporte horizontal libre de oscilación, así como la manipulación de gravedad cero de elementos pesados con un mínimo esfuerzo del personal, por lo que la mano de obra requerida puede ser considerada reducida cuando se refiere a una operación puramente manual.

Breve descripción de los dibujos

Las realizaciones preferidas de la invención se describen de ahora en adelante con referencia a los dibujos adjuntos, donde:

40 la figura 1 muestra en el dibujo 1A una vista en perspectiva de una realización preferida del aparato de la invención. El dibujo 1B es una vista frontal en alzado de la plataforma superior de la misma realización.

La figura 2 muestra en el dibujo 2A otra vista en perspectiva de la plataforma superior de la misma realización de la figura 1. El dibujo 2B es una vista en planta inferior de la plataforma superior.

La figura 3 muestra una vista en perspectiva de uno de los dispositivos de contrapeso del sistema de contrapeso.

45 La figura 4 muestra una representación esquemática en vista de la planta del aparato de la figura 1, que sirve para ilustrar el funcionamiento del sistema de contrapeso de la invención. La posición de cada tendón de longitud variable, se representa con líneas de trazos en el dibujo A.

La figura 5 muestra una vista en perspectiva de un carrito de bobinado accionado por un motor usado en las mismas formas de realización, para variar la longitud de los tendones.

50 La figura 6 muestra medios propuestos para medir la tensión axial en cada tendón, en el que el dibujo (A) es una vista en alzado frontal, el dibujo (B) es una vista en sección transversal tomada a lo largo de la línea A-A en el dibujo (A), el dibujo (C) es una vista en sección transversal tomada a lo largo de la línea B-B en el dibujo (A), y el dibujo (D) es una representación esquemática del principio de funcionamiento de este dispositivo de medición.

Realización preferida de la invención

La figura 1 muestra una realización ejemplar del aparato de la invención, que comprende una plataforma superior (1) y una plataforma inferior (2) dispuesta por debajo de la plataforma superior, y un accionador con seis grados de libertad (3) conectado con las plataformas superior e inferior (1, 2), como para configurar una plataforma de Stewart invertida para mover la plataforma inferior (2) con relación a la plataforma superior (1), tal que una parte (no mostrada) fijada a la plataforma inferior (2) se puede mover con seis grados de libertad al mismo tiempo que está siendo elevada. La invención tiene por objeto proporcionar una manera de lograr fácilmente movimientos precisos de la carga, mientras que los desplazamientos secundarios se pueden obtener a través de un puente grúa o cualquier otro aparato industrial para la manipulación de material.

La plataforma superior (1) incluye un bastidor triangular equilátero superior (6) adaptado para ser elevado desde un punto de elevación general; para ese propósito, el aparato incluye un elemento de conexión (4) que tiene un anillo u ojal (8) (que define dicho punto de elevación general), para recibir el gancho de una grúa (no mostrada), y tres varillas (9a, 9b, 9c) con la misma longitud y que tienen extremos opuestos conectados respectivamente con el elemento de conexión (4) y con la plataforma superior (1). Los puntos en el bastidor superior, donde están conectadas las tres varillas (9a, 9b, 9c), están espaciados de tal manera para que el anillo o el ojal (8) estén alineados verticalmente con el centro geométrico del bastidor triangular superior (6).

Por otro lado, la plataforma inferior (2) incluye un bastidor inferior equilátero triangular (7) adaptado para la fijación de una parte a ser levantada y posicionada.

Los seis grados de libertad del accionador (3) comprenden seis tendones de longitud variable (5a, 5b, 5c, 5d, 5e, 5f), que en esta realización consisten en un cable o una correa de material adecuado. Cada uno de los tres vértices de los bastidores triangulares superior e inferior (6, 7), está provisto de medios articulados de conexión, tal que cada tendón (5a, 5b, 5c, 5d, 5e, 5f), está conectado entre uno de los tres vértices del bastidor triangular inferior (7) y uno de los tres vértices del bastidor triangular superior (6), tal que, el bastidor triangular inferior (7) está suspendido del bastidor triangular superior (6), y los tendones se tensan por el peso del bastidor inferior y cualquier carga que se le una.

Preferiblemente, los bastidores triangulares superior e inferior (6, 7) tienen el mismo tamaño, y se compensan entre sí como se muestra más claramente en la figura 4A. De esta manera, el espacio de trabajo, que es el espacio en el que el centro de gravedad del conjunto formado por la plataforma inferior y una pieza unida a él se puede mover sin comprimir los seis tendones de longitud variable, es el eje simétrico. Como se muestra más claramente en el dibujo 4A, en una vista en planta, el espacio de trabajo es un hexágono regular obtenido por la intersección de los dos bastidores triangulares superior e inferior.

Para variar la longitud de cada tendón, un mecanismo de torno (10a, 10b, 10c, 10d, 10e, 10f), tales como el tambor de enrollado accionado por motor que se muestra en la figura 5, se proporciona individualmente para cada uno de los seis tendones (5a, 5b, 5c, 5d, 5e, 5f), y como se muestra en la figura 1, cada tendón de longitud variable tiene un extremo conectado articuladamente con un vértice de la plataforma triangular inferior (7), y otro extremo conectado con su mecanismo de torno asociado, tal que la longitud de cada tendón de longitud variable se varía enrollando y desenrollando alternativamente cada uno de los tendones en su mecanismo de torno asociado.

Cada mecanismo de torno (10a, 10b, 10c, 10d, 10e, 10f), comprende convencionalmente una polea accionada por un motor eléctrico (13) a través de una caja de cambios de reducción. El mecanismo de torno incluye un freno, un codificador incorporado, y es controlado por un inversor de frecuencia electrónico de bucle cerrado.

En la realización de la figura 1, los mecanismos de torno (10a, 10b, 10c, 10d, 10e, 10f) están acoplados con el bastidor triangular superior (6). En esta realización, cada uno de los tres lados del bastidor triangular superior (6) presenta dos mecanismos de torno, y las poleas de los mismos se colocan aproximadamente en el medio de ese lado. Cada vértice del bastidor triangular superior (6) tiene dos poleas de giro libre (11a, 11b, 11c, 11d, 11e, 11f), una para cada uno de los dos tendones conectados a cada vértice. Una parte intermedia de cada tendón se enrolla en su polea asociada cuando el tendón está siendo extendido y retraído por el respectivo torno.

