

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 707 273**

51 Int. Cl.:

A61F 2/64	(2006.01)
A61F 2/68	(2006.01)
A61F 2/80	(2006.01)
A61F 2/30	(2006.01)
A61F 2/70	(2006.01)
A61F 2/74	(2006.01)
A61F 2/76	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.06.2009 PCT/US2009/003598**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **14.01.2010 WO10005473**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.06.2009 E 09794764 (2)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.11.2018 EP 2331026**

54 Título: **Rodilla protésica transfemoral semiaccionada**

30 Prioridad:

16.06.2008 US 132217 P
12.09.2008 US 136535 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
03.04.2019

73 Titular/es:

THE REGENTS OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA (50.0%)
6147 Etcheverry Hall
Berkeley, CA 94720, US y
EKSO BIONICS, INC. (50.0%)

72 Inventor/es:

FAIRBANKS, DYLAN, MILLER;
ZOSS, ADAM, BRIAN;
PILLAI, MINERVA, VASUDEVAN;
SCHWARTZ, MICLAS;
HARDING, NATHAN;
ROSA, MATTHEW;
LAMBRECHT, BRAM, GILBERT ANTOON;
KRUSE, SEBASTIAN y
KAZEROONI, HOMAYOON

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 707 273 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

Rodilla protésica transfemoral semiaccionada

5 Antecedentes de la invención

La presente invención se refiere en líneas generales al campo de las prótesis y, más específicamente, al control de operaciones accionadas y no accionadas de una prótesis unida a una extremidad inferior que queda por encima de la rodilla de un amputado.

10 En los últimos años, se han hecho avances importantes en el campo de las prótesis. Por ejemplo, las prótesis ahora no solamente están habitualmente disponibles para un ajuste personalizado en relación con una amplia gama de amputaciones, sino que las prótesis por sí mismas también pueden personalizarse para su uso. Por lo tanto, la adaptación de un amputado con una prótesis incluye no solamente la personalización para el tamaño, sino también variaciones basadas en otros diversos factores, particularmente los tipos de actividades en que estará utilizando el amputado el dispositivo protésico.

20 En relación con prótesis por encima de la rodilla, deben establecerse tanto el control de oscilación y postura. Ciertamente, los controles de oscilación tienen que acomodar una mayor gama de movimientos, variando los movimientos potenciales incluso dependiendo de la edad y el nivel de actividad del amputado. A este respecto, se han empleado sistemas de fluidos en el pasado, a menudo debido a su capacidad de establecer movimientos relativamente constantes. Sin embargo, pueden ser necesarias fluctuaciones en la velocidad del movimiento, de modo que también se necesita un control apropiado del sistema de fluido.

25 El documento US 2006/23554 A1 divulga un dispositivo y sistema para un dispositivo protésico que tiene una articulación articulada para un amputado de pierna. El dispositivo incluye un alojamiento de articulación que forma una cámara, y la cámara tiene una primera abertura. Un eje giratorio está dispuesto dentro del alojamiento de articulación y configurado para actuar como la articulación articulada. Una o más paletas se extienden hacia afuera desde el eje giratorio y la paleta está configurada para accionar el flujo de fluido a través de la primera abertura.

30 Sumario de la invención

De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención se proporciona el dispositivo de rodilla protésica semiaccionado de la reivindicación 1.

35 De acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención, se proporciona un método de control del funcionamiento de un dispositivo de rodilla protésica, siendo el método como se reivindica en la reivindicación 8.

Se exponen aspectos adicionales de la invención en las reivindicaciones adjuntas.

40 A partir de ahora en este documento se describe e ilustra un sistema protésico por encima de la rodilla semiaccionado que es principalmente de naturaleza pasiva porque el sistema requiere únicamente energía para la locomoción durante una parte de un ciclo de deambulación. En general, la prótesis incluye un enlace de caña adaptado para acoplarse a un pie artificial, un mecanismo de rodilla conectado al enlace de caña en una posición remota desde el pie artificial y un enlace de muslo adaptado para unirse a una extremidad inferior que queda por encima de la rodilla de un amputado. El mecanismo de rodilla está configurado para proporcionar movimientos de flexión y extensión de los enlaces de muslo y caña uno respecto al otro. La prótesis es funcional en un modo accionado o un modo no accionado. En el modo accionado, se suministra energía al generador de torsión conectado al mecanismo de rodilla para causar un movimiento forzado entre el enlace de muslo y caña. En el modo no accionado, un circuito de control funciona de manera no accionada para permitir el funcionamiento del mecanismo de rodilla con resistencia modulada.

50 Se conecta un motor eléctrico a una fuente de batería y se emplea para impulsar una bomba hidráulica que es parte de una unidad de energía hidráulica global que incluye el generador de torsión para regular el mecanismo de rodilla. Un procesador de señales controla el funcionamiento de la unidad de energía hidráulica para establecer el modo accionado y no accionada basándose en señales recibidas de una pluralidad de sensores proporcionados en la prótesis por encima de la rodilla. Estos sensores incluyen un sensor de postura que puede identificar una parte particular de un pie artificial que está en contacto con una superficie de soporte (por ejemplo, el suelo), mientras que el procesador de señales selecciona un estado de oscilación deseado cuando el pie artificial abandona la superficie de soporte basándose en una ubicación estimada del pie artificial con respecto al tronco de un amputado. También se emplea un sensor de ángulo de rodilla con fine de control adicionales.

65 Con esta disposición, el sistema global emplea de forma ventajosa menos energía eléctrica que las rodillas completamente accionada y, por lo tanto, un amputado puede caminar mucho más tiempo para un tamaño de batería dado. Además, la prótesis por encima de la rodilla generalmente es más pequeña que las rodillas completamente accionadas. Además, la rodilla protésica semiaccionada reduce el par de torsión de cadera

necesario y la energía que el amputado debe ejercer físicamente creando de forma eficaz un par de torsión y energía sincronizados durante una parte eficaz de un ciclo de deambulacion. Además, los diversos sensores proporcionan entradas al procesador de señales que maximizan de forma eficaz la gama y tipo de movimientos generados para el amputado.

5 Las características y ventajas de la invención llegarán a ser más completamente evidentes a continuación a partir de la siguiente descripción detallada de realizaciones preferidas, en las que números de referencia similares se refieren a las partes correspondientes en las diversas vistas.

10 Breve descripción de los dibujos

Estas y otras características, aspectos y ventajas de la presente invención llegarán a ser mejor comprendidas cuando se lea la siguiente descripción detallada con referencia a los dibujos adjuntos en que caracteres similares representan partes similares en todos los dibujos, en los que:

15 la figura 1 representa una rodilla protésica semiaccionada construida de acuerdo con una primera realización de la invención;
 la figura 2 es un diagrama de un primer circuito de válvula hidráulica de la presente invención;
 20 la figura 3 es un diagrama del circuito de válvula hidráulica de la figura 2, que comprende además una primera válvula de retención;
 la figura 4 es un diagrama del circuito de válvula hidráulica de la figura 3, que comprende además una segunda válvula controlable;
 la figura 5 es un diagrama del circuito de válvula hidráulica de la figura 4, que comprende además una segunda
 25 válvula de retención;
 la figura 6 es un diagrama de un circuito de válvula hidráulica alternativa que incluye un circuito de trayectoria paralela;
 la figura 7 es un diagrama de un circuito de válvula hidráulica alternativa que incluye una válvula accionadora;
 la figura 8 es un diagrama del circuito de válvula hidráulica de la figura 7, que comprende además una primera
 30 válvula de retención;
 la figura 9 es un diagrama del circuito de válvula hidráulica de la figura 8, que comprende además una segunda válvula controlable;
 la figura 10 es un diagrama del circuito de válvula hidráulica de la figura 9, que comprende además una segunda
 35 válvula de retención;
 la figura 11 es un diagrama de un circuito de válvula hidráulica alternativo que incluye un circuito de trayectoria paralela;
 la figura 12 es un diagrama de un circuito de válvula hidráulica alternativo que incluye una válvula de tres vías;
 la figura 13 representa la válvula de tres vías del circuito de válvula hidráulica de la figura 12 en uso;
 la figura 14 es un diagrama del circuito de válvula hidráulica de la figura 12, que comprende además una primera
 40 válvula de retención;
 la figura 15 representa la válvula de tres vías del circuito de válvula hidráulica de la figura 14 en uso;
 la figura 16 es un diagrama de un circuito de válvula hidráulica alternativo que incluye un depósito de fluido;
 la figura 17 es un diagrama del circuito de válvula hidráulica de la figura 12, que incluye además un circuito de
 trayectoria paralela;
 la figura 18 es un diagrama de un circuito de válvula hidráulica alternativo que incluye una segunda válvula de
 45 tres vías;
 la figura 19 es un diagrama de un circuito de válvula hidráulica alternativo que incluye una válvula de cuatro vías;
 la figura 20 es una vista lateral de la rodilla protésica semiaccionada de la figura 1;
 la figura 21 es una vista en perspectiva más detallada de la rodilla protésica semiaccionada de la figura 20;
 la figura 22 es una vista ampliada de la rodilla protésica semiaccionada de la figura 21;
 50 la figura 23 es una vista en perspectiva parcial del circuito de válvula hidráulica de la figura 16 con el flujo de fluido durante un modo accionado en extensión;
 la figura 24 es una vista en perspectiva parcial del circuito de válvula hidráulica de la figura 16 con el flujo de fluido durante un modo no accionada en extensión;
 la figura 25 es una vista ampliada de la unidad de energía en la figura 1;
 55 la figura 26 es una vista ampliada de la válvula de tres vías de la figura 25;
 la figura 27 es una vista lateral en sección transversal parcial de la válvula de tres vías de la figura 26 en una primera posición;
 la figura 28 es una vista lateral en sección transversal parcial de la válvula de tres vías de la figura 26 en una segunda posición;
 60 la figura 29A es una vista desde arriba en sección transversal parcial de la válvula de tres vías de la figura 26 en una primera posición;
 la figura 29B es una vista desde arriba en sección transversal parcial de la válvula de tres vías de la figura 26 en una segunda posición;
 la figura 29C es una vista desde arriba en sección transversal parcial de la válvula de tres vías de la figura 26 en una tercera posición;
 65 la figura 29D es una vista desde arriba en sección transversal parcial de la válvula de tres vías de la figura 26 en

una cuarta posición;

la figura 30 es una vista en sección transversal parcial de un circuito de energía hidráulica de la presente invención;

la figura 31 es una vista ampliada parcial de la rodilla semiaccionada de la figura 20;

5 la figura 32A es una vista en perspectiva posterior de sección transversal parcial de un sensor de postura de la presente invención;

la figura 32B es una vista en perspectiva posterior del sensor de postura de la figura 32A;

la figura 32C es una vista en perspectiva frontal del sensor de postura de la figura 32A;

la figura 33 es una vista ampliada parcial de una rodilla protésica semiaccionada de la presente invención;

10 la figura 34 es un diagrama de los estados implementados por un procesador de señales de acuerdo con la invención; y

la figura 35 es un esquema eléctrico que muestra la conexión de una fuente de energía eléctrica a un controlador de motor.

15 Descripción detallada de la invención

Con referencia inicial a la figura 1, una rodilla protésica semiaccionada 100 construida de acuerdo con una primera realización de la invención se puede configurar que se acople a una extremidad inferior 110 que queda por encima de la rodilla de un amputado mediante un encaje 111. La rodilla protésica semiaccionada 100, entre otros componentes, comprende un enlace de muslo 103 acoplado a un mecanismo de rodilla 107 y un enlace de caña 105 acoplado a un pie artificial 108. El mecanismo de rodilla 107 está configurado para permitir movimientos de flexión y extensión del enlace de muslo 103 y un enlace de caña 105 uno respecto al otro a lo largo de la dirección de flexión 101 y la dirección de extensión 102. Un generador de torsión hidráulico 104 está configurado para generar par de torsión entre el enlace de muslo 103 y el enlace de caña 105.

25 La rodilla protésica semiaccionada 100 incluye además una unidad de energía hidráulica indicada en 200 acoplada al generador de torsión hidráulico 104. La unidad de energía hidráulica 200 entre otros componentes, incluye un circuito de válvula hidráulica 204, que está acoplada hidráulicamente al generador de torsión 104. La unidad de energía hidráulica 200 incluye además una bomba hidráulica 201 acoplada mecánicamente a un motor eléctrico 202 y acoplada hidráulicamente al circuito de válvula hidráulica 204.

La rodilla protésica semiaccionada 100 incluye además una fuente de energía eléctrica 205 que puede proporcionar energía eléctrica al motor eléctrico 202 y otros componentes de la rodilla protésica semiaccionada 100. Un controlador de motor 128 (a veces mencionado como amplificador) convierte la salida de la fuente de energía eléctrica 205 en una corriente o voltaje apropiado para el motor eléctrico 202. La rodilla protésica semiaccionada 100 incluye además un procesador de señales 130 que entre otras tareas controla el motor eléctrico 202 e implementa un controlador que incluye un conjunto de estados. La rodilla protésica semiaccionada 100 incluye además un sensor de postura 124 que produce la señal de postura 234. La señal de postura 234, entre otra información, incluye información que identifica la parte del pie artificial 108 que está en contacto con el suelo.

40 En funcionamiento, cuando la rodilla protésica semiaccionada 100 está en su modo accionado, la rodilla protésica semiaccionada 100 está configurada de modo que transfiera energía eléctrica de la fuente de energía eléctrica 205 al motor eléctrico 202, que alimenta el motor eléctrico 202 y la bomba hidráulica 201. En este modo accionado, el circuito de válvula hidráulica 204 está configurado de modo que la bomba hidráulica 201 se acople hidráulicamente al generador de torsión 104. Este acoplamiento hidráulico entre la bomba hidráulica 201 y el generador de torsión 104 permite que el procesador de señales 130 controle el generador de torsión 104. La capacidad de inyectar energía al generador de torsión 104 permite controlar el movimiento del mecanismo de rodilla 107 o imponer un par de torsión deseable al mecanismo de rodilla 107 durante diversas fases del ciclo de deambulación.

50 Cuando la rodilla protésica semiaccionada 100 está en un modo no accionado, la unidad de energía hidráulica 200 está configurada de modo que no se transfiera energía eléctrica de la fuente de energía eléctrica 205 al motor eléctrico 202. En este modo no accionado, el circuito de válvula hidráulica 204 modula la resistencia del flujo de fluido en el generador de torsión 104. La capacidad de modular la resistencia del flujo de fluido en el generador de torsión 104 permite controlar la resistencia del mecanismo de rodilla 107 a fuerzas y pares de torsión durante las diversas fases del ciclo de deambulación con uso reducido de energía eléctrica ya que el motor eléctrico 202 no está consumiendo ninguna energía eléctrica en este modo no accionado.

60 Los ejemplos de generadores de par de torsión hidráulicos 104 incluyen, sin limitación, cilindros de pistón hidráulicos lineales, accionadores hidráulicos giratorios, accionadores giratorios de tipo piñón y cremallera y accionadores de tipo paletas hidráulicas giratorias donde el fluido hidráulico presurizado, empujando contra a las superficies en movimiento, genera fuerza o par de torsión.

65 Ejemplos de la fuente de energía eléctrica 205 incluyen, sin limitación, baterías, baterías de níquel-anhídrido metálico (NiMH), baterías de litio, pilas alcalinas, pilas alcalinas recargables, baterías de ion-litio y baterías de polímero de ion-litio.

Los ejemplos del motor eléctrico 202 incluyen, sin limitación, motores eléctricos incluyendo, sin limitación, motores AC (corriente alterna), motores de DC (corriente continua) de tipo escobilla, motores DC sin escobillas, motores conmutados electrónicamente (ECM) motores de pasos y combinaciones de los mismos.

5 Los ejemplos de la bomba hidráulica 201 incluyen, sin limitación, bombas de engranajes, bombas gerotor, bombas de paletas giratorias, bombas de tornillo, bombas de eje curvado, bombas de pistón axial, bombas de plato cíclico, bomba de pistón radial y bombas peristálticas.

10 Los ejemplos del sensor de postura 124 incluyen, sin limitación, sensores de fuerza, sensores de fuerza extensométricos, sensores de fuerza piezoeléctricos, resistores sensores de fuerza, células de carga, sensores de posición basados en deflexión, codificadores, potenciómetros, sensores de presión en un fluido hidráulico introducido y combinaciones de los mismos.

15 Los ejemplos del mecanismo de rodilla 107 incluyen, sin limitación, ejes giratorios, uniones de cuatro barras, articulaciones deslizantes, articulaciones de rodamientos y combinaciones de los mismos.

20 El procesador de señales 130 comprende un elemento o combinación de elementos seleccionado del grupo que consiste en dispositivos analógicos; módulos de computación analógica; dispositivos digitales incluyendo, sin limitación, circuitos integrados de escala pequeña, media y grande, circuitos integrados específicos de aplicación, matrices de paso programable; matrices lógicas programables, relés electromecánicos, conmutadores en estado sólido, conmutadores MOSFET y módulos de computación digital incluyendo, sin limitación, microordenadores, microprocesadores, microcontroladores y controladores lógicos programables. En funcionamiento, el procesador de señales 130 recoge la información de diversos sensores y después de algunos comandos de computación, lo que deben hacer los diversos componentes del circuito hidráulico.

25 En algunas realizaciones de la invención, como se muestra en la figura 1, la rodilla protésica semiaccionada 100 comprende además un sensor de ángulo de rodilla 120 que genera una señal de ángulo de rodilla indicada en 155 que representa el ángulo entre el enlace de muslo 103 y el enlace de caña 105. El sensor de ángulo de rodilla 120 comprende un elemento o combinación de elementos seleccionado del grupo que consiste en un codificador, 30 codificador digital, codificador magnético, codificador óptico, potenciómetro, LVDT y resolvidor.

35 En algunas realizaciones, como se muestra en la figura 1, la rodilla protésica semiaccionada 100 comprende además un sensor de ángulo del muslo 122, que genera una señal de ángulo del muslo indicada en 156, que representa el ángulo absoluto del enlace de muslo 103. El sensor de ángulo del muslo 122 comprende un elemento o combinación de elementos seleccionado del grupo que consiste en, acelerómetros, giroscopios, inclinómetros, 40 codificadores, potenciómetros y combinaciones de los mismos. La figura 22 representa una realización de la invención donde el sensor de ángulo de muslo 122 fijado al enlace de muslo 103 comprende un acelerómetro 133 y un giroscopio 134.

40 En algunas realizaciones de la invención, la rodilla protésica semiaccionada 100 comprende además un sensor de torsión o un sensor de fuerza (como se detalla a continuación) que representa el par de torsión o fuerza del generador de torsión 104. En algunas realizaciones de la invención, se instala un sensor de fuerza en el pistón del generador de torsión lineal 104. En algunas realizaciones de la invención, el sensor de fuerza para la rodilla 45 protésica semiaccionada comprende dos sensores de presión 126 y 127 que miden la presión del fluido en ambos lados del generador de torsión 104, como se representa en la figura 16. Las mediciones de los dos sensores de presión 126 y 127 también representan la fuerza en el generador de torsión 104.

50 En algunas realizaciones como se muestra en la figura 1, el sensor de postura 124 comprende un sensor de fuerza-par de torsión instalado en enlace de caña 105 que mide la fuerza y el momento en el plano sagital.

55 En algunas realizaciones, como se muestra en la figura 2, el circuito de válvula hidráulica 204 comprende una primera válvula controlable 206 que puede permitir el flujo hidráulico en dos direcciones y una bomba de válvula 203 conectada en serie entre sí. La bomba hidráulica 201 está acoplada a dos accesos finales de esta cadena conectada en serie de la primera válvula conectable 206 y la válvula de bomba 203. El generador de torsión 104 está acoplado a dos accesos de la primera válvula controlable 206. En algunos casos, cuando la rodilla protésica semiaccionada 100 funciona en su modo accionado, la primera válvula controlable 206 está cerrada. Esto permite que el flujo de salida de la bomba hidráulica completo viaje hasta el generador de torsión 104. Esto permite además que el procesador de señales 130 controle el generador de torsión 104 controlando el motor eléctrico 202. La capacidad de 60 inyectar energía al generador de torsión 104, en el modo accionado, permite controlar el movimiento del mecanismo de rodilla 107 o imponer un par de torsión deseable al mecanismo de rodilla 107.

65 Cuando la rodilla protésica semiaccionada 100 funciona en su modo no accionado, la válvula de bomba 203 está cerrada o parcialmente cerrada. Cuando la válvula de bomba 203 está completamente cerrada, no pasa flujo a través de la bomba hidráulica 201. Mediante el uso del procesador de señales 130, se puede ajustar la abertura de la primera válvula controlable 206 para modular y ajustar apropiadamente la resistencia del flujo de fluido en el generador de torsión 104. Cuando la válvula de bomba 203 está parcialmente cerrada, se puede modular

únicamente la resistencia del flujo de fluido en el generador de torsión 104 desde cero hasta la resistencia de flujo combinada de la válvula de bomba 203 y la bomba hidráulica 201. La capacidad de modular la resistencia del flujo de fluido en el generador de torsión 104 permite controlar la resistencia del mecanismo de rodilla 107 a fuerzas y pares de torsión con uso reducido de energía eléctrica ya que el motor eléctrico 202 no está consumiendo ninguna energía eléctrica en este modo o accionado.

Cuando la rodilla protésica semiaccionada 100 funciona en un modo de regeneración de energía, la válvula de bomba 203 no está cerrada, lo que permite que al menos una parte del flujo hidráulico del generador de torsión 104 vuelva a la bomba hidráulica 201 mientras el controlador de motor 128 aplica una corriente que no es cero al motor eléctrico 202 para que resista el flujo hidráulico en la bomba hidráulica 201.

Para aclarar mejor las realizaciones del circuito de bomba hidráulica 204, la flexión y la extensión se definirán de la siguiente manera. La flexión de la rodilla protésica 100 tiene lugar cuando el pistón del generador de torsión 104 se mueve en la dirección de la flecha 131 representada en la figura 2. La extensión de la rodilla protésica 100 tiene lugar cuando el pistón del generador de torsión 104 se mueve en la dirección de la flecha 132 representada en la figura 2.

En algunas realizaciones, como se muestra en la figura 3, el circuito de válvula hidráulica 204, entre otros componentes, comprende además una primera válvula de retención 207 instalada en serie con la primera válvula controlable 206. El funcionamiento de esta realización es similar al funcionamiento de la realización mostrada en la figura 2, excepto porque la primera válvula controlable hidráulica 206 modula la resistencia del flujo de fluido en el generador de torsión 104 en una dirección únicamente. En comparación con la realización de la figura 2, esta realización restringe el intervalo de resistencia del flujo de fluido en el generador de torsión 104 en la dirección de flexión para que siempre sea mayor que la resistencia del flujo que crea la bomba hidráulica 201. Permite además la extensión libre del generador de torsión 104 si la primera válvula controlable 206 está abierta si comprometer la capacidad de inyectar energía en la dirección de extensión del generador de torsión 104. Similar a la realización de la figura 2, cuando la rodilla protésica semiaccionada 100 funciona en su modo accionado, la primera válvula controlable 206 está cerrada. Esto permite que el procesador de señales 130 controle el generador de torsión 104 controlando el motor eléctrico 202. La capacidad de inyectar energía al generador de torsión 104, en el modo accionado, permite controlar el movimiento del mecanismo de rodilla 107 o imponer un par de torsión deseable al mecanismo de rodilla 107.