Mediante el control de la operación de cada mecanismo de torno (10a, 10b, 10c, 10d, 10e, 10f), la longitud de cada tendón es variada individualmente, de forma que el bastidor de triángulo inferior (7) se puede mover con seis grados de libertad en todas direcciones y ángulos del espacio.

Un sistema de contrapeso configurable (13) está montado en el bastidor triangular superior, y comprende al menos un dispositivo de contrapeso (14) como el que se muestra en más detalle en la figura 3, que incluye una guía lineal (15) y un peso (16) montado en la guía lineal (15) y un motor eléctrico (17), para mover el sistema de contrapeso a las posiciones deseadas calculadas por los medios de procesamiento, para desplazar linealmente el peso (16) a lo largo de la guía (15), por ejemplo por medio de una unidad de tornillo de bola, una cadena, una correa o cualquier otra técnica convencional. El dispositivo de contrapeso (14) está dispuesto de forma que su peso (16) es desplazable en un tercer plano paralelo al primer plano. Unos medios de control para operar el sistema de contrapeso pueden comprender un controlador de velocidad para los motores eléctricos, codificadores y medios de control electrónicos.

Aunque cualquier sistema de contrapeso capaz de desplazar una masa sobre un plano horizontal sería útil para el propósito de la invención, solo el sistema radial de triple aquí descrito permite la obtención del desplazamiento de la masa deseado de una manera progresiva, con sacudidas de carga mínimas, y en un mínimo tiempo.

Preferiblemente, el sistema de contrapeso (13) comprende tres dispositivos de contrapeso (14a, 14b, 14c) colocados uno encima del otro, de forma que los pesos (16a, 16b, 16c) de los dispositivos de contrapeso son desplazables en planos superpuestos, paralelos entre sí y paralelos al plano definido por el bastidor triangular superior (6). Además, la disposición relativa de los tres dispositivos de contrapeso (14a, 14b, 14c) se muestra en la figura 4A, en la que se puede ver que cada guía lineal (15a, 15b, 15c) de los dispositivos de contrapeso (14a, 14b, 14c) está alineada con una línea bisectriz (bisectriz) de los bastidores triangulares superiores o inferiores (6, 7), y que pasa a través del punto central de cada uno de los dispositivos de contrapeso (14a, 14b, 14c) alineada verticalmente con el centro geométrico del bastidor triangular superior (8).

Unos medios de medición de carga se proporcionan para la medición de las fuerzas axiales transmitidas por cada uno de los seis tendones de longitud variable, que representan los grados de libertad del dispositivo accionador, en particular un sensor de carga (18a, 18b, 18c, 18d, 18e, 18f) son proporcionados para cada tendón (5a, 5b, 5c, 5d, 5e, 5f).

La configuración de estos sensores de carga (18) se representa en la figura 6, que se basa en un conjunto de tres poleas, dos poleas laterales (19, 19') y una polea central (20) montada entre las paredes delantera y trasera (21, 21'), tal que el respectivo tendón (5) bajo tensión corre a través de estas tres poleas, y se presiona contra la polea central (20) en su dirección radial, con el fin de ejercer una fuerza resultante proporcional a la tensión en el tendón (5).

Para medir esa fuerza, la polea central (20) tiene un pasador de carga o perno de carga (22) axialmente dispuesto en su interior. Un pasador de carga se conoce convencionalmente como un dispositivo utilizado para medir fuerzas radiales aplicadas al eje del pasador de carga, formado por un elemento metálico en forma de barra que tiene medidores de deformación para medir la deformación de dicho elemento.

El dibujo 6D muestra el principio de funcionamiento de este conjunto, y la composición de fuerzas en el eje (x) de la polea central (20), donde el ángulo (α) formado por las hebras del tendón (5) en la polea central (20) es de 120° , lo que demuestra que la fuerza resultante (R) es igual a la tensión del tendón (5). Si el ángulo (α) no es de 120° la fuerza resultante (R) es diferente a la tensión del tendón (R), pero la relación de fuerzas, podría calcularse fácilmente.

El aparato también incluye medios de procesamiento (no mostrados) tales como un ordenador industrial, configurado para calcular dinámicamente una posición deseada del sistema de contrapeso configurable, basado en medidas del peso y del centro de gravedad proporcionadas por los medios de medición de la carga, y en las medidas de los ángulos del bastidor superior respecto al plano horizontal.

La función de autoequilibrio del aparato se lleva a cabo por un sistema de control que incluye varios codificadores, sensores de nivel y de carga, un ordenador industrial para resolver el problema cinemático y dinámico de la plataforma Stewart y para la implementación de un algoritmo de control desarrollado específicamente para la invención, y un puesto de control que permite a un operador humano recibir señales desde y enviar órdenes al sistema de control.

El aparato es capaz de mantenerse equilibrado todo momento, independientemente de la posición del centro de gravedad de una carga que se está elevando mediante el establecimiento de una configuración de forma automática, es decir, una posición de los pesos del sistema de contrapeso, tales como la ubicación del centro de gravedad de todo el conjunto se hace coincidir con el punto de elevación general. Al mismo tiempo, una parte unida al bastidor triangular inferior (7), mientras que se está elevando se puede mover a cualquier posición deseada mediante el accionamiento de la plataforma de Stewart invertida, obviamente, dentro de las limitaciones geométricas y físicas del aparato, y la capacidad de compensación de masa del sistema de contrapeso.

Como parte del sistema de control, un algoritmo de lógica matemática ha sido desarrollado para determinar la posición óptima de las masas que pertenecen al sistema de contrapeso, para un lugar determinado del centro de la masa y minimizando las distancias al centro del triángulo.