En algunas realizaciones, como se muestra en la figura 4, el circuito de válvula hidráulica 204, entre otros componentes, comprende además una segunda válvula controlable 208 instalada en paralelo con la primera válvula controlable 206 instalada en serie y la primera válvula de retención 207. Mediante el uso del procesador de señales 130, se puede ajustar la abertura de la primera válvula controlable 206 y la segunda válvula controlable 208 para modular y ajustar apropiadamente la resistencia del flujo de fluido en el generador de torsión 104. El funcionamiento de esta realización es similar al funcionamiento de la realización mostrada en la figura 3, excepto porque esta realización no restringe el intervalo de resistencia del flujo de fluido en la dirección de flexión en el generador de torsión 104. Cuando la rodilla protésica semiaccionada 100 funciona en su modo accionado, la primera válvula controlable 206 y la segunda válvula controlable 208 están cerradas. Esto permite que el procesador de señales 130 controle el generador de torsión 104 controlando el motor eléctrico 202. La capacidad de inyectar energía al generador de torsión 104, en el modo accionado, permite controlar el movimiento del mecanismo de rodilla 107 o imponer un par de torsión deseable en el mecanismo de rodilla 107.

En algunas realizaciones, como se muestra en la figura 5, el circuito de válvula hidráulica 204 incluye una segunda válvula de retención 209 y una segunda válvula controlable 208 instaladas en serie entre sí e instaladas en paralelo con la primera válvula controlable 206 instalada en serie y la primera válvula de retención 207. El funcionamiento de esta realización es similar al funcionamiento de la realización mostrada en la figura 4 excepto porque permite la flexión libre del generador de torsión 104 si la segunda válvula controlable 208 está abierta sin comprometer la capacidad de inyectar energía en la dirección de flexión del generador de torsión 104. Similar a la realización de la figura 4, cuando el circuito de válvula hidráulica 204 de la figura 5 funciona en su modo accionado, la primera válvula controlable 206 y la segunda válvula controlable 208 están cerradas y eso permite controlar el movimiento del mecanismo de rodilla 107 o imponer un par de torsión deseable al mecanismo de rodilla 107.

Tanto la primera válvula controlable 206 como la segunda controlable 208 controlan cualquier válvula o combinación de válvulas que permita la variación o ajuste de sus aberturas de forma electrónica o manual. Los ejemplos de la primera válvula controlable 206 y la segunda válvula controlable 208 incluye, sin limitación una válvula de control de flujo, una válvula de control de presión, válvulas de agujas accionadas, válvulas solenoides y una válvula de cierre.

La figura 6 muestra otra realización del circuito de válvula hidráulica 204. La realización de circuito de válvula hidráulica 204 de la figura 6 es igual a la realización de la figura 3 excepto porque la primera válvula de retención 207 de la figura 3 está reemplazada por un circuito de trayectoria paralela 217. El circuito de trayectoria paralela 217 comprende una primera válvula de retención 207 y una primera válvula limitadora ajustable 215 instaladas en serie entre sí e instaladas en paralelo con la segunda válvula de retención 209 instalada en serie y una segunda válvula limitadora ajustable 216.

En funcionamiento, cuando la rodilla protésica semiaccionada 100 funciona en su modo accionado, la primera válvula controlable 206 está cerrada. Esto permite que el flujo de salida de la bomba hidráulica completo viaje hasta el generador de torsión 104. Esto permite además que el procesador de señales 130 controle el generador de torsión 104 controlando el motor eléctrico 202. La capacidad de inyectar energía al generador de torsión 104, en el modo accionado, permite controlar el movimiento del mecanismo de rodilla 107 o imponer un par de torsión deseable al mecanismo de rodilla 107. Cuando la rodilla protésica semiaccionada 100 funciona en su modo no accionado, la válvula de bomba 203 está cerrada de modo que no pasa flujo a través de la bomba hidráulica 201. Mediante el uso del procesador de señales 130, se puede ajustar la abertura de la primera válvula controlable 206 para modular la resistencia del flujo de fluido en el generador de torsión 104. La válvula limitadora ajustable 215 se ajusta para proporcionar resistencia al flujo de fluido en la dirección de extensión del generador de torsión 104. La válvula limitadora ajustable 216 se ajusta para proporcionar resistencia al flujo de fluido en la dirección de flexión del generador de torsión 104. La capacidad de modular la resistencia del flujo de fluido en el generador de torsión 104 permite controlar la resistencia del mecanismo de rodilla 107 a fuerzas y pares de torsión, con uso reducido de energía eléctrica ya que el motor eléctrico 202 no está consumiendo ninguna energía eléctrica en este modo o accionado.

En algunas realizaciones, como se muestra en la figura 7, el circuito de válvula hidráulica 204 comprende una primera válvula controlable 206 que puede controlar el flujo hidráulico en dos direcciones y una válvula accionadora 214 conectadas en serie entre sí. En esta realización, el generador de torsión 104 está acoplado a dos accesos libres de esta primera válvula controlable 206 conectada en serie y dicha válvula accionadora 214. La bomba hidráulica 201 está acoplada a dos accesos de la primera válvula controlable 206.

En funcionamiento, cuando la rodilla protésica semiaccionada 100 funciona en su modo accionado, la primera válvula controlable 206 está cerrada. Esto permite que el flujo de salida de la bomba hidráulica completo viaje hasta el generador de torsión 104. Esto permite además que el procesador de señales 130 controle el generador de torsión 104 controlando el motor eléctrico 202. La capacidad de inyectar energía al generador de torsión 104, en modo accionado, permite controlar el movimiento del mecanismo de rodilla 107 o imponer un par de torsión deseable al mecanismo de rodilla 107. Cuando la rodilla protésica semiaccionada 100 funciona en su modo no accionado, mediante el uso del procesador de señales 130, se puede ajustar la abertura de la válvula accionadora 214 para modular la resistencia del flujo de fluido en el generador de torsión 104. La capacidad de modular la resistencia del flujo de fluido en el generador de torsión 104 permite controlar la resistencia del mecanismo de rodilla 107 a fuerzas y pares de torsión con uso reducido de energía eléctrica ya que el motor eléctrico 202 no está consumiendo ninguna energía eléctrica en este modo accionado.

Cuando la rodilla protésica semiaccionada 100 funciona en un modo de regeneración de energía, la válvula accionadora 214 no está cerrada, lo que permite que al menos una parte del flujo hidráulico del generador de torsión 104 vuelva a la bomba hidráulica 201 mientras el controlador de motor 128 aplica una corriente que no es cero al motor eléctrico 202 para resistir el flujo hidráulico en la bomba hidráulica 201.

En algunas realizaciones, como se muestra en la figura 8, el circuito de válvula hidráulica 204, entre otros componentes, comprende además una primera válvula de retención 207 instalada en serie con la primera válvula controlable 206 que permite el flujo hidráulico en una dirección únicamente. En comparación con la realización de la figura 7, esta realización restringe la resistencia del flujo de fluido en el generador de torsión 104 en la dirección de flexión para que sea siempre mayor que la resistencia de flujo que crea la bomba hidráulica 201. Permite además la extensión libre del generador de torsión 104 si la primera válvula controlable 206 está abierta sin comprometer la capacidad de inyectar energía en la dirección de extensión del generador de torsión 104. Cuando la rodilla protésica semiaccionada 100 funciona en su modo accionado, la primera válvula controlable 206 está cerrada. Esto permite controlar el movimiento del mecanismo de rodilla 107 o imponer un par de torsión deseable al mecanismo de rodilla 107.

En algunas realizaciones, como se muestra en la figura 9, el circuito de válvula hidráulica 204, entre otros componentes, comprende además una segunda válvula controlable 208 instalada en paralelo con la primera válvula controlable 206 instalada en serie y la primera válvula de retención 207. El funcionamiento de esta realización es similar al funcionamiento de la realización mostrada en la figura 8 excepto que esta realización no restringe la resistencia del flujo de fluido en el generador de torsión 104 en la dirección de flexión para que sea siempre mayor que la resistencia de flujo que crea la bomba hidráulica 201. En funcionamiento, cuando el circuito de válvula hidráulica 204 de la figura 9 funciona en su modo accionado, la primera y segunda válvula controlable 206 y 208 están cerradas. Esto permite que el flujo de salida de la bomba hidráulica completo viaje hasta el generador de torsión 104. Esto permite además que el procesador de señales 130 controle el generador de torsión 104 controlado el motor eléctrico 202. La capacidad de inyectar energía al generador de torsión 104, en modo accionado, permite controlar el movimiento del mecanismo de rodilla 107 o imponer un par de torsión deseable al mecanismo de rodilla 107.

En algunas realizaciones, como se muestra en la figura 10, el circuito de bomba hidráulica 204 comprende una segunda válvula de retención 209 y una segunda válvula controlable 208 instaladas en serie entre sí e instaladas en paralelo con la primera válvula controlable 206 instalada en serie y la primera válvula de retención 207. El

funcionamiento de esta realización es similar al funcionamiento de la realización mostrada en la figura 9 excepto que permite la flexión libre del generador de torsión 104 si la segunda válvula controlable 208 está abierta sin comprometer la capacidad de inyectar energía en la dirección de flexión del generador de torsión 104. Cuando la rodilla protésica semiaccionada 100 funciona en su modo accionado, la primera y segunda válvula controlable 206 y 208 están cerradas. Esto permite controlar el movimiento del mecanismo de rodilla 107 o imponer un par de torsión deseable al mecanismo de rodilla 107.

La figura 11 muestra otra realización del circuito de válvula hidráulica 204. La realización del circuito de válvula hidráulica 204 de la figura 11 es igual que la realización de la figura 8 excepto que la válvula de retención 207 en la figura 8 está reemplazada por el circuito de trayectoria paralela 217. El circuito de trayectoria paralela 217 comprende una primera válvula de retención 207 y una primera válvula limitadora ajustable 215 instaladas en serie entre sí e instaladas en paralelo con la segunda válvula de retención 209 instalada en serie y la segunda válvula limitadora ajustable 216.

En funcionamiento, cuando la rodilla protésica semiaccionada 100 funciona en su modo accionado, la primera válvula controlable 206 está cerrada. Esto permite que el flujo de salida de la bomba hidráulica completo viaje hasta el generador de torsión 104. Esto permite además que el procesador de señales 130 controle el generador de torsión 104 controlando el motor eléctrico 202. La capacidad de inyectar energía al generador de torsión 104, en modo accionado, permite controlar el movimiento del mecanismo de rodilla 107 o imponer un par de torsión deseable al mecanismo de rodilla 107. Cuando la rodilla protésica semiaccionada 100 funciona en su modo no accionado, se puede ajustar la abertura de la válvula accionadora 214 para modular la resistencia del flujo de fluido en el generador de torsión 104. La primera válvula limitadora ajustable 215 se ajusta para proporcionar resistencia al flujo de fluido en la dirección de extensión del generador de torsión 104. La segunda válvula limitadora ajustable 216 se ajusta para proporcionar resistencia al flujo de fluido en la dirección de flexión del generador de torsión 104. La capacidad de modular la resistencia del flujo de fluido en el generador de torsión 104 permite controlar la resistencia del mecanismo de rodilla 107 a fuerzas y pares de torsión con uso reducido de energía eléctrica ya que el motor eléctrico 202 no está consumiendo ninguna energía eléctrica en este modo no accionado.

En algunas realizaciones, como se muestra en la figura 12, el circuito de válvula hidráulica 204 comprende una válvula de tres vías 210 que puede controlar el flujo hidráulico. En funcionamiento, cuando la rodilla protésica semiaccionada 100 funciona en su modo accionado, la válvula de tres vías conecta el acceso 211 al acceso 213 y bloquea el acceso 212. Esto permite el flujo de fluido entre la bomba hidráulica 201 y el generador de torsión 104 de modo que el flujo de salida de la bomba hidráulica completo viaje hasta el generador de torsión 104. Esto permite además que el procesador de señales 130 controle el generador de torsión 104 controlando el motor eléctrico 202. La capacidad de inyectar energía al generador de torsión 104, en este modo accionado, permite controlar el movimiento del mecanismo de rodilla 107 o imponer un par de torsión deseable al mecanismo de rodilla 107. Cuando la rodilla protésica semiaccionada 100 funciona en un modo no accionado, la válvula de tres vías 210 conecta el acceso 212 al acceso 213. Mediante el uso del procesador de señales 130, se puede ajustar la abertura del acceso 213 para modular la resistencia del flujo de fluido en el generador de torsión 104. La capacidad de modular la resistencia del flujo de fluido en el generador de torsión 104 permite controlar la resistencia del mecanismo de rodilla 107 a fuerzas y pares de torsión con uso reducido de energía eléctrica ya que el motor eléctrico 202 no está consumiendo ninguna energía eléctrica en este modo no accionado. Cuando la rodilla protésica semiaccionada 100 funciona en un modo de regeneración de energía, la válvula de tres vías 210 conecta el acceso 211 al acceso 213, lo que permite que al menos una parte del flujo hidráulico desde el generador de torsión 104 vuelva a la bomba hidráulica 201 mientras el controlador de motor 128 aplica una corriente que no es cero al motor eléctrico 202 para resistir el flujo hidráulico en la bomba hidráulica 201.

La figura 13 muestra una materialización de la realización de la figura 12. Más específicamente, la figura 13 muestra una válvula de tres vías 210 que tiene al menos tres posiciones. Cuando la válvula de tres vías 210 está en su primera posición, la válvula de tres vías conecta el acceso 211 al acceso 213 y bloquea el acceso 212. Esto permite que la rodilla protésica semiaccionada 100 funcione en modo accionado. Cuando la válvula de tres vías 210 está en su segunda posición, conecta el acceso 212 al acceso 213 y bloquea el acceso 211. Mediante el uso de procesador de señales 130, se puede ajustar la abertura del acceso 212, el acceso 213 o tanto el acceso 212 como el acceso 213 para modular y ajustar apropiadamente la resistencia del flujo de fluido en el generador de torsión 104. Cuando la válvula de tres vías 210 está en su tercera posición (mostrada en la figura 13), ninguno de los accesos está comunicado entre sí.

La figura 14 muestra otra realización de la realización de la figura 12 donde el circuito de bomba hidráulica 204 comprende además una primera válvula de retención 207 acoplada al acceso 212. En comparación con la realización de la figura 12, esta realización restringe el intervalo de resistencia de flujo de fluido en el generador de torsión 104 en la dirección de flexión para que sea siempre mayor que la resistencia de flujo que crea la bomba hidráulica 201. Además, permite la extensión libre del generador de torsión 104 si todos los accesos 211, 212 y 213 están conectados entre sí sin comprometer la capacidad de inyectar energía en la dirección de extensión del generador de torsión 104. Cuando la rodilla protésica semiaccionada 100 funciona en su modo accionado, la válvula de tres vías 210 conecta el acceso 211 al acceso 213 y bloquea el acceso 212. Esto permite el flujo de fluido entre la bomba hidráulica 201 y el generador de torsión 104 de modo que el flujo de salida de la bomba hidráulica completo

viaja hasta el generador de torsión 104. Esto permite además que el procesador de señales 130 controle el movimiento del mecanismo de rodilla 107 o imponga un troque deseable al mecanismo de rodilla 107 controlando el motor eléctrico 202.

5 La figura 15 muestra una materialización de la realización de la figura 14. La figura 15 muestra una válvula de tres vías 210 que tiene al menos tres posiciones. Cuando la válvula de tres vías 210 está en su primera posición (modo accionado) la válvula de tres vías 210 conecta el acceso 211 al acceso 213 y bloquea el acceso 212. Cuando la válvula de tres vías 210 está en su segunda posición, todos los accesos están conectados entre sí. Mediante el uso del procesador de señales 130, se puede ajustar la abertura del acceso 212, el acceso 213 o tanto el acceso 212 como el acceso 213 para modular apropiadamente y ajustar la resistencia del flujo de fluido en el generador de torsión 104. Cuando la válvula de tres vías 210 está en su tercera posición (mostrada en la figura 15), ninguno de los accesos está conectado entre sí.

15 La figura 16 muestra la misma realización de la figura 15 con unos pocos elementos añadidos. Un depósito 230 asegura suficiente aceite en el sistema en presencia de cualquier filtración o expansión térmica. Dos válvulas de retención 228 y 229 aseguran que el fluido hidráulico no se vea empujado de vuelta al depósito 230. Dos trayectorias de flujo hidráulico 231 y 232 aseguran que cualquier filtración de la válvula de tres vías 210 y la bomba hidráulica 201 se retroalimenten al depósito 230. Los sensores de presión 126 y 127 miden la presión de fluido hidráulico en la primera y segunda cámara del generador de torsión 104. Un filtro 233 recoge cualquier contaminante en el fluido.

20 La figura 17 muestra otra realización de la figura 12, en la que el circuito de válvula hidráulica 204 comprende además un circuito de trayectoria paralela 217 acoplado al acceso 212. En funcionamiento, cuando la rodilla protésica semiaccionada 100 funciona en su modo accionado, la válvula de tres vías 210 conecta el acceso 211 al acceso 213 y bloquea el acceso 212. Esto permite el flujo de fluido entre la bomba hidráulica 201 y el generador de torsión 104 de modo que el flujo de salida de la bomba hidráulica completo viaja hasta el generador de torsión 104. Esto permite además que el procesador de señales 130 controle el generador de torsión 104 controlando el motor eléctrico 202. La capacidad de inyectar energía al generador de torsión 104 en este modo accionado permite controlar el movimiento del mecanismo de rodilla 107 o imponer un par de torsión deseable al mecanismo de rodilla 107. Cuando la rodilla protésica semiaccionada 100 funciona en su modo no accionado, la válvula de tres vías 210 conecta el acceso 212 al acceso 213 y bloquea el acceso 211. Mediante el uso del procesador de señales 130, se puede ajustar la abertura del acceso 213 o el acceso 212 para modular la resistencia del flujo de fluido en el generador de torsión 104. La primera válvula limitadora ajustable 215 se ajusta para proporcionar resistencia al flujo de fluido en la dirección de extensión del generador de torsión 104. La segunda válvula limitadora ajustable 216 se ajusta para proporcionar resistencia al flujo de fluido en la dirección de flexión del generador de torsión 104. La capacidad de modular la resistencia de flujo de fluido en el generador de torsión 104 permite controlar la resistencia del mecanismo de rodilla 107 a fuerzas y pares de torsión con uso reducido de energía eléctrica ya que el motor eléctrico 202 no está consumiendo ninguna energía eléctrica en este modo no accionado.

40 La figura 18 muestra otra realización de circuito de válvula hidráulica 204. La realización de la figura 18 es igual que la realización de la figura 17 excepto que las válvulas limitadoras ajustables 215 y 216 están reemplazadas por una segunda válvula de tres vías 218. En funcionamiento, cuando la rodilla protésica semiaccionada 100 funciona en un modo accionado, la válvula de tres vías 210 conecta el acceso 211 al acceso 213 y bloquea el acceso 212. Esto permite el flujo de fluido entre la bomba hidráulica 201 y el generador de torsión 104 de modo que el flujo de salida de la bomba hidráulica completo viaja hasta el generador de torsión 104. Esto permite además que el procesador de señales 130 controle el generador de torsión 104 controlando el motor eléctrico 202. Cuando la rodilla protésica semiaccionada 100 funciona en un modo no accionado, la primera válvula de tres vías 210 conecta el acceso 212 al acceso 213. La segunda válvula de tres vías 218 modula la resistencia al flujo hidráulico entre un acceso 219 y un acceso 221 cuando el generador de torsión 104 se mueve en la dirección de extensión y modula la resistencia al flujo hidráulico entre un acceso 220 y un acceso 221 cuando el generador de torsión 104 se mueve en la dirección de flexión. Esta realización permite la extensión libre del generador de torsión 104 sin comprometer la capacidad de inyectar energía en la dirección de extensión del generador de torsión 104 si el acceso 219 y el acceso 221 están conectados y el acceso 220 está bloqueado y si los accesos 211, 212 y 213 están conectados entre sí. Esta realización permite además la flexión libre del generador de torsión 104 sin comprometer la capacidad de inyectar energía en la dirección de flexión del generador de torsión 104 si el acceso 220 y el acceso 221 están conectados y el acceso 219 está bloqueado y si los accesos 211, 212 y 213 están conectados entre sí.

55 La figura 19 muestra otra realización del circuito de válvula hidráulica 204. La realización de la figura 19 es igual que la realización de la figura 18 excepto que dos válvulas de tres vías 210 y 218 están reemplazadas por una válvula de cuatro vías 223. En funcionamiento, cuando la rodilla protésica semiaccionada 100 funciona en un modo accionado, la válvula de cuatro vías 223 conecta un acceso 224 a un acceso 227 y bloquea los accesos 225 y 226. Esto permite el flujo de fluido entre la bomba hidráulica 201 y el generador de torsión 104 de modo que dicho flujo de salida de la bomba hidráulica completo viaja hasta el generador de torsión 104. Esto permite además que el procesador de señales 130 controle el generador de torsión 104 controlando el motor eléctrico 202. Cuando la rodilla protésica semiaccionada 100 funciona en un modo no accionado, la válvula de cuatro vías 223 modula la resistencia al flujo hidráulico entre el acceso 225 y el acceso 227 cuando el generador de torsión 104 se mueve en la dirección de extensión y modula la resistencia al flujo hidráulico entre el acceso 226 y el acceso 227 cuando el generador de

torsión 104 se mueve en la dirección de flexión. Esta realización permite la extensión libre del generador de torsión 104 sin comprometer la capacidad de inyectar energía en la dirección de extensión del generador de torsión 104 si los accesos 224, 225 y 227 están conectados y el acceso 226 está bloqueado. Esta realización permite además la flexión libre del generador de torsión 104 sin comprometer la capacidad de inyectar energía en la dirección de flexión del generador de torsión 104 si los accesos 224, 226 y 227 están conectados y el acceso 225 está bloqueado.

Como puede observarse de las figuras 1 a 19, la unidad de energía hidráulica 200 comprende dos trayectorias que conectan con el generador de torsión 104: una mediante la bomba hidráulica 201 y la segunda mediante un circuito de válvula hidráulica 204. En el modo accionado, la bomba hidráulica 201 se acopla hidráulicamente al generador de torsión 104. En un modo no accionado, el flujo al generador de torsión 104 está modulado por al menos una válvula.

La figura 20 represente el esquema de una realización de rodilla protésica semiaccionada 100. Como se indica previamente, la rodilla protésica semiaccionada 100, entre otros componentes, comprende un enlace de muslo 103, un enlace de caña 105 y un mecanismo de rodilla 107, acoplado por el generador de torsión 104. El mecanismo de rodilla 107 está configurado para permitir el movimiento del enlace de muslo 103 respecto al enlace de caña 105 a lo largo de la dirección de flexión 101 y la dirección de extensión 102. La rodilla protésica semiaccionada 100 se puede configurar para acoplarse a la extremidad inferior 110 que queda por encima de la rodilla de un amputado a través de un encaje 111. Más específicamente, el encaje 111 está acoplado al enlace de muslo 103 con un adaptador piramidal 113 o adaptador similar conocido en la técnica. Un poste de tobillo 109 conecta el enlace de caña 105 al pie artificial 108 mediante el sensor de postura 124. El sensor de ángulo de rodilla 120 mide un ángulo 121 entre el enlace de muslo 103 y el enlace de caña 105. El sensor de ángulo del muslo 122 localizado en el enlace de muslo 103 mide un ángulo absoluto 123 del enlace de muslo 103. El perfil de la unidad de energía hidráulica 200 se muestra en la figura 20.