Teniendo en cuenta una configuración de estrella o radial para el sistema de contrapeso, como se muestra en el dibujo 4A, 4B, el algoritmo tiene el propósito de determinar la posición de los tres pesos (16a, 16b, 16c). Este problema es matemáticamente indeterminado dado que tres variables deben ser definidas para el posicionamiento de los tres pesos, pero solo dos ecuaciones de equilibrio (eje X y eje Y) están disponibles. La solución se logra mediante la adición a las dos ecuaciones de una tercera condición, por la que se establece que el desplazamiento del contrapeso debe mantenerse en un mínimo.

Los procedimientos matemáticos utilizados normalmente para resolver estos sistemas de ecuaciones que contienen varias desigualdades se basan en técnicas de programación lineal o procedimientos numéricos generales. En este caso particular, dado que solo están presentes tres variables desconocidas y una función objetivo, es posible

resolver para dos variables mediante el uso de la ecuación de equilibrio y, a continuación, la sustitución de sus valores en la función objetivo.

Mediante la derivación de la función objetivo respecto a la tercera variable e igualándola a cero, un máximo o mínimo relativo pueden ser detectados dentro del intervalo considerado.

- 5 Para minimizar los desplazamientos del sistema de contrapesos, se pueden implementar varias funciones objetivo. Los mejores resultados se han logrado mediante la adición de los cuadrados de los desplazamientos de todas las masas, tomadas desde el centro geométrico del bastidor superior.

Otras realizaciones preferidas de la presente invención se describen en las reivindicaciones dependientes adjuntas y las múltiples combinaciones de esas reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Aparato para la elevación y el posicionamiento de una carga de una manera autoequilibrada con seis grados de libertad, que comprende:

una plataforma superior (1) adaptada que cuelga de un punto de elevación general,
 una plataforma inferior (2) dispuesta por debajo de la plataforma superior y adaptada para mantener la carga a ser elevada y posicionada,
 un accionador (3) con seis grados de libertad que comprende seis tendones (5) de longitud variable conectados con la plataforma superior y con la plataforma inferior, de tal forma que la plataforma inferior queda suspendida de la plataforma superior a través de dichos seis tendones de longitud variable,
 en el que el accionador con seis grados de libertad está adaptado para mover el bastidor inferior con respecto al bastidor superior en las tres direcciones del espacio e inclinarla alrededor de los tres ejes del espacio,
 al menos un sistema de contrapeso (13) configurable soportado por la plataforma superior, dispuesto para modificar el centro de masa del aparato sobre un plano horizontal permitiendo así un mínimo de dos grados de libertad,
 medios de medición de carga (18) adaptados para medir individualmente las fuerzas transmitidas por cada uno de los seis tendones de longitud variable,
 medios de procesamiento configurados para calcular dinámicamente una posición deseada del sistema de contrapeso, basado en las medidas del peso y del centro de gravedad proporcionadas por los medios de medición de la carga, para equilibrar el aparato con respecto a dicho punto de elevación central,
 y medios de control del sistema de contrapeso para mover el sistema de contrapeso a las posiciones deseadas calculadas por los medios de procesamiento.

2. Aparato de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la plataforma superior tiene tres vértices espaciados dentro de un primer plano, y en el que la plataforma inferior tiene tres vértices espaciados dentro de un segundo plano, y en el que cada uno de dichos tendones de longitud variable está acoplado de forma articulada con un vértice de la plataforma inferior y con un vértice de la plataforma superior.

3. Aparato de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que el bastidor inferior está suspendido del bastidor superior por medio de los tendones de longitud variable, de forma tal que los tendones de longitud variable pueden ser tensados por el peso de la plataforma inferior y cualquier carga que se le una.

4. Aparato de acuerdo con la reivindicación 3, que comprende además un mecanismo de torno para cada tendón de longitud variable para variar la longitud del mismo, y en el que cada tendón de longitud variable tiene un extremo articuladamente conectado con un vértice de la plataforma inferior, y el otro extremo está conectado con su mecanismo de torno asociado, de forma tal que la longitud de cada tendón de longitud variable se varía alternativamente mediante el enrollado y el desenrollado de cada uno de los tendones en su mecanismo de torno asociado.

5. Aparato de acuerdo con la reivindicación 4, en el que los mecanismos de torno están acoplados con el bastidor triangular superior, y cada vértice del bastidor triangular superior tiene dos poleas de giro libre, y una parte intermedia de cada tendón se coloca para enrollarse sobre su polea asociada mientras el tendón es extendido y retraído por el mecanismo de torno respectivo.

6. Aparato de acuerdo con la reivindicación 3, en el que cada tendón de longitud variable es un cable, cadena de eslabones o un elemento en forma de correa.

7. Aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los medios de medición de la carga están adaptados para medir individualmente la tensión axial en cada tendón de longitud variable.

8. Aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el sistema de contrapeso comprende al menos un contrapeso móvil, de forma que el peso o pesos pueden ser desplazados dentro de uno o varios planos.

9. Aparato de acuerdo con la reivindicación 8, en el que el sistema de contrapeso comprende tres dispositivos de contrapeso colocados uno encima del otro, de forma que los pesos de los dispositivos de contrapeso se pueden desplazar en planos paralelos y superpuestos.

10. Aparato de acuerdo con la reivindicación 9, en el que los dispositivos de contrapeso están dispuestos de tal manera que cada peso es desplazable a lo largo de una línea recta que pasa a través de cualquiera de los ejes de la plataforma superior.

11. Aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la plataforma superior y/o la plataforma inferior tienen un bastidor triangular y están dispuestos de tal manera que la posición relativa de los bastidores triangulares se compensa una con respecto a la otra.

12. Aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la plataforma superior y/o la

plataforma inferior tienen un bastidor triangular equilátero.