Las figuras 21 y 22 representan un dibujo en perspectiva recortado y una vista ampliada de la rodilla protésica semiaccionada 100 presentada en la figura 20. En la realización de las figuras 21 y 22, el adaptador piramidal 113 conecta con el enlace de muslo 103. El sensor de ángulo del muslo 122 fijado al enlace de muslo 103, comprende un acelerómetro 133 y un giroscopio 134. Un eje 118 que se extiende desde el enlace de muslo 103 es estacionario respecto al enlace de muslo 103. El sensor de ángulo de rodilla 120 está en forma de un codificador magnético fijado a un alojamiento de codificador 116 y es estacionario respecto al enlace de caña 105. El codificador magnético 120 mide el ángulo de un imán 119 incluido en el eje 118. El eje 118 está fijado al enlace de muslo 103 y gira dentro de rodamientos de aguja 135. Los bujes de empuje 136 proporcionan soporte axial entre el enlace de muslo 103 y el mecanismo de rodilla 107. Una tapa de rodamiento 115 protege el rodamiento de aguja 135. La unidad de energía hidráulica 200 comprende, entre otros elementos, el controlador del motor 128, la bomba hidráulica 201, un colector hidráulico 190, un generador de torsión 104 y sensores de presión 126 y 127. La unidad de energía 200 gira respecto al enlace de caña 105 en los rodamientos de aguja 137. Los bujes de empuje 138 proporcionan soporte axial entre la unidad de energía 200 y el enlace de caña 105. El generador de torsión 104 acopla con el enlace de muslo 103 mediante los rodamientos de aguja 139 para completar la unión entre el enlace de muslo 103, el enlace de caña 105 y el generador de torsión 104. El sensor de postura 124 conecta el enlace de caña 105 al poste de tobillo 109. Se usan baterías 129 para proporcionar energía eléctrica para la rodilla protésica 100.

La figura 23 muestra un dibujo en perspectiva del circuito de válvula hidráulica mostrado en la figura 16. Una flecha 141 representa la trayectoria del flujo hidráulico durante un modo accionado en la dirección de extensión representada por la flecha 132. La válvula de tres vías 210 incorpora tres accesos 211, 212 y 213 (representados en la figura 16) que conectan con la bomba hidráulica 201, la válvula de retención 207 y el generador de torsión 104, respectivamente. Las válvulas de retención 228 y 229 evitan que el fluido fluya de vuelta al depósito 230. Las trayectorias de fluido hidráulico 231 y 232 definen pasos desde la bomba hidráulica 201 y la válvula hidráulica de tres vías 210 hasta el depósito 230. La figura 24 también muestra un dibujo en perspectiva del circuito de válvula hidráulica de la figura 16, donde una flecha 142 muestra la trayectoria del flujo hidráulico durante un modo no accionado en la dirección de extensión.

La figura 25 muestra la vista ampliada de la unidad de energía hidráulica 200. La bomba hidráulica 201 incluye una cubierta de bomba 199 y una base de bomba 198. Un engranaje motriz 196 está acoplado al motor eléctrico 202 mediante un acoplador 195. Un engranaje motriz 196 de la bomba hidráulica 201 está engranado con el engranaje motriz 196. El colector 190 incluye todos los pasos hidráulicos. El depósito 230 incluye un divisor de air-fluido 236 y una válvula de aire 237. La válvula de aire 237 permite presurizar el aire del depósito 230. Un disipador de calor 192 permite la transferencia de calor desde el motor eléctrico 202. Los sensores de presión 126 y 127 miden la presión hidráulica en dos cámaras del generador de torsión 104. Un extremo de varilla 106 conecta el generador de torsión 104 al enlace de muslo 103. Los componentes marcados 191 y 235 son una placa de montaje de motor y un alojamiento de depósito, respectivamente.

La figura 26 describe los detalles de la válvula de tres vías 210. Un motor eléctrico de válvulas 270 está acoplado a una transmisión de válvulas 271. Un codificador, que incluye un alojamiento de codificador 274, un disco codificador 272 y un cabezal de lectura codificador 273, mide la posición de la válvula. Un alojamiento de válvula 260 tiene tres accesos 211, 212 y 213. En esta realización, hay cinco orificios 261 en el alojamiento de válvula 260. Un cilindro de válvula 250 está acoplado al eje de salida de la transmisión de válvula 271. Dos ranuras 251 se crean en el cilindro

de válvula 250 como se muestra en las figuras 26 y 28. Según el cilindro de válvula 250 se gira mediante el motor eléctrico de válvulas 270, la válvula de tres vías 210 asume una de al menos tres posiciones descritas por la figura 16. Como se muestra en la figura 29A, cuando la válvula de tres vías 210 está en su primera posición, el acceso 211 y el acceso 213 están completamente abiertos entre sí. Cuando la válvula de tres vías 210 está en su segunda posición (figura 29B), el acceso 211, el acceso 212 y el acceso 213 están conectados. Cuando la válvula de tres vías 210 está en su tercera posición (figura 29C), no hay accesos conectados. Como puede observarse a partir de la figura 26 y la figura 29D, hay algunas muescas 252 en la ranura 251 que permiten aberturas controlables de los accesos. No obstante, el cilindro de válvula 250 puede estar en otras posiciones además de las posiciones representadas en la figura 29A-D. Para obtener la resistencia deseada al flujo de fluido, la válvula puede ajustarse mediante el procesador de señales en tiempo real para conseguir un rendimiento óptimo.

La figura 30 representa una realización de la rodilla protésica semiaccionada 100 donde los sensores de presión 126 y 127 miden la presión hidráulica en ambos lados del generador de torsión 104. Adicionalmente, la figura 20 representa una realización de la unidad de energía hidráulica 200 donde el colector hidráulico 190 se muestra reportado de modo que las trayectorias de conexión entre el generador de torsión 104 y los sensores de presión 126 y 127 son visibles.

La figura 31 muestra la implementación del sensor de postura 124 en la realización de rodilla semiaccionada 100 mostrada en la figura 20. El sensor de postura 124 conecta el poste de tobillo 109 al enlace de caña 105. En esta realización, el sensor de postura 124 está equipado con varios extensómetros 161-172 para medir las fuerzas y momentos transmitidos a través del enlace de caña 105 durante la fase de postura. Las figuras 32A-32C muestran las ubicaciones de los extensómetros 161-172 en el sensor de postura 124. El sensor de postura 124 comprende una abrazadera de tubo 159 representada en la figura 32C que se sujeta al poste de tobillo 109. Los extensómetros 161, 162, 163, 164 están eléctricamente conectados en una configuración de puente de Wheatstone para medir las tensiones de corte vertical en una red de corte 160 debido a las fuerzas verticales en una de las redes. Los extensómetros 169, 170, 171, 172 están conectados eléctricamente en una configuración de puente de Wheatstone para medir la tensión de corte vertical en la segunda red de corte. Sumando las mediciones de corte vertical de ambas redes 160 se cancelan los momentos del plano frontal que podrían contaminar las mediciones de corte vertical. Los extensómetros 165, 166, 167, 168 están conectados eléctricamente en una configuración de puente de Wheatstone para medir las tensiones de corte debido a las cargas del momento en el plano sagital en el lado derecho del sensor de postura 124. Los extensómetros 173, 174, 175, 176 están conectados eléctricamente en una configuración de puente de Wheatstone para medir las tensiones de corte debido a las cargas del momento en el plano sagital en el lado izquierdo del sensor de postura 124. Sumando las mediciones de la carga del momento del lado izquierdo y derecho del sensor de postura 124 se cancelan los momentos de giro que podrían contaminar las mediciones del momento sagital. Como los momentos de giro en el sensor de postura 124 son pequeños en un funcionamiento normal en comparación con los momentos en el plano sagital, los extensómetros 165, 166, 167, 168 o los extensómetros 173, 174, 175, 176 pueden estar conectados eléctricamente en una configuración de puente de Wheatstone alternativa para medir las tensiones de corte horizontal debido a las fuerzas horizontales en el lado derecho o izquierdo del sensor de postura 124.

La figura 33 muestra la rodilla protésica semiaccionada 100 donde las cubiertas 151 y 152 están retiradas.

En algunas realizaciones, el procesador de señales 130 recibe información de diversos sensores e implementa diversos controladores en la rodilla. Estos controladores se mencionan como "estados" en este documento. La figura 34 es un diagrama de estados implementados por el procesador de señales 130. Todos los estados están marcados. Las flechas muestran las condiciones bajo las que el procesador de señales 130 mueve la rodilla protésica de un estado de otro. Por debajo se describen los estados y las condiciones para moverse a ese estado.

Postura

En funcionamiento, el procesador de señales 130 empieza a implementar un estado de postura 140 cuando el sensor de postura 124 indica que un pie artificial 108 ha entrado en contacto con el suelo como se representa en la figura 20. En algunas realizaciones de la invención, durante una parte del estado de postura 140, la rodilla protésica semiaccionada 100 funciona en el modo no accionado. Esto significa que durante esta parte del estado de postura 140 cuando la rodilla protésica semiaccionada 100 funciona en el modo no accionado, la rodilla protésica semiaccionada 100 está configurada de modo que no se transfiere nada de energía eléctrica desde la fuente de energía eléctrica 205 al motor eléctrico 202 y el circuito de válvula hidráulica 204 modula la resistencia del flujo de fluido en el generador de torsión 104. La capacidad de modular la resistencia del flujo de fluido en el generador de torsión 104 permite controlar la resistencia del mecanismo de rodilla 107 a fuerzas y pares de torsión durante una parte del estado de postura 140, lo que reduce el uso de energía eléctrica ya el motor eléctrico 202 no está consumiendo ninguna energía eléctrica en este modo no accionado.

En algunas realizaciones de la invención, cuando el sensor de postura 124 indica que el talón del pie artificial 108 está soportando más carga que la punta del pie artificial 108, la unidad de energía hidráulica 200 impone una mayor resistencia al flujo de fluido en el generador de torsión 104 que cuando el sensor de postura 124 indica que la punta del pie artificial 108 está soportando más carga que el talón del pie artificial 108.

Oscilación hacia adelante

En algunas realizaciones de la invención, el procesador de señales 130 empieza a implementar un estado de oscilación hacia adelante 149 cuando la rodilla protésica semiaccionada 100 está funcionando en el estado de postura 140 y el procesador de señales 130 aprende que el pie artificial 108 se ha separado del suelo generalmente por detrás del tronco del amputado. En algunas realizaciones de la invención, durante una parte del estado de oscilación hacia adelante 149, la rodilla protésica semiaccionada 100 funciona en el modo accionado. Esto significa que durante esta parte de la oscilación hacia adelante 149 donde la rodilla protésica semiaccionada 100 funciona en el modo accionado, la rodilla protésica semiaccionada 100 está configurada de modo que transfiere energía eléctrica desde la fuente de energía eléctrica 205 hasta el motor eléctrico 202 que alimenta el motor eléctrico 202 y la bomba hidráulica 201. En este modo accionado, el circuito de válvula hidráulica 204 está configurado de modo que la bomba hidráulica 201 se acopla de forma hidráulica al generador de torsión 104 de modo que el flujo de salida de la bomba hidráulica completo viaja hasta el generador de torsión 104. Este acoplamiento hidráulico entre la bomba hidráulica 201 y el generador de torsión 104 permite que el procesador de señales 130 controle el generador de torsión 104 directamente controlando el motor eléctrico 202. La capacidad de inyectar energía al generador de torsión 104 permite controlar el movimiento del mecanismo de rodilla 107 o imponer un par de torsión deseable al mecanismo de rodilla 107 durante una parte de o el estado de oscilación hacia adelante 149 completo.

En algunas realizaciones de la invención, durante una parte del estado de oscilación hacia adelante 149, el procesador de señales 130 controla el ángulo entre el enlace de muslo 103 y el enlace de caña 105 de modo que el pie artificial 108 sigue una trayectoria. En algunas otras realizaciones de la invención, durante una parte del estado de oscilación hacia adelante donde la rodilla protésica 100 funciona en el modo accionado, el procesador de señales 130 controla el ángulo entre el enlace de muslo 103 y el enlace de caña 105 como una función de la señal del ángulo de muslo 156 (representado en la figura 1) de modo que el pie artificial 108 sigue una trayectoria. Esto permite que el amputado mueva el pie artificial 108 hacia adelante y hacia atrás (es decir, cambio de dirección) durante la oscilación y que el pie artificial 108 tenga una trayectoria. En algunas realizaciones, la trayectoria para el pie artificial 108 es una línea recta generalmente paralela al suelo. Debe entenderse que se puede usar un sensor de ángulo de caña junto con el sensor de ángulo de rodilla 120 para llegar a una señal de ángulo de muslo 156. En una realización más detallada de la invención, durante una parte del estado de oscilación hacia adelante 149 donde la rodilla protésica 100 funciona en el modo accionado, el procesador de señales 130 controla el ángulo entre el enlace de muslo 103 y el enlace de caña 105 en primer lugar como una función de la señal del ángulo de muslo 156 y después como una función del tiempo. Por ejemplo, en algunas realizaciones, después de regular el pie artificial 108 en una trayectoria hasta un punto en que el pie artificial 108 está delante del cuerpo del amputado, el procesador de señales 130 extiende la rodilla en un tiempo adecuado para la velocidad de deambulación en curso. En algunas otras realizaciones de la invención, durante una parte del estado de oscilación hacia adelante 149 donde la rodilla protésica 100 funciona en el modo accionado, el procesador de señales 130 controla el ángulo entre el enlace de muslo 103 y el enlace de caña 105 de modo que el ángulo absoluto del enlace de caña 105 sigue una trayectoria.

Oscilación hacia atrás

En algunas realizaciones de la invención, el procesador de señales 130 empieza a implementar un estado de oscilación hacia atrás 150 cuando la rodilla protésica semiaccionada 100 está funcionando en el estado de postura 140 y el procesador de señales 130 aprende que el pie artificial 108 se ha separado del suelo delante del tronco del amputado. En algunas realizaciones de la invención, durante una parte del estado de oscilación hacia atrás 150, la rodilla protésica semiaccionada 100 funciona en el modo accionado.

Esto significa que, durante esta parte de la oscilación hacia atrás, la capacidad de inyectar energía al generador de torsión 104 permite controlar el movimiento del mecanismo de rodilla 107 o imponer un par de torsión deseable al mecanismo de rodilla 107 durante una parte de o el estado de oscilación hacia atrás 150 completo.

En algunas realizaciones de la invención, durante una parte del estado de oscilación hacia atrás 150, el procesador de señales 130 controla el ángulo entre el enlace de muslo 103 y el enlace de caña 105 de modo que el pie artificial 108 sigue una trayectoria. En algunas otras realizaciones de la invención, durante una parte del estado de oscilación hacia atrás 150 donde la rodilla protésica 100 funciona en el modo accionado, el procesador de señales 130 controla el ángulo entre el enlace de muslo 103 y el enlace de caña 105 como una función de la señal del ángulo de muslo 156 de modo que el pie artificial 108 sigue una trayectoria. Esto permite que el amputado mueva el pie artificial 108 hacia adelante y hacia atrás (es decir, cambio de dirección) durante la oscilación hacia atrás 150 y que el pie artificial 108 tenga una trayectoria. En algunas realizaciones, la trayectoria para el pie artificial 108 es una línea recta generalmente paralela al suelo. De nuevo, debe entenderse que se puede usar un sensor de ángulo de caña junto con el sensor de ángulo de rodilla 120 para llegar a una señal de ángulo de muslo 156. En una realización más detallada de la invención, durante una parte del estado de oscilación hacia atrás 150 donde la rodilla protésica 100 funciona en el modo accionado, el procesador de señales 130 controla el ángulo entre el enlace de muslo 103 y el enlace de caña 105 en primer lugar como una función de la señal del ángulo de muslo 156 y después como una función del tiempo. Por ejemplo, en algunas realizaciones, después de regular el pie artificial 108 en una trayectoria hasta un punto en que el pie artificial 108 está detrás del cuerpo del amputado, el procesador de señales 130

extiende la rodilla en un tiempo adecuado para el deambulado hacia atrás. En algunas otras realizaciones de la invención, durante una parte del estado de oscilación hacia atrás 150 donde la rodilla protésica 100 funciona en el modo accionado, el procesador de señales 130 controla el ángulo entre el enlace de muslo 103 y el enlace de caña 105 de modo que el ángulo absoluto del enlace de caña 105 sigue una trayectoria.

5 Oscilación de ascenso

En algunas realizaciones de la invención, el procesador de señales 130 empieza a implementar un estado de oscilación de ascenso 143 cuando la rodilla protésica semiaccionada 100 está funcionando en el estado de postura 10
140 y el procesador de señales 130 aprende que dicho pie artificial 108 se acaba de separar del suelo generalmente por debajo del tronco del amputado. En algunas realizaciones de la invención, durante una parte del estado de oscilación de ascenso 143, la rodilla protésica semiaccionada 100 funciona en el modo accionado. Esto significa que durante esta parte del estado de oscilación de ascenso 143 donde la rodilla protésica semiaccionada 100 funciona en el modo accionado, la rodilla protésica 100 está configurada de modo que transfiere energía eléctrica desde la fuente de energía eléctrica 205 hasta el motor eléctrico 202 que activa el motor eléctrico 202 y la bomba hidráulica 201.
15

En algunas realizaciones de la invención, durante una parte del estado de oscilación de ascenso 143, el procesador de señales 130 controla el ángulo entre el enlace de muslo 103 y el enlace de caña 105 de modo que el pie artificial 108 sigue una trayectoria. En algunas otras realizaciones de la invención, durante una parte del estado de oscilación de ascenso el procesador de señales 130 controla el ángulo entre el enlace de muslo 103 y el enlace de caña 105 como una función de la señal del ángulo de muslo 156 de modo que el pie artificial 108 sigue una trayectoria arbitraria. Esto permite que el amputado mueva el pie artificial 108 arriba y abajo (es decir, cambio de dirección) durante la oscilación de ascenso y que el pie artificial 108 tenga una trayectoria. En algunas realizaciones, la trayectoria para el pie artificial 108 es un trayecto que se mueve hacia arriba y después hacia adelante para colocar el pie artificial en la parte superior de un escalón de escaleras. De nuevo, debe entenderse que se puede usar un sensor de ángulo de caña junto con el sensor de ángulo de rodilla 120 para llegar a una señal de ángulo de muslo 156. En algunas otras realizaciones de la invención, durante una parte del estado de oscilación de ascenso 143 donde la rodilla protésica 100 funciona en el modo accionado, el procesador de señales 130 controla el ángulo entre el enlace de muslo 103 y el enlace de caña 105 de modo que el ángulo absoluto del enlace de caña 105 sigue una trayectoria o mantiene un valor constante.
20
25
30

Postura de ascenso

En algunas realizaciones de la invención, el procesador de señales 130 empieza a implementar un estado de postura de ascenso 144 cuando el sensor de postura 124 indica que el pie artificial 108 ha entrado en contacto con el suelo con el ángulo de rodilla sustancialmente doblado. Durante una parte de este estado de postura de ascenso 144, la rodilla protésica semiaccionada 100 funciona en el modo accionado.
35

En algunas realizaciones de la invención, durante una parte del estado de postura de ascenso 144, el procesador de señales 130 controla el ángulo entre el enlace de muslo 103 y el enlace de caña 105 de modo que el ángulo de rodilla sigue una trayectoria. En algunas otras realizaciones de la invención, durante una parte del estado de postura de ascenso 144, el procesador de señales 130 controla el par de torsión generado por el generador de torsión 104. En algunas realizaciones adicionales de la invención, durante una parte del estado de postura de ascenso 144, el procesador de señales 130 controla la corriente al motor eléctrico 202. En algunas otras realizaciones de la invención, durante una parte del estado de postura de ascenso 144, el procesador de señales 130 controla la velocidad del motor eléctrico 202.
40
45

En algunas realizaciones de la invención, el procesador de señales 130 empieza a implementar un estado de oscilación de ascenso 143 cuando la rodilla protésica semiaccionada 100 está funcionando en el estado de postura de ascenso 144 y el procesador de señales 130 aprende que dicho pie artificial 108 se acaba de separar del suelo (independientemente de la posición del pie). El procesador de señales 130 empieza a implementar un estado de postura 140 cuando la rodilla protésica semiaccionada 100 está funcionando en el estado de postura de ascenso 144 y la señal del ángulo de rodilla 155 indica que la rodilla protésica semiaccionada 100 no está doblada.
50

55 Postura de descenso

En algunas realizaciones de la invención, el procesador de señales 130 empieza a implementar un estado de postura de descenso 145 cuando la rodilla protésica semiaccionada 100 está funcionando en el estado de postura 60
140 y el par de torsión en el generador de torsión 104 es mayor que un valor particular. Durante el estado de postura de descenso 145, el usuario pretende doblar la rodilla protésica semiaccionada 100 y que causa un aumento en el par de torsión del generador de torsión 104. En una realización, los sensores de presión 126 y 127 se usan para medir la fuerza en el generador de torsión 104, reflejando de ese modo el par de torsión asociado en el generador de torsión 104. En algunas realizaciones de la invención, el procesador de señales 130 empieza a implementar un estado de postura de descenso 145 cuando la rodilla protésica semiaccionada 100 está funcionando en el estado de postura 140 y los sensores de presión 126 y 127 indican una alta diferencia de presión entre la primera y la segunda
65

cámara del generador de torsión. En algunas realizaciones de la invención, durante una parte del estado de postura de descenso 145, la rodilla protésica semiaccionada 100 funciona en el modo no accionado.

5 Esto significa que durante esta parte del estado de postura de descenso 145 donde la rodilla protésica semiaccionada 100 funciona en el modo no accionado, la rodilla protésica semiaccionada 100 está configurada de modo que no se transfiere energía eléctrica desde la fuente de energía eléctrica 205 hasta el motor eléctrico 202 y el circuito de válvula hidráulica 204 modula la resistencia del flujo de fluido en el generador de torsión. La capacidad de modular la resistencia del flujo de fluido en el generador de torsión 104 permite controlar la resistencia del mecanismo de rodilla 107 a fuerzas y pares de torsión durante una parte del estado de postura de descenso 145 con uso reducido de energía eléctrica ya que el motor eléctrico 202 no está consumiendo ninguna energía eléctrica en este modo no accionado.

15 En algunas realizaciones, la rodilla protésica semiaccionada 100 incluye un modo de regeneración de energía que se usa durante el estado de postura de descenso 145. En este modo, la válvula de bomba 203 no está cerrada, lo que permite que al menos una parte del flujo hidráulico desde el generador de torsión 104 active la bomba hidráulica 201 y el controlador del motor fuerza al motor eléctrico 202 a generar energía eléctrica. Esto podría conseguirse de varias maneras que además no son hidráulicas.

20 Oscilación de descenso

En algunas realizaciones de la invención, el procesador de señales 130 empieza a implementar un estado de oscilación de descenso 146 cuando el procesador de señales 130 aprende que durante el estado de postura de descenso 145 el pie artificial 108 se acaba de separar del suelo y está ubicado detrás del tronco del amputado. En algunas realizaciones de la invención, durante una parte del estado de oscilación de descenso 145, la rodilla protésica semiaccionada 100 funciona en el modo accionado.