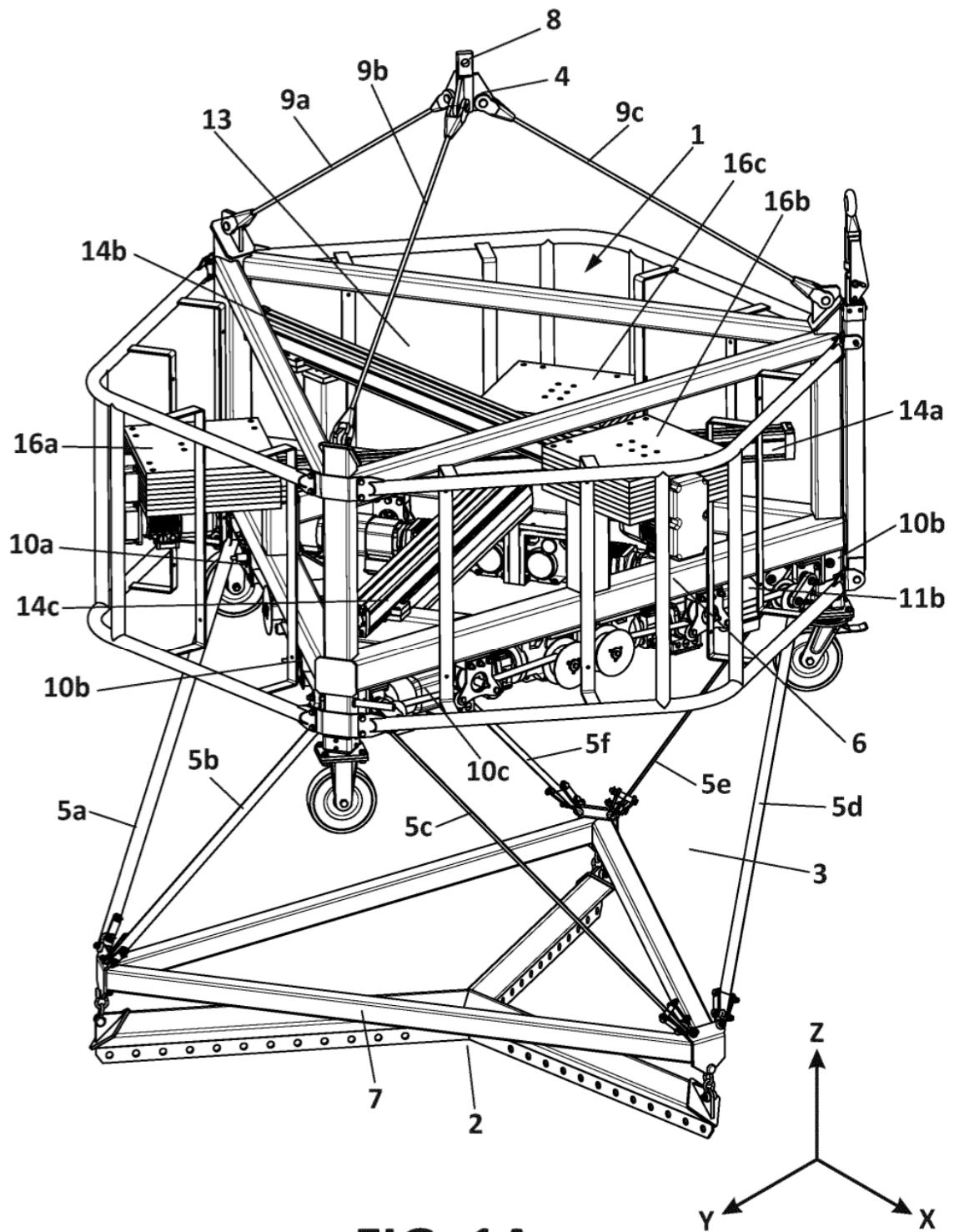


FIG. 1A

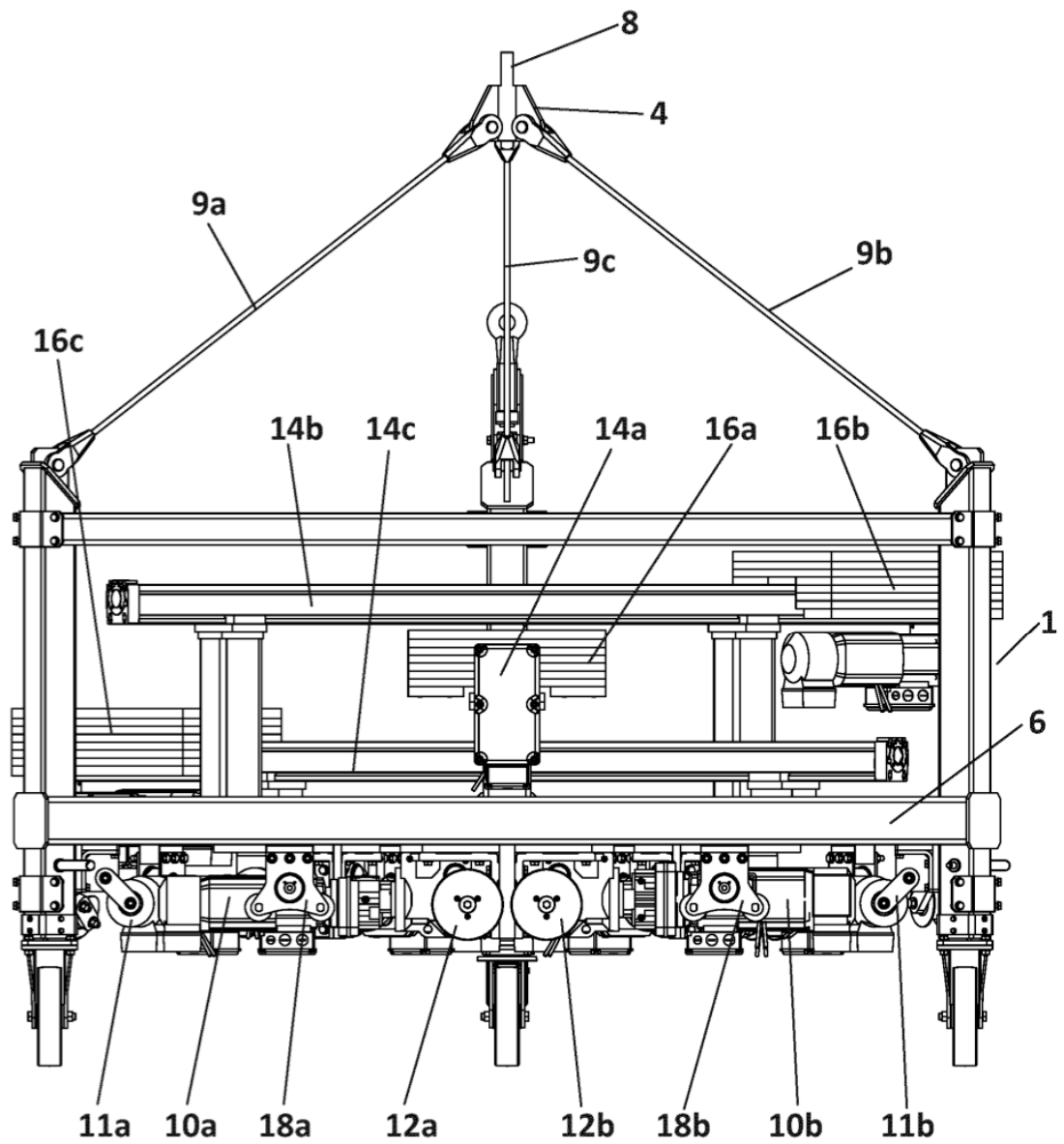


FIG. 1B