30 En algunas realizaciones de la invención, durante una parte del estado de oscilación de descenso 145. El procesador de señales 130 controla el ángulo entre el enlace de muslo 103 y el enlace de caña 105 de modo que el pie artificial 108 sigue una trayectoria. En algunas otras realizaciones de la invención, durante una parte del estado de oscilación de ascenso el procesador de señales 130 controla el ángulo entre el enlace de muslo 103 y el enlace de caña 105 como una función de la señal del ángulo de muslo 156 que modo que el pie artificial 108 sigue una trayectoria. En una realización más detallada de la invención, durante una parte del estado de oscilación de descenso 146 donde la rodilla proteica 100 funciona en el modo accionado, el procesador de señales 130 controla el ángulo entre el enlace de muslo 103 y el enlace de caña 105 en primer lugar como una función de la señal del ángulo de muslo 156 y después como una función de tiempo. Por ejemplo, en algunas realizaciones, después de regular el pie artificial 108 en una trayectoria hasta un punto en que se estima que el pie artificial 108 se ha retirado de una escalera convencional, el procesador de señales 130 extiende la rodilla en un tiempo adecuado para caminar escaleras abajo. En algunas otras realizaciones de la invención, durante una parte del estado de oscilación de descenso 146 donde la rodilla protésica 100 funciona en el modo accionado, el procesador de señales 130 controla el ángulo absoluto del enlace de caña 105 para seguir una trayectoria arbitraria.

Sentarse

45 En algunas realizaciones de la invención, el procesador de señales 130 empieza a implementar un estado de sentarse 147 cuando el procesador de señales 130 aprende que durante el estado de postura de descenso 145 el pie artificial 108 se acaba de separa del suelo delante del tronco del amputado. En algunas realizaciones de la invención, durante una parte del estado de sentarse 147, la rodilla protésica semiaccionada 100 funciona en el modo no accionado. Esto significa que durante esta parte del estado de sentarse 147 donde la rodilla protésica semiaccionada 100 funciona en el modo no accionado, la rodilla protésica semiaccionada 100 está configurada de modo que no se transfiere energía eléctrica desde la fuente de energía eléctrica 205 al motor eléctrico 202 y el circuito de válvula hidráulica 204 modula la resistencia del flujo de fluido en el generador de torsión 104 de modo que la rodilla protésica 100 se flexiona suavemente con poca o ninguna resistencia. La capacidad de modular la resistencia del flujo de fluido en el generador de torsión 104, permite controlar la resistencia del mecanismo de rodilla 107 a fuerzas y pares de torsión durante una parte del estado de postura 140 con uso reducido de energía eléctrica ya que el motor eléctrico 202 no está consumiendo ninguna energía eléctrica en este modo no accionado.

Levantarse (de una silla)

60 En algunas realizaciones de la invención, el procesador de señales 130 empieza a implementar un estado de levantarse 148 cuando el sensor de postura 124 indica que, durante el estado de sentarse 147, el pie artificial 108 ha entrado en contacto con el suelo por debajo del amputado. Durante una parte de este estado de levantarse 148 la rodilla protésica semiaccionada 100 funciona en el modo accionado. En algunas realizaciones de la invención, durante una parte del estado de levantarse 148, el procesador de señales 130 controla el ángulo entre el enlace de muslo 103 y el enlace de caña 105 de modo que el ángulo de rodilla sigue una trayectoria. En algunas otras realizaciones de la invención, durante una parte del estado de levantarse 148, el procesador de señales 130 controla el par de torsión generado por el generador de torsión 104. En algunas realizaciones adicionales de la invención,

durante una parte del estado de levantarse 148, el procesador de señales 130 controla la corriente al motor eléctrico 202. En algunas otras realizaciones de la invención, durante una parte del estado de levantar 148, el procesador de señales 130 controla la velocidad del motor eléctrico 202.

5 La figura 35 es un esquema eléctrico que muestra la conexión de la fuente de energía eléctrica 205 al controlador de motor 128, que incluye un circuito de protección de sobrecarga 184. En el modo de regeneración de energía, el fluido hidráulico fluye a través de la bomba hidráulica 201, que causa que el motor eléctrico 202 se active y genere electricidad. El procesador de señales 130, envía una corriente deseada al controlador de motor 128 que aumenta el voltaje de un bus 183 de modo que la energía fluye desde el motor eléctrico 202 a la fuente de energía 205, regenerando de esta manera la energía. Si el voltaje del bus llega a ser suficientemente alto, un divisor de voltaje 182 causa que un comparador 179 se active en un conmutador 178 que desvía la corriente de regeneración de la fuente de energía 205 y su lugar disipa una fracción de la energía en un resistor de energía 177. Una referencia de voltaje 180 establece el punto del recorrido para el comparador 179 y un resistor de retroalimentación 181 proporciona la histéresis.

10
15

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de rodilla protésica semiaccionada (100), configurado para acoplarse a una extremidad inferior que queda por encima de la rodilla de un amputado y que puede funcionar tanto en modo accionado como en modo no accionado, que comprende:

- un pie artificial (108) que tiene una punta y un talón;
- un enlace de caña (105) acoplado al pie artificial;
- un enlace de muslo (103) configurado para unirse a la extremidad inferior que queda encima de la rodilla de un amputado;
- un mecanismo de rodilla (107) que interconecta dicho enlace de muslo y dicho enlace de caña, permitiendo dicho mecanismo de rodilla los movimientos de flexión y extensión de dicho enlace de muslo y dicho enlace de caña entre sí;
- un generador de torsión hidráulico (104) interpuesto entre dicho enlace de caña y dicho enlace de muslo;
- una unidad de energía hidráulica (200) que incluye un circuito de válvula hidráulica acoplado de forma hidráulica a dicho generador de torsión, una bomba hidráulica (201) y un motor eléctrico (202) acoplado mecánicamente a dicha bomba hidráulica;
- una fuente energía (129) para proporcionar energía eléctrica a dicho motor eléctrico (202); y
- un procesador de señales (130) conectado a la fuente de energía (129);

caracterizado por

un sensor de postura (124) que puede identificar la parte del pie artificial que está en contacto con el suelo;

un sensor de ángulo de rodilla (120) dispuesto para crear una señal de ángulo de rodilla (155) que representa el ángulo entre dicho enlace de caña y dicho enlace de muslo; y estando conectado además dicho procesador de señales (130) a dichos sensores de ángulo de rodilla y de postura (120, 124) y la unidad de energía hidráulica (200) para controlar el funcionamiento de la unidad de energía hidráulica basándose en señales (155, 234) recibidas desde los sensores de ángulo de rodilla y postura (120, 234) en el que, cuando dicha rodilla protésica semiaccionada (100) funciona en su modo accionado, se transfiere energía eléctrica desde dicha fuente de energía (129) hasta dicho motor eléctrico (202) para manejar la bomba hidráulica (201) para proporcionar fluido de trabajo a dicho generador de torsión (104) bajo el control del procesador de señales (130) para crear un par de torsión entre dicho enlace de caña (105) y dicho enlace de muslo (103) y, cuando dicha rodilla protésica semiaccionada (100) funciona en su modo no accionado, dicho circuito de válvula hidráulica modula una resistencia de flujo de fluido en dicho generador de torsión (104) de modo que dicha rodilla protésica semiaccionada (100) funciona sin ninguna transferencia de energía eléctrica desde dicha fuente de energía eléctrica (129) hasta dicho motor eléctrico.

2. El dispositivo de la reivindicación 1, en el que dicha rodilla protésica semiaccionada (100) puede funcionar en un modo de regeneración de energía en que dicha bomba hidráulica se acopla de forma hidráulica a dicho generador de torsión (104) y al menos una parte del flujo hidráulico desde dicho generador de torsión (104) fluye a dicho bomba hidráulica causando que dicho motor eléctrico (202) se active y genere energía eléctrica.

3. El dispositivo de la reivindicación 1, en el que dicho circuito de bomba hidráulica comprende una válvula de tres vías que tiene un primer, segundo y tercer acceso, estando dicha bomba hidráulica (201) acoplada al primer y segundo acceso de dicha válvula de tres vías y estando dicho generador de torsión (104) acoplado al segundo y tercer acceso de dicha válvula de tres vías, en el que, cuando dicha rodilla protésica semiaccionada (100) funciona en su modo accionado, dicha válvula de tres vías bloquea dicho segundo acceso y conecta dicho primer acceso a dicho tercer acceso, lo que permite el flujo de fluido entre dicha bomba hidráulica y dicho generador de torsión, y cuando dicha rodilla protésica semiaccionada funciona en un modo no accionado, dicha válvula de tres vías bloquea dicho primer acceso y modula una abertura de dicho tercer acceso para modular la resistencia del flujo de fluido a través de dicho generador de torsión.

4. El dispositivo de la reivindicación 3, en el que dicha rodilla protésica semiaccionada (100) se puede hacer funcionar en un modo de regeneración de energía en que dicha válvula de tres vías conecta dicho primer acceso a dicho tercer acceso, que permite al menos que una parte del flujo de fluido desde dicho regenerador de torsión (104) active dicha bomba hidráulica y un controlador de motor aplica una corriente que no es cero a dicho motor eléctrico para resistir el flujo de fluido en dicha bomba hidráulica.

5. El dispositivo de la reivindicación 1, en el que dicho circuito de válvula hidráulica comprende una válvula de tres vías que tiene un primer, segundo y tercer acceso, estando dicha bomba hidráulica (201) acoplada al primer y segundo acceso de dicha válvula de tres vías y estando dicho generador de torsión (104) acoplado a un tercer acceso y dicho segundo acceso, en el que, cuando dicha rodilla protésica semiaccionada (100) funciona en su modo accionado, dicha válvula de tres vías bloquea dicho segundo acceso y conecta dicho primer acceso a dicho tercer acceso, que permite el flujo de fluido entre dicha bomba hidráulica y dicho generador de torsión y, cuando dicha rodilla protésica semiaccionada funciona en su modo no accionado, dicha válvula de tres vías modula una abertura de dicho tercer acceso modulando de ese modo la resistencia del flujo de fluido en dicho generador de torsión.

6. El dispositivo de la reivindicación 1, en el que dicho sensor de postura (124) comprende un sensor de fuerza-par de torsión instalado en dicho enlace de caña para medir tanto la fuerza como el momento en un plano sagital.
7. El dispositivo de la reivindicación 1, que comprende además dos sensores de presión que miden respectivamente la presión del fluido hidráulico en la primera y segunda cámara de dicho generador de torsión (104).
8. Un método de control del funcionamiento de un dispositivo de rodilla protésica (100) acoplado a una extremidad inferior que queda encima de la rodilla de un amputado que tiene un tronco, comprendiendo el dispositivo de rodilla: un pie artificial (108) que tiene una punta y un talón; un enlace de caña (105) acoplado al pie artificial; un enlace de muslo (103) unido a una extremidad inferior que queda encima de la rodilla de un amputado; y un mecanismo de rodilla (107) que interconecta dicho enlace de muslo y dicho enlace de caña, permitiendo dicho mecanismo de rodilla los movimientos de flexión y extensión de dicho enlace de muslo y dicho enlace de caña entre sí; comprendiendo el método:
- generar un par de torsión entre dicho enlace de caña y enlace de muslo usando un generador de torsión (104); crear una señal de ángulo de rodilla (155) que representa el ángulo entre dicho enlace de caña y dicho enlace de muslo usando un sensor de ángulo de rodilla (120); identificar la parte de dicho pie artificial que está en contacto con el suelo usando un sensor de postura (124); proporcionar energía eléctrica usando una fuente de energía (129); y proporcionar un procesador de señales (130) conectado a la fuente de energía, el generador de torsión y cada uno de los sensores de ángulo de rodilla y postura, recibiendo dicho procesador de señales las señales de los sensores de rodilla y postura, que determinan una ubicación estimada del pie artificial con respecto al tronco del amputado y establece un estado de oscilación cuando dicho pie artificial abandona el suelo basándose en la ubicación estimada.
9. El método de la reivindicación 8, en el que dicho procesador de señales empieza a implementar un estado de oscilación hacia adelante cuando dicho pie artificial (108) abandona el suelo generalmente detrás de al menos una parte del tronco del amputado.
10. El método de la reivindicación 8, en el que dicho procesador de señales (130) inicia un estado de oscilación hacia atrás cuando dicho pie artificial (108) abandona el suelo delante del tronco del amputado.
11. El método de la reivindicación 8, en el que dicho procesador de señales (130) empieza a implementar un estado de oscilación de ascenso cuando dicho pie artificial (108) abandona el suelo generalmente por debajo del tronco del amputado.
12. El método de la reivindicación 8, en el que dicho procesador de señales (130) implementa un estado de oscilación de descenso cuando dicho pie artificial (108) está en contacto con el suelo y un sensor de presión para el generador de torsión indica una gran diferencia de presión entre múltiples cámaras de dicho generador de torsión (104).
13. El método de la reivindicación 8, en el que dicho procesador de señales (130) implementa un estado de sentarse cuando dicho procesador de señales (130) aprende que, durante dicho estado de postura de descenso, dicho pie artificial (108) se acaba de separar del suelo y está ubicado delante del tronco del amputado.

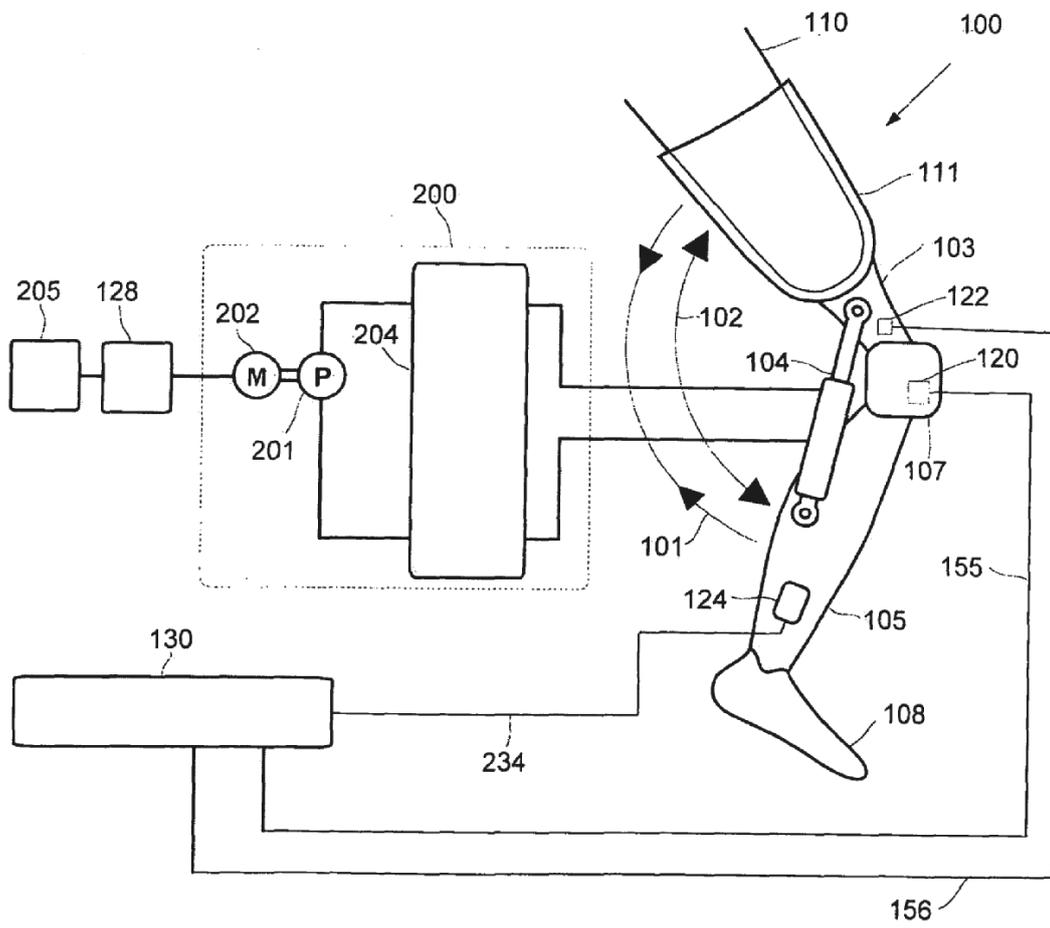


Fig. 1

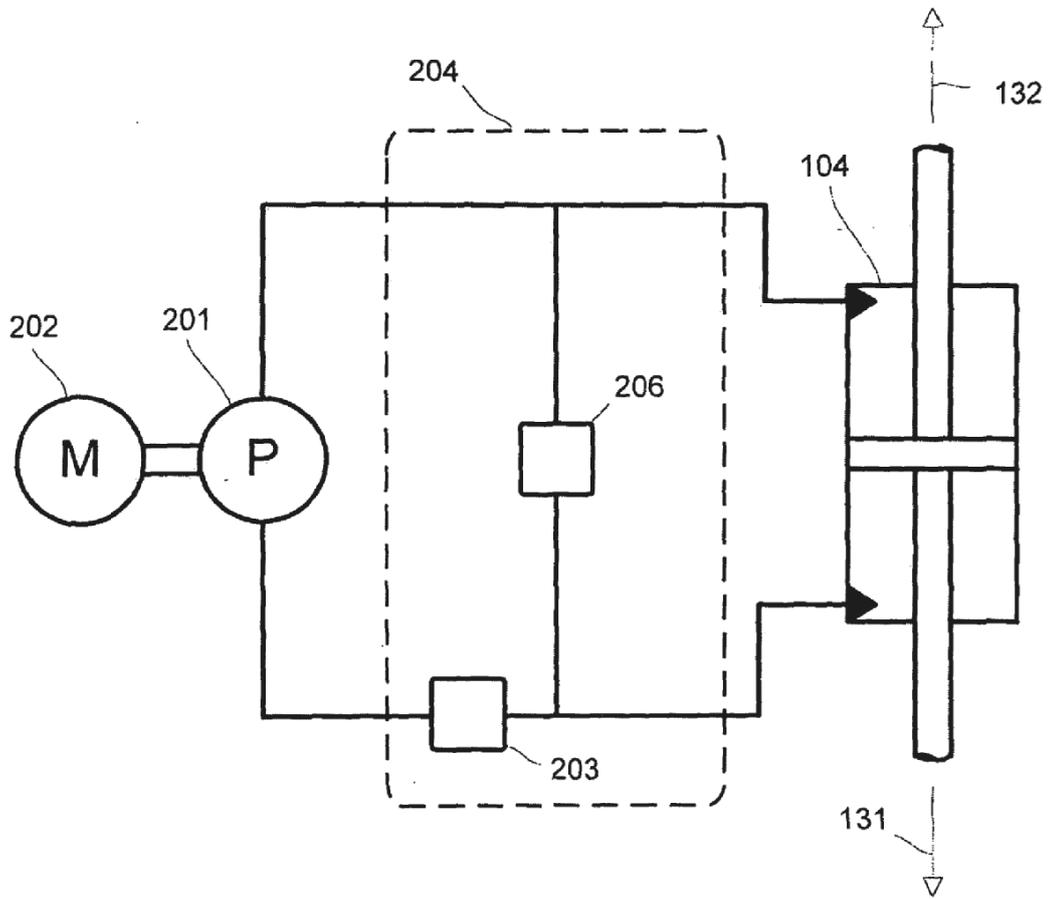


Fig. 2

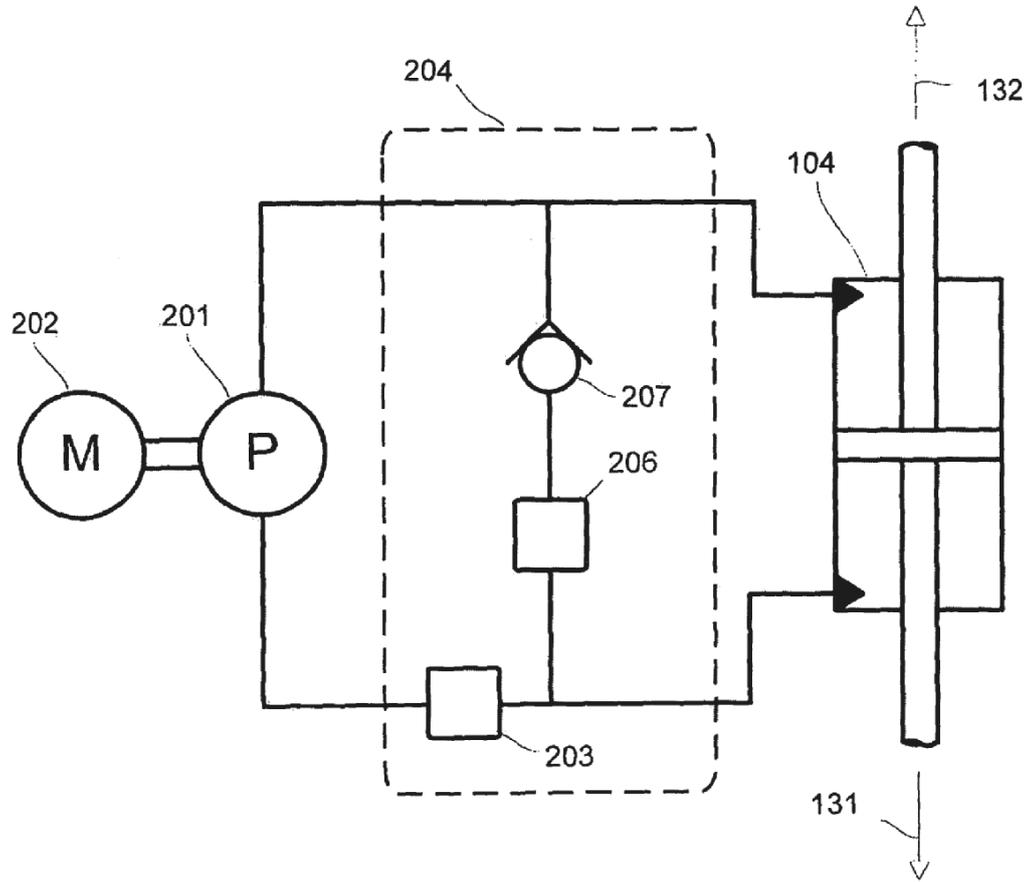


Fig. 3

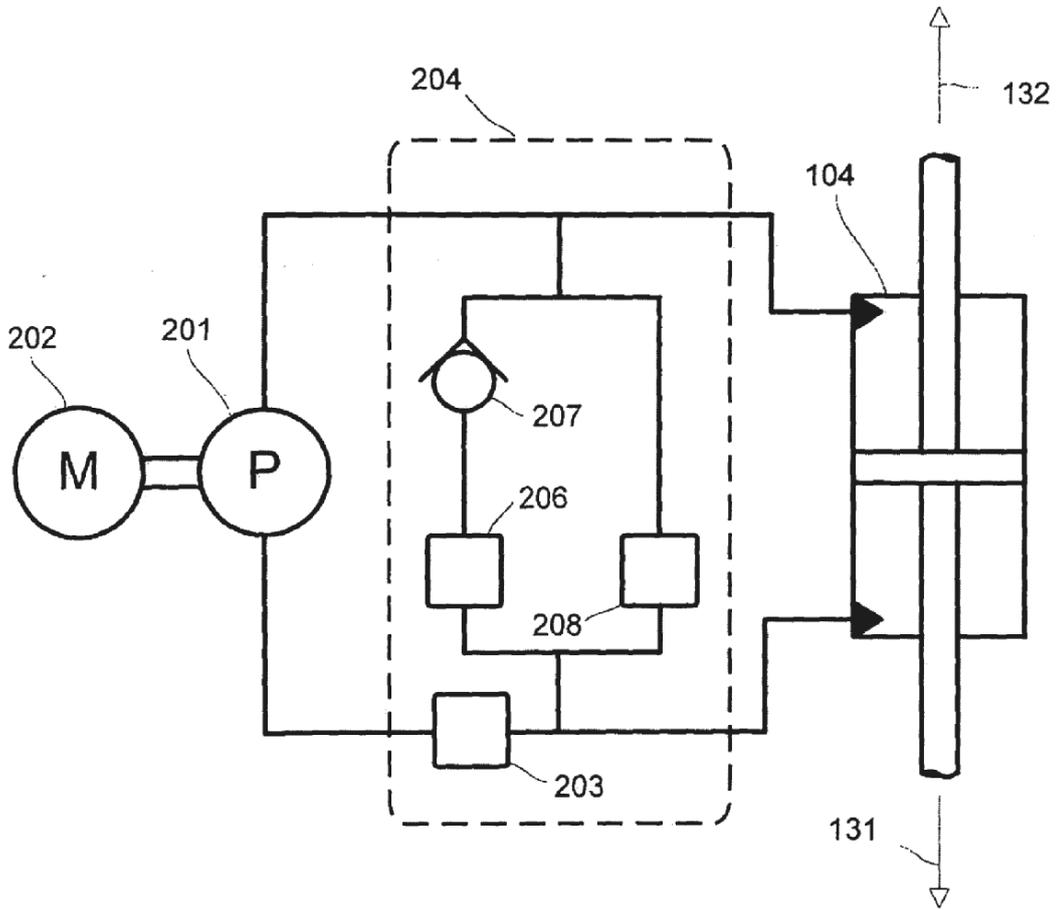


Fig. 4

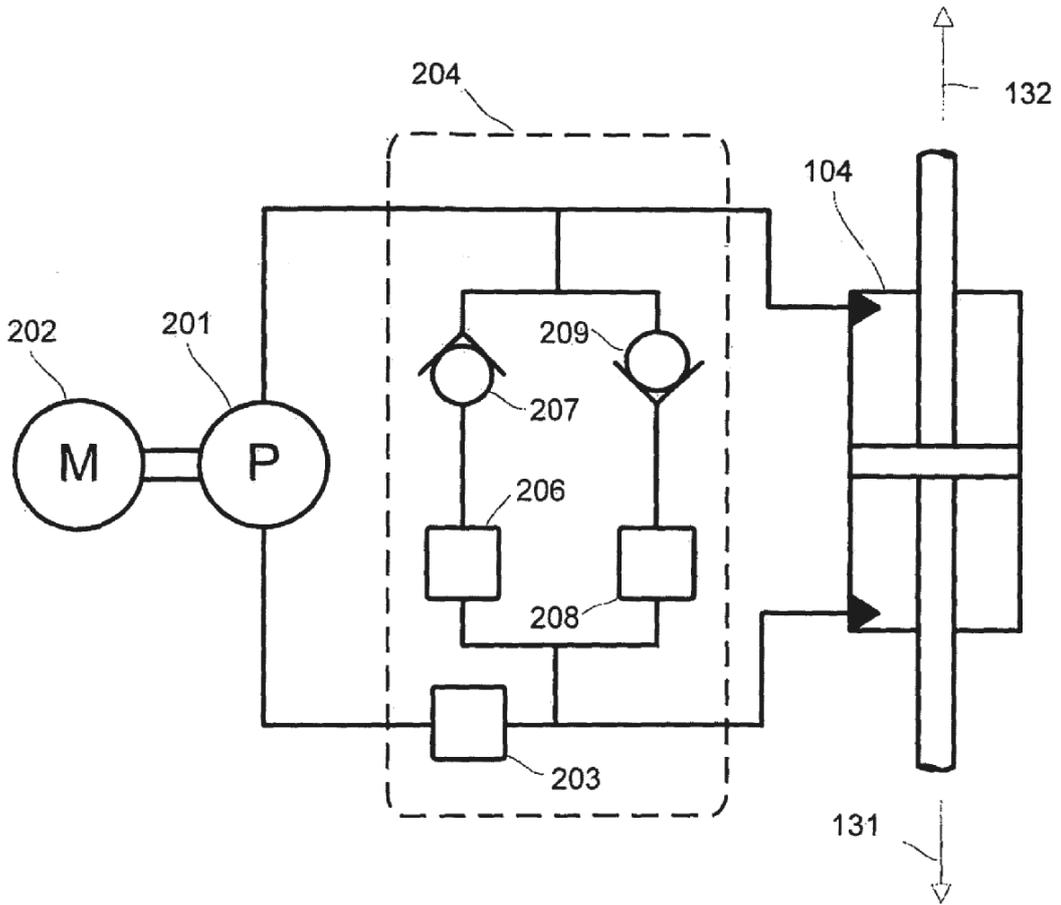


Fig. 5

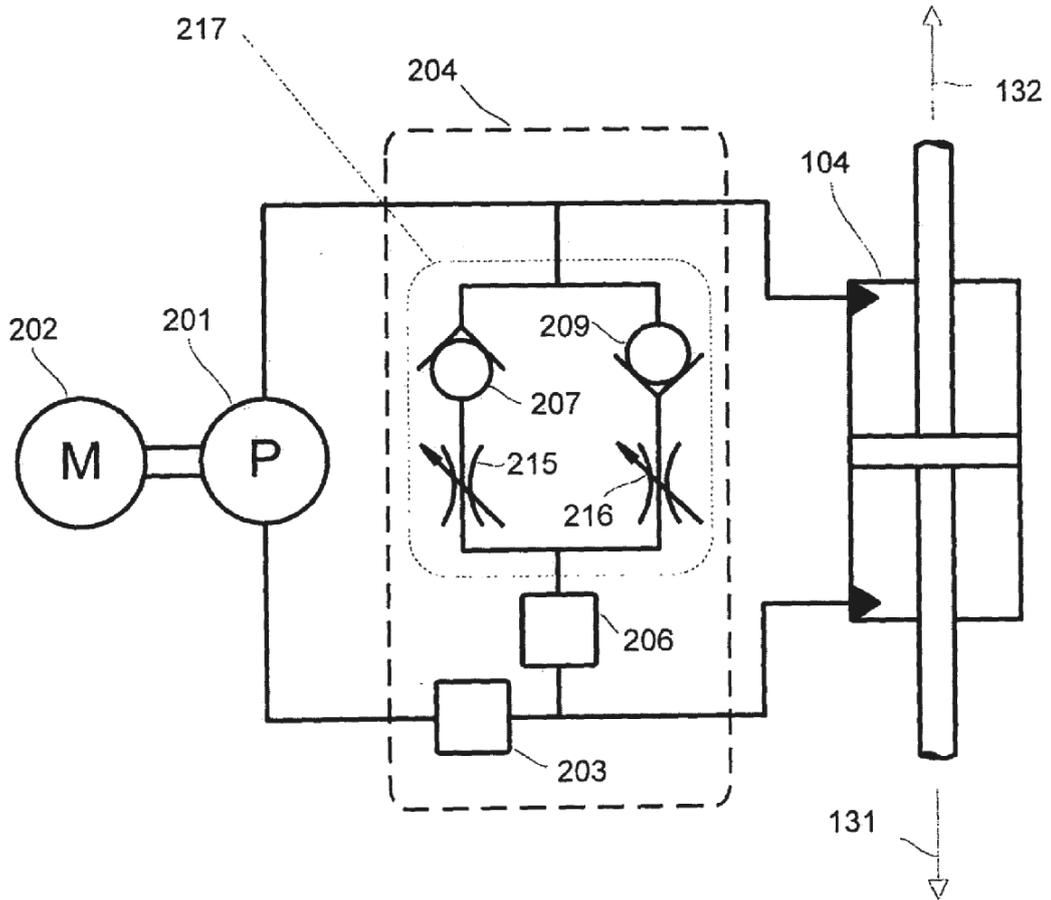


Fig. 6

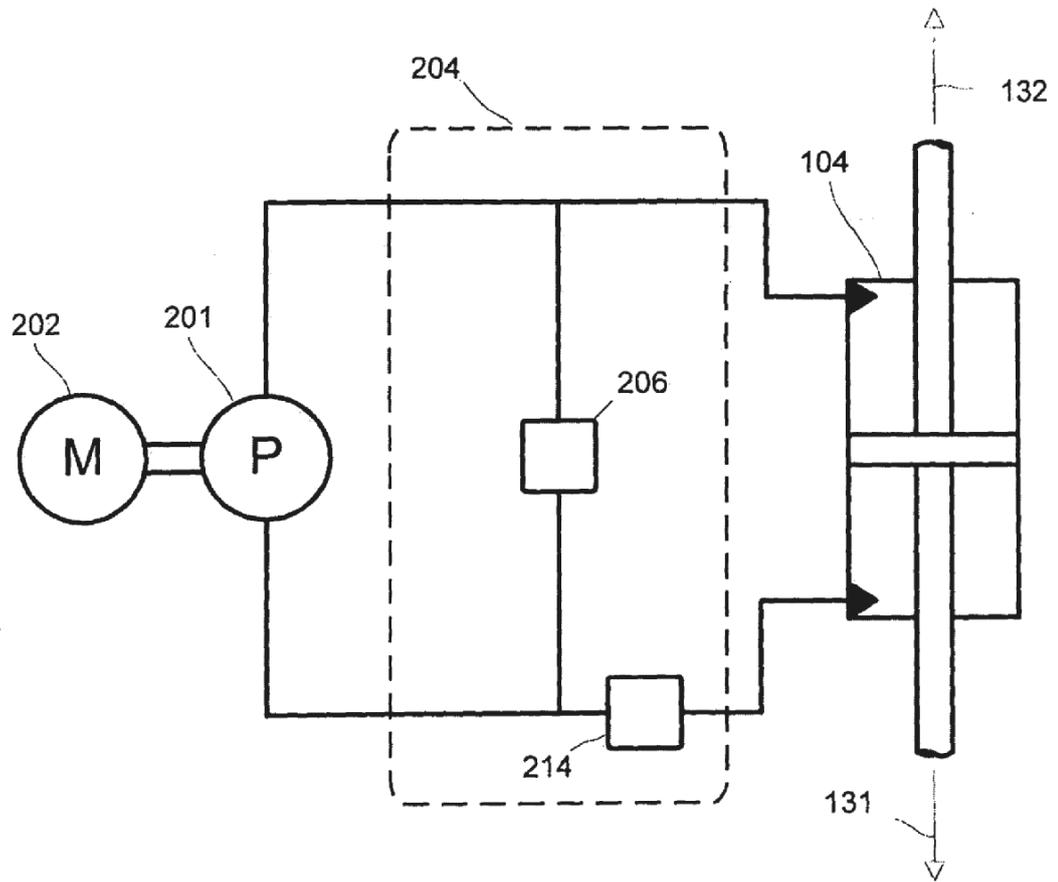


Fig. 7

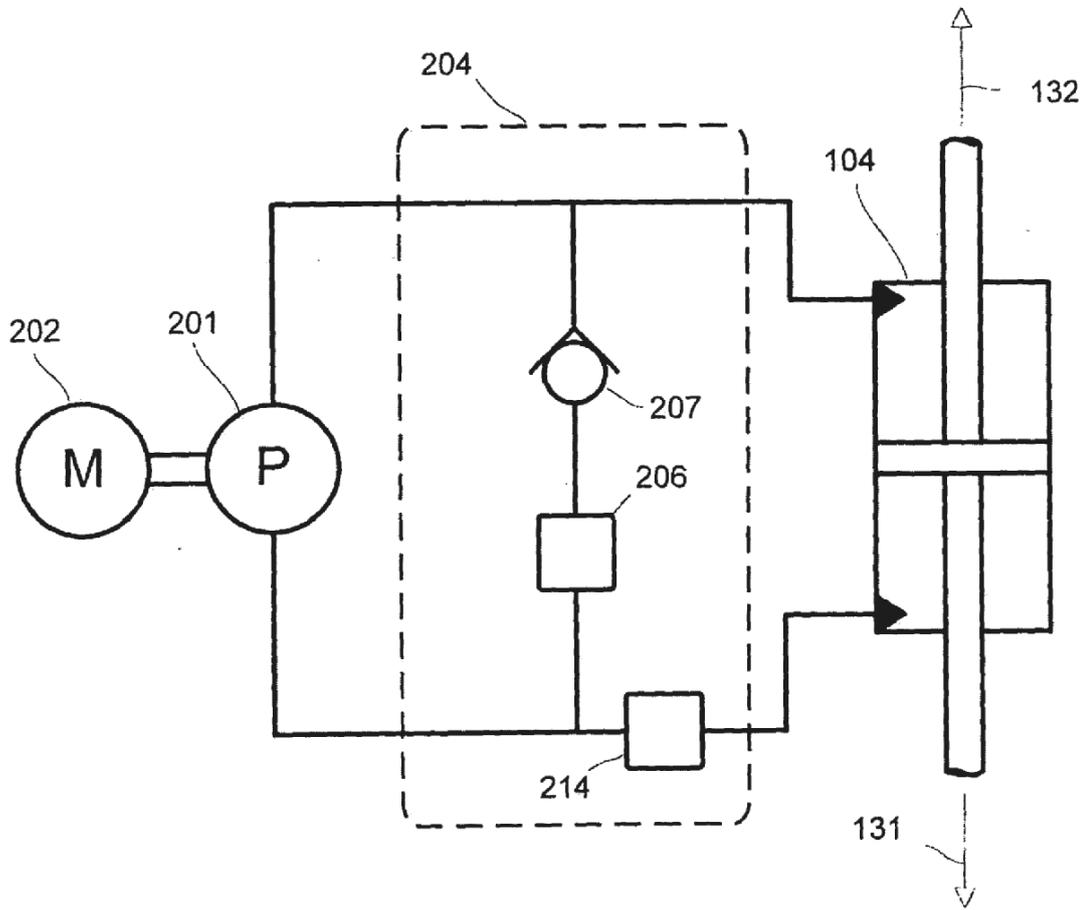


Fig. 8

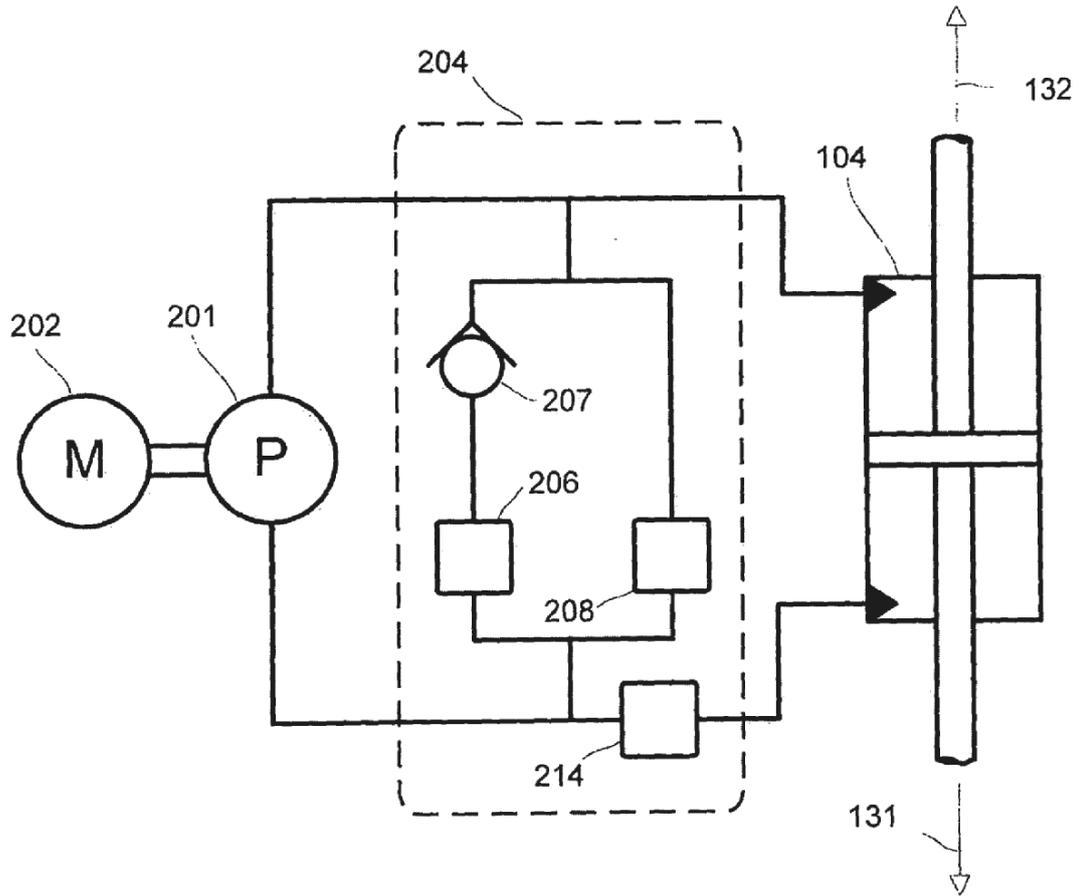


Fig. 9