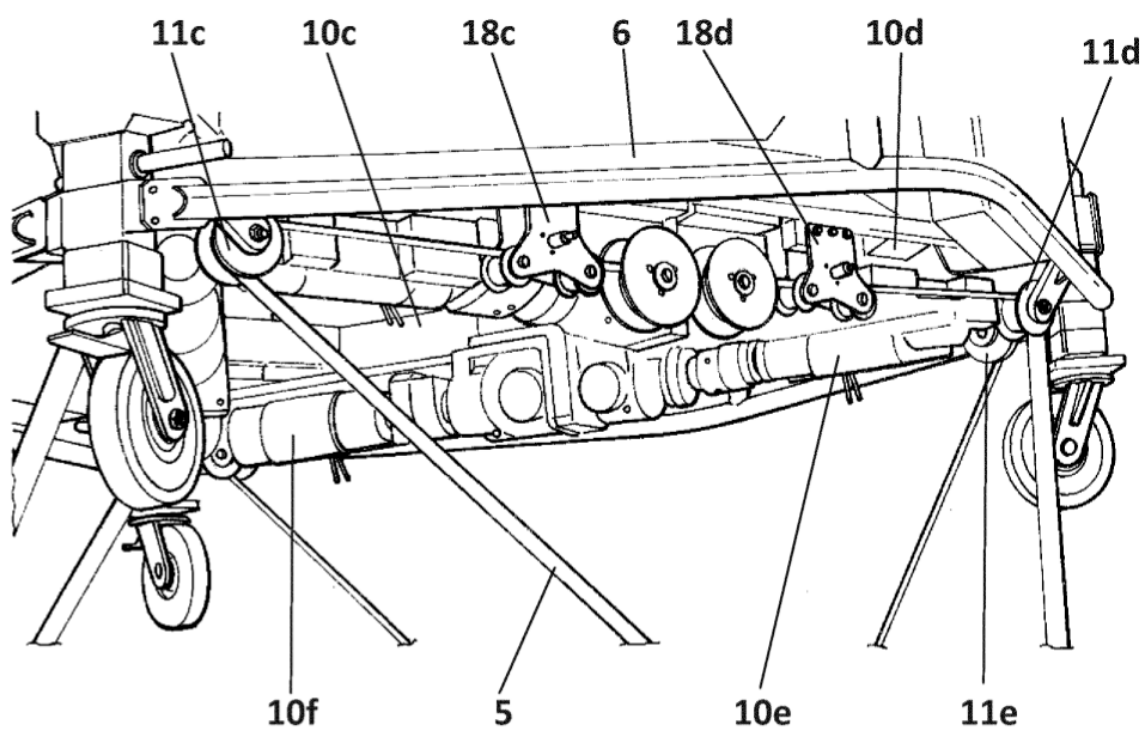


FIG. 2A

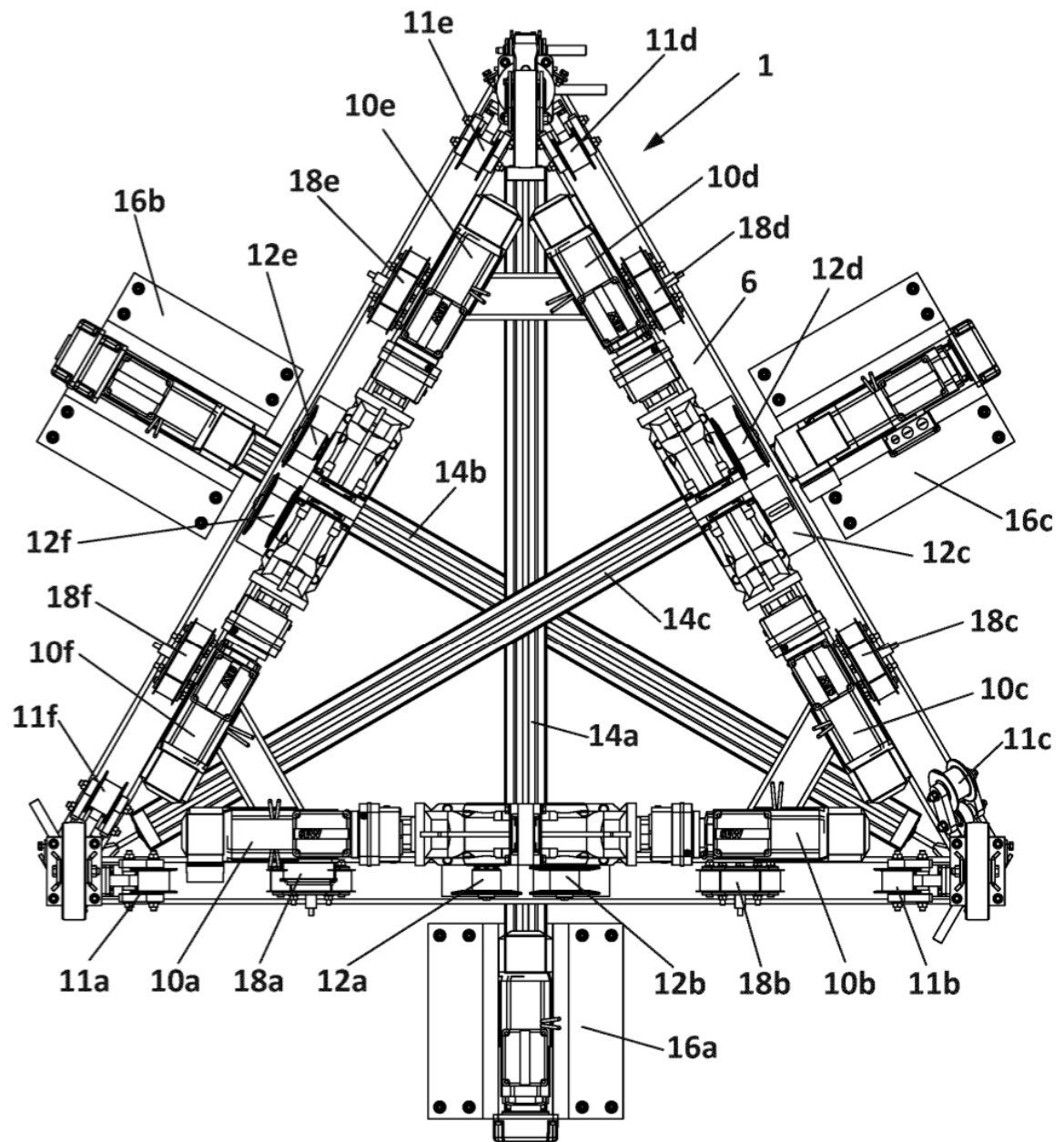


FIG. 2B

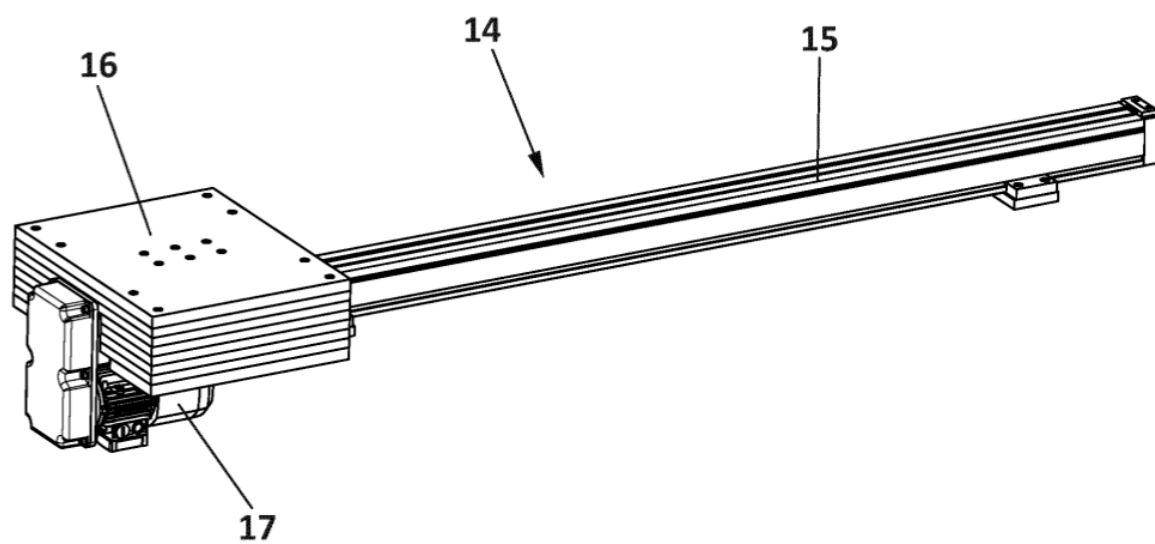


FIG. 3

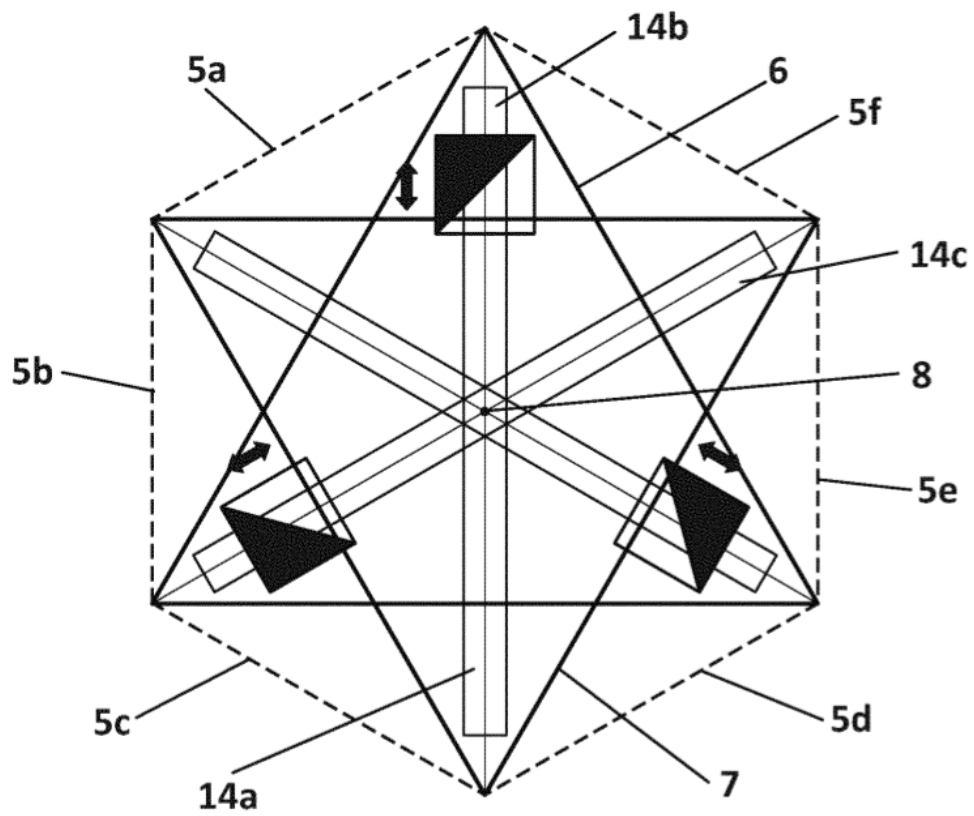


FIG. 4A

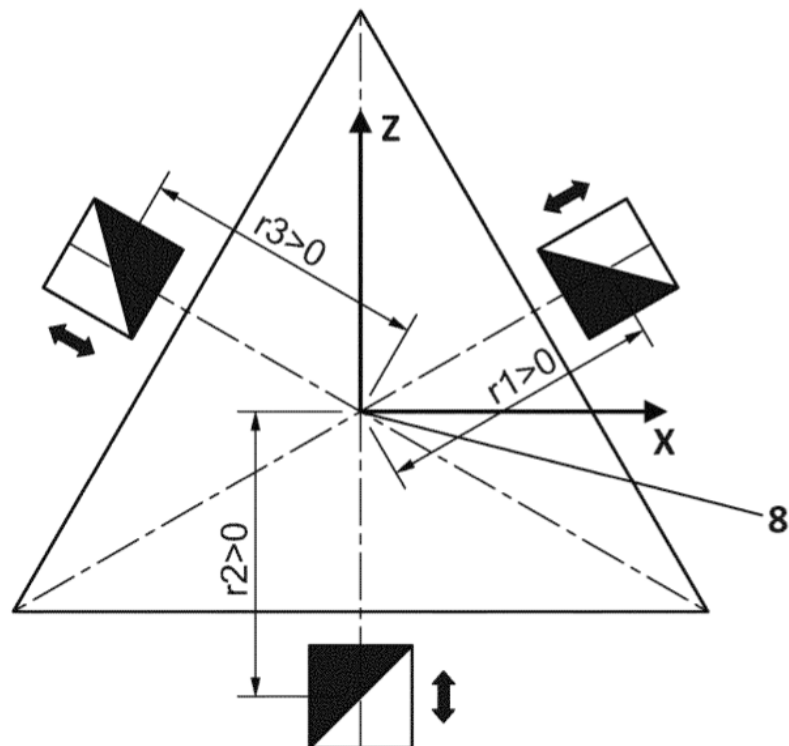


FIG. 4B