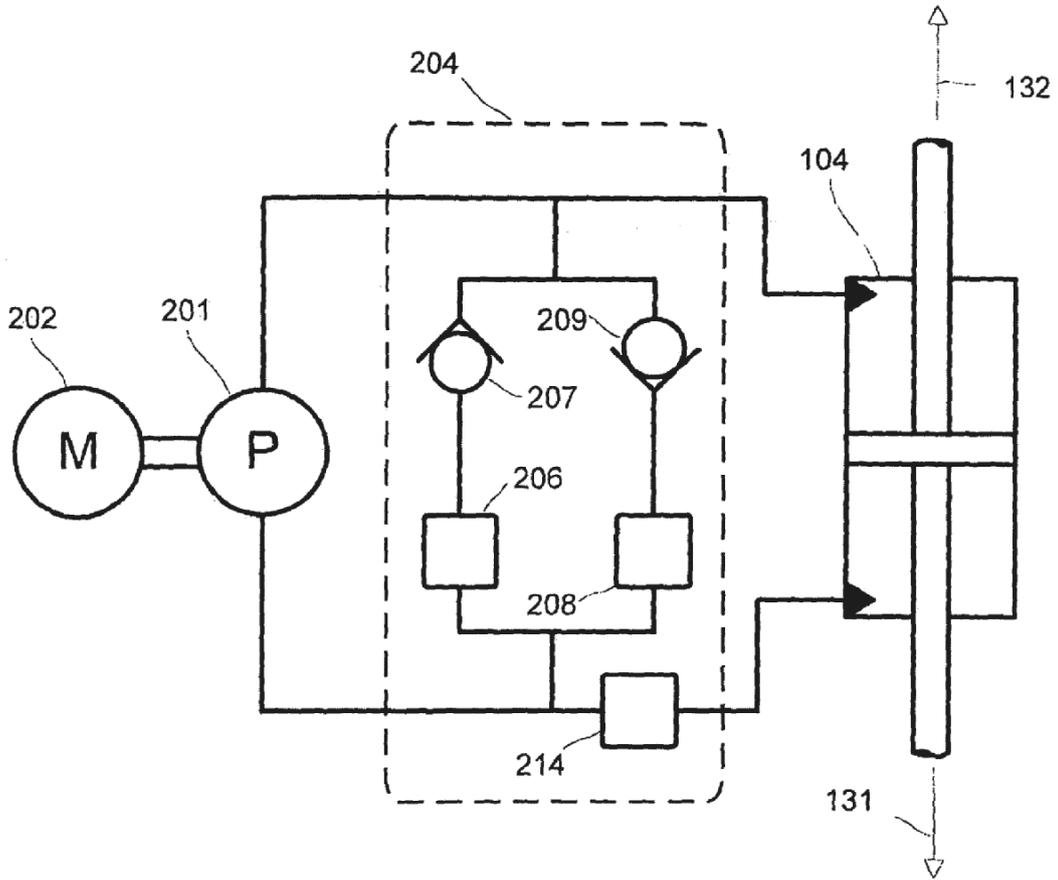


Fig. 10

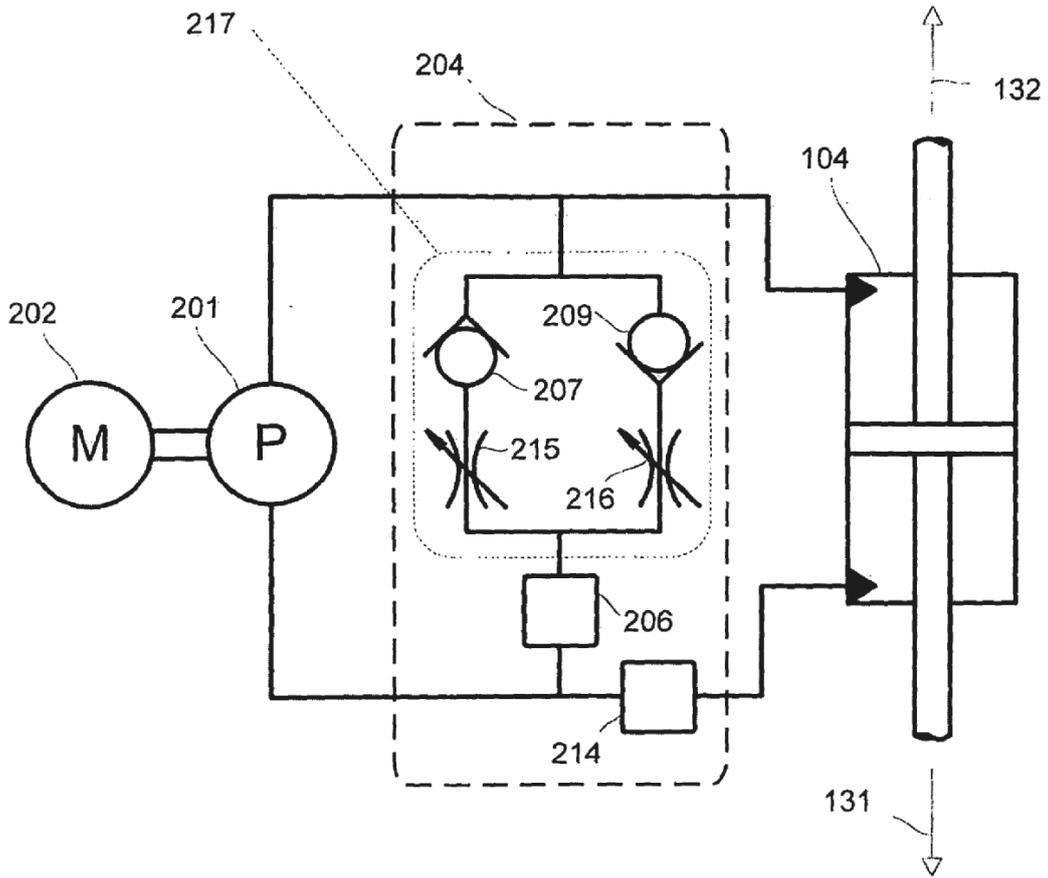


Fig. 11

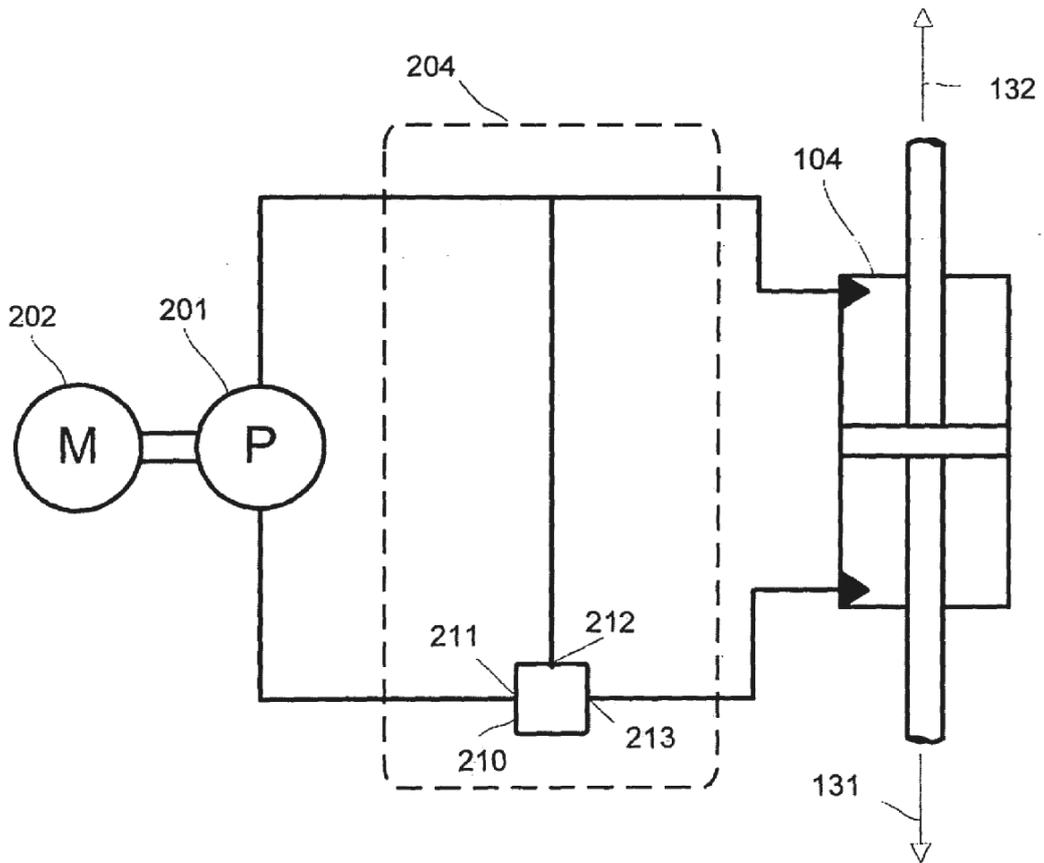


Fig 12

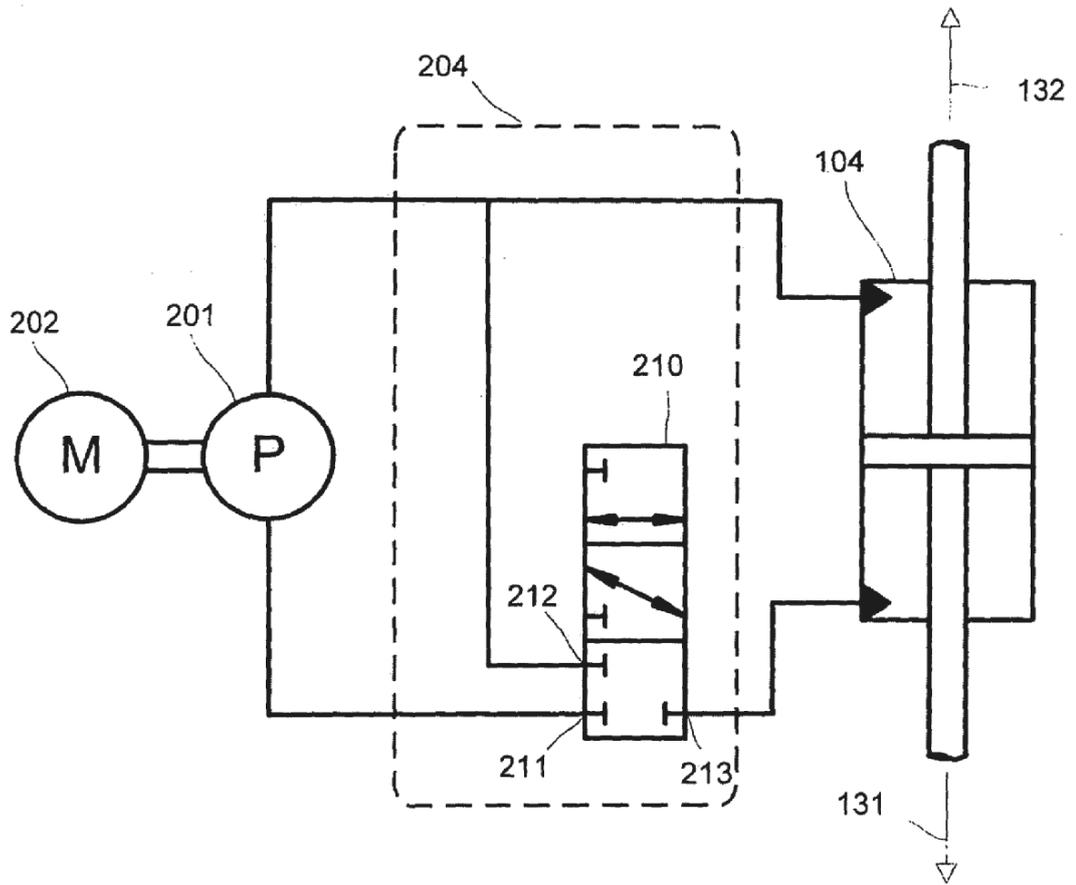


Fig 13

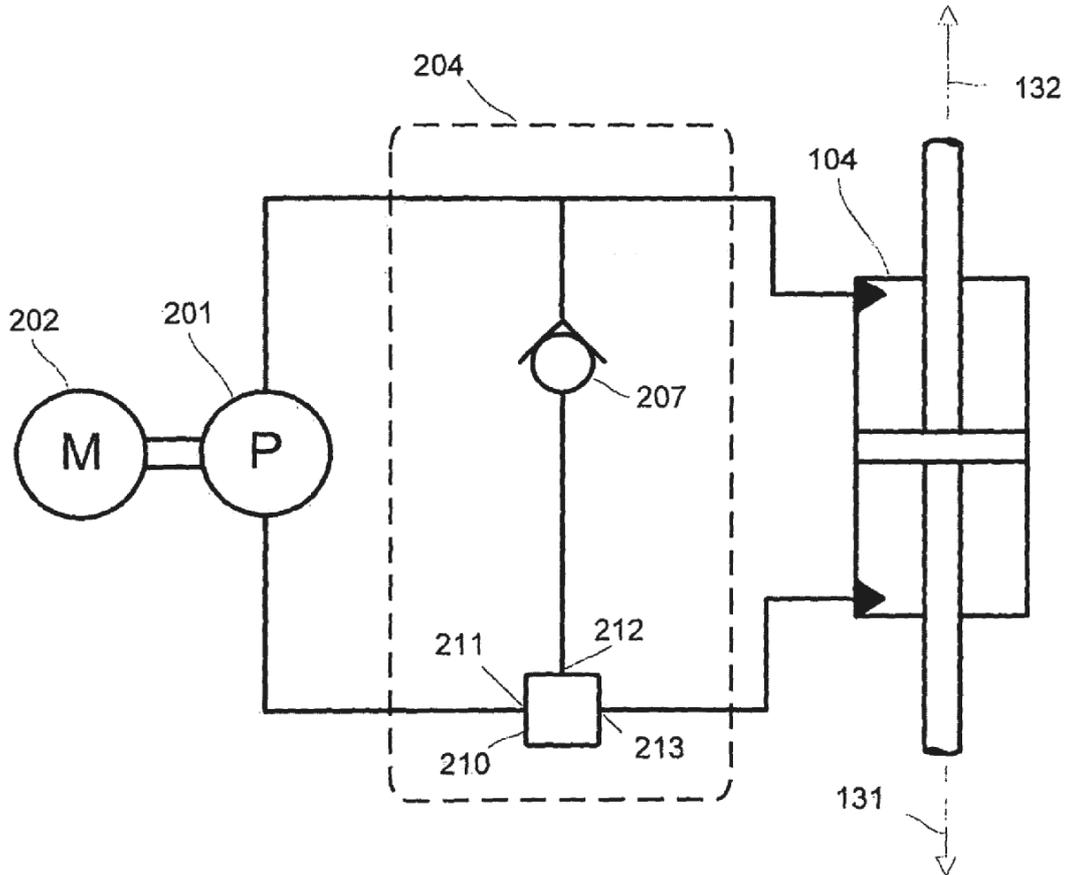


Fig 14

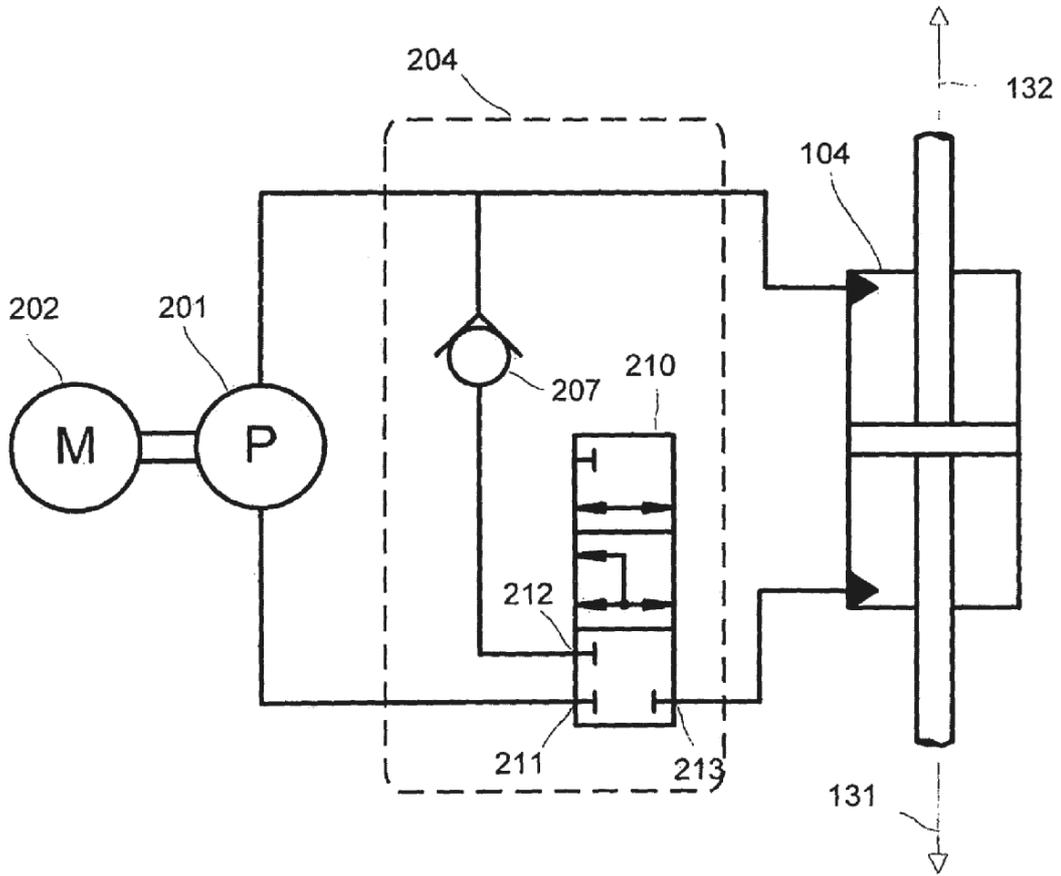


Fig 15

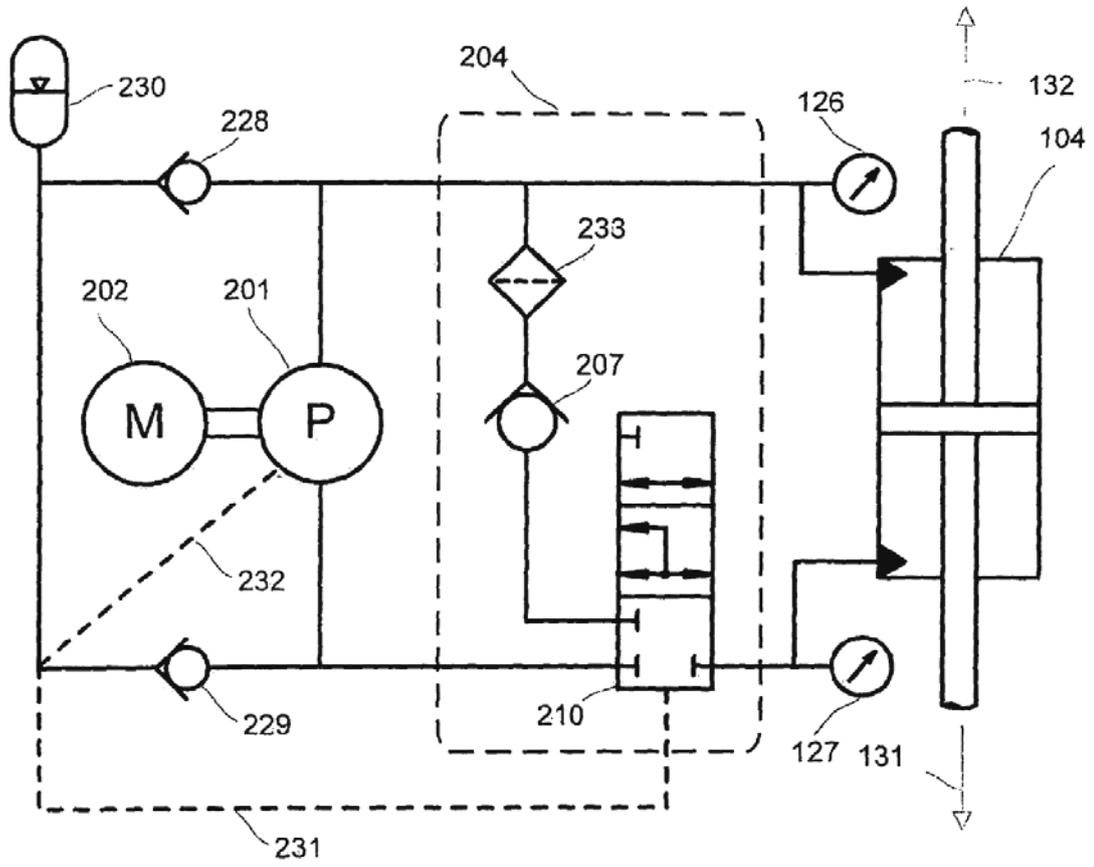


Fig. 16

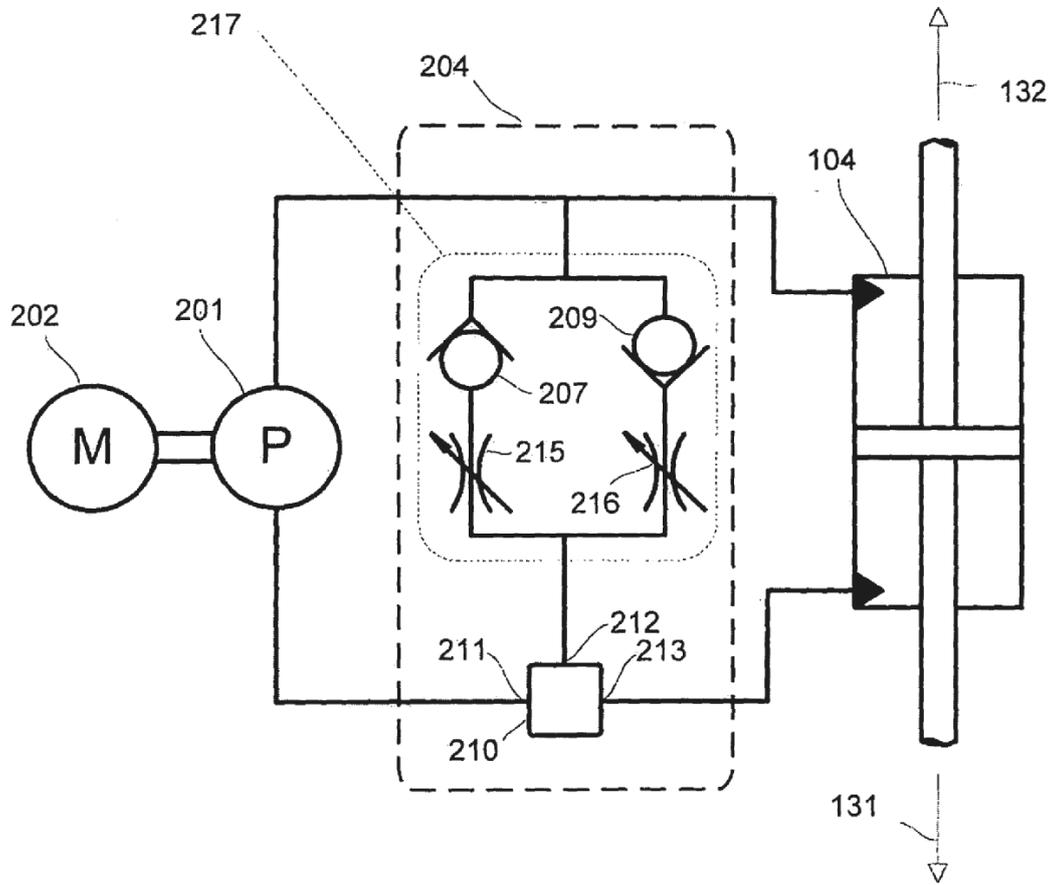


Fig. 17

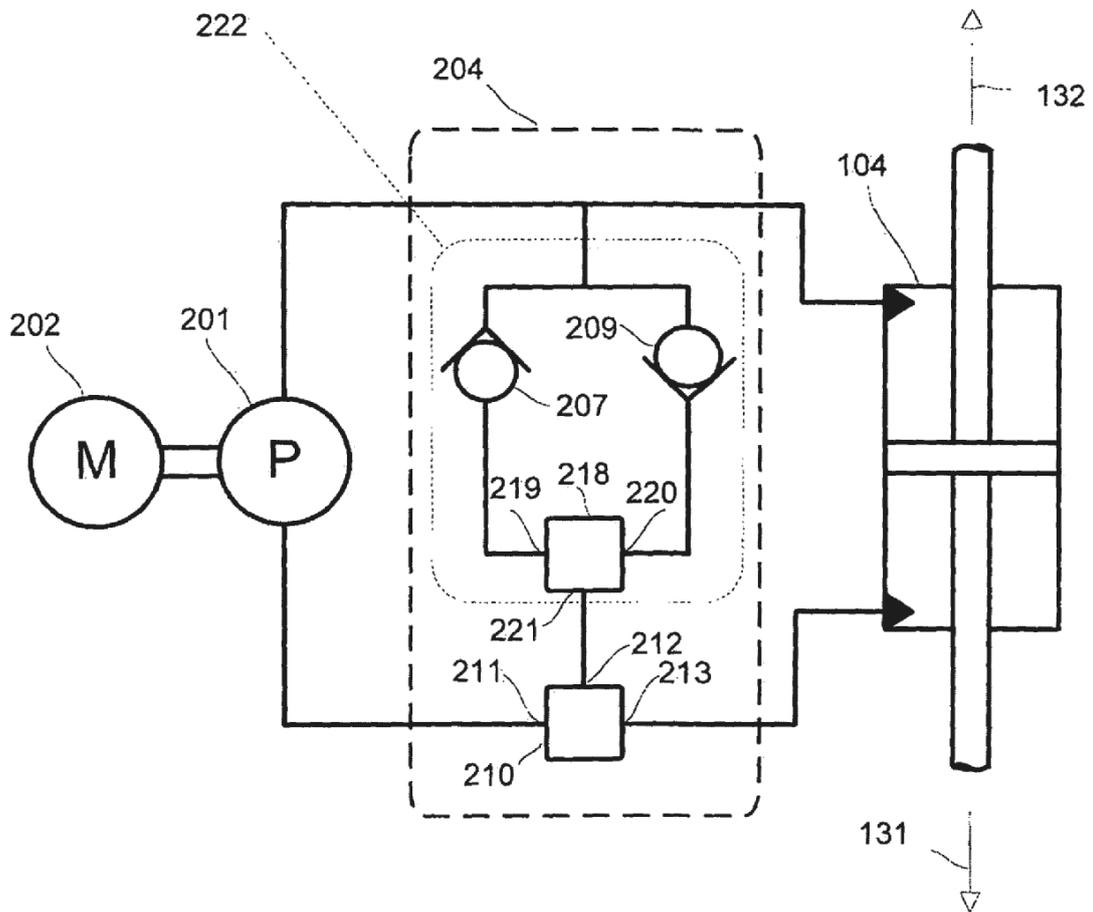


Fig. 18