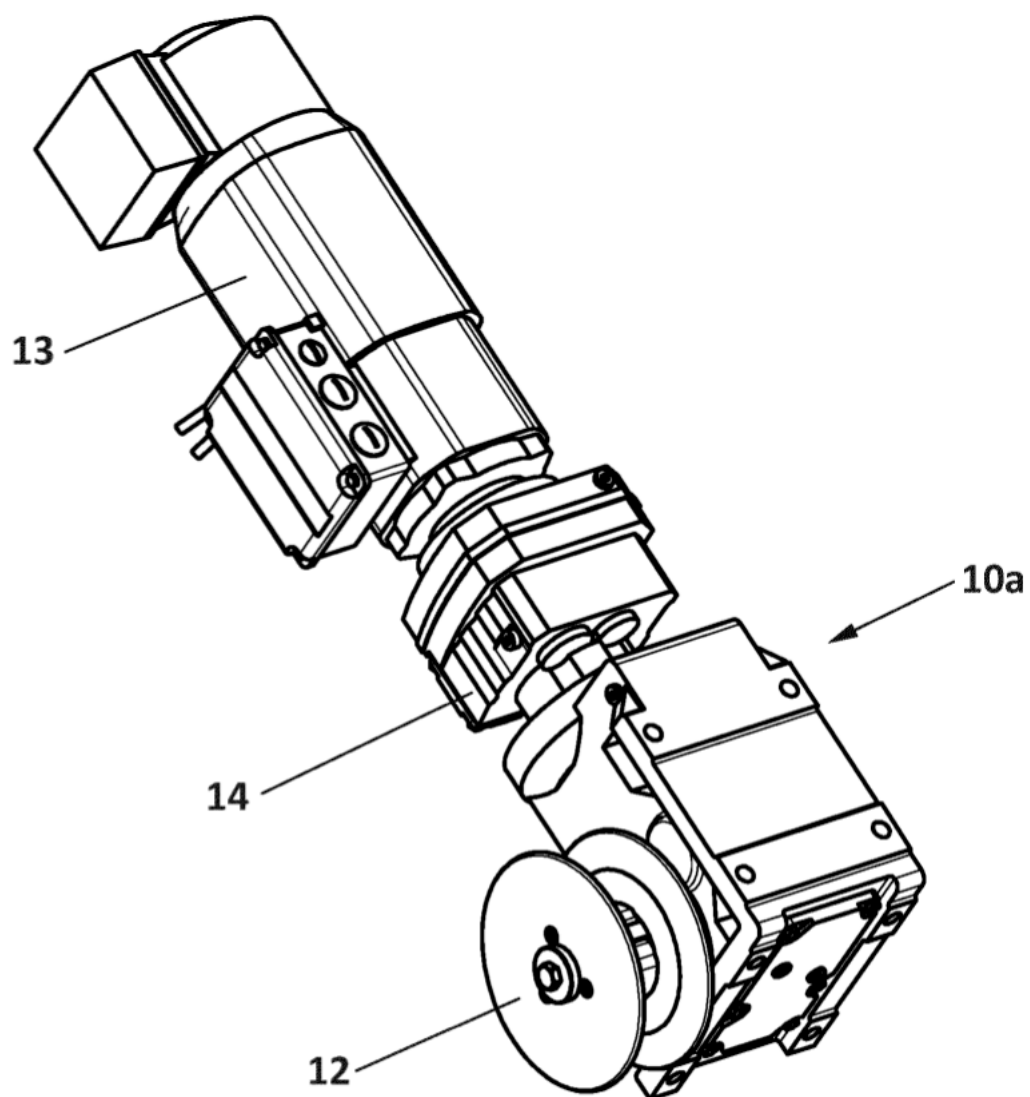


FIG. 5

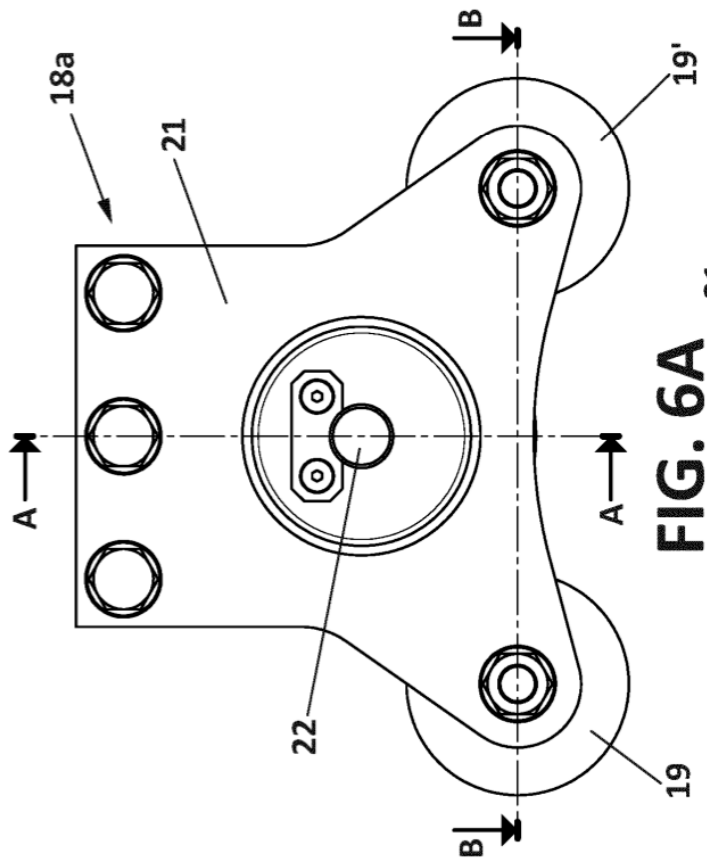


FIG. 6A

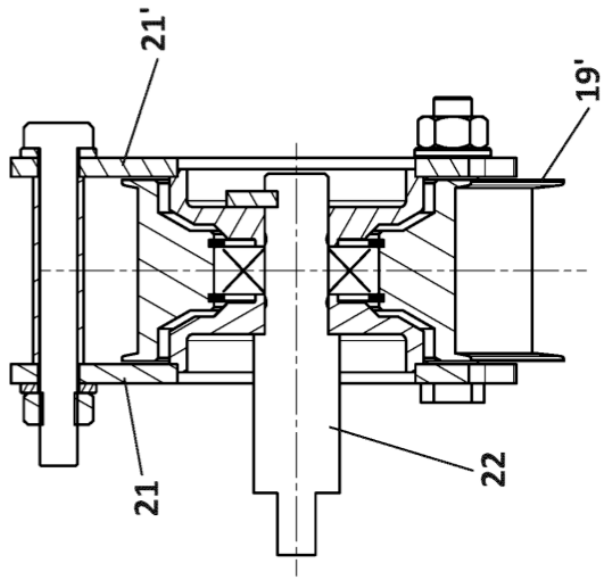