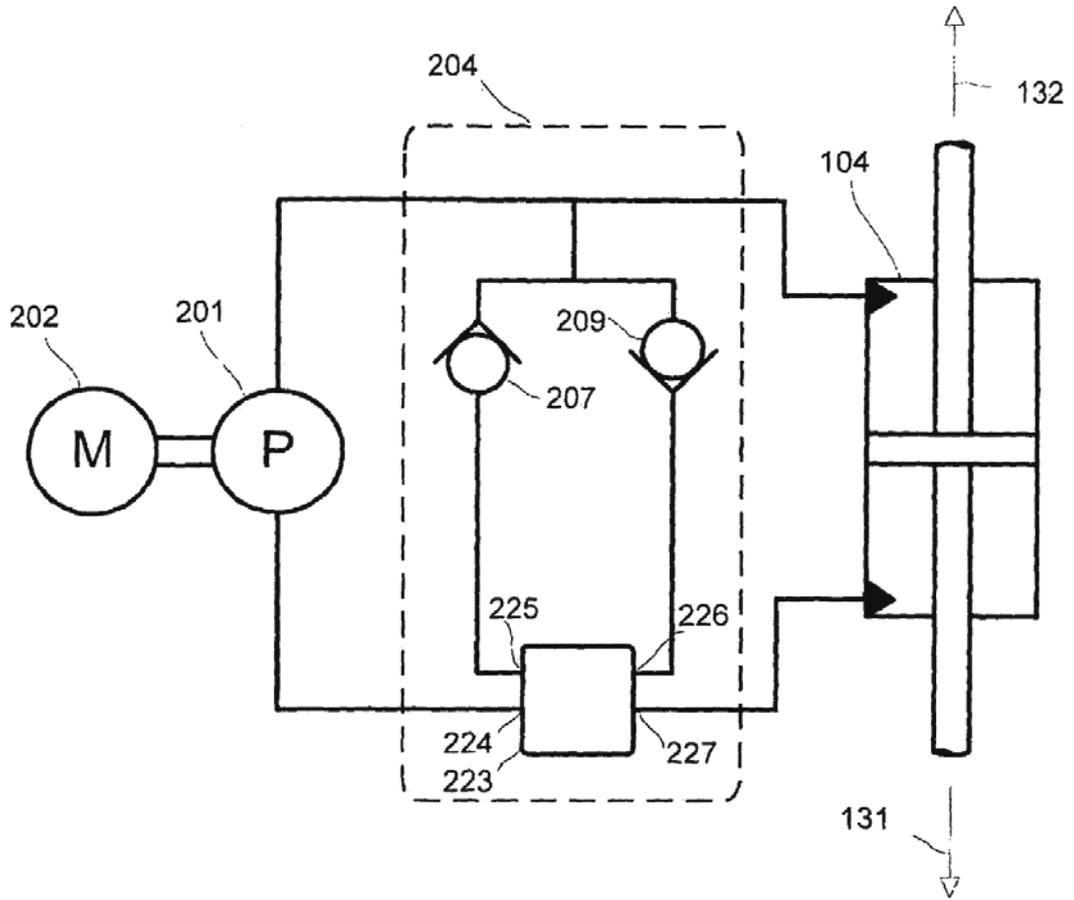


Fig. 19

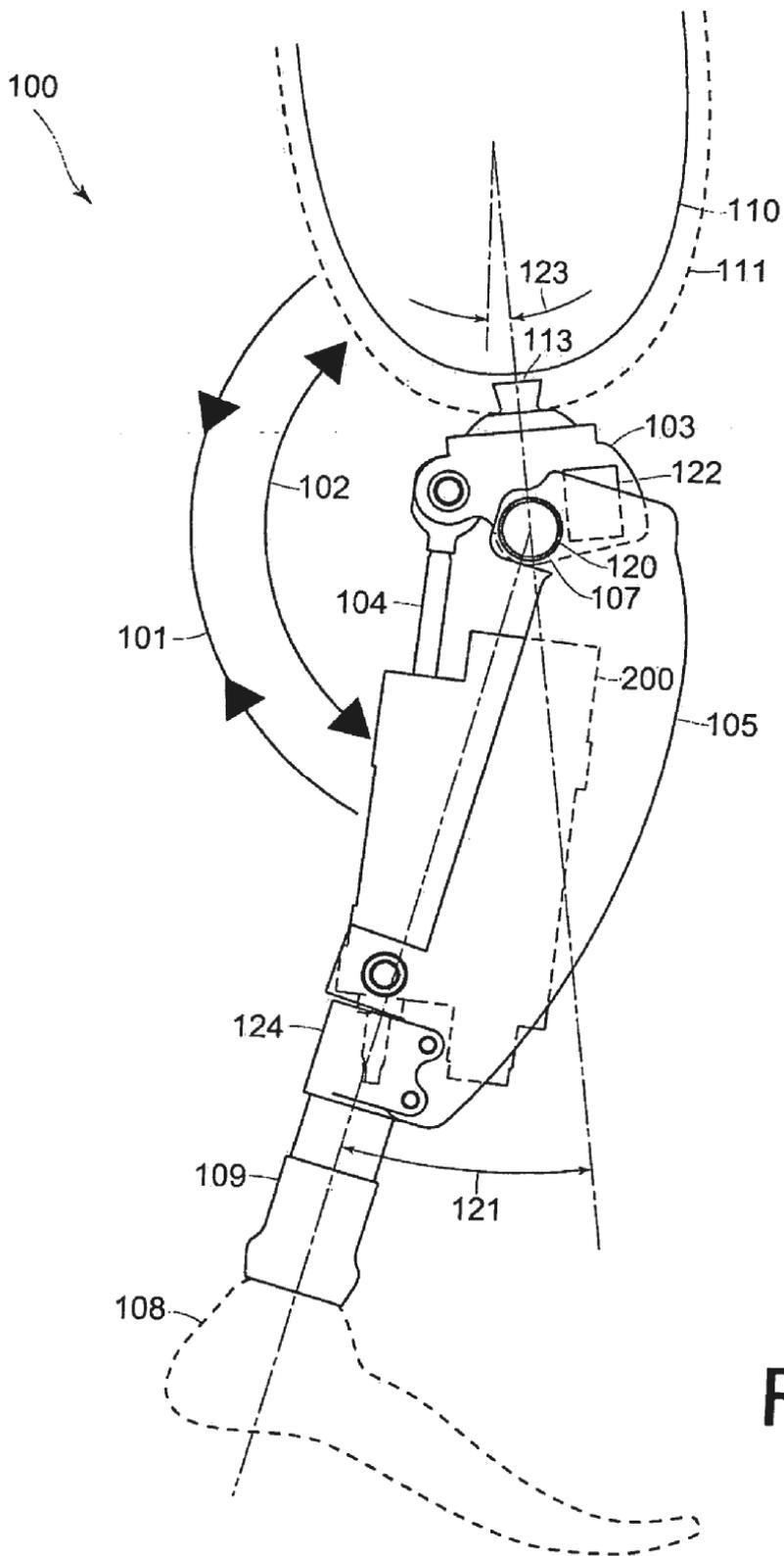


Fig. 20

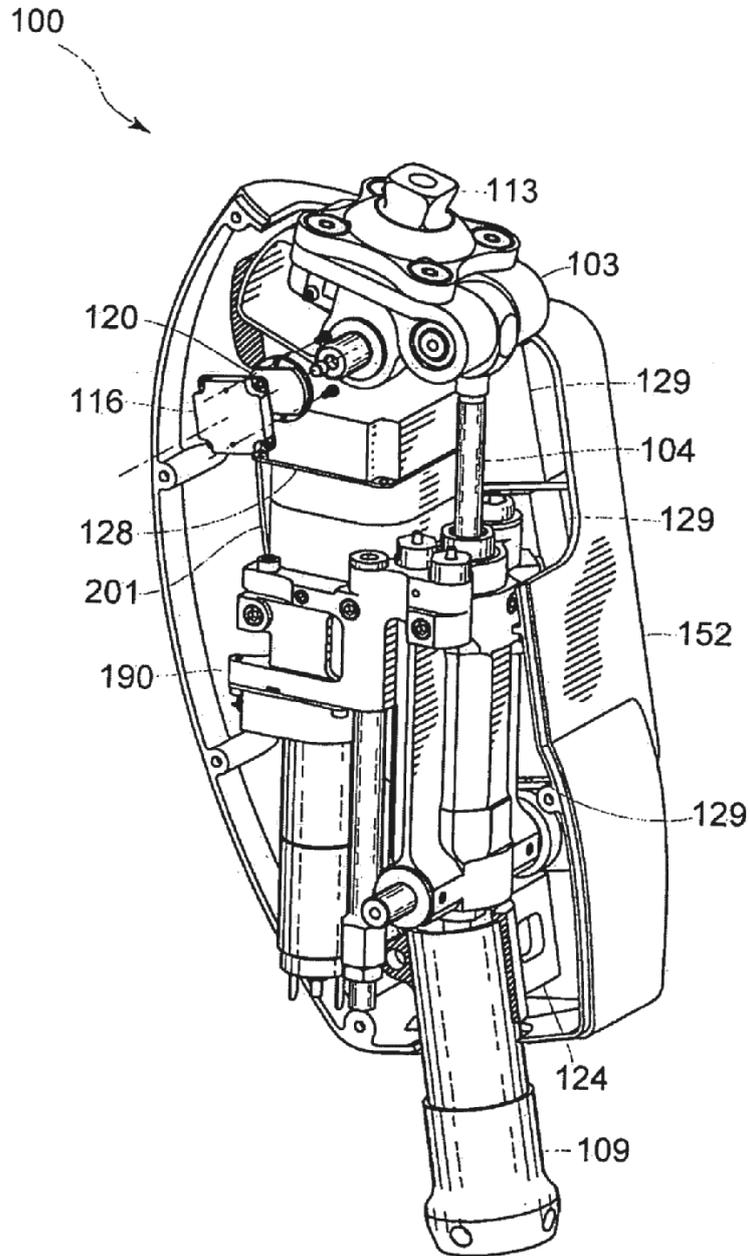


Fig. 21

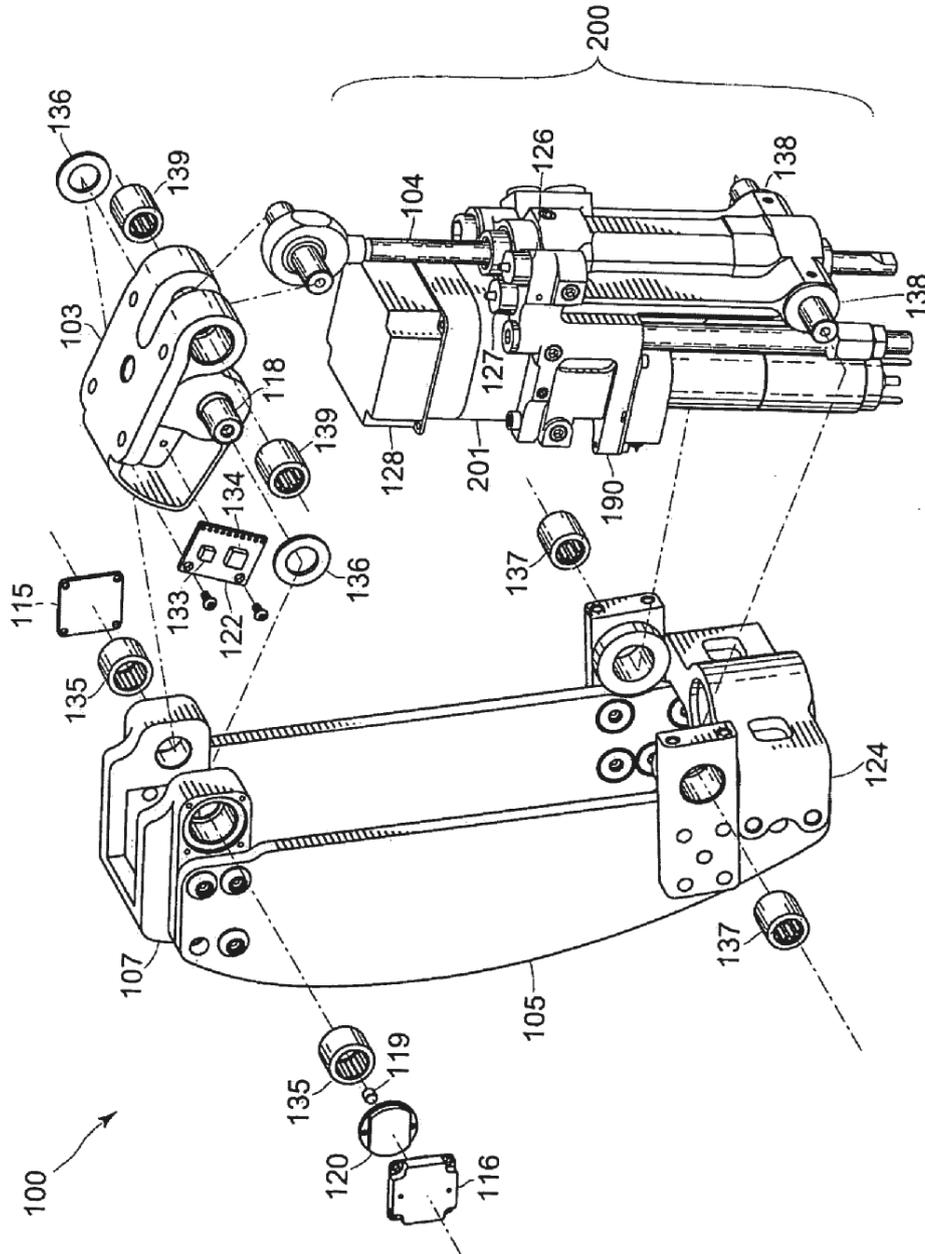


Fig. 22

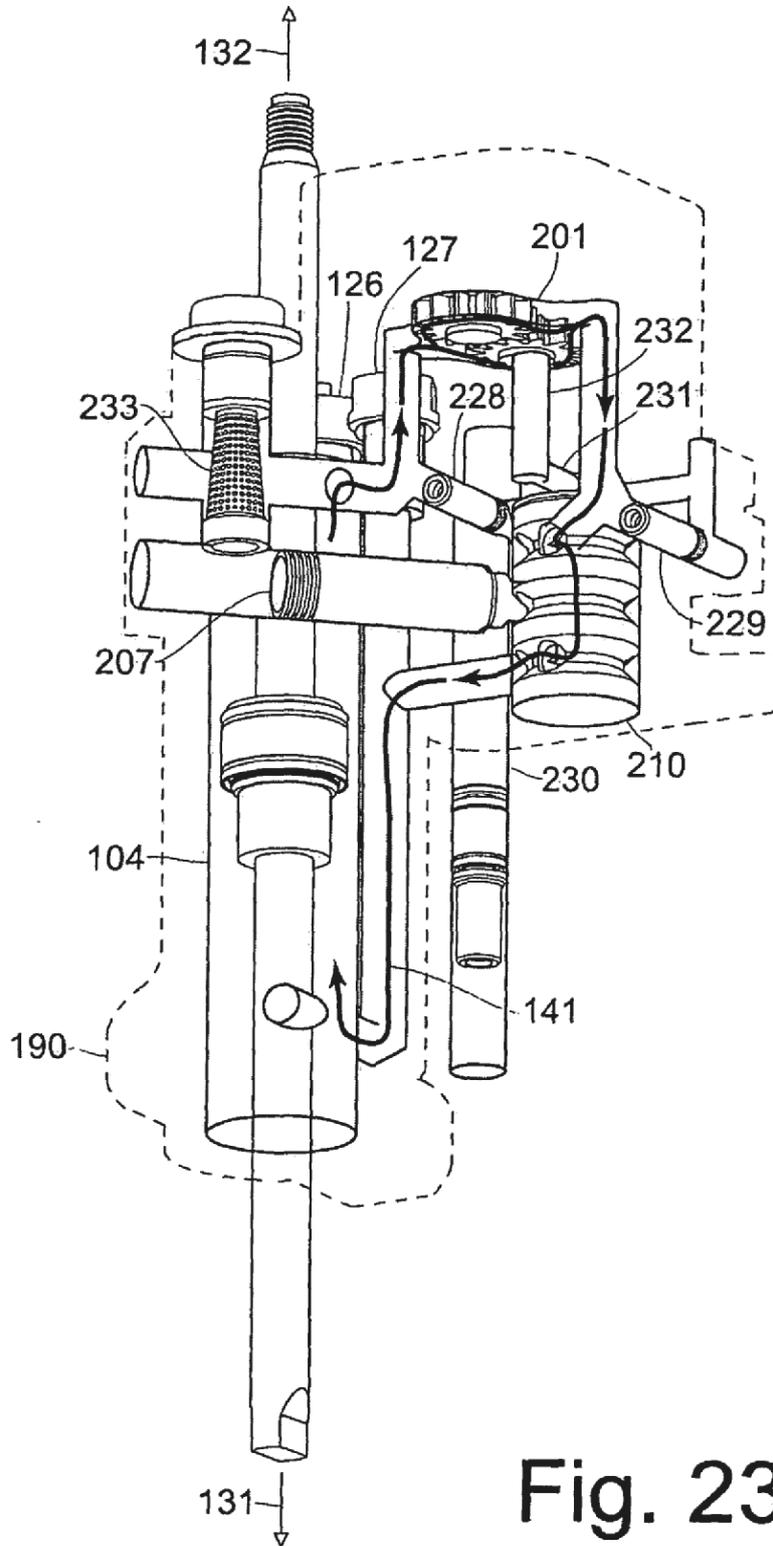


Fig. 23

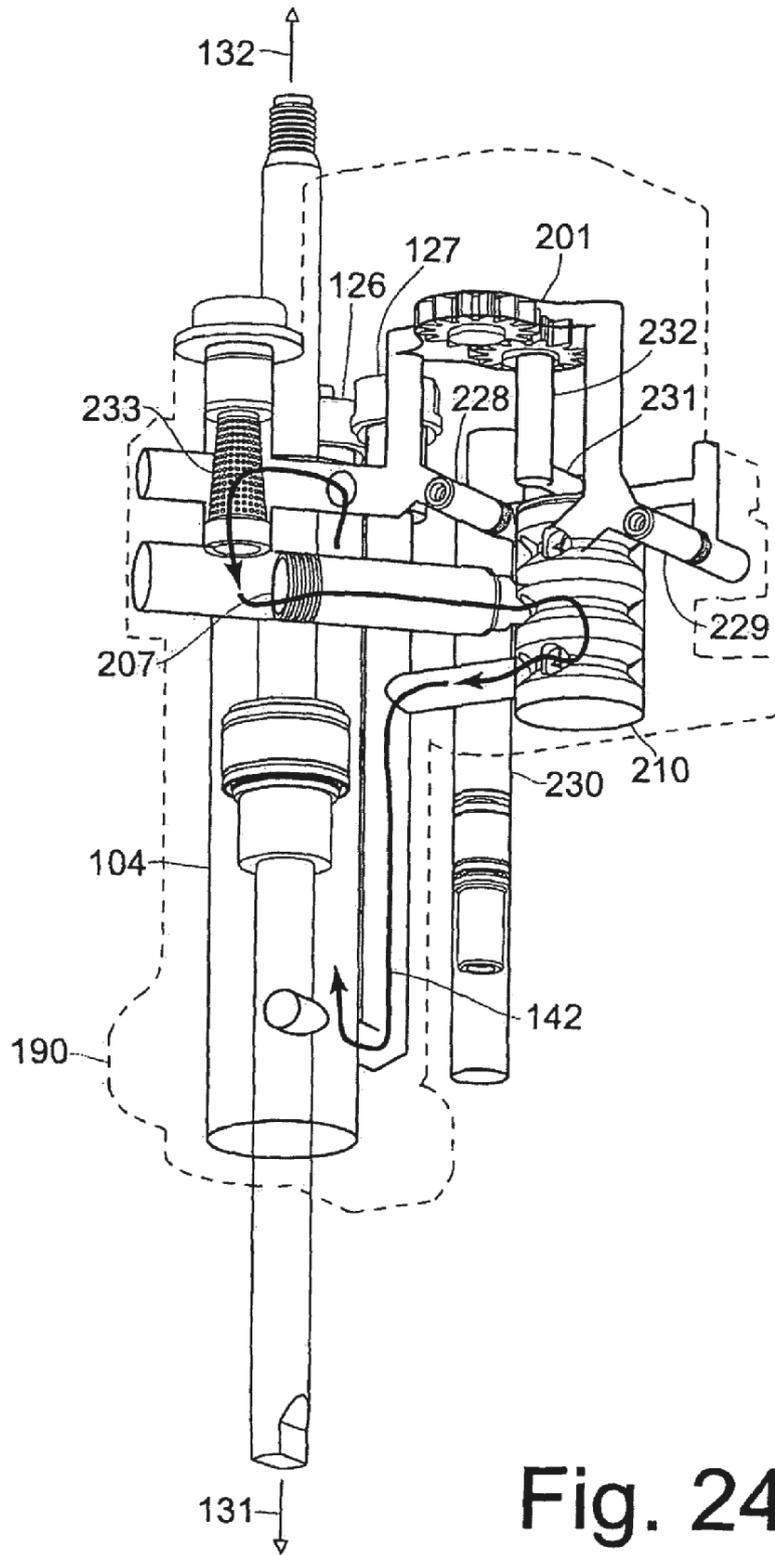


Fig. 24

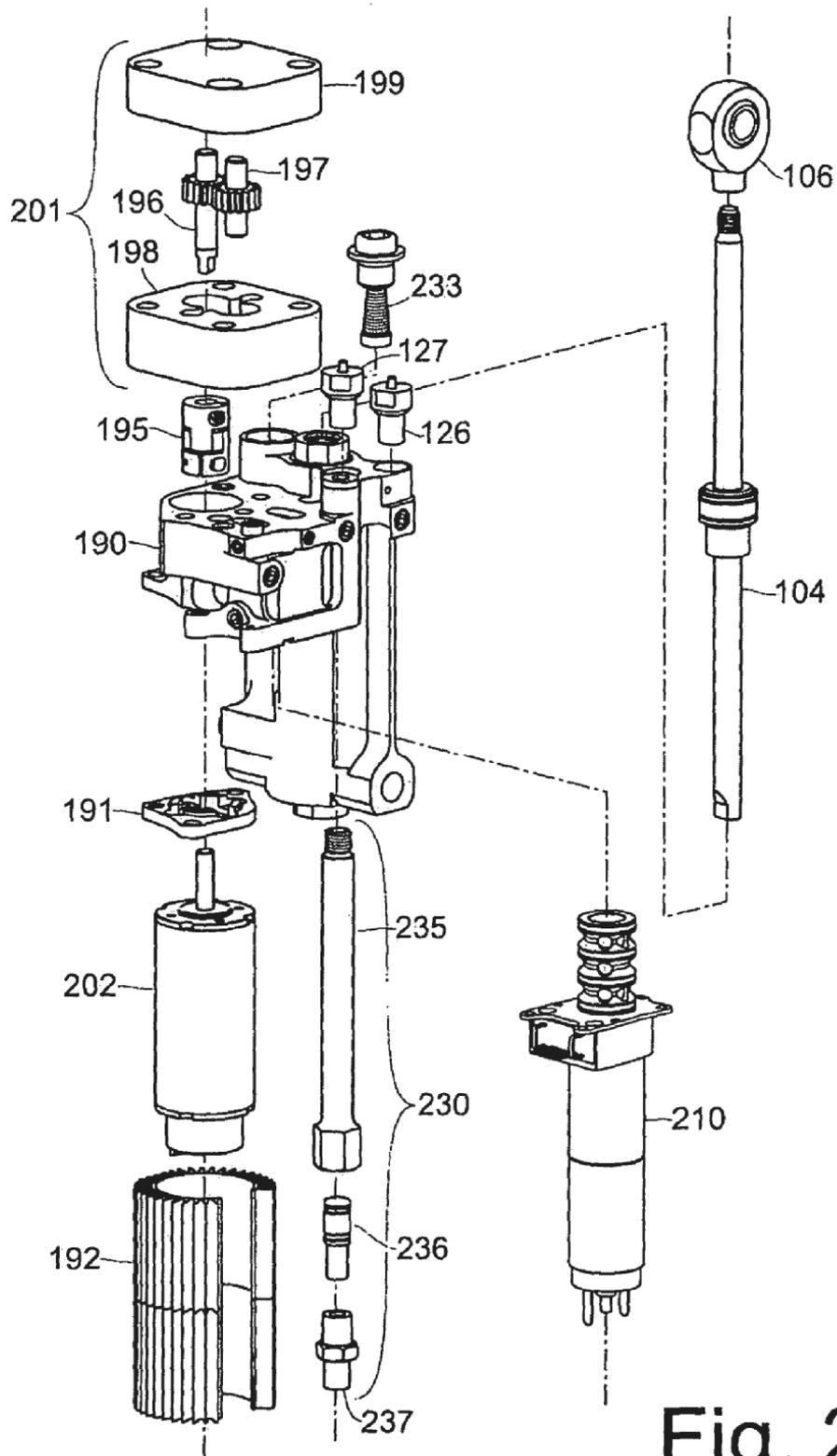
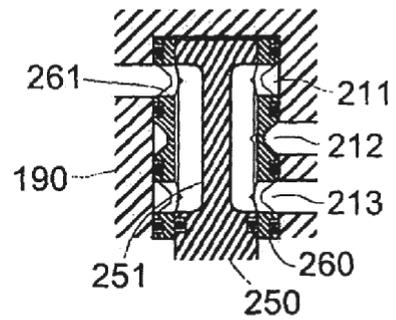
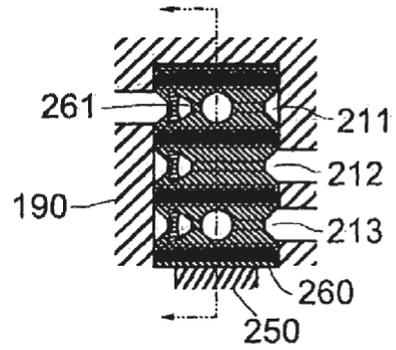
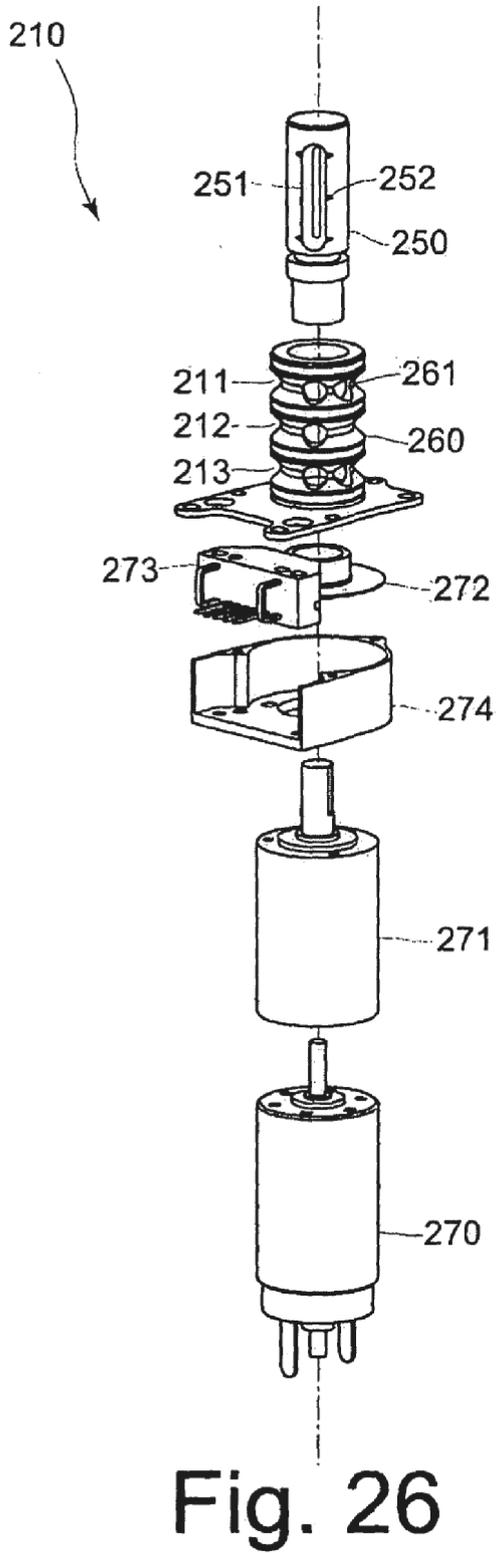


Fig. 25



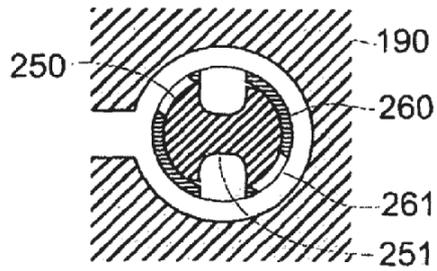


Fig. 29A

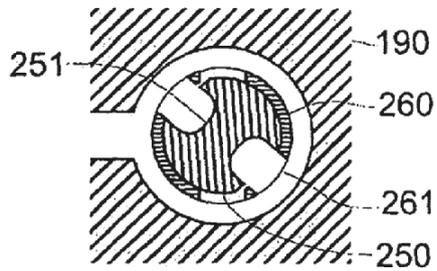


Fig. 29B

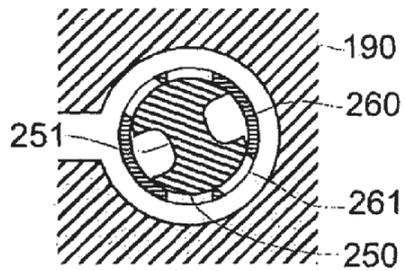


Fig. 29C

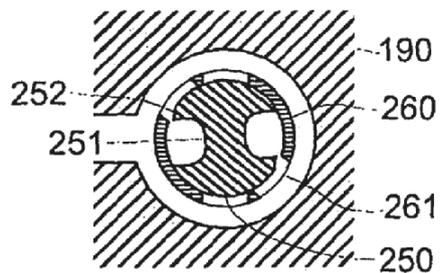


Fig. 29D

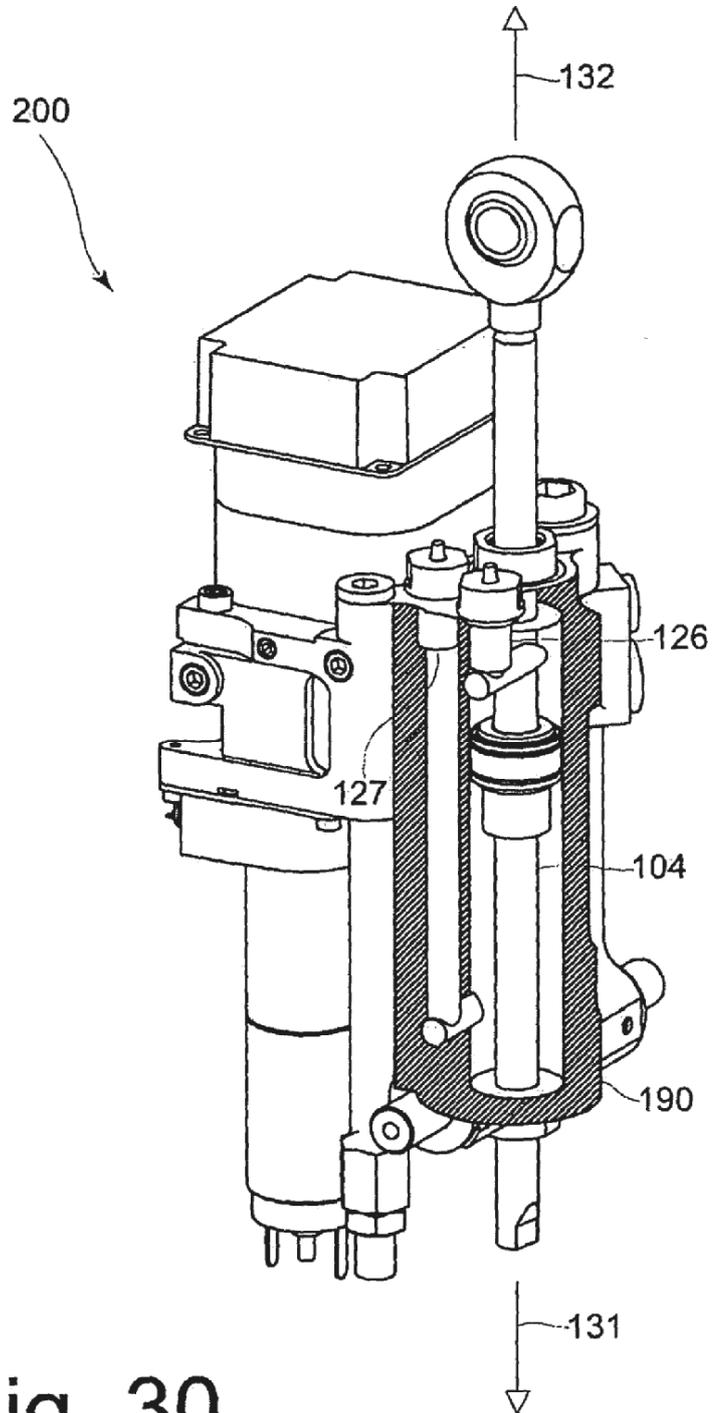


Fig. 30

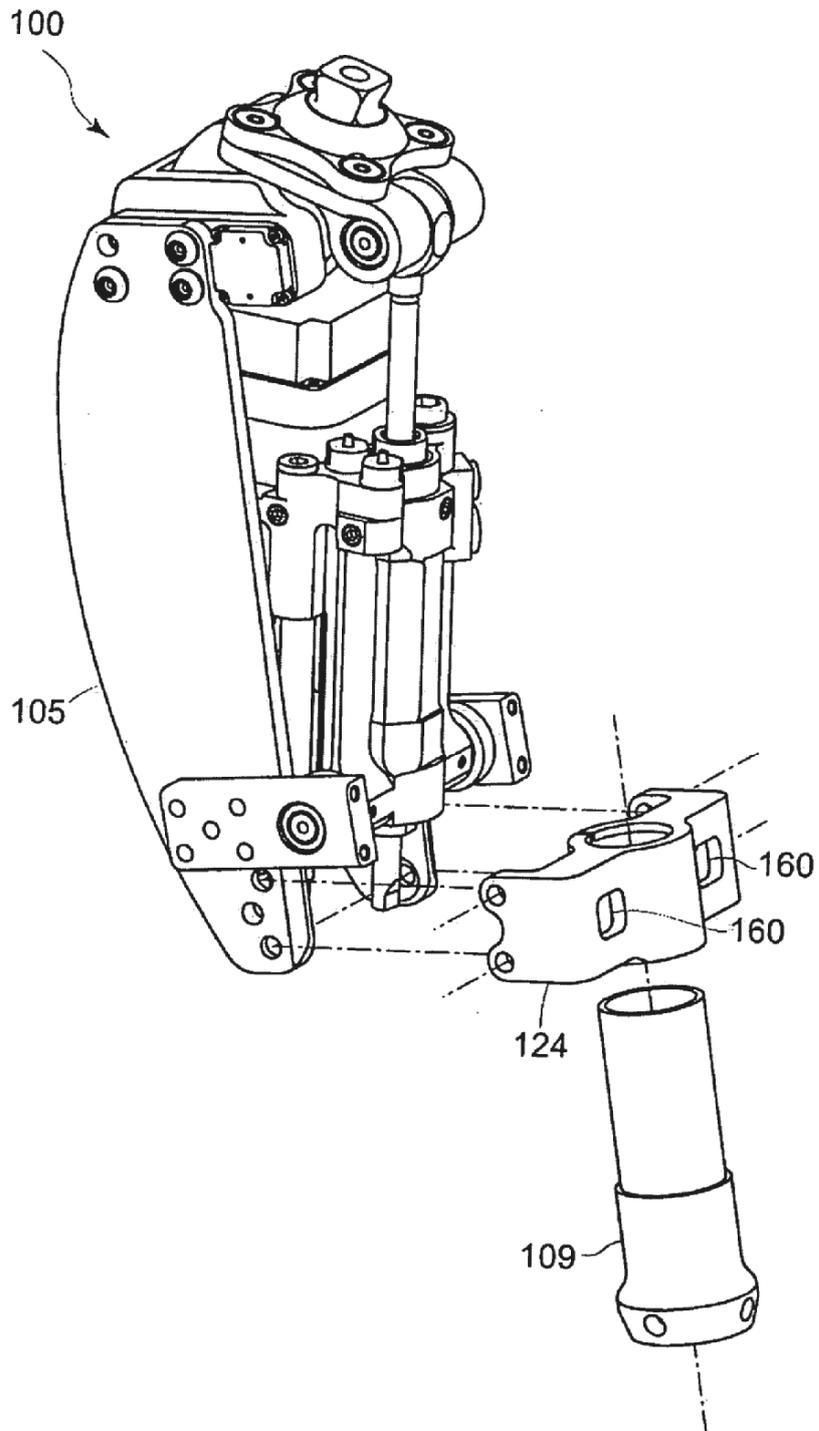


Fig. 31

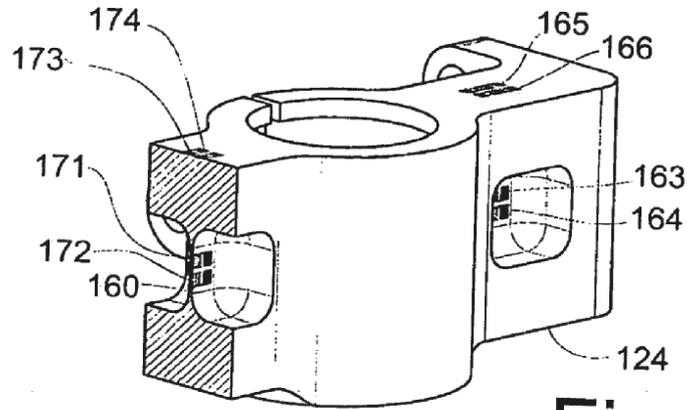


Fig. 32A

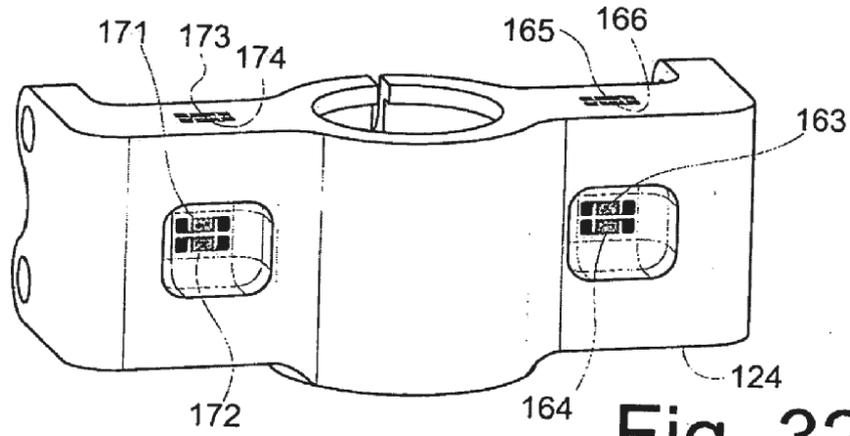


Fig. 32B

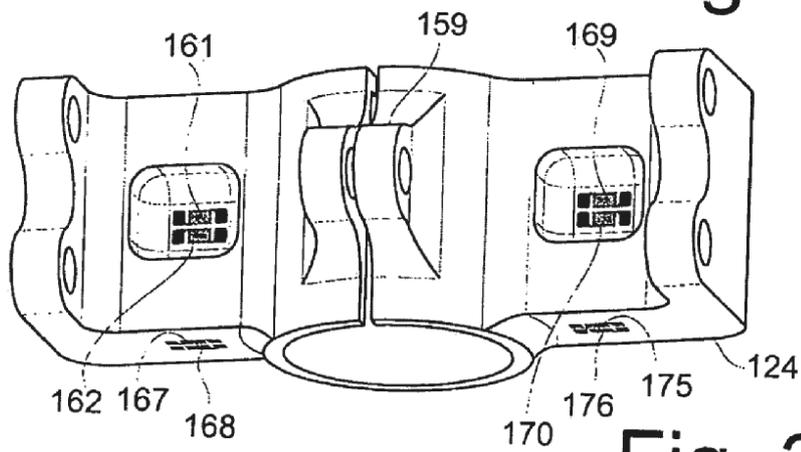


Fig. 32C

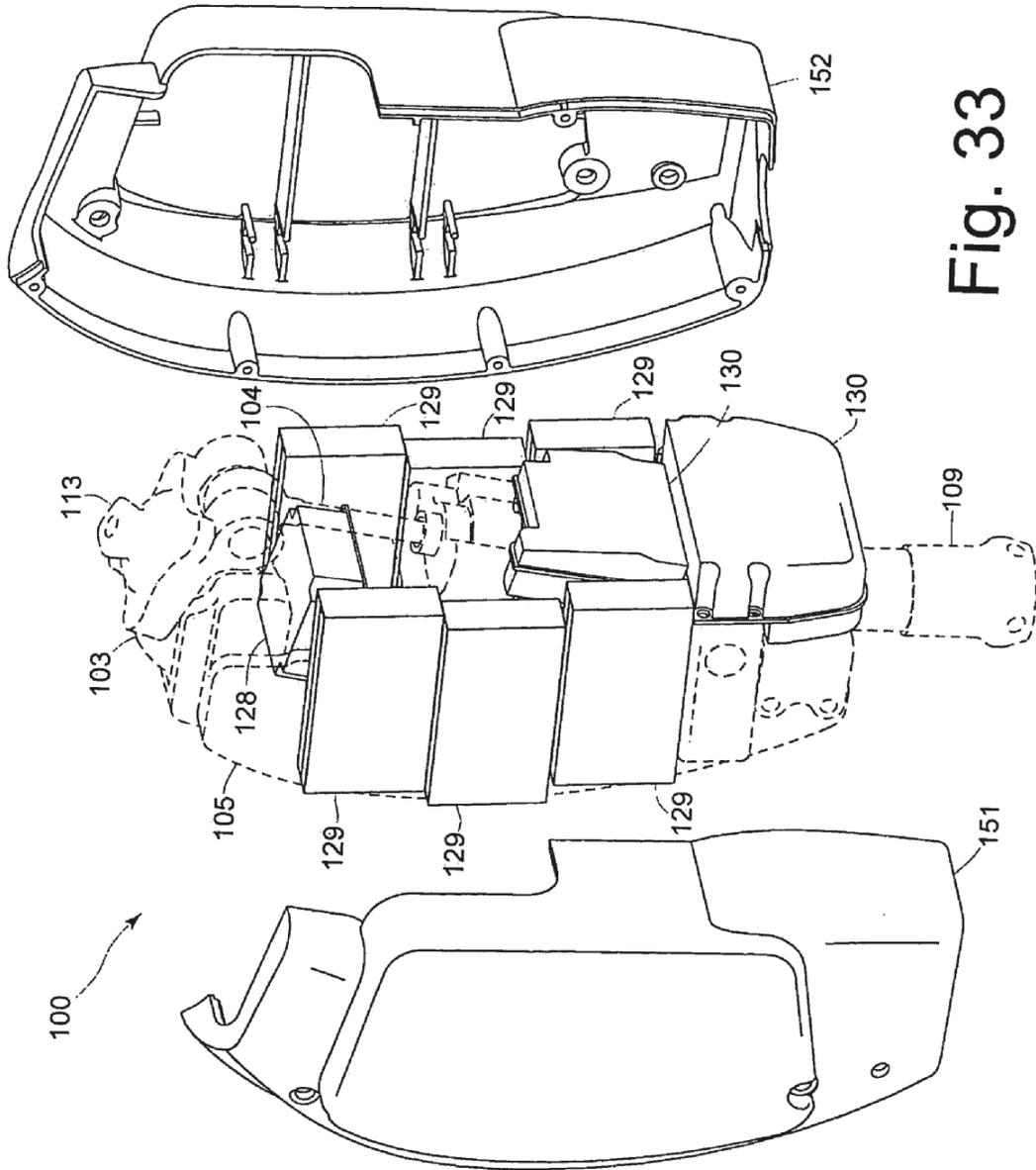


Fig. 33

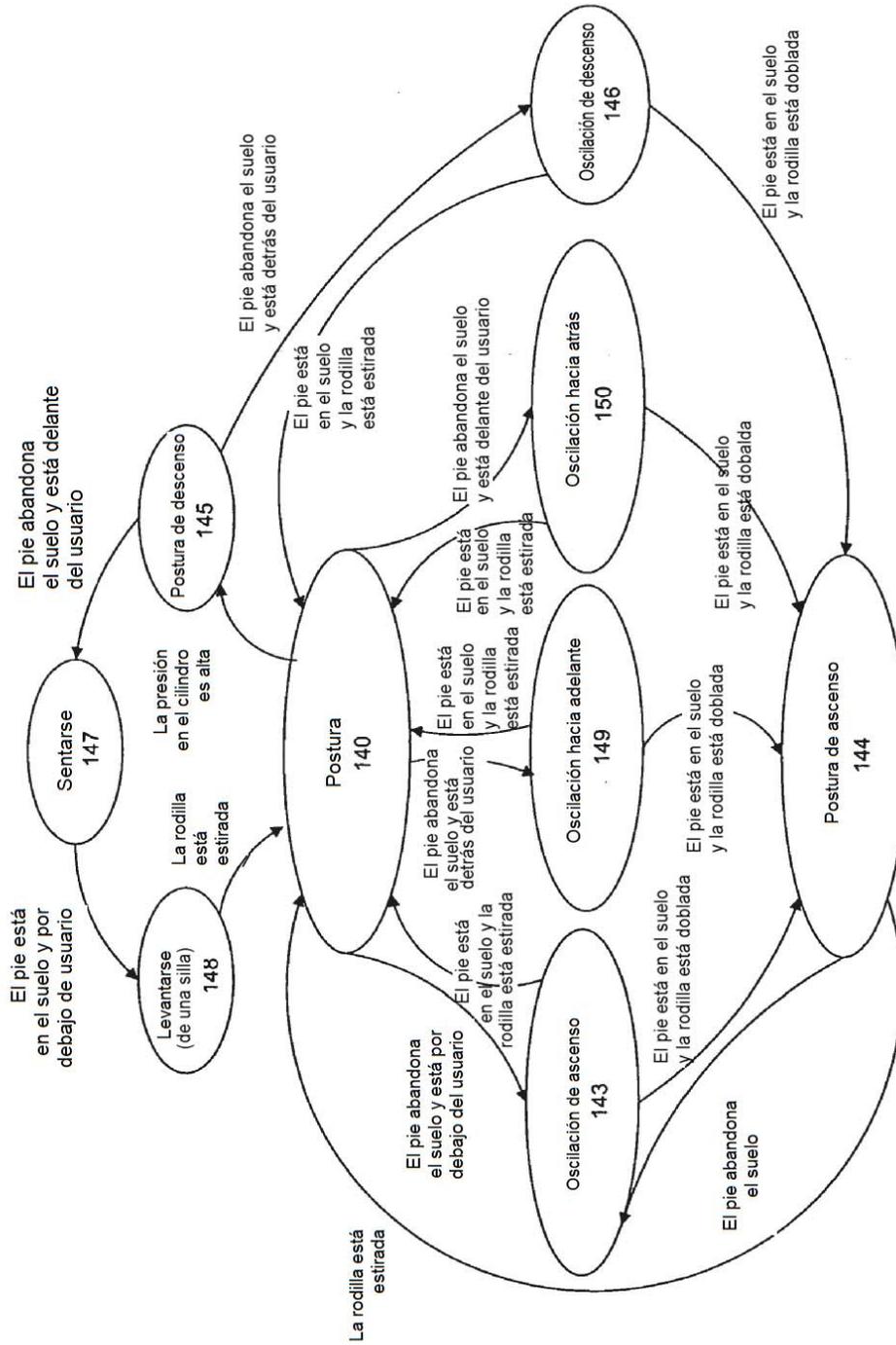


Fig. 34

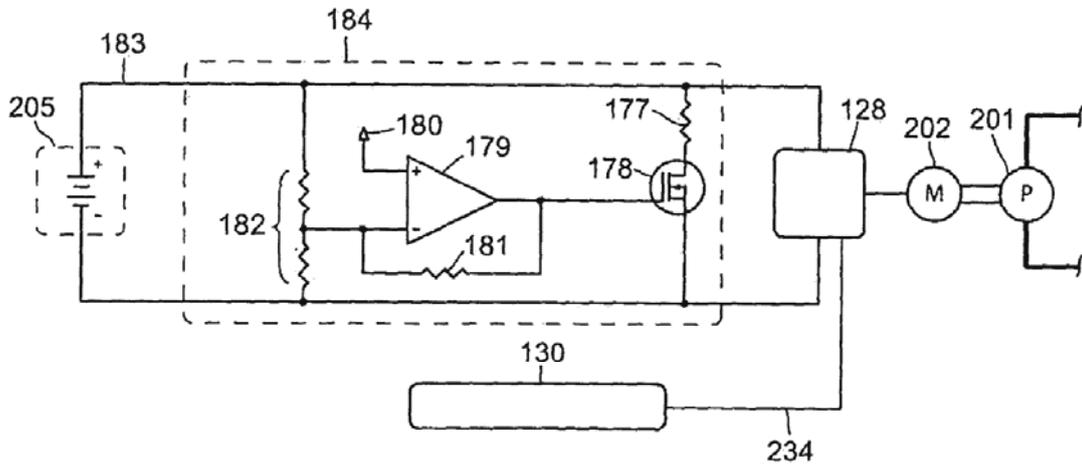


Fig. 35