FIG. 6B

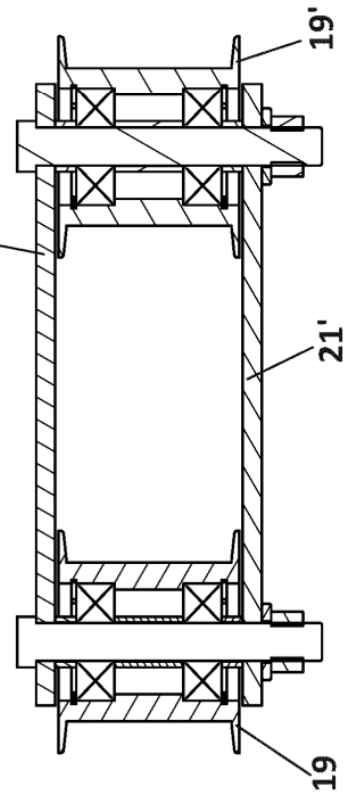


FIG. 6C

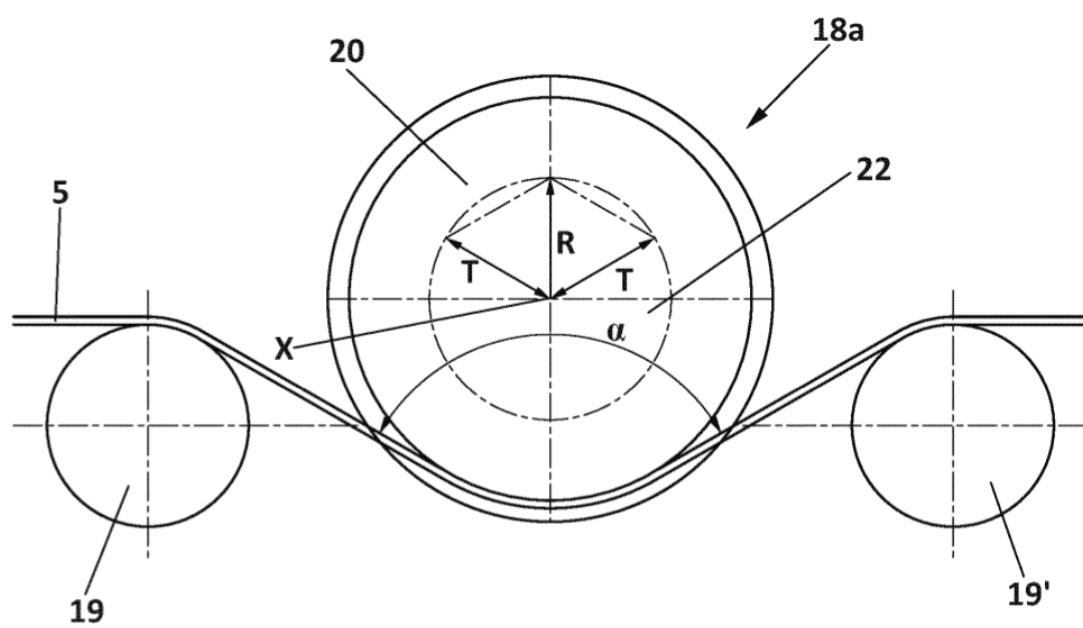


FIG. 6D